整理番号	51 7.7 ダム 1
資料作成者	飯田隆一

年度	昭和39年度

電子計算機によるアーチダムの解析方法

建設省土木研究所

まえがき

近年ダム技術の進歩にともなって地形，地質的にかなり複雑な地点にアーチダムが建設されるようになり，これにともなって，従来の人力による解析では不可能な形状のアーチダムを設計することが必要になって来た。このため，昭和37年末よりI.B.M. 7090によるアーチダムの解析計算のプログラミングに着手し，このたび完成した。

このプログラムは今後の各ダムで予備設計，本設計等の各段階に応じて使用し易いように対称半径方向調整，対称完全調整，非対称半径方向調整，非対称完全調整に分けて作製されている。

本資料はこれらのプログラムに用いられた計算式の説明および使用方法について述べたものである。

これらの計算式の作製に当っては構造研究室長大久保忠良，水資源公団矢木沢ダム建設所徳岡康夫の両氏から少なからぬ御教示をいただいた。又，プログラム作製に当っては，下筌ダム工事々務所，小渋ダム工事々務所，水資源公団矢木沢ダム建設所，高山ダム建設所の御協力をいただいた。なお水資源公団設計課長駒井勲氏からは種々御援助をいただいた。

これらのプログラムはいづれも日本I.B.M.株式会社で作製された。担当者を述べると，

対称三心不等厚アーチ半径方向調整（NO.1プログラム）　林　実
対称変半径不等厚アーチ半径方向調整（NO.2プログラム）　丸山林三
対称三心不等厚アーチ完全調整（NO.3プログラム）　林　実
対称変半径不等厚アーチ完全調整（NO.4プログラム）　遠藤軍司
非対称三心不等厚アーチ半径方向調整（NO.5プログラム）　乾　和雄
非対称変半径不等厚アーチ半径方向調整（NO.6プログラム）　奥平茉莉子
非対称三心不等厚アーチ完全調整（NO.7プログラム）　横山一彦
非対称変半径不等厚アーチ完全調整（NO.8プログラム）　乾　和雄
有効アーチ法を適用する場合の非対称二心不等厚アーチ半径方向調整（NO.9プログラム）　乾　和雄

の諸氏である。

この外日本I.B.M.の吉田文二氏にも種々御協力いただいた。

上記の諸氏に深く感謝する次第である。

目　次

第1編　総説 ----------

第1章　概説 ---------- 1

第1節　取扱い得る形状 ---------- 1

第2節　アーチ要素、片持要素の構成 ---------- 3

第3節　荷　重 ---------- 4

第2章　計算理論 ---------- 6

第1節　一般アーチの解法 ---------- 6

第2節　三心不等厚アーチの解法 ---------- 16

第3節　変半径不等厚アーチの解法 ---------- 26

第4節　有効アーチ法を適用する場合の半径方向調整 ---------- 32

第3章　記号 ---------- 34

第1節　入力データ ---------- 34

第2節　計算に用いる記号 ---------- 36

第2編　計算式 ----------

第1章　対称三心不等厚アーチ半径方向調整(NO.1プログラム) ---------- 51

第1節　入力データの作製方法 ---------- 51

第2節　座標および荷重の計算 ---------- 56

第3節　基礎岩盤の変形常数 ---------- 57

第4節　アーチの単位撓み ---------- 59

第5節　片持梁の単位撓み ---------- 66

第6節　初期撓み ---------- 69

第7節　荷重分割 ---------- 71

第8節　自重応力 ---------- 74

第9節　応力計算 ---------- 74

第10節　出　力 ---------- 75

第2章　対称変半径不等厚アーチ半径方向調整(NO.2プログラム) ---------- 79

第1節　入力データの作製方法 ---------- 79

第2節　座標および荷重の計算 ---------- 79

第3節 基礎岩盤の変形常数 86
第4節 アーチの単位撓み 87
第5節 片持梁の単位撓み 94
第6節 初期撓み 96
第7節 荷重分割 99
第8節 自重応力 101
第9節 応力計算 102
第10節 出力 103

第3章 対称三心不等厚アーチ完全調整(NO.3 プログラム) 105
第1節 入力データ作製法 105
第2節 座標および荷重計算 105
第3節 基礎岩盤の変形常数 108
第4節 アーチの単位撓み 110
第5節 片持梁の単位撓み 121
第6節 初期撓み 126
第7節 自重 128
第8節 荷重分割 129
第9節 応力計算 141
第10節 出力 146

第4章 対称変半径アーチ完全調整(NO4 プログラム) 148
第1節 入力データの作成 148
第2節 座標および荷重計算 148
第3節 基礎岩盤の変形常数 153
第4節 アーチの単位撓み 155
第5節 片持梁の単位撓み 165
第6節 初期撓み 171
第7節 自重 173
第8節 荷重分割 174
第9節 応力計算 187
第10節 出力 192

第5章 非対称三心不等厚アーチ半径方向調整(NO.5 プログラム) 193
第1節 入力データの作製方法 193

第2節 座標および荷重計算 193
第3節 基礎岩盤の変形常数 202
第4節 アーチの単位撓み 205
第5節 片持梁の単位撓み 219
第6節 初期撓み 223
第7節 荷重分割 226
第8節 自重応力 230
第9節 応力計算 230
第10節 出力 231

第6章 非対称変半径不等厚アーチ半径方向調整(No.6プログラム) 235
第1節 入力データの作製方法 235
第2節 座標および荷重の計算 235
第3節 基礎岩盤の変形常数 244
第4節 アーチの単位撓み 247
第5節 片持梁の単位撓み 261
第6節 初期撓み 265
第7節 荷重分割 267
第8節 自重応力 272
第9節 応力計算 273
第10節 出力

第7章 非対称三心不等厚アーチ完全調整(No7プログラム) 275
第1節 入力データの作製方法 275
第2節 座標および荷重計算 275
第3節 基礎岩盤の変形常数 281
第4節 アーチの単位撓み 284
第5節 片持梁の単位撓み 306
第6節 初期撓み 312
第7節 自重 315
第8節 荷重分割 317
第9節 応力計算 334
第10節 出力 338

第8章　非対称変半径不等厚アーチ完全調整(NO.8プログラム)-------- 340
第1節　入力データの作製方法---------- 340
第2節　座標および荷重計算---------- 340
第3節　基礎岩盤の変形常数---------- 349
第4節　アーチの単位撓み---------- 352
第5節　片持梁の単位撓み---------- 375
第6節　初期撓み---------- 382
第7節　自　重---------- 385
第8節　荷重分割---------- 386
第9節　応力計算---------- 404
第10節　出　力---------- 408

第9章　有効アーチ法を適用する場合の非対称
二心不等厚アーチ半径方向調整(NO.9プログラム)---------- 409
第1節　入力データの作製方法---------- 409
第2節　座標および荷重の計算---------- 409
第3節　基礎岩盤の変形常数---------- 414
第4節　アーチの単位撓み---------- 417
第5節　片持梁の単位撓み---------- 434
第6節　初期撓み---------- 437
第7節　荷重分割---------- 440
第8節　自重応力---------- 444
第9節　応力計算---------- 445
第10節　出　力---------- 446

第一編

總說

第1章　概説

第1節　取扱い得る形状

近年電子計算機の利用により従来は不可能と考えられていた計算も処理し得る様になって来た。アーチダムの応力解析も電子計算機が利用される前に米国開拓局により優れた解析方法が開発され数表が作製され，人力でも計算される様になったが，実際には計算が複雑で，一心等厚の場合でないと実際の工程に間に合う計算を行うことは困難であった。

電子計算機が利用し得るようになって以来我国でも各研究機関，各電力会社等でアーチダムの応力解析に対しプログラムを作製したが，次の点で使用上不便な点があった。即ち，

(i) 入力データの数が多く，入力データの作製に労力を要すること，

即ち，入力データの少いものは適用範囲がせまく，適用範囲が広いものは入力データが非常に多くなっている。

(ii) 比較的低速の計算機を用いているので計算時間が長く割高になっていること，

これらの欠点をなくすために入力データを極力少くし，しかも適用範囲を極力拡げるような計算方式をとり，計算時間を出来るだけ短くするために我が国で使用されている最も高速の計算機の一つである I.B.M. 7090 を用いた。

しかし，この計算システムでは

(i) スラストブロックの影響を加味することが出来ない，

(ii) コンデット，余水吐の切りかき等の影響を加味することが出来ない，

等の欠点を持っている。従って黒部第四ダムのスロットの影響等はこの計算では加味出来ない。しかし，特殊な型を持たない一般的なアーチダムに対しては現在使いられているアーチダムの解析プログラムの中では最も使い易いものであろう。

この計算システムは大別して三心不等厚アーチに対するものと，変半径不等厚アーチに対するものとに別けられる。

三心不等厚アーチは図－1 に示しているようにクラウン付近で等厚でアバット近くではアーチの曲率半径がクラウン付近と異なり，さらに不等厚となっているものである。

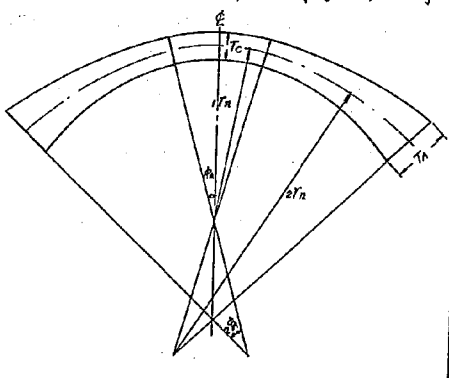
したがって入力データにおいて

(i) $_2\phi_{A,n}=0$ または $_1\phi_{A,n}=0$, $T_{C,n}=T_{A,n}$

とすれば一心等厚アーチ，

(ii) $_1\phi_{A,n}=0$, $T_{C,n}\neq T_{A,n}$ とすれば一心不等厚アーチ

(iii) $_1\phi_{A,n}\neq 0$, $_2\phi_{A,n}\neq 0$, $_1r_n\neq {}_2r_n$, $T_{C,n}=T_{A,n}$ とすれば三心等厚アーチ



図－1.　三心不等厚アーチ

(iv) $\phi_{A,n} \neq 0$ $\phi_{A,n} \neq 0$, $T_{C,n} \neq T_{A,n}$ とすれば三心不等厚アーチが取扱い得る．しかしこのプログラムではアーチ中心線が四つ以上の半径の異る円弧の組合せである場合及び半径が異る円弧の接合点に於て，アーチ中心線及び上下流面での接線が一致しない場合は取扱い得ない．

変半径アーチはアーチ中心線上任意の一点でアーチ中心線の法線がクラウンでの法線とのなす角を ϕ とした時（これを中心角と定義する）その点でのアーチ中心線の曲率半径が $R\cos^{\lambda}\phi$ なる形で連続的に変化する不等厚アーチで入力データに於て

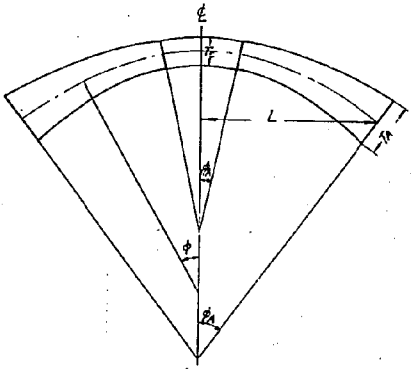
(i) $\lambda=0$, $\phi_{A,n} = \phi_{A,n}$ または $\lambda=0$, $\phi_{A,n} = 0$, $T_{C,n} = T_{A,n}$ とすれば一心等厚アーチ

(ii) $\lambda=0$, $T_{C,n} \neq T_{A,n}$ とすればアーチ中心線が一つの円弧からなる一心不等厚アーチ

(iii) $\lambda=-3$ とすればアーチ中心線が放物線であるアーチ

(iv) $\lambda>0$ とすればクラウンよりアバットメントにむかって連続的に曲率半径が小さくなる変半径アーチ

(v) $\lambda<0$ とすればクラウンよりアバットメントにむかって連続的に曲率半径が大きくなる変半径アーチが取扱い得る．



図－2 変半径アーチ

このプログラムでは λ は整数である必要はなく実数であればよい．また不等厚部分ではアーチの厚さが $(1-\cos\phi)$ に比例して変化する場合と $\sec\phi$ に比例して変化する場合とが取扱い得る．

三心不等厚アーチ，変半径不等厚アーチの各々について対称半径方向調整，対称完全調整計算非対称半径方向調整，非対称完全調整に対しプログラムが作製されている．なおこの他，二心不等厚アーチについては有効アーチ法を適用する場合の非対称半径方向調整についてプログラムが作製されている．また半径方向調整の場合にはいづれもキレツ片持梁法の計算が行えるようになっている．

各プログラムについての計算機使用時間，計算料金を示せば表－1の如くである．

表-1 時間料金表

名　　称	プログラムナンバー	読込時間	計算時間	パンチプリント料	nケースの料金
対称三心不等厚アーチ半径方向調整	No.1	0.01(時間)	0.02(時間)	3200 (円)	3150 +9500×n (円)
対称変半径不等厚アーチ半径方向調整	No.2	0.01 〃	0.04 〃	3200 〃	3150 +15600×n
対称三心不等厚アーチ完全調整	No.3	0.05 〃	0.04 〃	5140 〃	15750 +17800×n
対称変半径不等厚アーチ完全調整	No.4	0.05 〃	0.06 〃	5140 〃	15750 +24100×n
非対称三心不等厚アーチ半径方向調整	No.5	0.05 〃	0.06 〃	6000 〃	15750 +24900×n
非対称変半径不等厚アーチ半径方向調整	No.6	0.06 〃	0.11 〃	6000 〃	18900 +40650×n
非対称三心不等厚アーチ完全調整	No.7	0.06 〃	0.26 〃	8100 〃	18900 +90000×n
非対称変半径不等厚アーチ完全調整	No.8	0.06 〃	0.30 〃	8100 〃	18900 +102600×n
有効アーチ法を適用する場合の非対称三心不等厚アーチ半径方向調整	No.9	0.05 〃	0.06 〃	6000 〃	15750 +24900×n

第2節 アーチ要素，片持要素の構成

この計算システムではアーチの形状の名称はすべてアーチ中心線形で決められており，アーチの計算もすべてアーチ中心線に着目して行われている。従って堤軸はすべて天端アーチの中心線にとられている。

右左のとり方は一般河川の呼び方に合せて上流から下流向に見て右側を右岸側，左側を左岸側にとっている。従って米国開拓局の方法とは逆である。

座標は図-3に示す様に堤軸のクラウンに於ける法線をx軸に(下流向きを正)接線をy軸に(左岸向を正)とっている。

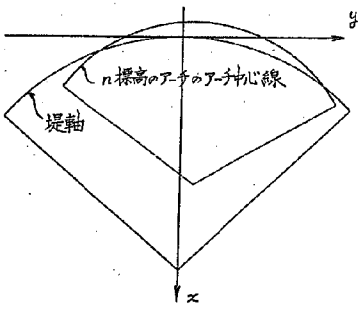


図-3 座標

アーチ要素の数は6ケで下から順に1,2,……6の名称が付されている。非溢流部分の天端に対しては7のナンバーが付されている。従って標高6と7の間では片持梁要素のみが働きアーチは作用しないものとされている。即ち6の標高はアーチ作用が働く最も上の部分にとられる。これらアーチ要素の名称にはnなるサフィックスが用いられる。また最大断面の基礎には0なる名称が付されている。従ってこの計算システムではダムの最下部にはアーチ要素がとられていない。このため河床部が比較的広く，平坦である場合は0の標高と1の標高とを極めて接近してとる必要がある。

片持梁要素はダムの最大断面と各アーチ要素

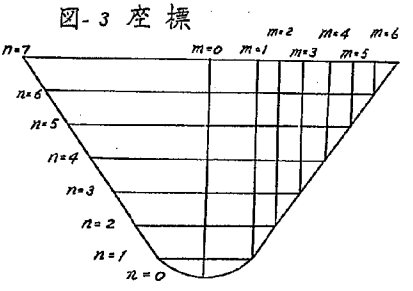


図-4(a) 対称の場合のエレメント

のアバットメントにとられる．対称の場合には最大断面には0なる名称が1,2……6のアーチ要素のアバットメントに立てられる片持梁要素には夫々1,2……6なる名称が付されている．また非対称の場合には最大断面の片持梁要素には10，なる名称が1,2…6のアーチ要素の左岸側のアバットメントに立てられる片持梁要素には夫々11,12,……16なる名称が右岸側のアバットメントに立てられる片持梁要素には夫々9,8,7,……4なる名称が付されている．これらの片持梁要素の名称にはmなるサフィックスが用いられている．

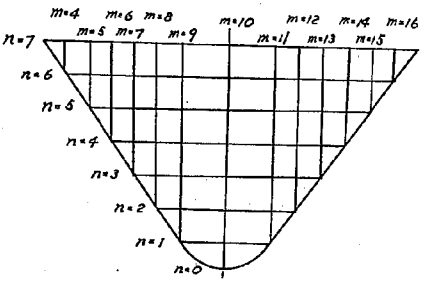


図-4(2) 非対称の場合のエレメント

従って対称の場合にはm=nなる点がアバットメントを示すことになり非対称の場合にはm=10+nなる点が左岸側のアバットメントをm=10-nなる点が右岸側のアバットメントを示すことになる。

アーチ要素と片持梁要素との交点は(m,n)にて示される．

また入力データでn+0.5なる標高があるが，これは自重応力をシンプソン則により求めるために用いるもので n 標高とn+1標高の丁度中間にとらなければならない。

アーチ要素と片持梁要素との交点(m,n)から座標等はすべて計算機の中で計算するようになっているので，0標高の中心角に0以外の数字を入れると，最大断面の片持梁要素が側方により，誤動作するので，必ず $\phi_{A,n}$, $\phi_{A,n}$, $\phi_{A,n}$ 等は0標高では0になければならない．この点は使用上特に注意しなければならない。

第3節 荷重

この計算システムでは外荷重として静水圧，堆砂圧，地震力，地震時動水圧，温度荷重，自重が考慮されている。

静水圧，堆砂圧，地震時動水圧はすべてダムの上流面に垂直に作用するものとしている。堆砂圧は

$$P_S = C_e f_s d$$

なる式で計算している．ここに C_e は土圧係数，f_s 堆砂の水中における単位容積重量，d は堆砂の深さとする。

地震時動水圧は

$$P_d = \frac{7}{8} k_1 \sqrt{H z}$$

なる式で計算している．ここに k_1 は堤体の水平震度，H は地震時満水位から基礎岩盤き

での水深，ζは地震時満水位から任意点までの水深とする．ただし，この計算システムでは側方ではHはその片持梁要素のベースまでにとっている．

地震力はすべて上下流方向に働くものとして計算している．

温度荷重は不等厚アーチの場合には同一標高でも場所によりアーチの厚さが異るので温度変化の量が異る場合があると考えられたので，アーチ要素と片持梁要素との各点で温度荷重を与えるようになっている．荷重の種類としては断面内平均温度の変化と，上下流方向の温度勾配の変化が取扱い得る．

自重は半径方向調整においてはすべて片持梁要素にかかるものとして計算されている．完全調整では継目グラウトによる自重のアーチ要素への配分を加味するために，N_1, N_2（$N_1 < N_2$）なる二つの標高を指定すれば

(i) N_1標高までコンクリートが打設される．
(ii) N_1標高まで継目グラウトされる．
(iii) N_2標高までコンクリートが打設される．
(iv) N_2標高まで継目グラウトされる．
(v) 天端までコンクリートが打設される．

という順に施工された場合の自重応力が計算されるようになっている．即ち，

(i) N_1標高より下の部分の自重は片持梁要素だけで受け持つ．
(ii) N_2標高よりN_1標高までの間の自重はN_2標高とN_1標高との間では片持梁要素のみで受け持ち，N_1標高より下の部分ではアーチ要素と片持梁要素とで受け持つ．
(iii) 天端より，N_2標高までの間の自重はN_2標高より上の部分では片持梁要素のみで受け持ち，N_2標高より下の部分ではアーチ要素と片持梁要素とで受け持つ．

この場合にN_1, N_2は標高ナンバー（0, 1, 2 ----- 6, 7）で与える．

第2章　計算理論

第1節　一般アーチの解法

1.1　従来の計算方法

アーチダムの解法に於てはアーチ要素の計算に多大の労力を要し、また型状の選定に於てもアーチ要素の解法に制約されているので、ここではアーチ要素の解法を主として述べることにする。

従来行われて来た解法は米国開拓局により試算荷重法として完成されたものであるがこれらはこの計算システムの基礎になるものであるから簡単に述べることにする。

アーチのクラウンにおける推力、曲げモーメント、せん断力を H_0, M_0, V_0 とし任意の断面に於ける断面諸力をそれぞれ H, M, V とする。またクラウンにおける回転、半径方向変位、接線方向変位をそれぞれ $(\Delta\theta)_0, (\Delta r)_0, (\Delta s)_0$ とすると

図-5に於て ds 部分の変形によるクラウンの変位は

$$d(\Delta\theta)_0 = \frac{M ds}{EcI}$$

$$d(\Delta r)_0 = \frac{M y ds}{EcI} - \frac{H}{EcA}\sin\phi ds + \frac{KV}{EcA}\cos\phi ds$$

$$d(\Delta s)_0 = \frac{-Mx ds}{EcI} - \frac{H}{EcA}\cos\phi ds - \frac{KV}{EcA}\sin\phi ds$$

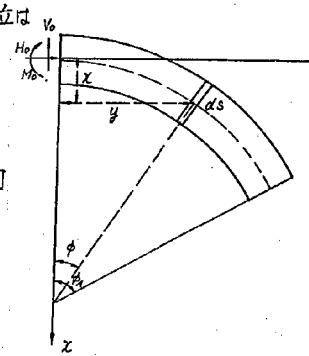
いま

アバットメントにおける曲げモーメントによる岩盤の回転を与える係数を α

アバットメントにおける曲げモーメントによる岩盤の半径方向の変位を与える係数を α_2

アバットメントにおける推力による岩盤の接線方向の変位を与える係数を β

アバットメントにおけるせん断力による岩盤の半径方向の変位を与える係数を γ



図－5

とすれば左岸側の変形によるクラウンの変位は

$$\left.\begin{aligned}
(\Delta\theta)_0 &= \int_0^{S_A}\frac{M ds}{EcI} + {}_LM_A\alpha + {}_LV_A\alpha_2 \\
(\Delta r)_0 &= \int_0^{S_A}\left\{\frac{My}{EcI} - \frac{H}{EcI}\sin\phi + \frac{KV}{GcI}\cos\phi\right\}ds + ({}_LM_A\alpha + {}_LV_A\alpha_2)\,{}_Ly_A + ({}_LM_A\alpha_2 + {}_LV_A\beta)\cos\phi_A - {}_LH_A\beta\sin\phi_A \\
(\Delta s)_0 &= \int_0^{S_A}\left\{\frac{-Mx}{EcI} - \frac{H}{EcI}\cos\phi - \frac{KV}{GcI}\sin\phi\right\}ds - ({}_LM_A\alpha + {}_LV_A\alpha_2)\,{}_Lx_A - ({}_LM_A\alpha_2 + {}_LV_A\beta)\sin\phi_A - {}_LH_A\beta\cos\phi_A
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

ここに

$$\left.\begin{aligned}
M &= M_0 + H_0 x + V_0 y - M_L \\
H &= H_0\cos\phi - V_0\sin\phi + H_L \\
V &= H_0\sin\phi + V_0\cos\phi - V_L
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

ここに M_L, H_L, V_L はクラウンから着目している点までの間の外荷重による曲げモーメント、推力、せん断力である。(2)式を(1)式に代入して

$$\left.\begin{aligned}
(\Delta\theta)_0 &= {}_LA_1 M_0 + {}_LB_1 H_0 + {}_LC_1 V_0 - {}_LD_1 \\
(\Delta r)_0 &= {}_LC_1 M_0 + {}_LB_2 H_0 + {}_LC_2 H_0 - {}_LD_2 \\
(\Delta s)_0 &= {}_rB_1 M_0 - {}_LB_3 H_0 - {}_LB_2 V_0 + {}_LD_3
\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

こゝに

$$
\begin{aligned}
{}_LA_1 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{ds}{EcI} + \alpha \\
{}_LB_1 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{x\,ds}{EcI} + \alpha_L x_A + \alpha_2 \cdot \sin {}_L\phi_A \\
{}_LC_1 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{y\,ds}{EcI} + \alpha_L y_A + \alpha_2 \cdot \cos {}_L\phi_A \\
{}_LB_2 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{xy\,ds}{EcI} + \frac{1}{2}(3+5\nu_c) \int_0^{L_{SA}} \frac{\sin\phi\cos\phi}{Ec\,A} ds + \alpha_L x_A \cdot {}_L y_A - \beta \sin {}_L\phi_A \cos {}_L\phi_A + \gamma \sin {}_L\phi_A \cos {}_L\phi_A \\
&\quad + \alpha_2 \cdot {}_L y_A \cdot \sin {}_L\phi_A + \alpha_2 \cdot x_A \cdot \cos {}_L\phi_A \\
{}_LC_2 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{y^2 ds}{EcI} + \int_0^{L_{SA}} \frac{\sin^2\phi + \frac{3}{2}(1+\nu_c)\cos^2\phi}{EcA} ds + \alpha \cdot {}_L y_A^2 + \beta \sin^2 {}_L\phi_A + \gamma \cos^2 {}_L\phi_A + 2\alpha_2 \cdot {}_L y_A \cdot \cos {}_L\phi_A \\
{}_LB_3 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{x^2 ds}{EcI} + \int_0^{L_{SA}} \frac{\cos^2\phi + \frac{3}{2}(1+\nu_c)\sin^2\phi}{EcA} ds + \alpha \cdot {}_L x_A^2 + \beta \cos^2 {}_L\phi_A + \gamma \sin^2 {}_L\phi_A + 2\alpha_2 \cdot {}_L x_A \cdot \sin {}_L\phi_A \\
{}_LD_1 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{M_L}{EcI} ds + A M_L \cdot \alpha + A V_L \cdot \alpha_2 \\
{}_LD_2 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{M_L y}{EcI} ds + \int_0^{L_{SA}} \frac{H_L \sin\phi + \frac{3}{2}(1+\nu_c) V_L \cos\phi}{Ec\,A} ds + A M_L \cdot \alpha \cdot {}_L y_A + A H_L \cdot \beta \cdot \sin {}_L\phi_A + A V_L \gamma \cos {}_L\phi_A \\
&\quad + A M_L \alpha_2 \cdot \cos {}_L\phi_A + A V_L \cdot \alpha_2 \cdot {}_L y_A \\
{}_LD_3 &= \int_0^{L_{SA}} \frac{M_L \cdot x}{EcI} ds + \int_0^{L_{SA}} \frac{-H_L \cos\phi + \frac{3}{2}(1+\nu_c) V_L \sin\phi}{Ec\,A} ds + A M_L \cdot \alpha \cdot {}_L x_A - A H_L \beta \cos {}_L\phi_A + A V_L \gamma \sin {}_L\phi_A \\
&\quad + A M_L \cdot \alpha_2 \cdot \sin {}_L\phi_A + A V_L \cdot \alpha_2 \cdot {}_L x_A
\end{aligned}
\qquad (4)
$$

同様に右岸側での変形による変位は

$$
\begin{aligned}
M &= M_0 + H_0 x + V_0 y - M_R \\
H &= H_0 \cos\phi - V_0 \sin\phi + H_R \\
V &= -H_0 \sin\phi - V_0 \cos\phi - V_R
\end{aligned}
\qquad (5)
$$

であるから

$$
\begin{aligned}
(\Delta\theta)_0 &= -{}_RA_1 \cdot M_0 - {}_RB_1 \cdot H_0 - {}_RC_1 \cdot V_0 + {}_RD_1 \\
(\Delta\gamma)_0 &= -{}_RC_1 \cdot M_0 - {}_RB_2 \cdot H_0 - {}_RC_2 \cdot V_0 + {}_RD_2 \\
(\Delta S)_0 &= +{}_RB_1 \cdot M_0 + {}_RB_3 \cdot H_0 + {}_RB_2 V_0 - {}_RD_3
\end{aligned}
\qquad (6)
$$

こゝに

$$
\begin{aligned}
{}_RA_1 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{ds}{EcI} + \alpha \\
{}_RB_1 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{x\,ds}{EcI} + \alpha \cdot {}_R x_A - \alpha_2 \cdot \sin {}_R\phi_A \\
{}_RC_1 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{y\,ds}{EcI} + \alpha \cdot {}_R y_A - \alpha_2 \cdot \cos {}_R\phi_A \\
{}_RB_2 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{xy\,ds}{EcI} + \frac{1}{2}(3+5\nu_c) \int_{R_{SA}}^{0} \frac{\sin\phi\cos\phi}{Ec\,A} ds + \alpha \cdot {}_R x_A \cdot {}_R y_A - \beta \cdot \sin {}_R\phi_A \cos {}_R\phi_A + \gamma \cdot \sin {}_R\phi_A \cdot \cos {}_R\phi_A \\
&\quad - \alpha_2 \cdot {}_R y_A \cdot \sin {}_R\phi_A - \alpha_2 \cdot {}_R x_A \cdot \cos {}_R\phi_A \\
{}_RC_2 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{y^2}{EcI} ds + \int_{R_{SA}}^{0} \frac{\sin^2\phi + \frac{3}{2}(1+\nu_c)\cos^2\phi}{Ec\,A} ds + \alpha \cdot {}_R y_A^2 + \beta \sin^2 {}_R\phi_A + \gamma \cos^2 {}_R\phi_A - 2\alpha_2 \cdot {}_R y_A \cdot \cos {}_R\phi_A \\
{}_RB_3 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{x^2}{EcI} ds + \int_{R_{SA}}^{0} \frac{\cos^2\phi + \frac{3}{2}(1+\nu_c)\sin^2\phi}{Ec\,A} ds + \alpha \cdot {}_R x_A^2 + \beta \cos^2 {}_R\phi_A + \gamma \cdot \sin^2 {}_R\phi_A - 2\alpha_2 \cdot {}_R x_A \cdot \sin {}_R\phi_A \\
{}_RD_1 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{M_R}{EcI} ds + A M_R \cdot \alpha + A V_L \cdot \alpha_2 \\
{}_RD_2 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{M_R \cdot y}{Ec\,I} ds + \int_{R_{SA}}^{0} \frac{H_R \sin\phi - \frac{3}{2}(1+\nu_c) V_R \cdot \cos\phi}{Ec\,A} ds + A M_B \cdot \alpha \cdot {}_R y_A + A H_R \cdot \beta \cdot \sin {}_R\phi_A - A V_R \gamma \cos {}_R\phi_A \\
&\quad - A M_R \cdot \alpha_2 \cdot \cos {}_R\phi_A + A V_R \cdot \alpha_2 \cdot {}_R y_A \\
{}_RD_3 &= \int_{R_{SA}}^{0} \frac{M_R \cdot x\,ds}{EcI} - \int_{R_{SA}}^{0} \frac{H_R \cos\phi + \frac{3}{2}(1+\nu) V_R \sin\phi}{Ec\,A} ds + A M_R \cdot \alpha \cdot {}_R x_A - A H_R \cdot \beta \cdot \cos {}_R\phi_A - A V_R \cdot \gamma \sin {}_R\phi_A \\
&\quad - {}_R M_A \cdot \alpha_2 \cdot \sin {}_R\phi_A + A V_A \cdot \alpha_2 \cdot {}_R x_A
\end{aligned}
\qquad (7)
$$

両者は一致するから

$$
\left.\begin{aligned}
&{}_LA_1 + {}_RA_1 = A_1\\
&{}_LB_1 + {}_RB_1 = B_1\\
&{}_LC_1 + {}_RC_1 = C_1\\
&{}_LB_2 + {}_RB_2 = B_2\\
&{}_LC_2 + {}_RC_2 = C_2\\
&{}_LB_3 + {}_RB_3 = B_3\\
&{}_LD_1 + {}_RD_1 = D_1\\
&{}_LD_2 + {}_RD_2 = D_2\\
&{}_LD_3 + {}_RD_3 = D_3
\end{aligned}\right\} \quad (8)
$$

とすれば

$$
\left.\begin{aligned}
&A_1M_0 + B_1H_0 + C_1V_0 = D_1\\
&C_1M_0 + B_2H_0 + C_2V_0 = D_2\\
&B_1M_0 + B_3H_0 + B_2V_0 = D_3
\end{aligned}\right\} \quad (9)
$$

(9)式を解くことにより M_0, H_0, V_0 が求められ (2)式及び(5)式から任意の点の M, H, V が求められる。またクラウンの変位は(3)式から求められ、左岸側の任意の点の変位は(4)式における積分の下限をSにし x, y, ϕ を着目点でのアーチ中心線の法線をx軸に接線をy軸としたときの座標におきかえ、(3)式の M_0, H_0, V_0 を M, H, V におきかえれば求められる。同様に右岸側の任意の点の変位も(6)、(7)式に対し同様な変換を行えば求められる。

一心等厚アーチの場合には I, A が一定であり $ds = r\,d\phi$, $x = r(1-\cos\phi)$, $y = r\sin\phi$ であり更に、$M_L, H_L, V_L, M_R, H_R, V_R$ が簡単な三角函数で表わされるため、(4)、(7)式が三角函数で表わされ理論的にも解き得る。

しかし不等厚アーチになると、I, A が一定でなくなり、また M_L, H_L, V_L 等が簡単な三角函数でなくなるために理論的に解くことが困難になってくる。このため種々の近似解法が試みられて来た。その代表的なものを最も簡単な一心不等厚アーチについて述べてみる。

(a) 修正拱片分解法

この方法は従来不等厚アーチにかなり数多く用いられて来た方法で図-6のごとくアーチのクラウンからアバットメントまでを四つの長さの等しい拱片に分け、おのおのの拱片は等厚で拱片の接合点においてアーチの厚さが不連続的に変るようなアーチと同じ働きをするとして解析する方法である。この方法では各拱片を等厚と仮定するので各拱片のアーチ常数、荷重常数は容易に計算され、拱片の接合点に於ける偏心を考慮すればアーチ全体のアーチ常数、荷重常数が求められる。

この方法は厚さが中心角の正割に比例する変厚アーチの厳密解とこの方法により計算した場合と比較したところ、きわめてよく一致したといわれているが、次のような欠点をもっている。

(i) 梁の計算は梁の中心線に沿って行い、応力計算も中心線に垂直な断面に対して行う

のが一般である。この方法では上流面に平行な不連続な線に沿って行い，応力計算も上流面に垂直な断面に対して行っている。

(ii) 不等厚アーチはアーチ中心線上下流面とも平滑な曲線であるが，アーチ中心線下流面を不連続な形に直して計算を行っている。

以上から，この計算方法は巨視的に見れば，かなり近似度の高いものと考えられるが，部分的にはかなり不正確な値を示すおそれがある。

(B) 数値積分による方法

この方法は上下流面が中心の異った二つの円弧で表わされる不等厚アーチに対して発展させられたもので，更にアーチの中心線が円弧またはいくつかの円弧の組合せとみられる不等厚アーチに適用されている。この方法では不等厚アーチを不連続な拱片に分けることなく，上下流面が円弧のままでアーチ中心線を円弧と仮定し，アーチ中心線に着目して数値積分を行わんとするものである。この方法では片側のアーチの八等分点を求め，これらの点に於けるアーチの厚さ，座標 M_L, H_L, V_L を求め，Simpson 則によりアーチ常数を求めている。

この方法は前項に述べた方法に比して計算はやや複雑になるが，方法的には明らかにすぐれた方法であるが，この方法において設けられた仮定と計算方法について簡単に述べてみる。

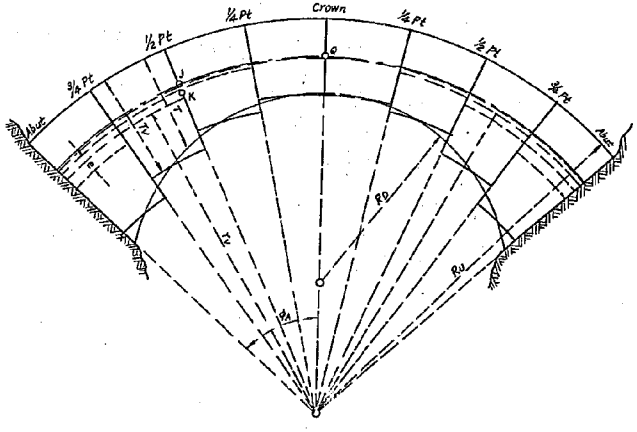


図 － 6

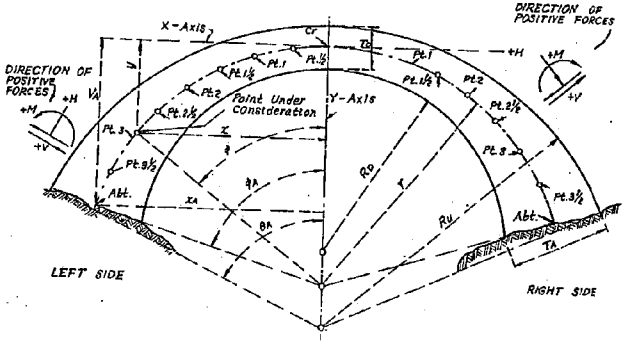


図 - 7

(i) アーチ常数

アーチの中心線を円弧と仮定し各八等分点における厚さを図より求め，これから数値積分によりアーチ常数を求める。

(ii) 荷重常数

アーチの上流面に作用するアーチ半径方向荷重 $p\,ds_u$ はアーチ中心線と上流面とが平行でないため

半径方向成分 $= p\cos(\phi-\theta)\,ds_u$

接線方向成分 $= p\sin(\phi-\theta)\,ds_u$

ねじれ力 $= p\sin(\phi-\theta)\frac{T}{2}\,ds_u$

に分割され 上流面の中心角 θ と T に対しては

$$\left.\begin{aligned} \theta &= \frac{\theta_A}{\phi_A}\phi \\ \sin(\phi-\theta) &= \frac{\sin(\phi_A-\theta_A)}{\sin\theta_A}\sin\phi \\ T &= T_C+(T_A-T_C)\frac{\mathrm{vers}\,\phi}{\mathrm{vers}\,\phi_A} \\ \cos(\phi-\theta) &= 1 \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

なる仮定を導入して M_L, H_L, V_L を中心角 ϕ のみの関数として求め これに対する数表を作っている。これらの M_L, H_L, V_L を各八等分点に対し求め，これからアーチ常数の場合と同じように数値積分により荷重常数を求めている。

アーチの応力計算を検討する場合に留意すべきことはアーチのような不静定構造物の計算の場合には不静定力を解く以前の計算誤差は不静定力を求める連立方

程式を解く計算でかなり拡大されることである。さらにアーチダムの場合にはアーチ要素と片持梁要素との間の荷重配分を行う際に元数の多い連立方程式を解くので誤差がかなり拡大される可能性がある。またわれわれがアーチダムの設計を行う場合、問題になるのは引張応力であって圧縮応力ではない。アーチの引張応力は上流面のアバットメントと下流面のクラウンに生ずることが多いが、これらの点では推力による応力と曲げモーメントによる応力とが逆符号となるため、応力が圧縮であるか、引張りであるか、またその値がどの程度であるかという点に関しては計算過程における誤差が大きな影響を与えることが考えられる。したがってアーチの計算においてはできるだけ仮定を少くし、できるだけ近似度の高いもののみを用いる必要がある。

この方法では(10)式に示された四つの仮定が設けられている。しかし、M_L, H_L, T_Lを関数形で表わさず、数値積分により求めれば、これらの仮定のいくつかは不必要となり適用範囲も広いものとなる。またアーチ常数の計算ではアーチの厚さTは図より求めているが、もし第三式の近似度が高いならば当然これを用いるべきであろう。

1.2. 不等厚アーチの幾何学的性質

上下流面が中心の異った二つの円弧で表わされる一心不等厚アーチは円形不等厚アーチの基本となるので、この幾何学的性質に対し検討を加えてみる。このアーチのアーチ中心線は厳密には楕円で表わされ、任意の断面での厚さはきわめて複雑に表わされる。

このような形に対し厳密に解を求めることはきわめて手数を要するのでアーチ中心線を円弧で近似し厚さを簡単な形で表わした場合どのような誤差が生ずるかについて述べることにする。

アーチ中心線の半径をrとし、そのクラウンでの法線をx軸(下流向正)接線をy軸(左岸向に正)とすれば、アーチ中心線の方程式は

$$x^2 - 2rx + y^2 = 0$$

クラウンでの厚さをT_C、アバットメントでの厚さをT_Aとすれば上流面は

$$\left(-\frac{T_C}{2}, 0\right)\left\{r(1-\cos\phi_A)-\frac{T_A}{2}\cos\phi_A, \left(r+\frac{T_A}{2}\right)\sin\phi_A\right\}$$

を通る円弧として、また下流面は

$$\left(\frac{T_C}{2}, 0\right), \left\{r-\left(r-\frac{T_A}{2}\right)\cos\phi_A, \left(r-\frac{T_A}{2}\right)\sin\phi_A\right\}$$

を通る円弧として規定される。いま

$$r+\frac{T_C}{2} = {}_0r_u \qquad r-\frac{T_C}{2} = {}_0r_\alpha, \quad r+\frac{T_A}{2} = {}_Ar_u, \quad r-\frac{T_A}{2} = {}_Ar_\alpha \tag{11}$$

とおき、上流面の中心を$(r+d_u, 0)$下流面の中心を$(r-d_\alpha, 0)$とし、上流面半径をR_u、下流面半径をR_Dとすれば上流面の方程式は

$$\left.\begin{aligned} &(x-r-d_u)^2+y^2 = R_u^2 \qquad {}_0r_u + d_u = R_u \\ &d_u = \frac{{}_Ar_u^2 - {}_0r_u^2}{2({}_0r_u - {}_Ar_u\cos\phi_A)} \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

下流面の方程式は

$$\left.\begin{aligned} &(x-r+d_\alpha)^2+y^2 = R_D^2 \qquad {}_0r_\alpha - d_\alpha = R_D \\ &d_\alpha = \frac{{}_0r_\alpha^2 - {}_Ar_\alpha^2}{2({}_0r_\alpha - {}_Ar_\alpha\cos\phi_A)} \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

アーチ中心線の法線

$$y=(r-x)\tan\phi$$

と上流面との交点を (x_1, y_1) 下流面との交点と (x_2, y_2) とすると

$$x_1=r-\{-d_u\cos\phi+\sqrt{d_u^2\cos^2\phi+o r_u(o r_u+2d_u)}\}\cos\phi$$

$$x_2=r-\{d_\alpha\cos\phi+\sqrt{d^2{}_\alpha\cos^2\phi+o r_\alpha(o r_\alpha-2d_\alpha)}\}\cos\phi$$

これから任意の断面での厚さ T とアーチ中心線上の一点から、その点でのアーチ中心線の法線に沿って上下流面までの距離の差 ε_1 を求めてみる。

$$T=(x_2-x_1)\sec\phi$$

$$=-(d_u+d_\alpha)\cos\phi+\sqrt{d_u^2\cos^2\phi+o r_u(o r_u+2d_u)}-\sqrt{d_\alpha^2\cos^2\phi+o r_\alpha(o r_\alpha-2d_\alpha)}$$

$$\varepsilon_1=(r-x_1)\sec\phi-r-r+(r-x_2)\sec\phi$$

$$=-(d_u-d_\alpha)\cos\phi-2r+\sqrt{d^2{}_u\cos^2\phi+o r_u(o r_u+2d_u)}+\sqrt{d_\alpha^2\cos^2\phi+o r_\alpha(o r_\alpha-2d_\alpha)}$$

これらの近似式を求めるために

$$\frac{T_A}{r}=\xi\quad,\quad\frac{T_C}{T_A}=\eta$$

とおくと実用的に使われるアーチは

$$0<\xi\leq 0.4\qquad 1\geq\eta\geq 0.5$$

の範囲である。ゆえに T/r, ε/r をベキ級数に展開すると

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{o r_u}{r}=1+\frac{1}{2}\xi\eta\,,\quad\frac{A r_u}{r}=1+\frac{1}{2}\xi\,,\quad\frac{o r_\alpha}{r}=1-\frac{1}{2}\xi\eta\,,\quad\frac{A r_\alpha}{r}=1-\frac{1}{2}\xi\\
&\frac{d_u}{r}=\frac{\xi(1-\eta)}{2\,\mathrm{vers}\,\phi_A}\left[1+\frac{\xi(1-\eta)(1+\cos\phi_A)}{4\,\mathrm{vers}\,\phi_A}\left\{1+\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n\left(\frac{\xi(\eta-\cos\phi_A)}{2\,\mathrm{vers}\,\phi_A}\right)^n\right\}\right]\\
&\frac{d_\alpha}{r}=\frac{\xi(1-\eta)}{2\,\mathrm{vers}\,\phi_A}\left[1-\frac{\xi(1-\eta)(1+\cos\phi_A)}{\mathrm{vers}\,\phi_A}\left\{1+\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{\xi(\eta-\cos\phi_A)}{2\,\mathrm{vers}\,\phi_A}\right)^n\right\}\right]
\end{aligned}\right\}\qquad(14)$$

これから

$$\frac{T}{r}=\frac{\xi(1-\eta)}{\mathrm{vers}\,\phi_A}\mathrm{vers}\,\phi+\xi\eta+\frac{\xi^3(1-\eta)^2(\eta-\cos\phi_A)}{8\,\mathrm{vers}^3\phi_A}(\cos\phi-\cos\phi_A)(1-\cos\phi)+\cdots\qquad(15)$$

$$\frac{\varepsilon_1}{r}=-\frac{\xi^2(1-\eta)^2}{4\,\mathrm{vers}^2\phi_A}(\cos\phi-\cos\phi_A)(1-\cos\phi)+\cdots\qquad(16)$$

一般に設計に用いられる ξ は 0.4 以下で多くの場合 0.2 以下である。故に (15) (16) 式のベキ級数はかなり収斂が早いと考えられるので、(15) 式の ξ の一次の項を T/r の近似式とし、ξ の三次の項をその誤差 ε_2/r を示すものとし (16) 式における ξ の二次の項が ε_1/r を示すものとすれば

$$T=T_C+(T_A-T_C)\frac{\mathrm{vers}\,\phi}{\mathrm{vers}\,\phi_A}\qquad(17)$$

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\varepsilon_1}{r}=\frac{\xi^2(1-\eta)^2}{4\,\mathrm{vers}^2\phi_A}(\cos\phi-\cos\phi_A)(1-\cos\phi)\\
&\frac{\varepsilon_2}{r}=\frac{\xi^3(1-\eta)^2(\eta-\cos\phi_A)}{8\,\mathrm{vers}^3\phi_A}(\cos\phi-\cos\phi_A)(1-\cos\phi)
\end{aligned}\right\}\qquad(18)$$

となる。$\frac{\alpha}{d\varphi}\left(\frac{\varepsilon_1}{r}\right)$, $\frac{\alpha}{d\varphi}\left(\frac{\varepsilon_2}{r}\right)$ は $\cos\phi=\frac{1}{2}(1+\cos\phi_A)$ の時 0 となるから

$$\left(\frac{\varepsilon_1}{r}\right)_{max}=\frac{\xi^2(1-\eta)^2}{16}$$

$$\left(\frac{\varepsilon_2}{r}\right)_{max}=\frac{\xi^3(1-\eta)^2(\eta-\cos\phi_A)}{32\,vers\phi_A} \qquad (19)$$

または

$$\left(\frac{\varepsilon_2}{T_A}\right)_{max}=\frac{\xi^2(1-\eta)^2(\eta-\cos\phi_A)}{32\,vers\phi_A}$$

すなわちこれらの誤差はいづれも $\xi=\frac{T_A}{r}$ の値が大きく，$\eta=\frac{T_c}{T_A}$ が小さい程大きい。試みに $\frac{T_A}{r}=\xi=0.4$, $\frac{T_c}{T_A}=0.6$ $\phi=40°$ の場合について計算すると $\left(\frac{\varepsilon_1}{r}\right)_{max}=0.16\%$, $\left(\frac{\varepsilon_2}{T_A}\right)_{max}=0.05\%$ となる。

この様に

$$T=T_c+(T_A-T_c)\frac{vers\phi}{vers\phi_A} \qquad (20)$$

と仮定したための誤差とアーチ中心線を円弧と仮定したための誤差はきわめて小さく最大 0.2% 以下である。当研究室で関係した不等厚アーチを用いたアーチダムの $(\varepsilon_1)_{max}$, $(\varepsilon_2)_{max}$ をを求めると表-2(a)の如くで，高々 10^{cm} 程度である。

表-2(a) 既設アーチダムに於ける ε_1, ε_2

ダム名	標高	r_{cm}	ϕ	ξ	η	$(\varepsilon_1)_{max}^{(m)}$	$(\varepsilon_2)_{max}^{(m)}$
室牧ダム	190	23.00	45°09′	0.46861	0.69586	0.02919	0.000218
川俣ダム	890	57.48	50°48′	0.22723	0.89412	0.00208	0.000168
	870	49.81	48°56′	0.31803	0.75743	0.01853	0.000863
湯月ダム	190	121.79	47°28′	0.27589	0.62492	0.08151	0.001773
	170	103.93	48°01′	0.42267	0.66000	0.13415	0.000763
	160	90.71	53°28′	0.51335	0.70864	0.12683	0.009050
矢木沢ダム	790	134.00	28°57′	0.22119	0.48917	0.10692	0.03652
	770	115.60	〃	0.26678	0.53802	0.11118	0.04035
	750	95.84	〃	0.30926	0.62416	0.08092	0.02512

なお米国開拓局で開発された数値積分法を用いる方法において用いられた他の仮定はこのように級数展開により近似値を求めることが出来ないので種々のアーチに対し数値計算を行った所いづれも $\xi=T_A/r$ が大きく $\eta=T_c/T_A$ が小さい程誤差が大きくなる傾向を示しており，これらの仮定の中

$$\sin(\phi-\theta)=\frac{\sin(\phi_A-\theta_A)}{\sin\phi_A}\sin\phi$$

なる仮定はきわめて近似度は高く誤差は 0.1% 以下であるが，$\theta=\frac{\theta_A}{\phi_A}\phi$ なる仮定と $\cos(\phi-\theta)=1$ なる仮定は近似度は比較的低く，$\xi=0.4$, $\eta=0.6$, $\phi_A=60°$ の時2%以上の誤差が生ずることが明らかとなった。ゆえに一心不等厚アーチの解法を検討する場合に，アーチの中心線を円弧と仮定することと，厚さを

$$T = T_c + (T_A - T_c)\frac{vers\phi}{vers\phi_A}$$

と仮定する以外に仮定を設けずに解を求めることが可能であればきわめて近似度の高い解法が得られることが明らかとなった。

以上から上下流面が中心の異る二つの円弧から成る一心不等厚アーチに於てはアーチ中心線を円弧と見做し、厚さが$vers\phi$に比例して変化すると仮定してもさしつかえないことが明らかとなったが、上下流面及びアーチ中心線が円弧以外の曲線である場合、例えばこの計算システムで行っている変半径アーチ等では厚さの変化は(20)式の型に限定される必要はなく、他の型の不等厚を用いることが考えられる。アーチ常数、荷重常数の計算でもϕについて積分しているので厚さTは中心角ϕの関数として与えられるのが便利である。クラウンで等厚、両側で不等厚を用いる場合に等厚部と不等厚部との接合点で形状の不連続がないように接合点での中心角を$\pm\phi_A$とすれば

$$\left[\frac{\alpha T}{\alpha \phi}\right]_{\phi=\pm\phi_A} = 0 \qquad (21)$$

なる形にするのがよい。この様な條件を満足するものとして一心不等厚アーチに現れる

$$T = T_c + (T_A - T_c)\frac{vers(\phi - \pm\phi_A)}{vers(\phi_A - \pm\phi_A)} \qquad (\phi \geqq \pm\phi_A) \qquad (22)$$

が考えられるが、この他に簡単な形として$sec\phi$に比例して変化することにした。

$$T = \frac{1}{vers(\phi_A - \pm\phi_A)}\left[T_c - T_A\cos(\phi_A - \pm\phi_A) + (T_A - T_c)\frac{\cos(\phi_A - \pm\phi_A)}{\cos(\phi - \pm\phi_A)}\right] \qquad (\phi \geqq \pm\phi_A) \qquad (23)$$

が考えられる。

一般にアーチの応力はクラウン及びアバットメントに於て最大値を示し、不等厚アーチはアバットメントでの増厚を目的として行われることが多いのでϕが小さい所では小さく、アバットメント近くで急激に増厚した方が効率がよい。事実最近のアーチダムではクラウン附近に等厚部をおき、途中から不等厚アーチにして増厚する場合が多い。したがって$\frac{T-T_c}{T_A-T_c}$は$\pm\phi_A < \phi < \phi_A$の時、出来るだけ小さい方がよい。この不等厚の度合を調べるために$\pm\phi_A = 0$, $\phi_A = 40°$とした時$\phi = 10°, 20°, 30°, 40°$の時の$\frac{T-T_c}{T_A-T_c}$の値を求めると表-2(8)の如くである。これから(23)式の方が僅かに効率がよいことがわかる。

表-2(8) $\frac{T-T_c}{T_A-T_c}$の値

	$\frac{T-T_c}{T_A-T_c}$の関数形	$\phi=10°$	$\phi=20°$	$\phi=30°$	$\phi=40°$
厚さが$vers\phi$に比例	$\frac{vers\phi}{vers\phi_A}$	0.0649	0.2578	0.5727	1.0000
厚さが$sec\phi$に比例	$\frac{vers\phi}{vers\phi_A}\times\frac{\cos\phi_A}{\cos\phi}$	0.0505	0.2101	0.5065	1.0000

以上から本計算システムでは三心不等厚アーチでは(22)式のみを変半径不等厚アーチでは(22),(23)式のいずれでも用い得る様にした。

1.3 アーチ常数荷重常数の計算

不等厚部の厚さが(22)または(23)式にて示されるならばアーチ常数の計算は数値積分にて行えば極めて容易である。

荷重常数の計算を行うに当って先ず M_L, H_L, V_L を求めなければならない。従来は一心等厚アーチの場合には M_L, H_L, V_L は理論的に φ の関数で表わし、一心不等厚アーチの場合には前に述べたような仮定を設けて φ の近似式を求めて計算を行っていた。しかし、これらの仮定の中には前に述べたように精度の低いものがあり、三心アーチの場合、片持梁要素とアーチ要素の交点で1、隣接した交点で0となるような単位荷重を用いる時、荷重と初点、最大点、終点とアーチの接合点との相対位置と判別しながらプログラムを作製しなければならず、更に変半径不等厚アーチの場合には上流面の形が簡単な数式では表わし得ないので、M_L, H_L, V_L を理論式で表わすのは困難であった。また従来特殊な形のアーチの計算が困難であったのは M_L, H_L, V_L が求めにくいためであった。

そこでどの様な上流面形状でも M_L, H_L, V_L が求められるようにこれらを積分の形で表はし、数値積分により求めるようにした。

(a) 半径方向荷重による M_L, H_L, V_L

上流面の形が $u_y = f(u_x)$ にて与えられる場合の M_L, H_L, V_L について検討してみる。いま H_L, V_L を求めんとする断面と x 軸とのなす角を φ とし、M_L を求めんとする着目点を (x_0, y_0) とする。M_L, H_L, V_L は $u_y = f(u_x)$ 上の点 (u_{x_1}, u_{y_1}) と (u_{x_2}, u_{y_2}) との間で $u_y = f(u_x)$ に垂直に作用する分布荷重 p により生ずるものとする。

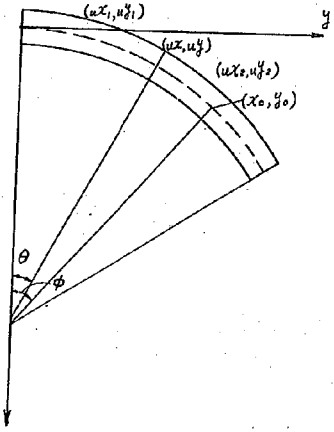


図 - 8

$u_y = f(u_x)$ 上の一点 (u_x, u_y) における法線の x 軸とのなす角を θ とする。

$$\frac{du_y}{du_x} = \cot\theta$$

ゆえに (u_x, u_y) 点の近傍 du_S なる長さに作用する荷重 p による H_L, V_L, M_L は、

$$dH_L = p\,du_S \sin(\phi-\theta) = p[\sin\phi\cos\theta - \cos\phi\sin\theta]\,du_S$$
$$dV_L = p\,du_S \cos(\phi-\theta) = p[\cos\phi\sin\theta + \sin\phi\sin\theta]\,du_S$$
$$dM_L = p\,du_x(x_0-u_x) + p\,du_y(y_0-u_y)$$

$$\sin\theta\,du_S = du_x \qquad \cos\theta\,du_S = du_y$$

$$\left.\begin{aligned} H_L &= -\cos\phi\int_{u_{x_1}}^{u_{x_2}} p\,du_x + \sin\phi\int_{u_{y_1}}^{u_{y_2}} p\,du_y = \int_{\phi_1}^{\phi_2} p\left[-\cos\phi\frac{du_x}{d\phi} + \sin\phi\frac{du_y}{d\phi}\right]d\phi \\ V_L &= \sin\phi\int_{u_{x_1}}^{u_{x_2}} p\,du_x + \cos\phi\int_{u_{y_1}}^{u_{y_2}} p\,du_y = \int_{\phi_1}^{\phi_2} p\left[\sin\phi\frac{du_x}{d\phi} + \cos\phi\frac{du_y}{d\phi}\right]d\phi \\ M_L &= \int_{u_{x_1}}^{u_{x_2}} p(x_0-u_x)\,du_x + \int_{u_{y_1}}^{u_{y_2}} p(y_0-u_y)\,du_y - \int_{\phi_1}^{\phi_2} p\left[(x_0-u_x)\frac{du_x}{d\phi} + (y_0-u_y)\frac{du_y}{d\phi}\right]d\phi \end{aligned}\right\} \quad (24)$$

こに ϕ_2, ϕ_1 に (ux_1, y_1) 及び (ux_2, uy_2) を通るアーチ中心線の法線と x 軸とのなす角とするこれから，ϕ の等間隔に $\frac{dux}{d\phi}$, $\frac{duy}{d\phi}$, ux, uy が計算されれば数値積分により M_L, H_L, V_L が求められる。

(b) 接線方向荷重による M_L, H_L, V_L

半径方向荷重の場合と同様にアーチ中心線の形を $y=f(x)$ とすると，

$$\left.\begin{aligned} H_L &= -\sin\phi\int_{x_1}^{x_2} p\,dx - \cos\phi\int_{y_1}^{y_2} p\,dy = -\int_{\phi_1}^{\phi_2} p\left[\sin\phi\frac{dx}{d\phi}+\cos\phi\frac{dy}{d\phi}\right]d\phi \\ V_L &= -\cos\phi\int_{x_1}^{x_2} p\,dx + \sin\phi\int_{y_1}^{y_2} p\,dy = \int_{\phi_1}^{\phi_2} p\left[-\cos\phi\frac{dx}{d\phi}+\sin\phi\frac{dy}{d\phi}\right]d\phi \\ M_L &= +\int_{x_1}^{x_2} p(x_0-x)\,dy - \int_{y_1}^{y_2} p(y_0-y)\,dx = \int_{\phi_1}^{\phi_2} p\left[(x_0-x)\frac{dy}{d\phi}-(y_0-y)\frac{dx}{d\phi}\right]d\phi \end{aligned}\right\} \quad (25)$$

にて求められる。

(c) 捩れ荷重による M_L, H_L, V_L

$$\left.\begin{aligned} H_L &= V_L = 0 \\ M_L &= \int_{s_1}^{s_2} p\,ds \end{aligned}\right\} \quad (26)$$

以上 M_L, H_L, V_L が求められれば荷重常数はアーチ常数と同様に容易に求められる。この計算システムではアーチ要素と片持梁要素との交点の間を ϕ について8等分し各々の点で p, $\frac{dux}{d\phi}$, $\frac{duy}{d\phi}$, x, y, $\frac{dx}{d\phi}$, $\frac{dy}{d\phi}$, ux, uy, 等を求め，シンプソン則により，4等分点での M_L, H_L, V_L を求め，これを数値積分して各交点でのアーチ常数荷重常数を計算するようにした。

プログラムのチェックに於てその精度を検討した所 ϕ で8桁の精度を有する時一心等厚アーチの理論解と比較した結果，M_L, H_L, V_L, アーチ常数荷重常数で7桁 M_0, H_0, V_0, 撓みで6桁の精度を有することが明らかとなった。

第2節 三心不等厚アーチの解法

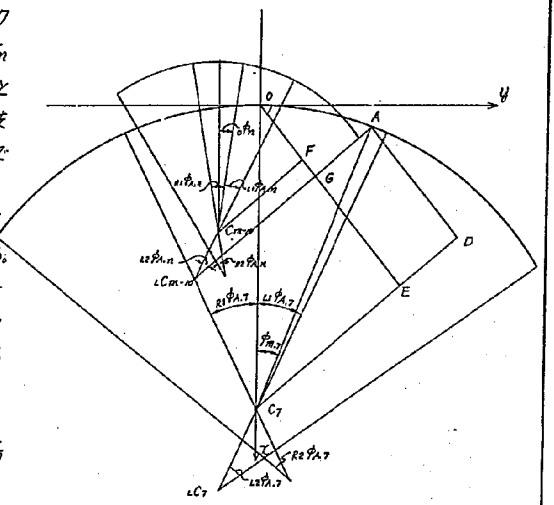
2.1 座標計算

アーチダムの半径方向調整および完全調整を行う場合に片持梁要素とアーチ要素の交点の座標を求める必要がある。この座標計算について簡単に述べることにする。

前述したように，この計算システムでは天端 $(n=7)$ のアーチ中心線を堤軸にとり，堤軸のクラウンに於ける法線を x 軸(下流向正)に接線を y 軸(左岸向正)にとっている。片持梁要素は堤軸上の定点 $(x_{m,7}, y_{m,7})$ を通り，各標高で，その標高の半径方向の面を持ち，かつベースがアーチのアバットメントと一致するものとして定義される。

したがって定点 $(x_{m,7}; y_{m,7})$ は 非対称の場合の左岸側では $n=m-10$ 標高右岸側では $n=10-m$ 標高，対称の場合は $n=m$ 標高のアーチのアバットメントにおけるアーチ中心線の法線と堤軸との交点として定義される。

非対称の場合について考察するクラウン附近の等厚部分の半径を${}_1r_n$左岸側の不等厚部の半径を${}_{L2}r_n$とする。また各々の部分での中心角を${}_{L1}\phi_{A.n}$, ${}_{L2}\phi_{A.n}$とする。またクラウンでの法線のZ軸とのなす角を${}_0\phi_n$とし、クラウン附近の等厚部のアーチ中心線の中心の座標を${}_0x_n$, ${}_0y_n$とする。定点$(x_{m.7}, y_{m.7})$が堤軸上半径が${}_1r_7$の部分にあるか${}_{L2}r_7$の部分にあるか${}_{R2}r_7$の部分にあるかの判別を行わなければならない。



図－9

先ず半径が${}_1r_7$の部分にある場合について検討してみる。
図-9で定点$(x_{m.7}, y_{m.7})$をAとし各標高の等厚部(半径が${}_1r_n$)のアーチ中心線の中心をC_n. 左岸側不等厚部(半径が${}_{L2}r_n$)のアーチ中心線の中心を${}_{L}C_n$, 右岸側不等厚部(半径が${}_{R2}r_n$)のアーチ中心線の中心を${}_{R}C_n$とする。今C_7から$\overline{{}_{L}C_{m-10}A}$の平行線を引きこれにAより垂線を下しその足をDとする。また$\overline{C_7D}$に0より垂線を下し、その足をEとする。OEにCm-10, ${}_{L}C_{m-10}$より垂線を下しその足を夫々F, Gとする。$\overline{A{}_{L}C_{m-10}}$とX軸とのなす角は${}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}$であるから　${}_{L}OC_7D = {}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}$

$$\therefore \overline{OE} = {}_1r_7 \sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})$$

${}_{L}OC_7A = \phi_{m.7}$ とすれば ${}_{L}AC_7D = {}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-\phi_{m.7}$

$$\therefore \overline{AD} = {}_1r_7 \sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-\phi_{m.7})$$

$$\overline{OF} = {}_0x_{m-10}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) + {}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})$$

$$\overline{C_{m-10}{}_{L}C_{m-10}} = {}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10}$$

$$\overline{FG} = ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10}$$

$$\therefore \overline{GE} = ({}_1r_7 - {}_0x_{m-10})\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) - {}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) - ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10}$$

$$\overline{GE} = \overline{AD}$$

$$\therefore \phi_{m.7} = {}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10} - \sin^{-1}\frac{1}{{}_1r_7}\{({}_1r_7 - {}_0x_{m-10})\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) - {}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) - ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10}\} \quad (27)$$

$$x_{m.7} = {}_1r_7(1-\cos\phi_{m.7})$$

$$y_{m.7} = {}_1r_7\sin\phi_{m.7}$$

ここで $R_1\phi_{A.7} \leqq \phi_{m.7} \leqq {}_{L1}\phi_{A.7}$ の時成立することになる．即ち（27）式は

$$ {}_{1}r_7\{\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})-\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-{}_{L1}\phi_{A.7})\} \geqq {}_0x_{m-10}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ +{}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})+({}_{L2}r_{m-10}-{}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10} \geqq {}_1r_7\{\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ -\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-{}_{R1}\phi_{A.7})\} $$

のとき成立することになる．

次に定点が左岸側の不等厚部（半径が ${}_{L2}r_7$）にある時について検討する．この時は前の場合から明らかなように．

$$ {}_1r_7\{\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})-\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-{}_{L1}\phi_{A.7})\} $$
$$ <{}_0x_{m-10}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ +{}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ +({}_{L2}r_{m-10}-{}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10} $$

の場合である．この場合にも前と同様に図-10における様な補助線を引くと．

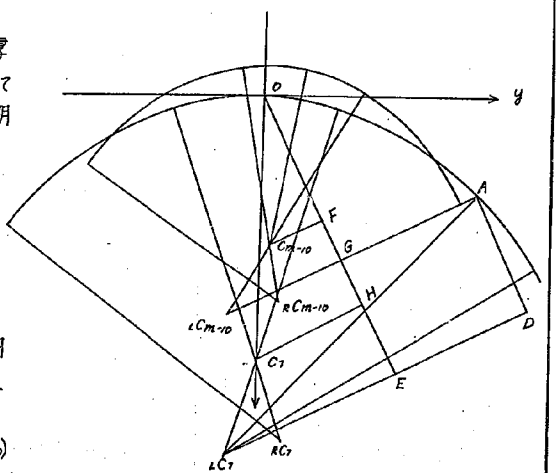


図 - 10

$$ \overline{OH} = {}_1r_7\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ \overline{HE} = ({}_{L2}r_7-{}_1r_7)\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-{}_{L1}\phi_{A.7}) $$
$$ \overline{OF} = {}_0x_{m-10}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ +{}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ \overline{FG} = ({}_{L2}r_{m-10}-{}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10} $$
$$ \therefore \overline{GE} = ({}_1r_7-{}_0x_{m-10})\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})-{}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ +({}_{L2}r_7-{}_1r_7)\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-{}_{L1}\phi_{A.7})-({}_{L2}r_{m-10}-{}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10} $$
$$ \overline{AD} = {}_{L2}r_7\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-\phi_{m.7}) $$
$$ \overline{AD} = \overline{GE} $$

$$ \therefore \phi_{m.7} = {}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-\sin^{-1}\frac{1}{{}_{L2}r_7}\{({}_1r_7-{}_0x_{m-10})\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}) $$
$$ -{}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})+({}_{L2}r_7-{}_1r_7)\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-{}_{L1}\phi_{A.7}) $$
$$ -({}_{L2}r_{m-10}-{}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10}\} \quad (28) $$
$$ x_{m.7} = {}_1r_7(1-\cos{}_{L1}\phi_{A.7})+{}_{L2}r_7(\cos{}_{L1}\phi_{A.7}-\cos\phi_{m.7}) $$
$$ y_{m.7} = {}_1r_7\sin{}_{L1}\phi_{A.7}+{}_{L2}r_7(\sin\phi_{m.7}-\sin{}_{L1}\phi_{A.7}) $$

定点が右岸側の不等厚部（半径が ${}_{R2}r_7$）にある時は同様に

$$ {}_0x_{m-10}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})+{}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})+({}_{L2}r_{m-10}-{}_1r_{m-10})\sin{}_{L2}\phi_{A.m-10} < $$
$$ {}_1r_7\{\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10})-\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-{}_{R1}\phi_{A.7})\} $$

のときで

$$\left.\begin{aligned}
\phi_{m.7} &= {}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-\sin^{-1}\frac{1}{R2r_7}\left[(1r_7-{}_0x_{m-10})\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-0})-{}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}\right.\\
&\quad\left.+{}_{L2}\phi_{A.m-10})+(R2r_7-1r_7)\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A.m-10}+{}_{L2}\phi_{A.m-10}-R1\phi_{A.7})-(L2r_{m-10}-1r_{m-10})\sin L2\phi_{A.m-10}\right]\\
x_{m.7} &= 1r_7(1-\cos R1\phi_{A.7})+R2r_7(\cos R1\phi_{A.7}-\cos\phi_{m.7})\\
y_{m.7} &= 1r_7\sin R1\phi_{A.7}+R2r_7(\sin\phi_{m.7}-\sin R1\phi_{A.7})
\end{aligned}\right\}(29)$$

同様に右側のアバットメントに立てた片持梁要素（$10>m\geq 4$）の定点の座標も同型の式で求められる。この様に各片持梁要素の定点の座標が求められると次にアーチ要素と片持梁要素の交点の座標が求められる。この計算法について述べる。

さきに求めた片持梁要素の定点（$x_{m.7}$, $y_{m.7}$）をAとし，n標高におけるアーチ要素と片持梁要素の交点をB（$x_{m.n}$, $y_{m.n}$）としての点の中心角を$\phi_{m.n}$とする。

B点がクラウン附近の等厚部（半径が$1r_n$の部分）にあるときはこの点の曲率中心は（${}_0x_n$, ${}_0y_n$）であるから

$$\left.\begin{aligned}
\phi_{m.n} &= -{}_0\phi_n+\tan^{-1}\frac{y_{m.7}-{}_0y_n}{{}_0x_n-x_{m.7}}\\
x_{m.n} &= {}_0x_n-1r_n\cos({}_0\phi_n+\phi_{m.n})\\
y_{m.n} &= {}_0y_n+1r_n\sin({}_0\phi_n+\phi_{m.n})
\end{aligned}\right\}(30)$$

となる。この式は$R1\phi_{A.n}\leq\phi_{m.n}\leq L1\phi_{A.n}$の時に成立するから

$$\tan L1\phi_{A.n}\geq\frac{y_{m.n}-{}_0y_n}{{}_0x_n-x_{m.7}}\geq\tan R1\phi_{A.n}$$

の時成立することになる。

次に

$$\tan L1\phi_{A.n}<\frac{y_{m.7}-{}_0y_n}{{}_0x_n-x_{m.7}}$$

の時はB点が左岸側の不等厚部（半径が${}_{L1}r_n$の部分）にあることになるから，この時の曲率中心の座標は$[{}_0x_n+(L2r_n-1r_n)\cos({}_0\phi_n+L1\phi_{A.n}),\ {}_0y_n-(L2r_n-1r_n)\sin({}_0\phi_n+L1\phi_{A.n})]$になるから

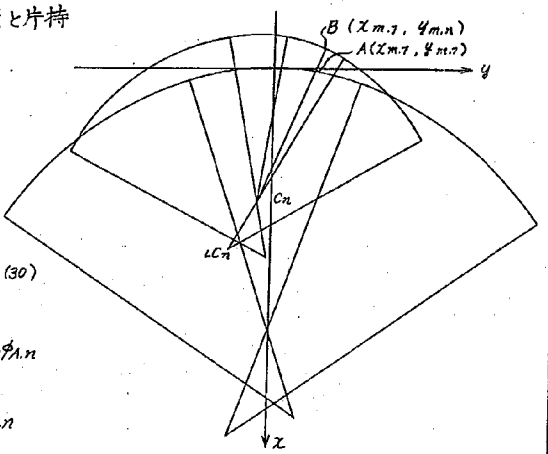
$$\left.\begin{aligned}
\phi_{m.n} &= -{}_0\phi_n+\tan^{-1}\frac{y_{m.7}-{}_0y_n+(L2r_n-1r_n)\sin({}_0\phi_n+L1\phi_{A.n})}{{}_0x_n-x_{m.7}+(L2r_n-1r_n)\cos({}_0\phi_n+L1\phi_{A.n})}\\
x_{m.n} &= {}_0x_n-L2r_n\cos({}_0\phi_n+\phi_{m.n})+(L2r_n-1r_n)\cos({}_0\phi_n+L1\phi_{A.n})\\
y_{m.n} &= {}_0y_0+L2r_n\sin({}_0\phi_n+\phi_{m.n})-(L2r_n-1r_n)\sin({}_0\phi_n+L1\phi_{A.n})
\end{aligned}\right\}(31)$$

同様に

$$\tan R1\phi_{A.n}>\frac{y_{m.7}-{}_0y_n}{{}_0x_n-x_{m.7}}$$

の時はB点が右岸側の不等厚部（半径が$R1r_n$の部分）にあることになるからこの時の曲率中心の座標は

$[{}_0x_n+(R2r_n-1r_n)\cos({}_0\phi_n+R1\phi_{A.n}),\ {}_0y_n-(R2r_n-1r_n)\sin({}_0\phi_n+R1\phi_{A1.n})]$になるから



図－11

$$\left.\begin{aligned}
&\phi_{m.n} = -{}_0\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m.1} - {}_0y_n + (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\sin({}_0\phi_n + R_1\phi_{A.n})}{{}_0x_n - x_{m.1} + (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\cos({}_0\phi_n + R_1\phi_{A.n})}\\
&x_{m.n} = {}_0x_n - R_2\gamma_n\cos({}_0\phi_n + \phi_{m.n}) + (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\cos({}_0\phi_n + R_1\phi_{A.n})\\
&y_{m.n} = {}_0y_n + R_2\gamma_n\sin({}_0\phi_n + \phi_{m.n}) - (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\sin({}_0\phi_n + R_1\phi_{A.n})
\end{aligned}\right\} \quad (32)$$

以上は非対称の場合の座標計算式であるが対称の場合には

$${}_0\phi_n = {}_0y_n = 0$$

$$-R_1\phi_{A.n} = L_1\phi_{A.n} = {}_1\phi_{A\,n}$$

$$-R_2\phi_{A.n} = L_2\phi_{A.n} = {}_2\phi_{A.n}$$

とし更に対称の場合には ${}_0x_n$ なる入力を用いず $x_{c.n}(={}_0x_n - {}_1\gamma_n)$ なる入力を用いているので　$x_{c.n} = {}_0x_n - {}_1\gamma_n$

とすれば対称の場合の計算式が得られる。

2.2. 基礎岩盤の変形常数の計算

基礎の変形常数は米国開拓局の方法に従って行っている。但し変形常数 $K_1, K_2 \cdots K_6$ を求める場合に数表を用いるのは不便であるので Vogt の式をプログラムの中に組込んで行っている。

また傾角の計算ではダムの展開図の傾角を用いており、n+1, n, n-1 標高のアバットメントを放物線でつなぎ n 標高でのこの放物線での傾角を用いている。

即ち n 標高での傾角を χ_n、クラウンからアーチ中心線に沿ってのアバットメントまでの長さを $S_{n+10.n}$ とすれば

$$\chi_n = \tan^{-1}\left[\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \times \frac{S_{n+1.n+1} - S_{n+an}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \times \frac{S_{n+m.n} - S_{n+9,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}\right] \quad (33)$$

なる式で計算している。

なお半径方向調整においてはキレツ片持梁法の計算を加味したので上流面に片持梁要素に入るキレツの深さを c とすれば片持梁要素の基礎岩盤の変形常数の計算に用いる厚さ T には $T - cC$ を用いた。

2.3 アーチ要素の計算

この計算システムではアーチの単位荷重としては図-12に示す様にアーチ要素と片持梁要素との交点 (K.n) で 1. それに隣接した交点、(K+1, n) および (K-1,n) で 0 となり、その間直線的に変化するものを用いている。

この計算システムではアーチ常数、荷重常数 M_L, H_L, V_L はシンプソンの数値積分により行っている。即ちアーチ常数荷重常数はアーチ要素と片持梁要素との交点 (m.n) と (m+1, n) の間を 4 等分して 4 等分

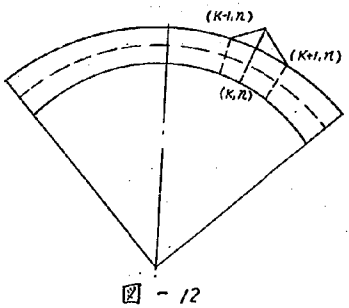


図 - 12

---

* Reclamat on Manual Chapter 10. P.58 ~ P.76

$$
\left.
\begin{aligned}
\phi_{m.n} &= -{}_o\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m.n}-{}_oy_n+(R_2r_n-{}_1r_n)\sin({}_o\phi_n+R_1\phi_{A.n})}{{}_ox_n-x_{m.n}+(R_2r_n-{}_1r_n)\cos({}_o\phi_n+R_1\phi_{A.n})} \\
x_{m.n} &= {}_ox_n - R_2r_n\cos({}_o\phi_n+\phi_{m.n}) + (R_2r_n-{}_1r_n)\cos({}_o\phi_n+R_1\phi_{A.n}) \\
y_{m.n} &= {}_oy_n + R_2r_n\sin({}_o\phi_n+\phi_{m.n}) - (R_2r_n-{}_1r_n)\sin({}_o\phi_n+R_1\phi_{A.n})
\end{aligned}
\right\} \quad (32)
$$

以上は非対称の場合の座標計算式であるが対称の場合には

$${}_o\phi_n = {}_oy_n = 0$$

$$-R_1\phi_{A.n} = {}_{L1}\phi_{A.n} = {}_1\phi_{A.n}$$

$$-R_2\phi_{A.n} = {}_{L2}\phi_{A.n} = {}_2\phi_{A.n}$$

とし更に対称の場合には ${}_ox_n$ なる入力を用いず $x_{c.n}(={}_ox_{n-1}r_n)$ なる入力を用いているので　$x_{c.n} = {}_ox_n - {}_1r_n$

とすれば対称の場合の計算式が得られる。

2.2. 基礎岩盤の変形常数の計算

基礎の変形常数は米国開拓局の方法に従って行っている。但し変形常数 $K_1, K_2 \cdots K_6$ を求める場合に数表を用いるのは不便であるので Vogt の式をプログラムの中に組込んで行っている。

また傾角の計算ではダムの展開図の傾角を用いており、$n+1, n, n-1$ 標高のアバットメントを放物線でつなぎ n 標高でのこの放物線での傾角を用いている。

即ち n 標高での傾角を χ_n、クラウンからアーチ中心線に沿ってのアバットメントまでの長さを $S_{n+10.n}$ とすれば

$$\chi_n = \tan^{-1}\left[\frac{Z_n-Z_{n-1}}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\times\frac{S_{n+10.n+1}-S_{n+10.n}}{Z_{n+1}-Z_n}+\frac{Z_{n+1}-Z_n}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\times\frac{S_{n+10.n}-S_{n+9.n-1}}{Z_n-Z_{n-1}}\right] \quad (33)$$

なる式で計算している。

なお半径方向調整においてはキレツ片持梁法の計算を加味したので上流面に片持梁要素に入るキレツの深さを c とすれば片持梁要素の基礎岩盤の変形常数の計算に用いる厚さ T には $T=c$ を用いた。

2.3 アーチ要素の計算

この計算システムではアーチの単位荷重としては図-12に示す様にアーチ要素と片持梁要素との交点 $(K.n)$ で1、それに隣接した交点 $(K+1, n)$ および $(K-1.n)$ で0となり、その間直線的に変化するものを用いている。

この計算システムではアーチ常数、荷重常数 M_L, H_L, V_L はシンプソンの数値積分により行っている。即ちアーチ常数荷重常数はアーチ要素と片持梁要素との交点 $(m.n)$ と $(m+1, n)$ の間を4等分して4等分

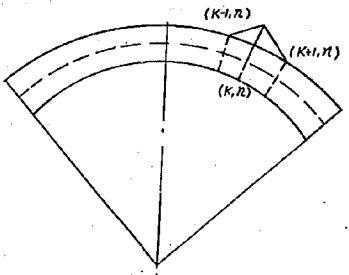


図 - 12

---

* Reclamat on Manual Chapter 10. P.58 ~ P.76

点で (4), (7) 式に現れる $T, x, y, \sin\phi, \cos\phi, M_L, H_L, V_L$ 等を求めて数値積分を行っている。従って M_L, H_L, V_L は8等分点で (24)~(26)式に現れる $\frac{\alpha}{\alpha\phi}(ux), \frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy), ux, uy, \frac{\alpha}{\alpha\phi}(x), \frac{\alpha}{\alpha\phi}(y), x, y$ を求め数値積分により4等分点での値を求めている。

三心不等厚アーチではクラウンからアバットメントまでの間で半径が左岸側では $_1r_n$ から $_{L2}r_n$ に右岸側では $_1r_n$ から $_{R2}r_n$ に変わる。このため或る部分では $ds = {}_1r_n d\phi$ となり或部分では $ds = {}_{L2}r_n d\phi$ または $ds = {}_{R2}r_n d\phi$ となり，アーチ常数，荷重常数の積分において半径が変る点で被積分式が変ることになる。更に M_L, H_L, V_L の計算においては単位荷重の始点 $(K-1, n)$ 終点 $(K+1, n)$ 最大点 (K, n) と半径が異る点の相対位置を判別しつゝ計算を行わなければならない。このような複雑さを避けるために ψ なる変数を導入し

$$
\left.
\begin{aligned}
&{}_{R1}\phi_{A.n} \leqq \phi_{m.n} \leqq {}_{L1}\phi_{A.n} \text{ のとき} \\
&\quad \psi_{m.n} = \phi_{m.n} \\
&\phi_{m.n} > {}_{L1}\phi_{A.n} \text{ のとき} \\
&\quad \psi_{m.n} = \frac{{}_{L2}r_n}{{}_1r_n}\phi_{m.n} \\
&\phi_{m.n} < {}_{R1}\phi_{A.n} \text{ のとき} \\
&\quad \psi_{m.n} = \frac{{}_{R2}r_n}{{}_1r_n}\phi_{m.n}
\end{aligned}
\right\} \quad (34)
$$

とした。このため全域にわたって

$$ds = {}_1r_n d\psi$$

となり，ϕ について積分する場合の様な判別は不必要となった。尚 $\frac{\alpha}{\alpha\phi}(ux), \frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy), \frac{\alpha}{\alpha\phi}(x), \frac{\alpha}{\alpha\phi}(y)$ の代りに $\frac{\alpha}{\alpha\psi}(ux), \frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy), \frac{\alpha}{\alpha\psi}(x), \frac{\alpha}{\alpha\psi}(y)$ を用いている。

また前節に述べたようにクラウンでのアーチ常数，荷重常数を求める場合 $x, y, \sin\phi, \cos\phi$ はクラウンに座標原点をおきクラウンでの法線を x 軸，接線を y 軸にとった場合の値を用いればよいが，中間点 $(m.n)$ の変位を求める場合には $(m.n)$ 点に原点をおき，その点でのアーチ中心線の法線を x 軸に，接線を y 軸にとった $x, y, \sin\phi, \cos\phi$ を用いたアーチ常数，荷重常数を求める必要がある。そこで $(m.n)$ 点に原点をおいた時の座標を $(x^{m.n}), (y^{m.n})$ として

$$
\left.
\begin{aligned}
(x^{m.n}) &= (x - x_{m.n})\cos\phi_{m.n} - (y - y_{m.n})\sin\phi_{m.n} \\
(y^{m.n}) &= (x - x_{m.n})\sin\phi_{m.n} + (y - y_{m.n})\cos\phi_{m.n}
\end{aligned}
\right\} \quad (35)
$$

を (4), (7) 式の x, y の代りに用いた。

8等分点は ψ の8等分点とし，これらの8等分点での ϕ を求めれば T は (22)式から $(x^{m.n})$ は (30), (31), (32) 式と同形の式から求めた $x, x_{m.n}, y, y_{m.n}$ を (35) 式に代入することにより求められる。また ux, uy は

$$ux = x - \frac{T}{2}\cos\phi \qquad uy = y + \frac{T}{2}\sin\phi$$

であるから求められる。また

$$\frac{\alpha ux}{\alpha\psi} = \frac{\alpha}{\alpha\phi}(ux)\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi}, \quad \frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy) = \frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy)\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi}$$

$$\frac{\alpha x}{\alpha\psi} = \frac{\alpha}{\alpha\phi}(x)\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi}, \quad \frac{\alpha}{\alpha\psi}(y) = \frac{\alpha}{\alpha\phi}(y)\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi}$$

で $\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi}$ は (35)式から

$R_1\phi_{A.n} \leqq \phi \leqq {}_L1\phi_{A.n}$ のとき $\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi} = 1$

$\phi > {}_L1\phi_{A.n}$ のとき $\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi} = \frac{{}_1r_n}{{}_{L2}r_n}$

$\phi < {}_R1\phi_{A.n}$ のとき $\frac{\alpha\phi}{\alpha\psi} = \frac{{}_1r_n}{{}_{R2}r_n}$

であるから $\frac{\alpha}{\alpha\psi}(ux)$, $\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy)$, $\frac{\alpha}{\alpha\psi}(x)$, $\frac{\alpha}{\alpha\psi}(y)$ が 8等分点で求められる.

これから (m.n)点でのアーチ常数を ${}_1A_{m.n}$, ${}_1B_{m.n}$, ${}_1C_{m.n}$, ${}_2B_{m.n}$, ${}_3B_{m.n}$ とすれば左岸側では

$$
\left.
\begin{aligned}
{}_{L1}A_{m.n} &= \frac{{}_{12}r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{\alpha\psi}{T^3} + \alpha \\
{}_{L1}B_{m.n} &= \frac{{}_{12}r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{(x^{m.n})\alpha\psi}{T^3} + \alpha\,(x^{m.n}_{10+n.n}) + \alpha_2 \cdot \sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
{}_{L1}C_{m.n} &= \frac{{}_{12}r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{(y^{m.n})\alpha\psi}{T^3} + \alpha\,(y^{m.n}_{10+n.n}) + \alpha_2 \cdot \cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
{}_{L2}B_{m.n} &= \frac{{}_{12}r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{(x^{m.n})(y^{m.n})\alpha\psi}{T^3} + \frac{1}{2}(3+5\nu)\frac{{}_1r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{\sin(\phi-\phi_{m.n})\cos(\phi-\phi_{m.n})}{T}\alpha\psi \\
&\quad + \alpha\,(x^{m.n}_{10+n.n})(y^{m.n}_{10+n.n}) - (\beta-\gamma)\sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})\cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
&\quad + \alpha_2\left[(x^{m.n}_{10+n.n})\sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) + (y^{m.n}_{10+n.n})\cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})\right] \\
{}_{L2}C_{m.n} &= \frac{{}_{12}r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{(y^{m.n})^2\alpha\psi}{T^3} + \frac{{}_1r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu)\cos^2(\phi-\phi_{m.n})}{T}\alpha\psi \\
&\quad + \alpha\,(y^{m.n}_{10+n.n})^2 + \beta\sin^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) + \gamma\cos^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
&\quad + 2\alpha_2\,(y^{m.n}_{10+n.n})\cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
{}_{L3}B_{m.n} &= \frac{{}_{12}r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{(x^{m.n})^2\alpha\psi}{T^3} + \frac{{}_1r_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu)\sin^2(\phi-\phi_{m.n})}{T}\alpha\psi \\
&\quad + \alpha\,(x^{m.n}_{10+n.n})^2 + \beta\cos^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) + \gamma\sin^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
&\quad + 2\alpha_2\,(x^{m.n}_{10+n.n})\sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})
\end{aligned}
\right\} \quad (36)
$$

となりこれらの積分を被積分関数の値を各支点間の4等分点で求め数値積分で求めれば求められる. 右岸側に対しても(7)式から(36)式と類似の式が得られる.

次に M_L, H_L, V_L を求めるに当って (m.n)点の荷重常数を求めるためには (K.n)点を最大点とする荷重の中 (m.n)点と $(i+\frac{2i}{8}.n)$点との間にある荷重による $(i+\frac{2i}{8}.n)$点に生ずる M_L, H_L, V_L を求める必要がある. これを夫々 ${}_LM(n.K.m.i+\frac{2i}{8})$, ${}_LH(n.K.m.i+\frac{2i}{8})$, ${}_LV(n.K.m.i+\frac{2i}{8})$ とすると半径方向荷重による. ${}_LM$, ${}_LH$, ${}_LV$ は (24)式から

$$
\left.
\begin{aligned}
{}_LM(n.k.10.i+\tfrac{2i}{8}) &= \int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\left\{(x_{i+\frac{2i}{8}.n})-ux\right\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(ux) + \left\{(y_{i+\frac{2i}{8}.n})-uy\right\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy)\Big]\alpha\psi \\
{}_LH(n.k.10.i+\tfrac{2i}{8}) &= -\cos\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(ux)\alpha\psi + \sin\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy)\alpha\psi \\
{}_LV(n.k.10.i+\tfrac{2i}{8}) &= \sin\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(ux)\alpha\psi + \cos\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy)\alpha\psi
\end{aligned}
\right\} \quad (37)
$$

接線方向荷重による ${}_LM$, ${}_LH$, ${}_LV$ は (25)式から

$$
\left.
\begin{aligned}
{}_LM(n.k.10.i+\tfrac{2i}{8}) &= \int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\left[\left\{(x_{i+\frac{2i}{8}.n})-x\right\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(y) - \left\{(y_{i+\frac{2i}{8}.n})-y\right\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(x)\right]\alpha\psi \\
{}_LH(n.k.10.i+\tfrac{2i}{8}) &= -\sin\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(x)\alpha\psi - \cos\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(y)\alpha\psi \\
{}_LV(n.k.10.i+\tfrac{2i}{8}) &= -\cos\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(x)\alpha\psi + \sin\phi_{i+\frac{2i}{8}.n}\int_{\psi_{10.n}}^{\psi_{i+\frac{2i}{8}.n}} p\frac{\alpha}{\alpha\psi}(y)\alpha\psi
\end{aligned}
\right\} \quad (38)
$$

掘れ荷重による M_L, H_L, V_L は(26)式から

$$
\left.\begin{aligned}
{}_LM(n.k.10.i+\tfrac{2}{8}) &= {}_1\gamma_n \int_{\psi_{10.n}}^{\phi_{i+\frac{2}{8}.n}} p\,d\psi \\
{}_LH(n.k.10.i+\tfrac{2}{8}) &= {}_LV(n.k.10.i+\tfrac{2}{8}) = 0 \quad \text{となり}
\end{aligned}\right\} \quad (39)
$$

$$
\left.\begin{aligned}
{}_LM(n.k.m.i+\tfrac{2}{8}) &= {}_LM(n.k.10.i+\tfrac{2}{8}) - {}_LM(n.k.10.m) + {}_LH(n.k.10.m)(\chi^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n}) \\
&\quad - {}_LV(n.k.10.m)(y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n}) \\
{}_LH(n.k.m.i+\tfrac{2}{8}) &= {}_LH(n.k.10.i+\tfrac{2}{8}) - {}_LH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n}) \\
&\quad - {}_LV(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n}) \\
{}_LV(n.k.m.i+\tfrac{2}{8}) &= {}_LV(n.k.10.i+\tfrac{2}{8}) + {}_LH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n}) \\
&\quad - {}_LV(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n})
\end{aligned}\right\} \quad (40)
$$

から ${}_LM(n.k.m.i+\frac{2}{8})$, ${}_LH(n.k.m.i+\frac{2}{8})$, ${}_LV(n.k.m.i+\frac{2}{8})$ が求められる。この様に (mn) 点と4等分点の間にある荷重により4等分点に生ずる M_L, H_L, V_L が求められさば(4)式から (mn) 点の荷重常数は

$$
\left.\begin{aligned}
{}_{L1}D^{K.n}_{m.n} &= \frac{12\,{}_1\gamma_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{{}_LM(n.k.m.i)}{T^3_{i.n}}\,d\psi_{L.n} + d_L M(n.k.m.10+n) \\
{}_{L2}D^{K.n}_{m.n} &= \frac{12\,{}_1\gamma_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{{}_LM(n.k.m.i)(y^{m.n}_{i.n})}{T^3_{i.n}}\cdot d\psi_{i.n} \\
&\quad + \frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{{}_LH(n.k.m.i)\sin(\phi_{L.n}-\phi_{m.n}) + \frac{2}{3}(1+\nu)\,{}_LV(n.k.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{T_{L.n}} d\psi_{L.n} \\
&\quad + {}_LM(n.k.m.10+n)\{\alpha(y^{m.n}_{10+n.n}) + d_2\cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})\} + {}_LH(n.k.m.10+n)\,\beta\sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
&\quad + {}_LV(n.k.m.10+n)\{\gamma\cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) + d_2(y^{m.n}_{10+n.n})\} \\
{}_{L3}D^{K.n}_{m.n} &= \frac{12\,{}_1\gamma_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{{}_LM(n.k.m.i)(\chi^{m.n}_{i.n})}{T^3_{i.n}}\,d\psi_{i.n} \\
&\quad + \frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\int_{\psi_{m.n}}^{\psi_{10+n.n}} \frac{-{}_LH(n.k.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n}) + \frac{2}{3}(1+\nu)\,{}_LV(n.k.m.i)\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{T_{i.n}} d\psi_{i.n} \\
&\quad + {}_LM(n.k.m.10+n)\{\alpha(\chi^{m.n}_{10+n.n}) + d_2\sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})\} - {}_LH(n.k.m.10+n)\,\beta\cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \\
&\quad + {}_LV(n.k.m.10+n)\{\gamma\sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) + d_2(\chi^{m.n}_{10+n.n})\}
\end{aligned}\right\} \quad (41)
$$

として計算される。右岸側に対しても(37)~(41)式と類似の式が得られる。かくしてクラウンのアーチ常数、荷重常数を(8),(9)式に代入すれば M_0, H_0, V_0 が求められる。更に(2),(4)式から任意の点の M.H.V が求められる。また $(m.n)$ 点の変位は左岸側では

$$
\left.\begin{aligned}
{}_L(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n} &= {}_{L1}A_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n} + {}_{L1}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n} + {}_{L1}C_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n} - {}_{L1}D^{K.n}_{m.n} \\
{}_L(\Delta\gamma)^{K.n}_{m.n} &= {}_{L1}C_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n} + {}_{L2}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n} + {}_{L2}C_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n} - {}_{L2}D^{K.n}_{m.n} \\
{}_L(\Delta S)^{K.n}_{m.n} &= -{}_{L1}B_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n} - {}_{L3}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n} - {}_{L2}B_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n} + {}_{L3}D^{K.n}_{m.n}
\end{aligned}\right\} \quad (42)
$$

として求められ、右岸側でもこれと類似の形の式が得られる。

次に温度荷重に対する計算について述べよう。この計算システムでは断面内平均の温度変化と上下流方向の温度勾配の変化とを考慮し、アーチ要素と片持梁要素の各交点で入力するようになっている。断面内平均温度の変化 t(温度上昇を正)は $\frac{{}_LH}{E.T}$ に相当し、上下流方向の温度勾配の変化 ω(上流側が温度が高い時を正)は $\frac{{}_LM}{Ec.I}$ に相当する。したがって温度荷重による荷重常数を求めるためには交点間の4等分点での t, ω の値が必要である。この計算

システムではもωは交点間でψに比例して変化していると仮定した。
温度荷重による荷重常数は(41)式において$\frac{12\iota M}{E_c T^3}$をcωに$\frac{\iota H}{E_c T}$を-cbにおきかえ.

$$\iota M(n.k.m.10+n) = \iota H(n.k.m.10+n) = \iota V(n.k.m.10+n) = 0$$

とおくことにより得られる.

2.4 片持梁要素の計算

一般に側方片持梁は上下でその半径方向が異るためねじれている。このため半径方向荷重により半径方向分力と接線方向分力が生じ、半径方向分力により半径方向変位と接線方向変位とが生ずるこの関係を整理すると左岸側では

- 半径方向荷重(+)
  - 半径方向分力(+)
    - 半径方向変位 (-)
    - 接線方向変位 (+)
  - 接線方向分力(-)
    - 半径方向変位 (-)
    - 接線方向変位 (-)
- 接線方向荷重(+)
  - 半径方向分力 (+)
    - 半径方向変位 (-)
    - 接線方向変位 (+)
  - 接線方向分力(+)
    - 半径方向変位 (+)
    - 接線方向変位 (+)

右岸側では

- 半径方向荷重(+)
  - 半径方向分力 (+)
    - 半径方向変位 (-)
    - 接線方向変位 (-)
  - 接線方向分力 (+)
    - 半径方向変位 (-)
    - 接線方向変位 (+)
- 接線方向荷重(+)
  - 半径方向分力 (-)
    - 半径方向変位 (+)
    - 接線方向変位 (+)
  - 接線方向分力 (+)
    - 半径方向変位 (-)
    - 接線方向変位 (+)

となる。

この計算システムでは片持梁要素の単位荷重は片持梁要素とアーチ要素の交点、(m.ℓ)で1, (m.ℓ+1), (m.ℓ-1)で0となりその間直線的に変化する荷重を用いている。尚 n=6と7の間はアーチ作用はないものとしているのでℓ=6の時は(m.6)で1 (m.5)で0, その間直線的に変化し、6より上の標高では0となる単位荷重を用いている.

正の半径方向分力によるモーメントM. 半径方向せん断力Vを負とし,正の接線方向分力による接線方向せん断力Hを正とすれば単位荷重によるM.H.Vは容易に求められる。これから変位は

$$
\left.
\begin{aligned}
(\Delta r)_{m.n} &= \frac{1}{Ec}\int_{Zp}^{Zn}\frac{M}{I}(Zn-Z)\cos(\phi+{}_0\phi-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\,dZ+\frac{2.5(1+\nu)}{Ec}\int_{Zp}^{Zn}\frac{V}{A}\cos(\phi+{}_0\phi-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\,dZ \\
&\quad+\frac{2(1+\nu)}{Ec}\int_{Zp}^{Zn}\frac{H}{A}\sin(\phi+{}_0\phi-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\,dZ+(\alpha M_{m.p}+\alpha_2 V_{m.p})(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{n2}{}_0\phi_2-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n) \\
(\Delta S)_{m.n} &= \frac{-1}{Ec}\int_{Zp}^{Zn}\frac{M}{I}(Zn-Zp)\sin(\phi+{}_0\phi-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\,dZ-\frac{2.5(1+\nu)}{Ec}\int_{Zp}^{Zn}\frac{V}{A}\sin(\phi+{}_0\phi-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\,dZ \\
&\quad+\frac{2(1+\nu)}{Ec}\int_{Zp}^{Zn}\frac{H}{A}\cos(\phi+{}_0\phi-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\,dZ-(\alpha M_{m.p}+\alpha_2 V_{m.p})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{n2}{}_0\phi_2-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n) \\
(\Delta\theta)_{m.n} &= \frac{1+\nu}{Ec}\int_{Zp}^{Zn}\frac{M}{I}\,dZ
\end{aligned}
\right\}
$$

ここに Z_p は片持梁のベースの標高とする．またこれに $m=10$ の時は基礎の変形が加算され $m+10$ の時は片持梁のベースがアーチのアバットメントにのっているとしているのでアーチのアバットメントの変位が加算される．

また完全調整に於てはねじれモーメント M の水平方向の変化に等しい曲げモーメントを考慮するので単位曲げ荷重を設定し，これによる $M,(\Delta r),(\Delta S)$ を (43) 式と類似の式で求めている。更に完全調整では自重を継目グラウトの段階に応じて配分しているので，グラウト標高 N_1，N_2 では $\ell=6$ の場合と同様に，N_1 又は N_2 で 1，N_1-1（又は N_2-1）で 0，N_1（又は N_2）以上では 0 となる単位荷重を設定これによる $M,H,V,(\Delta r),(\Delta S),(\Delta\theta)$ を求めている．

温度荷重について述べると断面内平均の温度変化は片持梁には影響を与えないが上下流方向の温度勾配の変化は影響を与える．即ち温度勾配の変化 ω は $\frac{M}{EI}$ に相当するので (43) 式で $\frac{M}{EcI}=-\omega c$ とし

$$M_{m.p}=V_{m.p}=0$$

とすれば変位が得られる．ここに p は各片持梁のベースの標高ナンバーを示す。

なお半径方向調整においてはキレツ片持梁法の計算を加味したので片持梁要素のベースに於ては

$$r \to r-\frac{cC}{2}$$
$$T \to T-cC$$
$${}_ue \to {}_ue-cC$$

として計算した．ここに ${}_ue$ は堤軸から上流面までの距離である。

2.5 荷重分割

この計算システムでは水圧荷重（地震荷重，堆砂圧を含む）と温度荷重と自重とは別々に荷重分割を行い，変位，断面諸力，応力も別々に出力している．

完全調整では半径方向調整，接線方向調整，ねじれ調整は別々に行わず，同時に連立方程式を立てて解いている．このために連立方程式の元数は

対称半径方向調整	21 元
非対称半径方向調整	36 元
対称完全調整	51 元

となっている。

なおアバットメントではアーチアバットメントに片持梁がのっているとするのでアーチ要素と片持梁要素の変位は自動的に一致する。このためアバットメントでは荷重分割は決定し得ない。

これから半径方向調整において

(i) アバットメントではアーチおよび片持梁の分担荷重が平滑な形をするように決める。

(ii) アバットメントではその傾角をχとすればアーチの分担荷重が$\cos^2\chi$，片持梁の分担荷重が$\sin^2\chi$に比例するとする。

という二通りの仮定で解いて比較した所，両者の間には大差なく，応力で高々$1^{kg}/cm^2$程度であった。これから計算が簡単な(ii)の仮定にもとずいてプログラムを作製した。即ち片持梁の半径方向分担荷重，接線方向分担荷重，ねじれ分担荷重を夫々crP．ctPとすれば

$$\left.\begin{aligned} crP_{m.m-10} &= P_{m.m-10}\cdot\sin^2\chi_m \\ csP_{m.m-10} &= ctP_{m.m-10} = 0 \end{aligned}\right\}\ (m \geq 10)$$

$$\left.\begin{aligned} crP_{m.10-m} &= P_{m.10-m}\sin^2\chi_m \\ csP_{m.10-m} &= ctP_{m.10-m} = 0 \end{aligned}\right\}\ (m < 10) \qquad (4.4)$$

とした。

また完全調整においてはねじれモーメントMの水平方向の変化に等しい曲げモーメントが片持梁要素に作用するが，これを計算する時に$(m-1,n)$，(m,n)，$(m+1,n)$点のMを求めこれが三点間で放物線分布していると仮定し，$(m.n)$点の接線の勾配から変化量を求める計算方式をとった。

第3節　変半径不等厚アーチの解法

3.1 変半径アーチの形状

変半径アーチの幾何学的特性を検討するに先立って放物線の幾何学的特性について考察しよう。

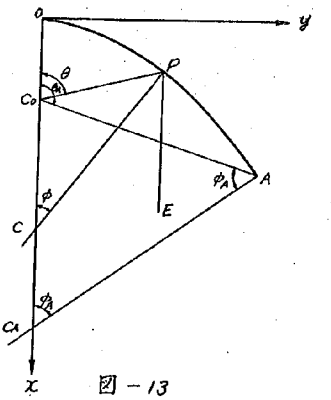
$$x = \frac{1}{4p}y^2$$

にて表わされる放物線について考察する。

この放物線の焦点を$C_0(P.0)$とし，放物線上の任意の一点を$P(x,y)$とする。(図-13)

P点における放物線の法線とx軸と交わる点をCとし，

$\angle PCO = \phi$　　$\angle PC_0O = \theta$



図－13

とする。今 P を通って x 軸の平行線 PE をひくと放物線の性質から

$$\angle EPC = \angle CPC_0$$

$$\therefore \quad \theta = 2\phi$$

$$PC_0 = C_0C$$

$$PC_0 = 2p - PC_0\cos\theta = 2p - PC_0\cos 2\phi$$

$$\therefore \quad PC_0 = \frac{2p}{1+\cos 2\phi} = p\sec^2\phi$$

$$\therefore \quad x = PC_0 - p = p\sec^2\phi - p = p\tan^2\phi$$

$$y = PC_0\sin 2\phi = 2p\tan\phi$$

$$\therefore \frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{d\phi}}{\frac{dx}{d\phi}} = \frac{\sec^2\phi}{\tan\phi\sec^2\phi} = \cot\phi$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d}{d\phi}\left(\frac{dy}{dx}\right)\frac{d\phi}{dx} = -\operatorname{cosec}^2\phi \times \frac{1}{2p\tan\phi\sec^2\phi} = -\frac{1}{2p}\cot^3\phi$$

故に曲率半径は

$$r = \frac{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\left|\frac{d^2y}{dx^2}\right|} = 2p\sec^3\phi$$

即ち放物線の曲率半径は $\cos^{-3}\phi$ に比例して変化する。

円形アーチの曲率半径は $r=R$ で放物線の曲率半径は $r=2p\cos^{-3}\phi$ で表わされる。これから曲率半径が $r=R\cos^{\lambda}\phi$ で変化する曲線をアーチ中心線とする、アーチの解法が得られれば極めて適要範囲の広いものが得られる。

いま曲率半径が $R\cos^{\lambda}\phi$ にて表わされるような曲線を

$$y = f(\phi) \qquad x = g(\phi)$$

とする。

$$\frac{dy}{dx} = \cot\phi$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\operatorname{cosec}^2\phi\frac{d\phi}{dx}$$

$$r = \frac{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\left|\frac{d^2y}{dx^2}\right|} = \operatorname{cosec}\phi\frac{dx}{d\phi} = R\cos^{\lambda}\phi$$

$$\therefore \frac{dx}{d\phi} = R\sin\phi\cdot\cos^{\lambda}\phi$$

$$\frac{dy}{d\phi} = R\cos^{\lambda+1}\phi$$

この曲線が原点を通り原点において x 軸と接するとすれば

$$\left.\begin{aligned} x &= R\int_0^{\phi}\sin\phi\cdot\cos^{\lambda}\phi\,d\phi \\ y &= R\int_0^{\phi}\cos^{\lambda+1}\phi\,d\phi \end{aligned}\right\} \quad (45)$$

にて表わされる。また

$$\frac{\alpha s}{\alpha \phi} = \sqrt{\left(\frac{\alpha x}{\alpha \phi}\right)^2 + \left(\frac{\alpha y}{\alpha \phi}\right)^2} = R\cos^{\lambda}\phi$$

$$\therefore \quad \alpha s = R\cos^{\lambda}\phi \, d\phi \qquad (46)$$

さて(45)式をλの種々な値について求めてみる。

$\lambda = 0$ のとき

$$\left.\begin{aligned} x &= R(1-\cos\phi) \\ y &= R\sin\phi \end{aligned}\right\} \quad (47)$$

$\lambda = 2a$ のとき。ただしaは正整数

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{R}{2a+1}\left\{\sum_{k=0}^{a-1} \sin^2\phi\cos^{2a-2k-1}\phi + 1 - \cos\phi\right\} \\ y &= R\left\{\sum_{k=0}^{a} \frac{2^{2k}(2a-2k)!}{(2a+1)!}\left\{\frac{a!}{(a-k)!}\right\}^2 \sin\phi\cos^{2(a-k)}\phi\right\} \end{aligned}\right\} \quad (48)$$

$\lambda = 2a+1$ のとき。ただしaは0および正整数とする。

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{R}{2a+2}\left\{\sum_{k=0}^{a} \sin^2\phi\cos^{2(a-k)}\phi\right\} \\ y &= R\sum_{k=0}^{a}\left\{\frac{(2a+2)!}{2^{2k+2}(2a-2k+1)!}\left\{\frac{(a-k)!}{(a+1)!}\right\}^2 \sin\phi\cos^{2(a-k)+1}\phi + \frac{(2a+2)!}{2^{2a+2}\left\{(a+1)!\right\}^2}\phi\right\} \end{aligned}\right\} \quad (49)$$

$\lambda = -1$ のとき

$$\left.\begin{aligned} x &= -R\log(\cos\phi) \\ y &= R\phi \end{aligned}\right\} \quad (50)$$

$\lambda = -2a$ のとき。ただしaは正整数とする。

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{R}{2a-1}\left\{\sum_{k=0}^{a-2} \sin^2\phi\cos^{-2(a-k)+1}\phi + \frac{1}{\cos\phi} - 1\right\} \\ y &= R\left\{\sum_{k=0}^{a-2} \frac{(2a-2)!}{2^{2k+2}(2a-2k-3)!}\left\{\frac{(a-k-2)!}{(a-1)!}\right\}^2 \sin\phi\cos^{-2(a-k-1)}\phi \right. \\ &\qquad \left. + \frac{(2a-2)!}{2^{2a-2}\left\{(a-1)!\right\}^2}\log\frac{1+\sin\phi}{\cos\phi}\right\} \end{aligned}\right\} \quad (51)$$

$\lambda = -(2a+1)$ のとき。ただしaは正整数とする。

$$\left.\begin{aligned} x &= \frac{R}{2a}\left\{\sum_{k=0}^{a-1} \sin^2\phi\cos^{-2(a-k)}\phi\right\} \\ y &= R\left\{\sum_{k=0}^{a-1} \frac{2^{2k}(2a-2k-2)!}{(2a-1)!}\left\{\frac{(a-1)!}{(a-k-1)!}\right\}^2 \sin\phi\cos^{-(2a-2k-1)}\phi\right\} \end{aligned}\right\} \quad (52)$$

となる。なおこの計算システムではλは整数である必要はなく実数であれば計算し得るようになっている。

アーチ中心線がこのような曲線で表わされる場合上下流面が簡単な数式で表わすことは困難であるから逆に三心不等厚アーチの場合のように(22)式に示されたような不等厚に限定される必要はないと考えられるので、(22)、(23)式のいづれの不等厚に対しても計算し得るようにした。

上流面は

$$\left.\begin{aligned} u x &= x - \frac{T}{2}\cos\phi \\ u y &= y + \frac{T}{2}\sin\phi \end{aligned}\right\} \quad (53)$$

下流面は

$$\left.\begin{aligned} \alpha x &= x + \frac{T}{2}\cos\phi \\ \alpha y &= y - \frac{T}{2}\sin\phi \end{aligned}\right\} \quad (54)$$

にて示される。

この様なアーチを計算する場合に R を入力データとして用いることは，実際の作業上かなりの不便をともなうのでアーチ中心線のスパン(2ℓ)とアバットメントの中心角と入を入力に用い，R. x. y 等はこれから計算するようにした。

3.2. 座標計算

アーチ中心線のスパンを($2\ell_n$)とし，アバットメントの中心角を左岸側で ${}_L\phi_{A.n}$，右岸側で ${}_R\phi_{A.n}$ とする。また n 標高のクラウンにおけるアーチ中心線の法線とその標高での両岸のアバットメントを結ぶ直線とのなす角を θ_n とすれば，

$$2\ell_n \sin\theta_n = R_n \int_{{}_R\phi_{A.n}}^{{}_L\phi_{A.n}} \cos^{\lambda+1}\phi\, d\phi, \quad 2\ell_n \cos\theta_n = R_n \int_{{}_R\phi_{A.n}}^{{}_L\phi_{A.n}} \sin\phi\cos^{\lambda+1}\phi\, d\phi$$

これから

$$R_n = \frac{2\ell_n}{\left\{\left\{\int_{{}_R\phi_{A.n}}^{{}_L\phi_{A.n}} \cos^{\lambda+1}\phi\, d\phi\right\}^2 + \left\{\int_{{}_R\phi_{A.n}}^{{}_L\phi_{A.n}} \sin\phi\cos^{\lambda}\phi\, d\phi\right\}^2\right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (55)$$

(55)式の積分は数値積分により行っている。即ち ${}_L\phi_{A.n}$，${}_R\phi_{A.n}$ を夫々 64 等分し，シンプソンの積値積分により行った。なお前にも述べたように $n=0$ の標高では ${}_L\phi_{A.n}$；${}_R\phi_{A.n}$ を 0 として入力しないとアーチ要素と片持梁要素の計算で誤動作をおこすので

$${}_L\phi_{A.0} = {}_R\phi_{A.0} = 0$$

としている。そのため，(55)式により R_0 を求めることは出来ない。したがって $R_{0.5}$，$R_{1.0}$，$R_{1.5}$ が放物線分布していると仮定して，R_0 をこれから外挿して求めている。

さて R_n が求められると，各標高でのアーチ中心線のアバットメントが求められる。左岸側では

$$\left.\begin{aligned} x_{m.m-10} &= x_{c.m-10} + R_{m-10}\int_0^{{}_L\phi_{A.m-10}} \sin({}_0\phi_{m-10}+\phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi \\ y_{m.m-10} &= y_{c.m-10} + R_{m-10}\int_0^{{}_L\phi_{A.m-10}} \cos({}_0\phi_{m-10}+\phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi \end{aligned}\right\} \quad (56)$$

右岸側では

$$\left.\begin{aligned} x_{m.10-m} &= x_{c.10-m} + R_{10-m}\int_0^{{}_R\phi_{A.10-m}} \sin({}_0\phi_{10-m}+\phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi \\ y_{m.10-m} &= y_{c.10-m} + R_{10-m}\int_0^{{}_R\phi_{A.10-m}} \cos({}_0\phi_{10-m}+\phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi \end{aligned}\right\} \quad (57)$$

こゝで，$x_{c.n}$；$y_{c.n}$ は n 標高のアーチのクラウンの座標とする。

(56)，(57)式の積分は(55)式と全く同様な数値積分により行っている。

次に三心不等厚アーチの場合と同様に片持梁要素と堤軸との交点$(x_{m.7},\ y_{m.7})$を求める。先ず左岸について考察してみる。定点$(x_{m.7}, y_{m.7})$における中心角を$\phi_{m.7}$とする。

$$\left.\begin{aligned} x_{m.7} &= R_7\int_0^{\phi_{m.7}} \sin\phi\cos^{\lambda}\phi\, d\phi \\ y_{m.7} &= R_7\int_0^{\phi_{m.7}} \cos^{\lambda+1}\phi\, d\phi \end{aligned}\right\} \quad (58)$$

$(x_{m.7}, y_{m.7})$と$(x_{m.m-10}, y_{m.m-10})$と結ぶ直線はx軸と${}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}$なる角をなすから

$$\frac{y_{m.7}-y_{m.m-10}}{x_{m.m-10}-x_{m.7}} = \tan({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10})$$

$$\begin{aligned} &y_{m.7}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10})+x_{m.7}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}) = x_{m.m-10}\sin({}_0\phi_{m.m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}) \\ &\qquad + y_{m.m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}) \\ \therefore\ & R_7\int_0^{\phi_{m.7}} \cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}-\phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi - \{x_{m.m-10}\sin({}_0\phi_{m.m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}) \\ &\qquad + y_{m.m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10})\} = 0 \end{aligned} \quad (59)$$

なる積分方程式が得られる。この積分方程式の解法は次の方法により行った。即ち

$$K_m(\phi) = R_7\int_0^{\phi} \cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}-\phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi - \{x_{m.m-10}\sin({}_0\phi_{m.m-10}+{}_L\phi_{A.m-10}) + y_{m.m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A.m-10})\}$$

とおき積分領域を0から$\frac{k}{32}{}_L\phi_{A.7}$とし，$\frac{1}{64}{}_L\phi_{A.7}$を一区画とした数値積分を$k=1,2\cdots$とした場合について行い始めて$K_m(\phi)\geqq 0$となった時の$k$を$k_0$とする。すると

$$\frac{k_0-1}{32}{}_L\phi_{A.7} < \phi_{m.7} \leqq \frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}$$

となる。次に

$$D_m\left(\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}\right) = \left\{\frac{\alpha^2}{\alpha\phi^2}K_m(\phi)\right\}_{\phi=\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}} \geqq 0$$

の時は $K_m(\phi)$ は $\phi=\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}$ の附近で下に凸な曲線を示しており

$$D_m\left(\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}\right) < 0$$

の時は上に凸な曲線を示していることになる。したがって$D_m\left(\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}\right)\geqq 0$の時は$\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}$から，$D_m\left(\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.7}\right)<0$のときは$\frac{k_0-1}{32}{}_L\phi_{A.7}$から出発してニュートンの接線近似法により反復求めれば$\phi_{m.7}$が求められる。この時S回の反復近似を行った時のϕの値を$s\phi$とすると

$$|s\phi - s{-}1\phi| < 1\times 10^{-7}$$

となったときに計算を打切るようにしている。

なお右岸に対しても(59)式と類似の式が得られ，同様な方法により$\phi_{m.7}$が求められる。これから(58)式に$\phi_{m.7}$を代入すれば$x_{m.7}$，$y_{m.7}$が求められる。

片持梁要素の定点$(x_{m.7}, y_{m.7})$が求まると，次にアーチ要素と片持梁要素との交点$(x_{m.n}, y_{m.n})$を求める。

$$\left.\begin{aligned} x_{m.n} &= x_{c.n} + R_n \int_0^{\phi_{m.n}} \sin({}_0\phi_n + \phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi \\ y_{m.n} &= y_{c.n} + R_n \int_0^{\phi_{m.n}} \cos({}_0\phi_n + \phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi \end{aligned}\right\} \quad (60)$$

$(x_{m.n}, y_{m.n})$ と $(x_{m.7}, y_{m.7})$ とを結ぶ直線は x 軸と ${}_0\phi_n + \phi_{m.n}$ なる角をなすから

$$\frac{y_{m.7} - y_{m.n}}{x_{m.n} - x_{m.7}} = \tan({}_0\phi_n + \phi_{m.n})$$

$$\therefore R_n \int_0^{\phi_{m.n}} \cos(\phi_{m.n} - \phi)\cos^{\lambda}\phi\, d\phi - \left[(x_{m.7} - x_{c.n})\sin({}_0\phi_n + \phi_{m.n}) + (y_{m.7} - y_{c.n})\cos({}_0\phi_n + \phi_{m.n})\right] = 0 \quad (61)$$

なる積分方程式が得られ、この積分方程式も(59)式と類似の方法で $\phi_{m.n}$ が求め得る。これから（60）式より $x_{m.n}$, $y_{m.n}$ が求められる。

右岸側についても同様な方法で $\phi_{m.n}$, $x_{m.n}$, $y_{m.n}$ が求められる。

プログラムのチェックの段階において円形アーチと放物線アーチについて理論解と比較したところ $\phi_{m.n}$ で7桁の精度を有することが明らかとなった。対称の場合は

$${}_0y_n = 0 \qquad -{}_R\phi_{A.n} = {}_L\phi_{A.n}$$

とすれば求められる。

次に $\phi_{m.n}$ が求められれば、これら交点での曲率半径は

$$r_{m.n} = R_n \cos^{\lambda}\phi_{m.n} \quad (62)$$

としてクラウンから $(x_{m.n}, y_{m.n})$ までのアーチ中心線に沿っての弧長は

$$S_{m.n} = \int_0^{\phi_{m.n}} R_n \cos^{\lambda}\phi\, d\phi \quad (63)$$

として求められる。

3.3 基礎岩盤の変形常数計算

基礎岩盤の変形常数の計算は三心不等厚アーチの場合と同様である。

3.4 アーチ要素の計算

変半径アーチの計算においては単位荷重は三心不等厚アーチの場合と同形のものを用いたが、$(K.n)$ 点と $(K+1, n)$ との間、または $(K.n)$ 点と $(K-1.n)$ 点との間を直線的に変化するとすると、荷重強度 p の表示が複雑になるため、ϕ に比例して変化するとした。したがって円形アーチの時は直線分布しているが、$\lambda \neq 0$ の時は直線分布とはなっていない。

また数値積分のための8等分点も ϕ についての8等分点を用いた。

アーチ常数 M_L, H_L, V_L 荷重常数の計算は三心不等厚アーチの場合と同じであるが、積分を ϕ について行っていること、r が ϕ の関数であるから積分の中に含まれて来ること、$\frac{\alpha}{d\phi}(ux)$, $\frac{\alpha}{d\phi}(uy)$, $\frac{\alpha}{d\phi}(x)$, $\frac{\alpha}{d\phi}(y)$ を $\frac{\alpha}{d\phi}(ux)$, $\frac{\alpha}{d\phi}(uy)$, $\frac{\alpha}{d\phi}(x)$, $\frac{\alpha}{d\phi}(y)$ におきかえていることのみが異っている。

以下 M_0, H_0, V_0, M, H, V 変位の計算は三心不等厚の場合と全く同一である。

3.5 片持梁要素の計算および荷重分割

片持梁要素の計算および荷重分割については三心不等厚の場合と全く同一である.

第4節 有効アーチ法を適用する場合の半径方向調整

アーチダムでは下部のアーチは中心角が小さく,厚さが厚いためクラウンの下流面およびアバットメントの上流面に引張応力が生じ易い.これの対策の一つとしてアーチの引張応力を生ずる部分の継目グラウトを行わず,アーチの内部に有効アーチを考える方法がしばしばとられる.

このため有効アーチ法を適用する場合の半径方向調整のプログラムを作製した.本来有効アーチはもとのアーチからその引張部分をとりのぞいたものである.しかしこの様なアーチに対して計算を行うことは極めて複雑である.そのため一般にはもとのアーチのクラウンおよびアバットメントにクラックを仮定し,このクラックにかからない一心不等厚アーチまたは二心不等厚アーチをとり出し,これを有効アーチとして計算している.

この様な有効アーチをとる場合,三心不等厚アーチは複雑な問題が出て来る.即ちクラウン附近の等厚部の中心角が大きく,T_Cに比してT_Aがかなり大きい場合,或いは$_1r_n$に比して$_2r_n$が小さく,しかも等厚部の中心角が大きい場合等は有効アーチとして一心不等厚アーチまたは二心不等厚アーチをとると,有効アーチがもとのアーチの外側に出る部分が生ずることがある.

これから有効アーチ法を適用する場合については二心不等厚アーチにに対してのみプログラムを作製した.また変半径アーチについては有効アーチの形状の決め方がかなり複雑なので,これに対してもプログラムを作製しなかった.

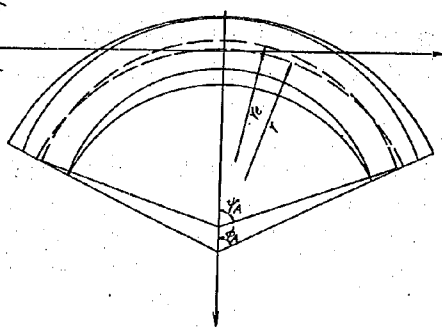


図 − 14

次に二心不等厚アーチにおける有効アーチの形状について述べる.

もとのアーチの左岸側のアーチ中心線の半径を$_1r_n$,中心角を$_1\phi_{A.n}$とし,クラウンでのクラックの深さを$_{oa}C_n$(下流側),アバットメントでのクラックの深さを$_{1a}C_n$(上流側)とする.もとのアーチのクラウンに於ける法線をx軸,接線をy軸とすると,有効アーチのアーチ中心線はx軸上に中心を有し$\left(\frac{_{oa}C_n}{2},\ 0\right)$と$\left\{{}_1r_n(1-\cos{}_1\phi_{A.n})+\frac{_{1a}C_n}{2}\cos{}_1\phi_{A.n},\ {}_1r_n\sin{}_1\phi_{A.n}-\frac{_{1a}C_n}{2}\sin{}_1\phi_{A.n}\right\}$を通る円弧として定義される.これから有効アーチのアーチ中心線の半径は

$$_er_{m.n}=\frac{\left(\frac{_{oa}C_n+{}_{1a}C_n}{2}\right)^2+2\left({}_1r_n-\frac{_{1a}C_n}{2}\right)\left({}_1r_n+\frac{_{oa}C_n}{2}\right)(1-\cos{}_1\phi_{A.n})}{2\left\{\left({}_1r_n+\frac{_{oa}C_n}{2}\right)-\left({}_1r_n-\frac{_{1a}C_n}{2}\right)\cos{}_1\phi_{A.n}\right\}}\qquad(64)$$

したがって有効アーチは半径 $_{e}r_{m.n}$ でクラウンでの厚さが $T_{c.n}-{}_{oa}C_n$ でアバットメントでの厚さが $_{L}T_{A.n}-{}_{La}C_n$ である二心不等厚アーチとして定義される。

次に有効アーチと片持梁要素との交点での中心角 $\psi_{m.n}$ を求める。図-15から明らかなように正弦定理から

$$\frac{{}_{e}r_{m.n}}{\sin\phi_{m.n}}=\frac{r_{m.n}-{}_{e}r_{m.n}+\frac{{}_{oa}C_n}{2}}{\sin(\psi_{m.n}-\phi_{m.n})}$$

$$\therefore\psi_{m.n}=\phi_{m.n}+\sin^{-1}\left\{\frac{r_{m.n}-{}_{e}r_{m.n}+\frac{{}_{oa}C_n}{2}}{{}_{e}r_{m.n}}\sin\phi_{m.n}\right\}\qquad(65)$$

逆に $\phi_{m.n}$ を $\psi_{m.n}$ で表わせば

$$\phi_{m.n}=\tan^{-1}\frac{{}_{e}r_{m.n}\cdot\sin\psi_{m.n}}{(r_{m.n}-{}_{e}r_{m.n}+\frac{{}_{oa}C_n}{2})+{}_{e}r_{m.n}\cdot\cos\psi_{m.n}}\qquad(66)$$

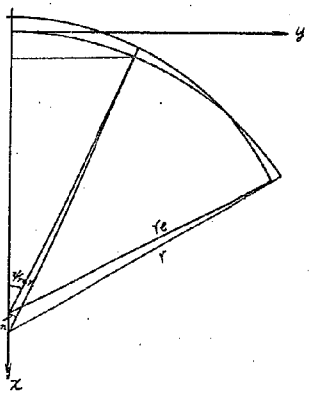


図 - 15

また有効アーチの厚さは

$$_{e}T_{m.n}=(T_{c.n}-{}_{oa}C_n)+(_{L}T_{A.n}-T_{c.n}+{}_{oa}C_n-{}_{La}C_n)\frac{\mathrm{vers}\,\psi_{m.n}}{\mathrm{vers}\,\psi_{l0+n.n}}\qquad(67)$$

また交点の座標は

$$\left.\begin{aligned}{}_{e}x_{m.n}&={}_{e}r_{m.n}(1-\cos\psi_{m.n})-\frac{{}_{oa}C_n}{2}\\ {}_{e}y_{m.n}&={}_{e}r_{m.n}\sin\psi_{m.n}\end{aligned}\right\}\qquad(68)$$

$$\left.\begin{aligned}{}_{u}x_{m.n}&=r_{m.n}(1-\cos\phi_{m.n})-\frac{1}{2}T_{m.n}\cos\phi_{m.n}\\ {}_{u}y_{m.n}&=(r_{m.n}+\frac{1}{2}T_{m.n})\sin\phi_{m.n}\end{aligned}\right\}\qquad(69)$$

これから三心不等厚アーチの場合と全く同様にアーチ常数 M_L, H_L, V_L, 荷重常数が求められる。M_0, H_0, V_0, M, H, V の計算も全く同様である。変位は

$$\left.\begin{aligned}{}_{L}(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n}&={}_{L}A_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n}+{}_{L}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n}+{}_{L}C_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n}-{}_{L}D^{K.n}_{m.n}\\ {}_{L}(\Delta r)^{K.n}_{m.n}&=({}_{L}C_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n}+{}_{L}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n}+{}_{L}C_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n}-{}_{L}D^{K.n}_{m.n})\cos(\psi_{m.n}-\phi_{m.n})\\ &\quad+(-{}_{L}B_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n}-{}_{L}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n}-{}_{L}B_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n}+{}_{L}D^{K.n}_{m.n})\sin(\psi_{m.n}-\phi_{m.n})\\ {}_{L}(\Delta s)^{K.n}_{m.n}&=-({}_{L}C_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n}+{}_{L}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n}+{}_{L}C_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n}-{}_{L}D^{K.n}_{m.n})\sin(\psi_{m.n}-\phi_{m.n})\\ &\quad+(-{}_{L}B_{m.n}\cdot M^{K.n}_{m.n}-{}_{L}B_{m.n}\cdot H^{K.n}_{m.n}-{}_{L}B_{m.n}\cdot V^{K.n}_{m.n}+{}_{L}D^{K.n}_{m.n})\cos(\psi_{m.n}-\phi_{m.n})\end{aligned}\right\}\qquad(70)$$

として求められる。

基礎岩盤の変形常数の計算ではアーチ要素の変形常数の計算においてTの代りに $_{L}T_{A.n}-{}_{La}C_n$ または $_{R}T_{A.n}-{}_{Ra}C_n$ を用いた。

片持梁要素の計算荷重分割は三心不等厚の場合と全く同様である。

第3章 記号

第1節 入力データ

記号	説明	単位	符号	使用プログラム	記入方法	備考
Z_n	標高0から標高nまでの高さ	m	上方向に正	No.1.2.3.4.5.6.7.8.9	F	
λ	変半径アーチにおける $r=R\cos^{\lambda}\phi$ の λ			No. 2. 4. 6. 8	F	
T	不等厚記号 +1 とすれば $\cos\phi$ に比例してアーチの厚さが変化し -1 とすれば $\sec\phi$ に比例してアーチの厚さが変化する.			No. 2. 4. 6. 8	+1 or -1	
${}_1r_n$	標高nにおけるクラウン附近の等厚部の半径	m	正	No. 1, 3, 5, 7	F	
${}_2r_n$	標高nにおけるアバットメント附近の不等厚部の半径	m	正	No. 1. 3	F	
${}_{L2}r_n$	標高nにおける左岸側アバットメント附近の不等厚部の半径	m	正	No. 5, 7	F	
${}_{R2}r_n$	標高nにおける右岸側アバットメント附近の不等厚部の半径	m	正	No. 5. 7	F	
${}_Lr_n$	標高nにおける左岸側の半径	m	正	No. 9	F	
${}_Rr_n$	標高nにおける右岸側の半径	m	正	No. 9	F	
ℓ_n	標高nにおけるアーチスパンの半分(対称)	m	正	No. 2 . 4	F	
$2\ell_n$	標高nにおけるアーチスパン(非対称)	m	正	No. 6. 8	F	
x_{cn}	標高nにおけるアーチ中心線のクラウンのx座標	m	下流向に正	No. 1. 2. 3. 4. 6. 8	F	$x_{c7}=0$
$y_{c,n}$	標高nにおけるアーチ中心線のクラウンのy座標	m	左岸向に正	No. 6. 8	F	$y_{c7}=0$
ox_n	標高nにおけるアーチ中心線の中心のx座標	m	下流向に正	No. 5. 7. 9	F	${}_ox_7={}_or_7$
${}_oy_n$	標高nにおけるアーチ中心線の中心のy座標	m	左岸向に正	No. 5, 7, 9	F	${}_oy_7=0$
${}_o\phi_n$	標高nにおけるアーチ中心線のクラウンにおける法線とx軸とのなす角	Radian	x軸から時計廻りに正	No. 5. 6. 7. 8. 9	F	${}_o\phi_7=0$
${}_1\phi_{A.n}$	標高nにおけるクラウン附近の等厚部の中心角(対称)	Radian	クラウンから時計廻りに正	No. 1. 2. 3. 4	F	${}_1\phi_{A.0}=0$
${}_2\phi_{A.n}$	標高nにおけるアバットメント附近の不等厚部の中心角(対称)	Radian	接合点から時計廻りに正	No. 1. 3	F	${}_2\phi_{A.0}=0$
$\phi_{A.n}$	標高nにおけるアバットメントでのアーチ中心線の法線とx軸とのなす角(対称)	Radian	クラウンから時計廻りに正	No. 2 , 4	F	$\phi_{A.0}=0$
${}_L\phi_{A.n}$	標高nにおける左岸側のクラウン附近の等厚部の中心角(非対称)	Radian	クラウンから時計廻りに正	No. 5. 6. 7. 8	F	${}_L\phi_{A0}=0$
${}_R\phi_{A.n}$	標高nにおける右岸側のクラウン附近の等厚部の中心角(非対称)	Radian	クラウンから時計廻りに正	No. 5. 6. 7. 8	F	${}_R\phi_{A0}=0$
${}_{L2}\phi_{A.n}$	標高nにおける左岸側のアバットメント附近の不等厚部の中心角(非対称)	Radian	接合点から時計廻りに正	No. 5, 7	F	${}_{L2}\phi_{A.0}=0$

記号	説　明	単位	符　号	使用プログラム	記入方法	備考
$R2\phi_{A.n}$	標高nにおける右岸側のアバットメント附近の不等厚部の中心角(非対称)	Radian	接合点から時計廻りに正	No. 6, 7	F	$R2\phi_{A.0}=0$
$L\phi_{A.n}$	標高nにおける左岸側アバットメントのアーチ中心線の法線とクラウンでの法線とのなす角	Radian	クラウンから時計廻りに正	No. 6, 8, 9	F	$L\phi_{A.0}=0$
$R\phi_{A.n}$	標高nにおける右岸側アバットメントでのアーチ中心線の法線とクラウンでの法線とのなす角	Radian	クラウンから時計廻りに正	No. 6, 8, 9	F	$R\phi_{A.0}=0$
$Tc.n$	標高nにおけるクラウンにおける厚さ	m	正	No.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
$TA.n$	標高nにおけるアバットメントにおける厚さ	m	正	No. 1. 2. 3. 4	F	
$LTA.n$	標高nにおける左岸側アバットメントにおける厚さ	m	正	No. 5. 6. 7. 8. 9	F	
$RTA.n$	標高nにおける右岸側アバットメントにおける厚さ	m	正	No. 5, 6, 7. 8. 9	F	
cCn	標高nをベースとする片持梁要素のベースに入るクラックの深さ(上流側)	m	正	No. 1, 2	E	
$LcCn$	標高nをベースとする左岸側の片持梁要素のベースに入るクラックの深さ(上流側)	m	正	No. 5, 6	E	
$RcCn$	標高nをベースとする右岸側の片持梁要素のベースに入るクラックの深さ(上流側)	m	正	No. 5, 6	E	$LcCo=RcCo$
$DaCn$	標高nのアーチのクラウンに入るクラックの深さ(下流側)	m	正	No. 9	E	
$LaCn$	標高nのアーチの左岸側アバットメントに入るクラックの深さ(上流側)	m	正	No. 9	E	
$RaCn$	標高nのアーチの右岸側アバットメントに入るクラックの深さ(上流側)	m	正	No. 9	E	
Ho	静水深	m	正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
Hd	動水深	m	正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
Hs	堆砂深	m	正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
β	地震係数		正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
ρc	コンクリートの単位容積重量	t/m^3	正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
ρs	堆砂の水中重量	t/m^3	正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
Ce	土圧係数		正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	F	
Ec	コンクリートの弾性係数	t/m^2	正	No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	E	
$ER.n$	標高nにおける弾性係数	t/m^2	正	No. 1. 2. 3. 4	E	
$LER.n$	標高nにおける左岸側の岩盤の弾性係数	t/m^2	正	No. 5. 6. 7. 8. 9	E	
$RER.n$	標高nにおける右岸側の岩盤の弾性係数	t/m^2	正	No. 5. 6. 7. 8. 9	E	$LER0=RE0$

記号	説　明	単位	符　号	使用プログラム	記入法	備考
ν_c	コンクリートのポアソン比		正	No.1.2.3.4.5.6.7.8.9	F	
ν_R	基礎岩盤のポアソン比		正	No.1.2.3.4.5.6.7.8.9	F	
c	コンクリートの熱膨脹係数	1/degree	正	No.1.2.3.4.5.6.7.8.9	E	
$t_{m.n}$	(m.n) 断面の平均温度の変化	degree	温度上昇を正	No.1.2.3.4.5.6.7.8.9	F	
$w_{m.n}$	(m.n) 断面の上下流方向の温度勾配の変化	degree/m	上流面の温度が高い時 正	No.1.2.3.4.5.6.7.8.9	F	
N_1	最初にグラウトされる標高		正	No.3, 4, 7, 8	F	N_1, N_2 は標高ナンバーで記入
N_2	2回目にグラウトされる標高		正	No.3, 4, 7, 8	F	

ここに記入方法でのFは固定小数点法で記入する。即ち 100 は 100 として記入する。
Eは浮動小数点で記入する。即ち 100 は 1.00 E+02 の形で記入する。
Z_n, $_1r_n$, $_2r_n$, $_{L2}r_n$, $_{R2}r_n$, $_Lr_n$, $_Rr_n$, $_1l_n$, $_2l_n$, $x_{c.n}$, $y_{c.n}$, $_0x_n$, $_0y_n$, $_0\phi_n$, $_1\phi_{A.n}$, $_2\phi_{A.n}$, $\phi_{A.n}$, $_L\phi_{A.n}$, $_{R1}\phi_{A.n}$, $_{L2}\phi_{A.n}$, $_{R2}\phi_{A.n}$, $_L\phi_{A.n}$, $_R\phi_{A.n}$, $T_{c.n}$, $T_{A.n}$, $_LT_{A.n}$, $_RT_{A.n}$ は $n=0, 0.5, 1.0, 1.5 \cdots 7.0$ について記入する。
$_cC_n$, $_{Lc}C_n$, $_{Rc}C_n$, $_{0a}C_n$, $_{La}C_n$, $_{Ra}C_n$, $E_{R.n}$, $_LE_{R.n}$, $_RE_{R.n}$ は $n=0, 1, 2 \cdots 6$ について記入する。
$t_{m.n}$ は対称の場合には $n=1, 2 \cdots 6$, $m=0, 1 \cdots n$ について記入し、非対称では $n=1, 2 \cdots 6$, $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について記入する。
$w_{m.n}$ は対称の場合は $n=0, 1, 2 \cdots 7$, $m=0, 1 \cdots n$ について記入し、非対称では $n=0, 1, 2 \cdots 7$, $m=10-n, 11-n \cdots 10, \cdots 10+n$ について記入する。

第2節　計算に用いる記号

2.1. サフィックス

記号	説　明
n	アーチ要素の標高ナンバー、最大片持梁要素のベースを0、天端を7とし、アーチ要素は1から6まで
m	片持梁要素のナンバー、対称の場合、最大片持梁要素を0とし、アーチ要素 n のアバットメントに立つ片持梁要素を $m=n$ とする。非対称の場合最大片持梁要素を10とし、アーチ要素 n の左岸側のアバットメントに立つ片持梁要素を $m=10+n$、右岸側のアバットメントに立つ片持梁要素を $m=10-n$ とする。
K	アーチの単位荷重のナンバー
l	片持梁の単位荷重のナンバー
i	数値積分に用いるサフィックス
j	数値積分に用いるサフィックスで八等分点を示す。

2.2 形状

記号	説明	単位	符号
$\phi_{m.n}$	標高 n のアーチのアーチ中心線のクラウンにおける法線と $(m.n)$ 断面における法線とのなす角	Radian	クラウンより時計廻りに正
$x_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線と m 片持梁との交点の x 座標	m	下流向に正
$y_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線と m 片持梁との交点の y 座標	m	左岸向に正
R_n	n 標高のアーチのアーチ中心線のクラウンにおける曲率半径	m	正
$r_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線の $(m.n)$ 断面における曲率半径	m	正
$a'_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線の $(m.n)$ 点における曲率中心と m 片持梁と堤軸との交点との距離	m	正
$S'_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線に沿ってクラウンから $(m.n)$ 断面までの弧長	m	左岸向に正
$S_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線に沿って最大片持梁から $(m.n)$ 断面までの弧長	m	左岸向に正
$x'_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線のクラウンにおける法線を x 軸，接線を y 軸にとった時の $(m.n)$ 断面とアーチ中心線の交点の x 座標	m	下流向に正
$y'_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線のクラウンにおける法線を x 軸，接線を y 軸にとった時の $(m.n)$ 断面とアーチ中心線の交点の y 座標	m	左岸向に正
$ux_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線のクラウンにおける法線を x 軸，接線を y 軸にとった時 $(m.n)$ 断面の上流面の x 座標	m	下流向に正
$uy_{m.n}$	n 標高のアーチのアーチ中心線のクラウンにおける法線を x 軸，接線を y 軸にとった時の $(m.n)$ 断面の上流面の y 座標	m	左岸向に正
$(x_{i.n}^{m.n})$	n 標高のアーチのアーチ中心線の $(m.n)$ 断面における法線を x 軸，接線を y 軸にとった時の $(i.n)$ 断面とアーチ中心線の交点の x 座標	m	下流向に正
$(y_{i.n}^{m.n})$	n 標高のアーチのアーチ中心線の $(m.n)$ 断面における法線を x 軸，接線を y 軸にとった時の $(i.n)$ 断面とアーチ中心線の交点の y 座標	m	左岸向に正
$ce_{m.n}$	$(m.n)$ 断面の半径方向にそって測ったダム軸よりアーチ中心線までの距離	m	上流向に正
$ue_{m.n}$	$(m.n)$ 断面の半径方向にそって測ったダム軸より上流面までの距離	m	上流向に正
$ur_{m.n}$	$(m.n)$ 断面の半径方向にそって測った曲率中心から上流面までの距離	m	上流向に正
$T_{m.n}$	$(m.n)$ 断面におけるダムの厚さ	m	正
$A_{m.n}$	$(m.n)$ 断面における片持梁要素の断面積	m^2	正
Lg_{mn}	$(m.n)$ 断面における片持梁要素の重心と上流面との距離	m	正
$I_{m.n}$	$(m.n)$ 断面における片持梁要素の断面二次モーメント	m^3	正
$ve_{m.n}$	m 片持梁の n 標高と $n+1$ 標高の間にかかる鉛直水重の作用線と堤軸との距離	m	上流向正
χ_n	n 標高のダムの基礎面が鉛直となす角	Radian	正
de_{mn}	$(m.n)$ 断面の半径方向にそって測ったダム軸より下流面までの距離	m	上流向に正
$ud_{m.n}$	$(m.n)$ 断面の上流面における鉛直方向接線が鉛直となす角	Radian	下流側に傾いている時正

記号	説　　明	単位	符　号
$d\alpha'_{m.n}$	(m.n) 断面の下流面における鉛直方向接線が鉛直となす角	Radian	下流側に傾いている時正
$u\beta_{m.n}$	(m.n) 断面の上流面における水平方向接線がアーチ中心線の接線とのなす角	Radian	厚さがアバットメントに向って増している時正
$d\beta_{m.n}$	(m.n) 断面の下流面における水平方向接線がアーチ中心線の接線とのなす角	Radian	厚さがアバットメントに向って増している時負

2.3 荷重

記号	説　　明	単位	符　号
$P_{o.n}$	標高 n における静水圧荷重	t/m^2	下流向 正
$P_{s.n}$	標高 n における堆砂圧荷重	t/m^2	下流向 正
$P_{d.m.n}$	(m.n) 点における動水圧荷重	t/m^2	下流向 正
$P_{m.n}$	(m.n) 点における全水圧荷重	t/m^2	下流向 正
$_{ar}P_{m.n}$	外荷重に対する (m.n) 点におけるアーチの半径方向分担荷重	t/m^2	下流向 正
$_{as}P_{m.n}$	外荷重に対する (m.n) 点におけるアーチの接線方向分担荷重	t/m^2	左岸より右岸向を正
$_{at}P_{m.n}$	外荷重に対する (m.n) 点におけるアーチのねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正
$_{cr}P_{m.n}$	外荷重に対する (m.n) 点における片持梁の半径方向分担荷重	t/m^2	下流向 正
$_{cs}P_{m.n}$	外荷重に対する (m.n) 点における片持梁の接線方向分担荷重	t/m^2	左岸より右岸向を正
$_{ct}P_{m.n}$	外荷重に対する (m.n) 点における片持梁のねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正
$_{tar}P_{m.n}$	温度荷重に対する (m.n) 点におけるアーチの半径方向分担荷重	t/m^2	下流向 正
$_{tas}P_{m.n}$	温度荷重に対する (m.n) 点におけるアーチの接線方向分担荷重	t/m^2	左岸より右岸向を正
$_{tat}P_{m.n}$	温度荷重に対する (m.n) 点におけるアーチのねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正
$_{tcr}P_{m.n}$	温度荷重に対する (m.n) 点における片持梁の半径方向分担荷重	t/m^2	下流向を正
$_{tcs}P_{m.n}$	温度荷重に対する (m.n) 点における片持梁の接線方向分担荷重	t/m^2	左岸より右岸向を正
$_{tct}P_{m.n}$	温度荷重に対する (m.n) 点における片持梁のねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正
$_{wai}P_{m.n}$	標高 N_1 までグラウトされ N_2 まで打設されたときの自重に対する (m.n) 点におけるアーチの半径方向分担荷重	t/m^2	下流向を正
$_{was}P_{m.n}$	標高 N_1 までグラウトされ N_2 まで打設されたときの自重に対する (m.n) 点におけるアーチの接線方向分担荷重	t/m^2	左岸より右岸向を正
$_{wat}P_{m.n}$	標高 N_1 までグラウトされ N_2 まで打設されたときの自重に対する (m.n) 点におけるアーチのねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正
$_{wci}P_{m.n}$	標高 N_1 までグラウトされ N_2 まで打設されたときの自重に対する (m.n) 点における片持梁の半径方向分担荷重	t/m^2	下流向を正
$_{wcs}P_{m.n}$	標高 N_1 までグラウトされ、N_2 まで打設されたときの自重に対する (m.n) 点における片持梁の接線方向分担荷重	t/m^2	左岸から右岸向を正

記号	説　　明	単位	符　号
$wct^1P_{m.n}$	標高 N_1 までグラウトされ N_2 まで打設されたときの自重に対する $(m.n)$ 点における片持梁のねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正
$war^2P_{m.n}$	標高 N_2 までグラウトされ天端まで打設されたときの自重に対する $(m.n)$ 点におけるアーチの半径方向分担荷重	t/m^2	下流向を正
$was^2P_{m.n}$	標高 N_2 までグラウトされ天端まで打設されたときの自重に対する $(m.n)$ 点におけるアーチの接線方向分担荷重	t/m^2	左岸から右岸向を正
$wat^2P_{m.n}$	標高 N_2 までグラウトされ天端まで打設されたときの自重に対する $(m.n)$ 点におけるアーチのねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正
$wcr^1P_{m.n}$	標高 N_2 までグラウトされ天端まで打設されたときの自重に対する $(m.n)$ 点における片持梁の半径方向分担荷重	t/m^2	下流向を正
$wcs^2P_{m.n}$	標高 N_2 までグラウトされ天端まで打設されたときの自重に対する $(m.n)$ 点における片持梁の接線方向分担荷重	t/m^2	左岸から右岸向を正
$wct^1P_{m.n}$	標高 N_2 までグラウトされ天端まで打設されたときの自重に対する $(m.n)$ 点における片持梁のねじれ分担荷重	t/m	反時計廻りを正

2.4. 基礎岩盤の変形常数

記号	説　　明	非対称の時の記号	
		左岸側	右岸側
$a\alpha_n$	標高 n のアーチのアバットメントの変形常数 α	$La\alpha_n$	$Ra\alpha_n$
$a\alpha_{2.n}$	標高 n のアーチのアバットメントの変形常数 α_2	$La\alpha_{2.n}$	$Ra\alpha_{2.n}$
$a\beta_n$	標高 n のアーチのアバットメントの変形常数 β	$La\beta_n$	$Ra\beta_n$
$a\gamma_n$	標高 n のアーチのアバットメントの変形常数 γ	$La\gamma_n$	$Ra\gamma_n$
$c\alpha_m$	m 片持梁ベースの変形常数 α		
$c\alpha_{2.m}$	m 片持梁ベースの変形常数 α_2		
$c\gamma_m$	m 片持梁ベースの変形常数 γ		
$c\textcircled{1}_m$	m 片持梁ベースの変形常数 ①		
$c\delta_m$	m 片持梁ベースの変形常数 δ		
$K\xi_n$	m 片持梁ベースの集中荷重係数		

2.5. M_L, H_L, V_L

記号	説明	符号	非対称の場合	
			左岸側	右岸側
$_{LR}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	n標高のアーチの半径方向単位荷重(K.n)の(m,n)点と$(i+\frac{2}{3}.n)$点の間の部分により生ずる$(i+\frac{2}{3}.n)$点での曲げモーメント	下流面に圧縮を生ぜしめるものを正	$_{LR}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	$_{RR}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$
$_{LR}H(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	n標高のアーチの半径方向単位荷重(k.n)の(m.n)点と$(i+\frac{2}{3}.n)$点の間の部分により生ずる$(i+\frac{2}{3}.n)$点での推力	圧縮を生ぜしめるものを正	$_{LR}H(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	$_{RR}H(n.k.m.i+\frac{2}{3})$
$_{LR}V(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	n標高のアーチの半径方向単位荷重(K.n)の(m.n)点と$(i+\frac{2}{3}.n)$点の間の部分により生ずる$(i+\frac{2}{3}.n)$点でのせん断力	下流向正	$_{LR}V(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	$_{RR}V(n.k.m.i+\frac{2}{3})$
$_{LS}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	n標高のアーチの接線方向単位荷重(K.n)の(m.n)点と$(i+\frac{2}{3}.n)$点の間の部分により生ずる$(i+\frac{2}{3}.n)$点での曲げモーメント	下流面に圧縮を生ぜしめるものを正	$_{LS}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	$_{RS}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$
$_{LS}H(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	n標高のアーチの接線方向単位荷重(K.n)の(m.n)点と$(i+\frac{2}{3}.n)$点の間の部分により生ずる$(i+\frac{2}{3}.n)$点での推力	圧縮を生ぜしめるものを正	$_{LS}H(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	$_{RS}H(n.k.m.i+\frac{2}{3})$
$_{LS}V(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	n標高のアーチの接線方向単位荷重(K.n)の(m.n)点と$(i+\frac{2}{3}.n)$点の間の部分により生ずる$(i+\frac{2}{3}.n)$点でのせん断力	下流向を正	$_{LS}V(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	$_{RS}V(n.k.m.i+\frac{2}{3})$
$_{Lt}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	n標高のアーチのねじれ単位荷重(K.n)の(m.n)点と$(i+\frac{2}{3}.n)$点の間の部分により生ずる$(i+\frac{2}{3}.n)$点での曲げモーメント	下流面に圧縮を生ぜしめるものを正	$_{Lt}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$	$_{Rt}M(n.k.m.i+\frac{2}{3})$

2.6. アーチ常数,荷重常数

記号	説明	非対称の場合	
		左岸側	右岸側
$_{1}A_{m.n}$	n標高のアーチの(m.n)点のアーチ常数 A_1	$_{L1}A_{m.n}$	$_{R1}A_{m.n}$
$_{1}B_{m.n}$	n標高のアーチの(m.n)点のアーチ常数 B_1	$_{L1}B_{m.n}$	$_{R1}B_{m.n}$
$_{1}C_{m.n}$	n標高のアーチの(m.n)点のアーチ常数 C_1	$_{L1}C_{m.n}$	$_{R1}C_{m.n}$
$_{2}B_{m.n}$	n標高のアーチの(m.n)点のアーチ常数 B_2	$_{L2}B_{m.n}$	$_{R2}B_{m.n}$
$_{2}C_{m.n}$	n標高のアーチの(m.n)点のアーチ常数 C_2	$_{L2}C_{m.n}$	$_{R2}C_{m.n}$
$_{3}B_{m.n}$	n標高のアーチの(m.n)点のアーチ常数 B_3	$_{L3}B_{m.n}$	$_{R3}B_{m.n}$
$_{r1}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの半径方向単位荷重(k.n)による(m.n)点の荷重常数D_1	$_{Lr1}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rr1}D^{K.n}_{m.n}$
$_{r2}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの半径方向単位荷重(K.n)による(m.n)点の荷重常数D_2	$_{Lr2}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rr2}D^{K.n}_{m.n}$
$_{r3}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの半径方向単位荷重(K.n)による(m.n)点の荷重常数D_3	$_{Lr3}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rr3}D^{K.n}_{m.n}$
$_{s1}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k.n)による(m.n)点での荷重常数 D_1	$_{Ls1}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rs1}D^{K.n}_{m.n}$
$_{s2}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k.n)による(m.n)点での荷重常数 D_2	$_{Ls2}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rs2}D^{K.n}_{m.n}$
$_{s3}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(K.n)による(m.n)点での荷重常数D_3	$_{Ls3}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rs3}D^{K.n}_{m.n}$
$_{t1}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k.n)による(m.n)点での荷重常数 D_1	$_{Lt1}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rt1}D^{K.n}_{m.n}$
$_{t2}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k.n)による(m.n)点での荷重常数 D_2	$_{Lt2}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rt2}D^{K.n}_{m.n}$
$_{t3}D^{K.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(K.n)による(m.n)点での荷重常数D_3	$_{Lt3}D^{K.n}_{m.n}$	$_{Rt3}D^{K.n}_{m.n}$

記号	説明	非対称の場合	
		左岸側	右岸側
$t1D_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重による(m.n)点での荷重常数 D_1	$Lt1D_{m.n}$	$Rt1D_{m.n}$
$t2D_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重による(m.n)点での荷重常数 D_2	$Lt2D_{m.n}$	$Rt2D_{m.n}$
$t3D_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重による(m.n)点での荷重常数 D_3	$Lt3D_{m.n}$	$Rt3D_{m.n}$
$r1D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_1	$r1D^{C.10+n}_{m.n}$	$r1D^{C.10-n}_{m.n}$
$r2D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_2	$r2D^{C.10+n}_{m.n}$	$r2D^{C.10-n}_{m.n}$
$r3D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_3	$r3D^{C.10+n}_{m.n}$	$r3D^{C.10-n}_{m.n}$
$s1D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_1	$s1D^{C.10+n}_{m.n}$	$s1D^{C.10-n}_{m.n}$
$s2D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_2	$s2D^{C.10+n}_{m.n}$	$s2D^{C.10-n}_{m.n}$
$s3D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_3	$s3D^{C.10+n}_{m.n}$	$s3D^{C.10-n}_{m.n}$
$t1D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_1	$t1D^{C.10+n}_{m.n}$	$t1D^{C.10-n}_{m.n}$
$t2D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_2	$t2D^{C.10+n}_{m.n}$	$t2D^{C.10-n}_{m.n}$
$t3D^{c}_{m.n}$	n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重による(m,n)点での荷重常数 D_3	$t3D^{C.10+n}_{m.n}$	$t3D^{C.10-n}_{m.n}$

2.7 断面力

記号	説明	単位	符号
$arM^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位半径方向荷重(k.n)による(m.n)点での曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$arH^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位半径方向荷重(k.n)による(m.n)点での推力	t/m	圧縮の時 正
$arV^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位半径方向荷重(k.n)による(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$asM^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k.n)による(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮の生ずるものを正
$asH^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k.n)による(m.n)点の推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$asV^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k.n)による(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$atM^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k.n)による(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮の生ずるものを正
$atH^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k.n)による(m.n)点の推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$atV^{k.n}_{m.n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k.n)による(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$taM'_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重による(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮の生ずるものを正

記号	説明	単位	符号
$taH'_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重による(m.n)点の推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$taV'_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重による(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$arM^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重による(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$arH^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重による(m.n)点の推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$arV^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重による(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$asM^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重による(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$asH^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重による(m.n)点の推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$asV^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重による(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$atM^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重による(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$atH^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重による(m.n)点の推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$atV^{c}_{m.n}$	対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重による(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$arM^{c,n\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメント(n±n.n)(左岸側n+n,右岸側n-n)に作用する単位半径方向集中荷重による(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$arH^{c,n\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメント(n±n.n)(左岸側n+n,右岸側n-n)に作用する単位半径方向集中荷重による(m.n)点の推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$arV^{c,n\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合にn標高のアーチのアバットメント(n±n.n)(左岸側n+n,右岸側n-n)に作用する単位半径方向集中荷重により(m.n)点に生ずる半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$asM^{c,n\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメント(n±n.n)(左岸側n+n,右岸側n-n)に作用する単位接線方向集中荷重により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$asH^{c,n\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメント(n±n.n)(左岸側n+n,右岸側n-n)に作用する単位接線方向集中荷重により(m.n)点に生ずる推力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$asV^{c,n\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメント(n±n.n)(左岸側n+n,右岸側n-n)に作用する単位接線方向集中荷重により(m.n)点に生ずる半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$atM^{c,n\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合.n標高のアーチのアバットメント(n±n.n)(左岸側n+n,右岸側n-n)に作用する単位ねじれ集中荷重により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正

記号	説明	単位	符号
$_{at}H^{C.D\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合, n標高のアーチのアバットメント(10±n, n)(左岸側10+n, 右岸側10-n)に作用する単位ねじれ集中荷重により(m.n)点に生ずる接線方向せん断力	t/m	圧縮を生ずるものを正
$_{at}V^{C.D\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合, n標高のアーチのアバットメント(10±n, n)(左岸側10+n, 右岸側10-n)に作用する単位ねじれ集中荷重により(m.n)点に生ずる半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$_{cr}M^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位半径方向荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$_{cr}H^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位半径方向荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずる接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$_{cr}V^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位半径方向荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずる半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$_{cs}M^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位接線方向荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$_{cs}H^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位接線方向荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずる接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$_{cs}V^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位接線方向荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずる半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$_{ct}M^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位ねじれ荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずるねじれモーメント	t	反時計廻りを正
$_{cm}M^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位曲げ荷重(m.ℓ)により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$_{I}M_{m.n}$	m片持梁の初期荷重により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$_{I}H_{m.n}$	m片持梁の初期荷重により(m.n)点に生ずる接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$_{I}V_{m.n}$	m片持梁の初期荷重により(m.n)点に生ずる半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$W_{m.n}$	m片持梁のn標高とn+1標高の間にかかる鉛直外荷重による鉛直力	t/m	下向を正
$_{v}W_{m.n}$	m片持梁のn標高より上部の鉛直外荷重により生ずる(m.n)点の鉛直力	t/m	下向を正
$_{v}M_{m.n}$	m片持梁のn標高より上部の鉛直外荷重により生ずる(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$_{A}M_{m.n}$	m片持梁の6標高と7標高の間の水平外荷重により生ずる(m.n)点の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$_{A}H_{m.n}$	m片持梁の6標高と7標高の間の水平外荷重により生ずる(m.n)点の接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$_{A}V_{m.n}$	m片持梁の6標高と7標高の間の水平外荷重により生ずる(m.n)点の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$_{s}M_{m.n}$	m片持梁の地震慣性力により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$_{s}H_{m.n}$	m片持梁の地震慣性力により(m.n)点に生ずる接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$_{s}V_{m.n}$	m片持梁の地震慣性力により(m.n)点に生ずる半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$_{w_1}W_{m.n}$	m片持梁がN1標高まで打設されたとき自重により(m.n)点に生ずる鉛直力	t/m	下向を正
$_{w_1}M_{m.n}$	m片持梁がN1標高まで打設されたとき自重により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$_{w_2}W_{m.n}$	m片持梁がN2標高まで打設されたとき自重により(m.n)点に生ずる鉛直力	t/m	下向を正
$_{w_2}M_{m.n}$	m片持梁がN2標高まで打設されたとき自重により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$_{w_3}W_{m.n}$	m片持梁が天端まで打設されたとき自重により(m.n)点に生ずる鉛直力	t/m	下向を正
$_{w_3}M_{m.n}$	m片持梁が天端まで打設されたとき自重により(m.n)点に生ずる曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$_{cr}M_{m.n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$_{cr}H_{m.n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$_{cr}V_{m.n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$_{tcr}M_{m.n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$_{tcr}H_{m.n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の接線方向せん断力	t/m	右岸向を正

記号	説明	単位	符号
$tcrV_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$arM_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$arH_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの推力	t/m	圧縮が生ずるものを正
$arV_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$tarM_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$tarH_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの推力	t/m	圧縮が生ずるものを正
$tarV_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$cM_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$cH_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$cV_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$cT_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁のねじれモーメント	t	反時計廻りを正
$tcM_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$tcH_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$tcV_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$tcT_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁のねじれモーメント	t	反時計廻りを正
$aM_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$aH_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの推力	t/m	圧縮が生ずるものを正
$aV_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$taM_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの曲げモーメント	t	上流面に圧縮が生ずるものを正
$taH_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの推力	t/m	圧縮が生ずるものを正
$taV_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$wW_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずる鉛直力	t/m	下向を正
$wcM_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずる片持梁の曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$wcH_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずる片持梁の接線方向せん断力	t/m	右岸向を正
$wcV_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずる片持梁の半径方向せん断力	t/m	上流向を正
$wcT_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずる片持梁のねじれモーメント	t	反時計廻りを正
$waM_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずるアーチの曲げモーメント	t	上流面に圧縮を生ずるものを正
$waH_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずるアーチの推力	t/m	圧縮の生ずるものを正
$waV_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずるアーチの半径方向せん断力	t/m	上流向を正

2.8 変位

記号	説明	単位	符号
$ar(\Delta Y)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位半径方向荷重(k,n)により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$ar(\Delta S)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位半径方向荷重(k,n)による(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位半径方向荷重(k,n)により(m,n)点に生ずる鉛直軸のまわりの回転角	Radian	時計廻りを正

記号	説明	単位	符号
$as(\Delta r)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k,n)により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$as(\Delta s)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k,n)により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$as(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位接線方向荷重(k,n)により(m,n)点に生ずる鉛直軸のまわりの回転角	Radian	時計廻りを正
$at(\Delta r)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k,n)による(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$at(\Delta s)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k,n)による(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$at(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}$	n標高のアーチの単位ねじれ荷重(k,n)による(m,n)点に生ずる鉛直軸のまわりの回転角	Radian	時計廻りを正
$ar(\Delta r)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$ar(\Delta s)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$ar(\Delta t)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメントに作用する単位半径方向集中荷重により(m,n)点に生ずる鉛直軸のまわりの回転角	Radian	時計廻りを正
$as(\Delta r)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$as(\Delta s)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重により(m,n)点に生ずる接線方向撓み.	m	右岸向を正
$as(\Delta\theta)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメントに作用する単位接線方向集中荷重により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$at(\Delta r)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$at(\Delta s)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合 n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$at(\Delta\theta)^{c}_{m,n}$	対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメントに作用する単位ねじれ集中荷重により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$ar(\Delta r)^{c,10\pm n}_{m,n}$	非対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n, 右岸側10-n)に作用する単位半径方向集中荷重により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向正
$ar(\Delta s)^{c,10\pm n}_{m,n}$	非対称アーチの場合; n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n, 右岸側10-n)に作用する単位半径方向集中荷重により(m,n)点に生ずる接線方向撓み.	m	右岸向を正
$ar(\Delta\theta)^{c,10\pm n}_{m,n}$	非対称アーチの場合; n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n,右岸側10-n)に作用する単位半径方向集中荷重により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$as(\Delta r)^{c,10\pm n}_{m,n}$	非対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n,右岸側10-n)に作用する単位接線方向集中荷重により(m,n)点に生ずる半径方向撓み.	m	上流向を正
$as(\Delta s)^{c,10\pm n}_{m,n}$	非対称アーチの場合. n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n,右岸側10-n)に作用する単位接線方向集中荷重により(m,n)点に生ずる接線方向撓み.	m	右岸向を正

記号	説明	単位	符号
$as(\Delta\theta)^{c.w\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合n標高のアーチのアバットメント(10±n)(左岸側10+n,右岸側10-n)に作用する単位接線方向集中荷重により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$at(\Delta f)^{c.w\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合, n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n,右岸側10-n)に作用する単位ねじれ集中荷重により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$at(\Delta S)^{c.w\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合, n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n,右岸側10-n)に作用する単位ねじれ集中荷重により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$at(\Delta\theta)^{c.w\pm n}_{m.n}$	非対称アーチの場合, n標高のアーチのアバットメント(10±n,n)(左岸側10+n右岸側10-n)に作用する単位ねじれ集中荷重により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$ta(\Delta f')_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$ta(\Delta S)_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$ta(\Delta\theta')_{m.n}$	n標高のアーチの温度荷重により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$ai(\Delta r)_{m.n}$	初期荷重により(m,n)点に生ずるアーチの半径方向撓み	m	上流向を正
$ai(\Delta s)_{m.n}$	初期荷重により(m,n)点に生ずるアーチの接線方向撓み	m	右岸向を正
$ai(\Delta\theta)_{m.n}$	初期荷重により(m,n)点に生ずるアーチの鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位半径方向荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位半径方向荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位半径方向荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$cs(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位接線方向荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$cs(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位接線方向荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$cs(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位接線方向荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$ct(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位ねじれ荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$ct(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位ねじれ荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$ct(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位ねじれ荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる鉛直角の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$cm(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位曲げ荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$cm(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位曲げ荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$cm(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$	m片持梁の単位曲げ荷重(m,ℓ)により(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$cr(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位半径方向荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$cr(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位半径方向荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$cr(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位半径方向荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$cs(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位接線方向荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$cs(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位接線方向荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$cs(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位接線方向荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$ct(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位ねじれ荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$ct(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位ねじれ荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$ct(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}$	20-m片持梁の単位ねじれ荷重(20-m,ℓ)によりm片持梁の(m,n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正

記号	説明	単位	符号
$tc(\Delta r)_{m,n}$	m片持梁の温度荷重により(m.n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$tc(\Delta s)_{m,n}$	m片持梁の温度荷重により(m.n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$tc(\Delta\theta)_{m,n}$	m片持梁の温度荷重により(m.n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$c_1(\Delta r)_{m,n}$	m片持梁の初期荷重により(m.n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$c_1(\Delta s)_{m,n}$	m片持梁の初期荷重により(m.n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$c_1(\Delta\theta)_{m,n}$	m片持梁の初期荷重により(m.n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$w_1(\Delta r)_{m,n}$	m片持梁のN1標高からN2標高までの間の部分の自重により(m.n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$w_1(\Delta s)_{m,n}$	m片持梁のN1標高からN2標高までの間の部分の自重により(m.n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$w_1(\Delta\theta)_{m,n}$	m片持梁のN1標高からN2標高までの間の部分の自重により(m.n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$w_2(\Delta r)_{m,n}$	m片持梁のN2標高から天端までの間の部分の自重により(m.n)点に生ずる半径方向撓み	m	上流向を正
$w_2(\Delta s)_{m,n}$	m片持梁のN2標高から天端までの間の部分の自重により(m.n)点に生ずる接線方向撓み	m	右岸向を正
$w_2(\Delta\theta)_{m,n}$	m片持梁のN2標高から天端までの間の部分の自重により(m.n)点に生ずる鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$cr(\Delta r)_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の半径方向撓み	m	上流向を正
$cr(\Delta s)_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の接線方向撓み	m	右岸向を正
$cr(\Delta\theta)_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$tcr(\Delta r)_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の半径方向撓み	m	上流向を正
$tcr(\Delta s)_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の接線方向撓み	m	右岸向を正
$tcr(\Delta\theta)_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$ar(\Delta r)_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの半径方向撓み	m	上流向を正
$ar(\Delta s)_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの接線方向撓み	m	右岸向を正
$ar(\Delta\theta)_{m,n}$	外荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$tar(\Delta r)_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの半径方向撓み	m	上流向を正
$tar(\Delta s)_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの接線方向撓み	m	右岸向を正
$tar(\Delta\theta)_{m,n}$	温度荷重に対する半径方向調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$c(\Delta r)_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の半径方向撓み	m	上流向を正
$c(\Delta s)_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の接線方向撓み	m	右岸向を正
$c(\Delta\theta)_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$tc(\Delta r)_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の半径方向撓み	m	上流向を正
$tc(\Delta s)_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の接線方向撓み	m	右岸向を正
$tc(\Delta\theta)_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずる片持梁の鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$a(\Delta r)_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの半径方向撓み	m	上流向を正
$a(\Delta s)_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの接線方向撓み	m	右岸向を正
$a(\Delta\theta)_{m,n}$	外荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$ta(\Delta r)_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの半径方向撓み	m	上流向を正
$ta(\Delta s)_{m,n}$	温度荷重に対する完全調整の結果(m.n)点に生ずるアーチの接線方向撓み	m	右岸向を正

記号	説明	単位	符号
$t\alpha(\Delta\theta)_{m,n}$	温度荷重に対する施全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$wc'(\Delta r)_{m,n}$	N_1標高までグラウトされN_2標高まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の半径方向撓み	m	上流向を正
$wc'(\Delta s)_{m,n}$	N_1標高までグラウトされN_2標高まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の接線方向撓み	m	右岸向を正
$wc'(\Delta\theta)_{m,n}$	N_1標高までグラウトされN_2標高まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$wc^2(\Delta r)_{m,n}$	N_2標高までグラウトされ天端まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の半径方向撓み	m	上流向を正
$wc^2(\Delta s)_{m,n}$	N_2標高までグラウトされ天端まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の接線方向撓み	m	右岸向を正
$wc^2(\Delta\theta)_{m,n}$	N_2標高までグラウトされ天端まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずる片持梁の鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$wa'(\Delta r)_{m,n}$	N_1標高までグラウトされN_2標高まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの半径方向撓み	m	上流向を正
$wa'(\Delta s)_{m,n}$	N_1標高までグラウトされ,N_2標高まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの接線方向撓み	m	右岸向を正
$wa'(\Delta\theta)_{m,n}$	N_1標高までグラウトされ,N_2標高まで打設された時の自重に対する完全調整の結果生ずるアーチの鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正
$wa^2(\Delta r)_{m,n}$	N_2標高までグラウトされ天端まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの半径方向撓み	m	上流向を正
$wa^2(\Delta s)_{m,n}$	N_2標高までグラウトされ天端まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの接線方向撓み	m	右岸向を正
$wa^2(\Delta\theta)_{m,n}$	N_2標高までグラウトされ天端まで打設された時の自重に対する完全調整の結果(m,n)点に生ずるアーチの鉛直軸の周りの回転角	Radian	時計廻りを正

2.9 応力

記号	説明	単位	符号
$c\sigma u_{m,n}$	外荷重により(m,n)点に生ずる片持梁上流面応力	t/m^2	圧縮を正
$c\sigma d_{m,n}$	外荷重により(m,n)点に生ずる片持梁下流面応力	t/m^2	圧縮を正
$t\sigma u_{m,n}$	温度荷重により(m,n)点に生ずる片持梁上流面応力	t/m^2	圧縮を正
$t\sigma d_{m,n}$	温度荷重により(m,n)点に生ずる片持梁下流面応力	t/m^2	圧縮を正
$w\sigma u_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずる片持梁上流面応力	t/m^2	圧縮を正
$w\sigma d_{m,n}$	自重により(m,n)点に生ずる片持梁下流面応力	t/m^2	圧縮を正
$\sigma u_{m,n}$	(m,n)点の片持梁上流面全応力	t/m^2	圧縮を正

記号	説　明	単位	符　号
$\sigma_{\alpha.m.n}$	(m,n)点の片持梁下流面全応力	t/m²	圧縮を正
$c\sigma_{\varepsilon.m.n}$	外荷重により(m,n)点に生ずるアーチ上流面応力	t/m²	圧縮を正
$c\sigma_{\iota.m.n}$	外荷重により(m,n)点に生ずるアーチ下流面応力	t/m²	圧縮を正
$t\sigma_{\varepsilon.m.n}$	温度荷重により(m,n)点に生ずるアーチ上流面応力	t/m²	圧縮を正
$t\sigma_{\iota.m.n}$	温度荷重により(m,n)点に生ずるアーチ下流面応力	t/m²	圧縮を正
$w\sigma_{\varepsilon.m.n}$	自重により(m,n)点に生ずるアーチ上流面応力	t/m²	圧縮を正
$w\sigma_{\iota.m.n}$	自重により(m,n)点に生ずるアーチ下流面応力	t/m²	圧縮を正
$\sigma_{\varepsilon.m.n}$	(m,n)点のアーチ上流面全応力	t/m²	圧縮を正
$\sigma_{\iota.m.n}$	(m,n)点のアーチ下流面全応力	t/m²	圧縮を正
$c\tau_{u.m.n}$	外荷重により(m,n)点に生ずる上流面せん断応力	t/m²	右岸上方向shear diagonalが圧縮の時正□
$c\tau_{d.m.n}$	外荷重により(m,n)点に生ずる下流面せん断応力	t/m²	右岸上方向shear diagonalが圧縮の時正▱
$t\tau_{u.m.n}$	温度荷重により(m,n)点に生ずる上流面せん断応力	t/m²	右岸上方向shear diagonalが圧縮の時正□
$t\tau_{d.m.n}$	温度荷重により(m,n)点に生ずる下流面せん断力	t/m²	右岸上方向shear diagonalが圧縮の時正▱
$w\tau_{u.m.n}$	自重により(m,n)点に生ずる上流面せん断応力	t/m²	右岸上方向のshear diagonalが圧縮の時正□
$w\tau_{d.m.n}$	自重により(m,n)点に生ずる下流面せん断応力	t/m²	右岸上方向のshear diagonalが圧縮の時正▱
$\tau_{u.m.n}$	(m,n)点の上流面全せん断応力	t/m²	右岸上方向のshear diagonalが圧縮の時正□
$\tau_{d.m.n}$	(m,n)点の下流面全せん断応力	t/m²	右岸上方向のshear diagonalが圧縮の時正▱
$y\sigma_{u.m.n}$	(m,n)点の上流面水平表面応力	t/m²	圧縮が正
$y\sigma_{d.m.n}$	(m,n)点の下流面水平表面応力	t/m²	圧縮が正
$z\sigma_{u.m.n}$	(m,n)点の上流面鉛直表面応力	t/m²	圧縮が正
$z\sigma_{d.m.n}$	(m,n)点の下流面鉛直表面応力	t/m²	圧縮が正
$yz\tau_{u.m.n}$	(m,n)点の上流面表面せん断応力	t/m²	右岸上方向のshear diagonalが圧縮の時正□
$yz\tau_{d.m.n}$	(m,n)点の下流面表面せん断応力	t/m²	右岸上方向のshear diagonalが圧縮の時正▱
$1\sigma_{u.m.n}$	(m,n)点の上流面第一主応力	t/m²	圧縮が正
$1\sigma_{d.m.n}$	(m,n)点の下流面第一主応力	t/m²	圧縮が正
$2\sigma_{u.m.n}$	(m,n)点の上流面第二主応力	t/m²	圧縮が正
$2\sigma_{d.m.n}$	(m,n)点の下流面第二主応力	t/m²	圧縮が正
$u\theta_{m.n}$	(m,n)点の上流面第一主応力と水平とのなす角	度	右岸向水平軸から上向に正
$d\theta_{m.n}$	(m,n)点の下流面第一主応力と水平とのなす角	度	右岸向水平軸から上向に正

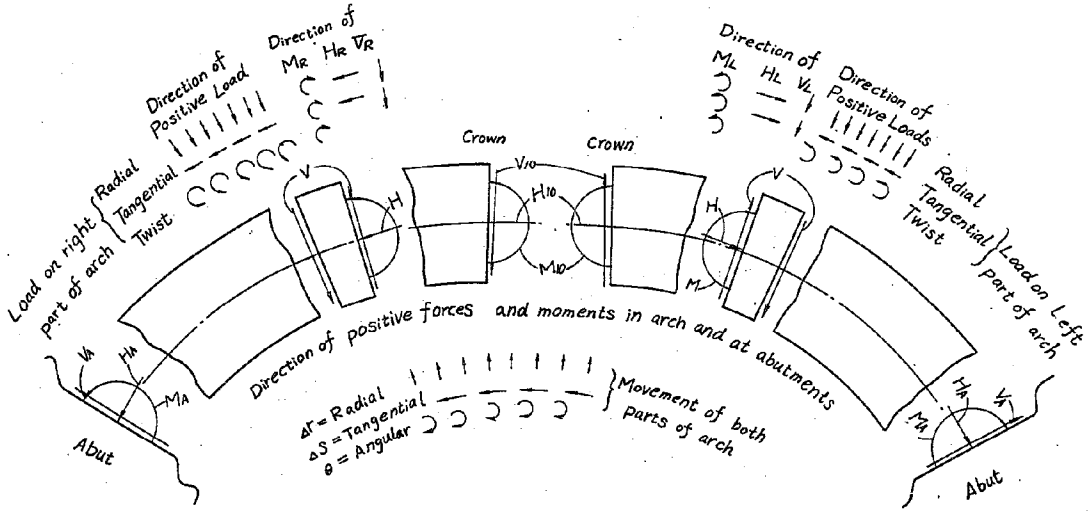


図-16 アーチの荷重 力. モーメント 変位に関する符号の約束

第 2 編

計 算 式

第1章　対称三心不等厚アーチ半径方向調整（No.1 プログラム）

第1節　入力データの作製方法

入力データは表-3に示す様な方式により I.B.M. 入力データーシートに記入する。

即ち第1行目はダム名，タイプ名等をローマ字，数字等で記入する。字数は80字以下であればよい。

第2行目から16行目には Z_n, $r_{1,n}$, $r_{2,n}$, $T_{C,n}$, $T_{A,n}$, $_1\phi_{A,n}$, $_2\phi_{A,n}$, $x_{C,n}$ を上から $n=70$, 6.5, 6.0, 5.5 …… 0 の順に記入する。Z_n は1~8欄に，$r_{1,n}$ は9~17欄に，$r_{2,n}$ は18~26欄に，$T_{C,n}$ は27~34欄に，$T_{A,n}$ は35~42欄に，$_1\phi_{A,n}$ は43~53欄に，$_2\phi_{A,n}$ は54~64欄に，$x_{C,n}$ は65~72欄に記入する。

これらはいづれも固定少数点法により記入し，最初の1欄を符号に，少数点に1欄使用する。従って使用し得る最大の有効数字は Z_n（6桁），$r_{1,n}$（7桁），$r_{2,n}$（7桁），$T_{C,n}$（6桁），$T_{A,n}$（6桁），$_1\phi_{A,n}$（9桁），$_2\phi_{A,n}$（9桁），$x_{C,n}$（6桁）である。

第17行目は H_0, H_α, H_s, f_C, f_S, K, Ce を記入する。H_0 は1~10欄に，H_α は11~20欄に，H_s は21~30欄に，f_C は31~40欄に，f_C は41~50欄に，f_S は51~60欄に，Ce は61~70欄に記入する。

第18行目には E_C, V_C, V_R, C を記入する。E_C は1~10欄に，V_C は11~15欄に，V_R は16~20欄に，C は21~30欄に記入し，E_C, C は浮動小数点法で V_C, V_R は固定少数点法で記入する。従って E_C, C は最大7桁，V_C, V_R は4桁の有効数字を記入し得る。

第19行目は E_R を $n=6$, $n=5$ …… $n=0$ の順に記入する。$E_{R,6}$ は1~10欄に，$E_{R,5}$ は11~20欄に，$E_{R,4}$ は21~30欄に，$E_{R,3}$ は31~40欄に，$E_{R,2}$ は41~50欄に，$E_{R,1}$ は51~60欄，$E_{R,0}$ は61~70欄に記入し，いづれも浮動小数点法で記入する。

第20桁目は cC を $n=6$, $n=5$ …… $n=0$ の順に記入する。cC_6 は1~10欄に，cC_5 は11~20欄に，cC_4 は21~30欄に，cC_3 は31~40欄に，cC_2 は41~50欄に，cC_1 は51~60欄に，cC_0 は61~70欄に記入し，いづれも浮動小数点法で記入する。

第21~26桁までは $t_{m,n}$ を記入する。即ち第21行目は $n=6$，第22行目は $n=5$，第23行目は $n=4$，第24行目は $n=3$，第25行目は $n=2$，第26行目は $n=1$ を記入し，1~10欄には $m=0$，11~20欄には $m=1$，21~30欄には $m=2$，31~40欄には $m=3$，41~50欄には $m=4$，51~60欄には $m=5$，61~70欄に $m=6$ を記入する。これらはいづれも固定小数点法により記入する。

第27~34行までは $w_{m,n}$ を記入する。即ち第27行目には $n=7$，第28行目には $n=6$，第29行目に $n=5$，第30行目に $n=4$，第31行目に $n=3$，第32行目に $n=2$，第33行目に $n=1$，第34行目に $n=0$ を記入し，欄の分け方は $t_{m,n}$ と同じである。

尚，実例を示せば表-4の如くである。

表-3 NO.1プログラム入力データー

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM アーチダム NO.1 プログラム WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

| No. | | |

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1	t0.6										t1.6										t2.6										t3.6										t4.6										t5.6										t6.6									

表-4. NO.1 プログラム入力データ実例

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM データ NO.1 プログラム WRITTEN BY PAGE OF

No.								
1	YAGISAWA DAM					TF3-13		
2	116.000	105.0700	105.0700	7.900	8.037	0.41800432	0.2555300	0.000
3	113.000	103.0707	103.0700	8.200	9.150	0.42560913	0.2560000	-0.502
4	110.000	101.0400	101.0400	8.500	9.667	0.43377511	0.2572768	-1.164
5	100.000	174.0500	174.0500	9.500	11.466	0.45993111	0.2629027	-3.104
6	90.000	166.7200	166.7200	10.500	13.360	0.48611110	0.2723560	-5.044
7	80.000	159.0500	159.0500	11.500	15.664	0.50356643	0.2949047	-6.904
8	70.000	151.0400	151.0400	12.500	18.006	0.50356643	0.3370047	-8.924
9	60.000	142.6900	142.6900	13.500	23.273	0.48611110	0.4076670	-10.804
10	50.000	134.0000	134.0000	14.500	29.650	0.45120444	0.4760016	-12.264
11	40.000	124.9700	124.9700	15.500	30.540	0.39200446	0.5000000	-13.244
12	30.000	115.6000	115.6000	16.500	30.040	0.35777500	0.5000000	-13.744
13	20.000	105.8900	105.8900	17.500	30.540	0.27657715	0.5000000	-13.764
14	10.000	95.0400	95.0400	18.500	29.640	0.21558850	0.5000000	-13.304
15	5.000	90.6895	90.6895	19.000	28.965	0.17411534	0.5000000	-12.894
16	0.000	85.4500	85.4500	19.500	28.140	0.00000000	0.00000000	-12.364
17	116.000	114.000	44.500	0.240	2.350	1.000	0.600	
18	0.250E+07	0.20	0.20	0.100E-04				
19	0.500E+06	0.500E+06	0.500E+06	0.500E+06	0.500E+06	0.500E+06	0.500E+06	
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1				+0.6										+0.6										+0.6								0.1								0.1								0.1								0.1									

第2節 座標および荷重の計算

2.1. 座標計算

i) $_1r_7\{\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})-\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m}-{}_1\phi_{A.7})\} \geqq (_1r_m+\chi_{c.m})\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})+(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A.m}$ のとき

$$\phi_{m.7}={}_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m}-\sin^{-1}\left[\sin(\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})-\frac{1}{{}_1r_7}\left\{(_1r_m+\chi_{c.m})\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})+(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A.m}\right\}\right] \quad (2.1.1)$$

$$\chi_{m.7}={}_1r_7(1-\cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.2)$$

$$y_{m.7}={}_1r_7\sin\phi_{m.7} \quad (2.1.3)$$

ii) $_1r_7\{\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})-\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m}-{}_1\phi_{A.7})\} < (_1r_m+\chi_{c.m})\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})+(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A.m}$ のとき

$$\phi_{m.7}={}_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m}-\sin^{-1}\frac{1}{{}_2r_7}\left\{{}_1r_7\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})+({}_2r_7-{}_1r_7)\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m}-{}_1\phi_{A.7})\right.$$
$$\left.-(_1r_m+\chi_{c.m})\sin(_1\phi_{A.m}+{}_2\phi_{A.m})-(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A.m}\right\} \quad (2.1.4)$$

$$\chi_{m.7}={}_1r_7(1-\cos{}_1\phi_{A.7})+{}_2r_7(\cos{}_1\phi_{A.7}-\cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.5)$$

$$y_{m.7}={}_1r_7\sin{}_1\phi_{A.7}+{}_2r_7(\sin\phi_{m.7}-\sin{}_1\phi_{A.7}) \quad (2.1.6)$$

これら $\phi_{m.7}$, $\chi_{m.7}$, $y_{m.7}$ を $m=0,1,2\cdots7$ について計算する。

i) $\tan{}_1\phi_{A.n} \geqq \dfrac{y_{m.7}}{{}_1r_n+\chi_{c.n}-\chi_{m.7}}$ のとき

$$\phi_{m.n}=\tan^{-1}\frac{y_{m.7}}{{}_1r_n+\chi_{c.n}-\chi_{m.7}} \quad (2.1.7)$$

$$\chi_{m.n}={}_1r_n(1-\cos\phi_{m.n})+\chi_{c.n} \quad (2.1.8)$$

$$y_{m.n}={}_1r_n\sin\phi_{m.n} \quad (2.1.9)$$

$$r_{m.n}={}_1r_n \quad (2.1.10)$$

ii) $\tan{}_1\phi_{A.n} < \dfrac{y_{m.7}}{{}_1r_n+\chi_{c.n}-\chi_{m.7}}$ のとき

$$\phi_{m.n}=\tan^{-1}\frac{y_{m.7}+({}_2r_n-{}_1r_n)\sin{}_1\phi_{A.n}}{{}_1r_n+\chi_{c.n}-\chi_{m.7}+({}_2r_n-{}_1r_n)\cos{}_1\phi_{m.n}} \quad (2.1.11)$$

$$\chi_{m.n}={}_1r_n(1-\cos{}_1\phi_{A.n})+{}_2r_n(\cos{}_1\phi_{A.n}-\cos\phi_{m.n})+\chi_{c.n} \quad (2.1.12)$$

$$y_{m.n}={}_1r_n\sin{}_1\phi_{A.n}+{}_2r_n(\sin\phi_{m.n}-\sin{}_1\phi_{A.n}) \quad (2.1.13)$$

$$r_{m.n}={}_2r_n \quad (2.1.14)$$

$$_ar_{m.n}=r_{m.n}+(\chi_{m.n}-\chi_{m.7})\sec\phi_{m.n} \quad (2.1.15)$$

これら $\phi_{m.n}$, $\chi_{m.n}$, $y_{m.n}$, $r_{m.n}$, $_ar_{m.n}$ を $m=0,1\cdots7$, $n=m, m+0.5, m+1\cdots7.0$ について計算する。

2.2. 荷重の計算

i) $H_0 \leqq Z_n$ のとき

$$_oP_n=0 \quad (2.2.1)$$

ii) $H_0 > Z_n$ のとき

$$_oP_n=H_0-Z_n \quad (2.2.2)$$

i) $H_\alpha \leqq Z_n$ のとき

$$_\alpha P_{m.n}=0 \quad (2.2.3)$$

ii) $H_\alpha > Z_n$ のとき

$$_\alpha P_{m.n}=\frac{\gamma}{g}k\sqrt{(H_\alpha-Z_m)(H_\alpha-Z_n)} \quad (2.2.4)$$

i) $Hs \leqq Zn$ のとき

$$sPn = 0 \tag{2.2.5}$$

ii) $Hs > Zn$ のとき

$$sPn = Ce f_s (Hs - Zn) \tag{2.2.6}$$

$$Pm.n = oPn + \alpha Pm.n + sPn \tag{2.2.7}$$

(2.2.1), (2.2.2), (2.2.5), (2.2.6) を $n = 0, 1, 2 \cdots 6$ について計算し (2.2.3), (2.2.4), (2.2.7) を $n = 0, 1, 2 \cdots 6$, $m = 0, 1, 2 \cdots n$ について計算する。

第3節 基礎岩盤の変形常数

3.1. 基礎の面積係数と傾角

$T_{A.n}$ の中の最大値を a とする。

$$b = 2\sum_{n=0}^{6}\sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2+(\chi_{n+1,n+1}-\chi_{n,n})^2+(y_{n+1,n+1}-y_{n,n})^2} \tag{3.1.1}$$

面積係数は

$$\zeta = b/a \tag{3.1.2}$$

傾角は i) $6 \geqq n > 1$ のとき

$$\chi_n = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{{}_1\gamma_{n+1}\cdot{}_1\phi_{A,n+1}+{}_2\gamma_{n+1}\cdot{}_2\phi_{A,n+1}-{}_1\gamma_n\cdot{}_1\phi_{A,n}-{}_2\gamma_n\cdot{}_2\phi_{A,n}}{Z_{n+1}-Z_n}\right.$$
$$\left.+\frac{Z_{n+1}-Z_n}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{{}_1\gamma_n\cdot{}_1\phi_{A,n}+{}_2\gamma_n\cdot{}_2\phi_{A,n}-{}_1\gamma_{n-1}\cdot{}_1\phi_{A,n-1}-{}_2\gamma_{n-1}\cdot{}_2\phi_{A,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}\right\} \tag{3.1.3}$$

ii) $n = 1$ の時

$$\chi_1 = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2}\cdot\frac{{}_1\gamma_2\cdot{}_1\phi_{A,2}+{}_2\gamma_2\cdot{}_2\phi_{A,2}-{}_1\gamma_1\cdot{}_1\phi_{A,1}-{}_2\gamma_1\cdot{}_2\phi_{A,1}}{Z_2 - Z_1}\right.$$
$$\left.-\frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2}\cdot\frac{{}_1\gamma_3\cdot{}_1\phi_{A,3}+{}_2\gamma_3\cdot{}_2\phi_{A,3}-{}_1\gamma_1\cdot{}_1\phi_{A,1}-{}_2\gamma_1\cdot{}_2\phi_{A,1}}{Z_3 - Z_1}\right\} \tag{3.1.4}$$

χ_n は $n = 1 \cdots 6$ につき計算する。

3.2. 基礎岩盤の変形常数

$$K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\frac{\sqrt{1+\zeta^2}\,(3-14\zeta^2-2\zeta^4)+15\zeta^3+2\zeta^5-3}{15\zeta}+\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right\} \tag{3.2.1}$$

$$K_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)+\frac{\zeta}{2}\log\left(\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{(\sqrt{4+\zeta^2})^3-8-\zeta^3}{12\zeta}\right\} \tag{3.2.2}$$

$$K_3 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2})+\zeta\log\frac{(1+\sqrt{1+\zeta^2})}{\zeta}-\frac{(\sqrt{1+\zeta^2})^3-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\}\right.$$
$$\left.+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{\sqrt{1+\zeta^2}\cdot(2\zeta^2-1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right] \tag{3.2.3}$$

$$K_4 = \frac{1}{5\pi}\left\{(90-\frac{48}{\zeta}+\frac{20}{\zeta^2}-\frac{6}{\zeta^4}+\frac{36}{7\zeta^6})+\nu_R(90-\frac{96}{\zeta}+\frac{60}{\zeta^2}-\frac{30}{\zeta^4}+\frac{252}{7\zeta^6})\right.$$
$$\left.-\nu_R^2\left(\frac{48}{\zeta}-\frac{40}{\zeta^2}+\frac{24}{\zeta^4}-\frac{216}{7\zeta^6}\right)\right\} \tag{3.2.4}$$

$$K_5 = (1-\nu_R-2\nu_R^2)\left\{1-\frac{1}{2\pi}\left\{4(1+\zeta^2)\tan^{-1}\left(\frac{1}{\zeta}\right)-3\zeta-\zeta^3\log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2}+\frac{1}{\zeta}\log(1+\zeta^2)\right\}\right\} \tag{3.2.5}$$

$$K_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta}+\frac{2}{\zeta}\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)-\frac{(\sqrt{4+\zeta^2})^3-8-\zeta^3}{6\zeta^2}\right\}\right.\right.$$
$$\left.\left.+(\nu_R+\nu_R^3)\left\{\frac{2}{\zeta}\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)-\frac{\sqrt{4+\zeta^2}(8-\zeta^2)-16+\zeta^3}{6\zeta^2}\right\}\right] \quad (3.2.6)$$

$$\alpha'_n = K_1/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}^2) \quad (3.2.7)$$

$$\beta'_n = K_2/E_{R,n} \quad (3.2.8)$$

$$\gamma'_n = K_3/E_{R,n} \quad (3.2.9)$$

$$\delta'_n = K_4/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}^2) \quad (3.2.10)$$

$$\alpha''_n = K_5/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}) \quad (3.2.11)$$

$$\textcircled{\gamma}_n = K_6/E_{R,n} \quad (3.2.12)$$

$K_1 \sim K_6$ を (3.1.2) で求めたちにより計算し、これを用いて (3.2.7) ~ (3.2.12) を $n = 1,2 \cdots 6$ について計算する。

3.3 アーチの基礎常数

$$a\alpha_n = \alpha'_n \cos^3\chi_n + \delta' \sin^2\chi_n \cos\chi_n \quad (3.3.1)$$

$$a\alpha_{2,n} = \alpha''_n \cos^2\chi_n \quad (3.3.2)$$

$$a\beta_n = \beta'_n \cos^3\chi_n + \textcircled{\gamma}_n \sin^2\chi_n \cos\chi_n \quad (3.3.3)$$

$$a\gamma_n = \gamma'_n \cos\chi_n \quad (3.3.4)$$

(3.3.1) ~ (3.3.4) を $n = 1,2 \cdots 6$ について計算する。

3.4 片持梁の基礎常数

$$c\alpha_m = (\alpha'_m \cdot \sin^3\chi_m + \delta'_m \cos^2\chi_m \cdot \sin\chi_m)\frac{a\gamma_{m,m}}{\gamma_{m,m}}\left(\frac{T_{A,m}}{T_{A,m}-cC_m}\right)^2 \quad (3.4.1)$$

$$c\alpha_{2,m} = (\alpha''_m \cdot \sin^2\chi_m)\frac{a\gamma_{m,m}}{\gamma_{m,m}}\left(\frac{T_{A,m}}{T_{A,m}-cC_m}\right) \quad (3.4.2)$$

$$c\beta_m = (\beta'_m \cdot \sin\chi_m)\frac{a\gamma_{m,m}}{\gamma_{m,m}} \quad (3.4.3)$$

(3.4.1) ~ (3.4.3) を $m = 1,2 \cdots 6$ について計算する。なお $m=0$ のときは

$$c\alpha_0 = \frac{K_1}{E_{R0}(T_{C,0}-cC_0)^2}\cdot\frac{a\gamma_{0,0}}{\gamma_{0,0}} \quad (3.4.4)$$

$$c\alpha_{2,0} = \frac{K_5}{E_{R0}(T_{C,0}-cC_0)}\cdot\frac{a\gamma_{0,0}}{\gamma_{0,0}} \quad (3.4.5)$$

$$c\beta_0 = \frac{K_3}{E_{R,0}}\cdot\frac{a\gamma_{0,0}}{\gamma_{0,0}} \quad (3.4.6)$$

として計算する。

3.5 集中荷重の係数

$$K_m^c = \frac{a\gamma_{m,m}}{\gamma_{m,m}}\cdot\tan\chi_m \quad (3.5.1)$$

(3.5.1) を $m = 1,2 \cdots 6$ について計算する。

第4節 アーチの単位撓み

4.1. アーチの形状計算

(i) $\phi_{m,n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\psi_{m,n} = \phi_{m,n} \tag{4.1.1}$$

(ii) $\phi_{m,n} > {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\psi_{m,n} = {}_1\phi_{A,n} + \frac{{}_2r_n}{{}_1r_n}(\phi_{m,n} - {}_1\phi_{A,n}) \tag{4.1.2}$$

とする．また

$$\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} = \psi_{m,n} + \frac{j}{\delta}(\psi_{m+1,n} - \psi_{m,n}) \tag{4.1.3}$$

とする．

(i) $\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} = \psi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.4}$$

$$T_{m+\frac{j}{\delta},n} = T_{c,n} \tag{4.1.5}$$

$$u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n(1-\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}) - \frac{T_{c,n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.6}$$

$$u\eta_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} + \frac{T_{c,n}}{2}\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.7}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n}) = ({}_1r_n + \frac{T_{c,n}}{2})\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.8}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}(u\eta_{m+\frac{j}{\delta},n}) = ({}_1r_n + \frac{T_{c,n}}{2})\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.9}$$

(ii) $\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} > {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1\phi_{A,n} + \frac{{}_1r_n}{{}_2r_n}(\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n}) \tag{4.1.10}$$

$$T_{m+\frac{j}{\delta},n} = T_{c,n} + (T_{A,n} - T_{c,n})\frac{\mathrm{vers}_2(\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n})}{\mathrm{vers}_2\phi_{A,n}} \tag{4.1.11}$$

$$u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n(1-\cos{}_1\phi_{A,n}) + {}_2r_n(\cos{}_1\phi_{A,n} - \cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}) - \frac{T_{m+\frac{j}{\delta},n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.12}$$

$$u\eta_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n\sin{}_1\phi_{A,n} + {}_2r_n(\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - \sin{}_1\phi_{A,n}) + \frac{T_{m+\frac{j}{\delta},n}}{2}\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.13}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n}) = \left\{({}_2r_n + \frac{T_{c,n}}{2})\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} + \frac{T_{A,n} - T_{c,n}}{2\mathrm{vers}_2\phi_{A,n}}\left\{\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - \sin(2\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n})\right\}\right\}\frac{{}_1r_n}{{}_2r_n} \tag{4.1.14}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}(u\eta_{m+\frac{j}{\delta},n}) = \left\{({}_2r_n + \frac{T_{c,n}}{2})\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} + \frac{T_{A,n} - T_{c,n}}{2\mathrm{vers}_2\phi_{A,n}}\left\{\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - \cos(2\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n})\right\}\right\}\frac{{}_1r_n}{{}_2r_n} \tag{4.1.15}$$

とする。 (4.1.1), (4.1.2) については $n=1,2\cdots6$, $m=0,1,2\cdots n$ について計算する。(4.1.3)～(4.1.15) については $n=1,2\cdots6$, $m=0,1,2\cdots n$, $j=0,1,2\cdots7$ につき計算する。ただし，$m=n$ のとき $j=0$ 以外は計算しない。

$l \geqq m$ とし，(m,n) 点に原点をおき (m,n) 点におけるアーチ中心線の法線を x 軸，接線を y 軸としたときの $(l+\frac{2j}{\delta},n)$ 点の座標を $(x^{m,n}_{l+\frac{2j}{\delta},n}), (y^{m,n}_{l+\frac{2j}{\delta},n})$ とする．

i) $\phi_{m,n} \leqq \phi_{l+\frac{2j}{\delta},n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$(x^{m,n}_{l+\frac{2j}{\delta},n}) = {}_1r_n\left\{1-\cos(\phi_{l+\frac{2j}{\delta}} - \phi_{m,n})\right\} \tag{4.1.16}$$

$$(y^{m,n}_{l+\frac{2j}{\delta},n}) = {}_1r_n\sin(\phi_{l+\frac{2j}{\delta},n} - \phi_{m,n}) \tag{4.1.17}$$

ii) $\phi_{m,n} \leqq {}_1\phi_{A,n} < \phi_{i+\frac{2j}{\beta}} n$ のとき

$$(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) = {}_1\gamma_n\left\{1-\cos({}_1\phi_{A,n}-\phi_{m,n})\right\}+{}_2\gamma_n\left\{\cos({}_1\phi_{A,n}-\phi_{m,n})-\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}-\phi_{m,n})\right\} \quad (4.1.18)$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) = {}_1\gamma_n\cdot sin({}_1\phi_{A,n}-\phi_{m,n})+{}_2\gamma_n\left\{sin(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}-\phi_{m,n})-sin({}_1\phi_{A,n}-\phi_{m,n})\right\} \quad (4.1.19)$$

iii) ${}_1\phi_{A,n} < \phi_{m,n} < \phi_{i+\frac{2j}{\beta}} n$ のとき

$$(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) = {}_2\gamma_n\left\{1-\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}-\phi_{m,n})\right\} \quad (4.1.20)$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) = {}_2\gamma_n\, sin(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.1.21)$$

これら $(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n})$, $(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n})$ を $n=1,2\cdots\cdots 6$, $m=0,1,2\cdots\cdots n$, $j=0,1,2,3$, $i=m, m+1, \cdots\cdots n$ について計算する。ただし $i=n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

4.2 アーナ常数の計算

$$ {}_1A_{m,n} = \frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1}{T^3_{i,n}}+\frac{4}{T^3_{i+\frac{1}{\beta},n}}+\frac{2}{T^3_{i+\frac{2}{\beta},n}}+\frac{4}{T^3_{i+\frac{3}{\beta},n}}+\frac{1}{T^3_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n \quad (4.2.1)$$

$$ {}_1B_{m,n} = \frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+\frac{4(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{1}{\beta},n}}+\frac{2(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{2}{\beta},n}}+\frac{4(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{3}{\beta},n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+{}_a\alpha_{2,n}\, sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.2)$$

$$ {}_1C_{m,n} = \frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+\frac{4(y^{m,n}_{i+\frac{1}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{1}{\beta},n}}+\frac{2(y^{m,n}_{i+\frac{2}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{2}{\beta},n}}+\frac{4(y^{m,n}_{i+\frac{3}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{3}{\beta},n}}+\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+a\alpha(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.3)$$

$$ {}_2B_{m,n} = \frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+\frac{4(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{\beta},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{1}{\beta},n}}+\frac{2(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{\beta},n})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{2}{\beta},n}}\right.$$
$$\left.+\frac{4(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{\beta},n})(y^{m,n}_{i+\frac{3}{\beta},n})}{T^3_{i+\frac{3}{\beta},n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+\frac{{}_1\gamma_n}{6Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+\frac{4\,sin(\phi_{i+\frac{1}{\beta},n}-\phi_{m,n})cos(\phi_{i+\frac{1}{\beta},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{\beta},n}}+\frac{2\,sin(\phi_{i+\frac{2}{\beta},n}-\phi_{m,n})cos(\phi_{i+\frac{2}{\beta},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{\beta},n}}$$
$$\left.+\frac{4\,sin(\phi_{i+\frac{3}{\beta},n}-\phi_{m,n})cos(\phi_{i+\frac{3}{\beta},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{3}{\beta},n}}+\frac{sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}$$
$$+a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\left\{(\chi^{m,n}_{n,n})cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+(y^{m,n}_{n,n})sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}$$
$$+(a\gamma_n-a\beta_n)sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.4)$$

$$ {}_2C_{m,n} = \frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})^2}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{\beta},n})^2}{T^3_{i+\frac{1}{\beta},n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{2}{\beta},n})^2}{T^3_{i+\frac{2}{\beta},n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{3}{\beta},n})^2}{T^3_{i+\frac{3}{\beta},n}}+\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})^2}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+\frac{{}_1\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2cos^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+2cos^2(\phi_{i+\frac{1}{\beta},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{\beta},n}}\right.$$
$$\left.+2\frac{1+2cos^2(\phi_{i+\frac{2}{\beta},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{\beta},n}}+4\frac{1+2cos^2(\phi_{i+\frac{3}{\beta},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{3}{\beta},n}}+\frac{1+2cos^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}$$
$$+a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})^2+a\beta_n sin^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\gamma_n cos^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+2a\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{n,n})cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.5)$$

$$
\begin{aligned}
{}_3B_{m.n} = {} & \frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi_{i,n}^{m.n})^2}{T_{i,n}^3}+4\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{(\chi_{i+\frac{2}{2},n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{2}{2},n}^3}+4\frac{(\chi_{i+\frac{3}{2},n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{3}{2},n}^3}+\frac{(\chi_{i+1,n}^{m.n})^2}{T_{i+1,n}^3}\right\}\\
& +\frac{1\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\,sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m.n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+2\,sin^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\right.\\
& \left.+2\frac{1+2\,sin^2(\phi_{i+\frac{2}{2},n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{2},n}}+4\frac{1+2sin^2(\phi_{i+\frac{3}{2},n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{3}{2},n}}+\frac{1+2\,sin^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m.n})}{T_{i+1,n}}\right\}\\
& +a\alpha_n(\chi_{n.n}^{m.n})^2+a\beta_n cos^2(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})+a\gamma_n sin^2(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})+2a\alpha_{2.n}(\chi_{n.n}^{m.n})sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})
\end{aligned}
\qquad (4.2.6)
$$

(4.2.1) ~ (4.2.6) を $n=1,2\cdots6$; $m=0,1\cdots n$ について計算する。

4.3. 単位荷重による M_L, H_L, V_L

$$
\begin{aligned}
{}_rM(r.k.o.i+\tfrac{2j}{\delta}) = {} & \frac{1}{24}\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big((\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\Big[\Big\{(\chi_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\\
& +\Big\{(y_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big]+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\Big[\Big\{(\chi_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-\\
& (u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+\Big\{(y_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big]\\
& +(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\Big[\Big\{(\chi_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})+\\
& +\Big\{(y_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big)\\
& +\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big((\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big[\Big\{(\chi_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})+\Big\{(y_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-\\
& (uy_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big]+4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big[\Big\{(\chi_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\\
& +\Big\{(y_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big]+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big[\Big\{(\chi_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-\\
& (u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})+\Big\{(y_{i+\frac{2j}{\delta},n}^{o.n})-(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big)
\end{aligned}
\qquad (4.3.1)
$$

$$
\begin{aligned}
{}_rH(n,k.o,i+\tfrac{2j}{\delta}) = {} & \frac{1}{24}\Big\{sin\phi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\Big\{\sum_{s=0}^{\rho-1}\Big[(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\\
& +4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\\
& +\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big[(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s}{\delta},n})+4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\\
& +(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big\}-cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\Big\{\sum_{s=0}^{\rho-1}\Big[(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\\
& \times\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\\
& +(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]+\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big[(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})\\
& +4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big\}\Big]
\end{aligned}
\qquad (4.3.2)
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{LR}\nabla(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) = \frac{1}{24}\Big\{ & \sin\phi_{i+\frac{2j}{8}},n \Big\{ \sum_{s=0}^{p-1} \Big\{ (\psi_{K-1+\frac{2s}{8}},n - \psi_{K-1,n}) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{8}},n) \\
& + 4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8}},n - \psi_{K-1,n}) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8}},n) + (\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8}},n - \psi_{K-1,n}) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8}},n) \Big\} \\
& + \sum_{s=0}^{8-1} \Big\{ (\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{8}},n) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{8}},n) + 4(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{8}},n) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8}},n) \\
& + (\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{8}},n) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8}},n) \Big\} \Big\} + \cos\phi_{i+\frac{2j}{8}},n \Big\{ \sum_{s=0}^{p-1} \Big\{ (\psi_{K-1+\frac{2s}{8}},n - \psi_{K-1,n}) \\
& \times \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{8}},n) + 4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8}},n - \psi_{K-1,n}) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8}},n) \\
& + (\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8}},n - \psi_{K-1,n}) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8}},n) \Big\} + \sum_{s=0}^{8-1} \Big\{ (\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{8}},n) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{8}},n) \\
& + 4(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{8}},n) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8}},n) + (\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{8}},n) \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8}},n) \Big\} \Big\} \Big\} \qquad (4.3.3)
\end{aligned}
$$

(4.3.1)～(4.3.3)式に現れる $\sum_{s=0}^{p-1}$, $\sum_{s=0}^{8-1}$ は次のようにとるものとする.

i) $K = i = 0$ の時

$p = 0$, $8 = j$

即ち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない.

ii) $K = 0$, $1 \leqq i \leqq n$ の時

$p = 0$, $8 = 4$

即ち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない.

iii) $0 \leqq i < K-1$ の時

$p = 0$, $8 = 0$

即ち, ${}_{LR}M(n,k,0,i+\frac{2j}{8}) = {}_{LR}H(n,k,0,i+\frac{2j}{8}) = {}_{LR}\nabla(n,k,0,i+\frac{2j}{8}) = 0$

iv) $n > i = K-1 \geqq 0$ の時

$p = j$, $8 = 0$

即ち $\sum_{s=0}^{8-1}$ は計算しない.

v) $n \geqq i = K \geqq 1$ の時

$p = 4$, $8 = j$

vi) $n \geqq i > K \geqq 1$

$p = 4$, $8 = 4$

以上の p, 8 を用いて(4.3.1)～(4.3.3)を $n = 1, 2 \cdots 6$, $K = 0, 1, 2 \cdots n$, $i = 0, 1 \cdots n$, $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する. ただし $i = n$ のときは $j = 0$ 以外計算しない.

$$
\begin{aligned}
{}_{LR}M(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) &= {}_{LR}M(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) - {}_{LR}M(n,k,0,m) \\
&\quad + {}_{LR}H(n,k,0,m)(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{8}},n) - {}_{LR}\nabla(n,k,0,m)(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{8}},n) \qquad (4.3.4) \\
{}_{LR}H(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) &= {}_{LR}H(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) - {}_{LR}H(n,k,0,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}},n - \phi_{m,n}) \\
&\quad - {}_{LR}\nabla(n,k,0,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}},n - \phi_{m,n}) \qquad (4.3.5) \\
{}_{LR}\nabla(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) &= {}_{LR}\nabla(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) + {}_{LR}H(n,k,0,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}},n - \phi_{m,n}) \\
&\quad - {}_{LR}\nabla(n,k,0,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}},n - \phi_{m,n}) \qquad (4.3.6)
\end{aligned}
$$

(4.3.4)～(4.3.6)を $n = 1, 2, 3 \cdots 6$, $K = 0, 1, 2 \cdots n$, $m = 0, 1 \cdots n$, $i = m, m+1 \cdots n$,

$j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=n$ のときは $j=0$ 以外は計算しない。

4.4 荷重常数

$$r.1D^{K,n}_{m,n}=\frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1rM(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}+4\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{1}{3})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}\right.$$
$$\left.+4\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\frac{1rM(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right\}+1rM(n,k,m,n)\cdot a\alpha_n+1rV(n,k,m,n)\cdot a\alpha'_{2,n}$$

$$r.2D^{K,n}_{m,n}=\frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1rM(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cdot(y^{m,n}_{i+\frac{1}{3},n})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}\right.$$
$$+2\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\left.\frac{1rM(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+\frac{1r_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1rH(n,k,m,i)\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i)\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{1rH(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{3},n}}$$
$$+2\frac{1rH(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$
$$+4\frac{1rH(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$
$$\left.+\frac{1rH(n,k,m,i+1)\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+1)\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}$$
$$+1rM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha'_{2,n}\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}$$
$$+1rH(n,k,m,n)\,a\beta_n\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$
$$+1rV(n,k,m,n)\left\{a\gamma_n\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha'_{2,n}(y^{m,n}_{n,n})\right\}\qquad(4.4.2)$$

$$r.3D^{K,n}_{m,n}=\frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1rM(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{1}{3})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{3},n})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}\right.$$
$$+2\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{1rM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\left.\frac{1rM(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+\frac{1r_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{-1rH(n,k,m,i)\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i)\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{-1rH(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{3},n}}$$
$$+2\frac{-1rH(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$
$$+4\frac{-1rH(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$
$$\left.+\frac{-1rH(n,k,m,i+1)\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+3_1rV(n,k,m,i+1)\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}$$
$$+1rM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n\cdot(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha'_{2,n}\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}$$
$$-1rH(n,k,m,n)\,a\beta_n\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$
$$+1rV(n,k,m,n)\left\{a\gamma_n\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha'_{2,n}(\chi^{m,n}_{n,n})\right\}\qquad(4.4.3)$$

(4.4.1) ~ (4.4.3) を $n=1,2\cdots6$, $K=0,1\cdots n$, $m=0,1\cdots n$ について計算する。

4.5. 不静定諸力および単位撓みの計算

$$arM^{K.n}_{o.n} = \frac{r.1D^{K.n}_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - r.3D^{K.n}_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.5.1}$$

$$arH^{K.n}_{o.n} = \frac{r.3D^{K.n}_{o.n}\cdot {}_1A_{o.n} - r.1D^{K.n}_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.5.2}$$

(4.5.1), (4.5.2) を $n=1,2\cdots 6$, $K=0,1,2\cdots n$ について計算する。

$$arM^{K.n}_{m.n} = arM^{K.n}_{o.n} + arH^{K.n}_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) - {}_1rM(n,K,o,m) \tag{4.5.3}$$

$$arH^{K.n}_{m.n} = arH^{K.n}_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} + {}_1rH(n.k.o,m) \tag{4.5.4}$$

$$arV^{K.n}_{m.n} = arH^{K.n}_{o.n}\cdot\sin\phi_{m.n} - {}_1rV(n,K,o,m) \tag{4.5.5}$$

$$ar(\Delta r)^{K.n}_{m.n} = {}_1C_{m.n}\cdot arM^{K.n}_{m.n} + {}_2B_{m.n}\cdot arH^{K.n}_{m.n} + {}_2C_{m.n}\cdot arV^{K.n}_{m.n} - r_2D^{K.n}_{m.n} \tag{4.5.6}$$

$$ar(\Delta s)^{K.n}_{m.n} = -{}_1B_{m.n}\cdot arM^{K.n}_{m.n} - {}_3B_{m.n}\cdot arH^{K.n}_{m.n} - 2B_{m.n}\cdot arV^{K.n}_{m.n} + r_3D^{K.n}_{m.n} \tag{4.5.7}$$

$$ar(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n} = {}_1A_{m.n}\cdot arM^{K.n}_{m.n} + {}_1B_{m.n}\cdot arH^{K.n}_{m.n} + {}_1C_{m.n}\cdot arV^{K.n}_{m.n} - r_1D^{K.n}_{m.n} \tag{4.5.8}$$

(4.5.3) ~ (4.5.8) を $n=1,2\cdots 6$, $K=0,1,2\cdots n$, $m=0,1,2\cdots n$ について計算する。

4.6 集中荷重

$$r_1D^c_{m.n} = a\alpha_{2.n} \tag{4.6.1}$$

$$r_2D^c_{m.n} = a\gamma_n\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2,n}(y^{m.n}_{n.n}) \tag{4.6.2}$$

$$r_3D^c_{m.n} = a\gamma_n\cdot\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2.n}(x^{m.n}_{n.n}) \tag{4.6.3}$$

$$s_1D^c_{m.n} = 0 \tag{4.6.4}$$

$$s_2D_{m.n} = a\beta_n\cdot\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \tag{4.6.5}$$

$$s_3D_{m.n} = -a\beta_n\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \tag{4.6.6}$$

$$arM^c_{o.n} = \frac{r_1D^c_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - r_3D^c_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.6.7}$$

$$arH^c_{o.n} = \frac{r_3D^c_{o.n}\cdot {}_1A_{o.n} - r_1D^c_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.6.8}$$

$$asM^c_{o.n} = \frac{s_1D^c_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - s_3D^c_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.6.9}$$

$$asH^c_{o.n} = \frac{s_3D^c_{o.n}\cdot {}_1A_{o.n} - s_1D^c_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.6.10}$$

(4.6.1) ~ (4.6.6) を $n=1,2\cdots 6$; $m=0,1,2\cdots n$ について計算し, (4.6.7) ~ (4.6.10) を $n=1,2\cdots 6$ について計算する。

$$arM^c_{m.n} = arM^c_{o.n} + arH^c_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.11}$$

$$arH^c_{m.n} = arH^c_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.12}$$

$$arV^c_{m.n} = arH^c_{o.n}\cdot\sin\phi_{m.n} \tag{4.6.13}$$

$$asM^c_{m.n} = asM^c_{o.n} + asH^c_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.14}$$

$$asH^c_{m.n} = asH^c_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.15}$$

$$asV^{c}_{m.n} = asH^{c}_{0,n} \cdot \sin\phi_{m.n} \tag{4.6.16}$$

$$ar(\Delta r)^{c}_{m.n} = {}_1C_{m.n} \cdot arM^{c}_{m,n} + {}_2B_{m.n} \cdot arH^{c}_{m.n} + {}_2C_{m,n} \cdot arV^{c}_{m,n} - r_{.2} D^{c}_{m.n} \tag{4.6.17}$$

$$ar(\Delta s)^{c}_{m.n} = -{}_1B_{m.n} \cdot arM^{c}_{m,n} - {}_3B_{m,n} \cdot arH^{c}_{m,n} - {}_2B_{m,n} \cdot arV^{c}_{m.n} + r_{.3} D^{c}_{m.n} \tag{4.6.18}$$

$$ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n} = {}_1A_{m.n} \cdot arM^{c}_{m,n} + {}_1B_{m.n} \cdot arH^{c}_{m.n} + {}_1C_{m,n} \cdot arV^{c}_{m.n} - r_{.1} D^{c}_{m.n} \tag{4.6.19}$$

$$as(\Delta r)^{c}_{m.n} = {}_1C_{m.n} \cdot asM^{c}_{m,n} + {}_2B_{m,n} \cdot asH^{c}_{m.n} + {}_2C_{m.n} \cdot asV^{c}_{m.n} - s_{.2} D^{c}_{m.n} \tag{4.6.20}$$

$$as(\Delta s)^{c}_{m.n} = -{}_1B_{m.n} \cdot asM^{c}_{m.n} - {}_3B_{m,n} \cdot asH^{c}_{m.n} - {}_2B_{m,n} \cdot asV^{c}_{m.n} + s_{.3} D^{c}_{m.n} \tag{4.6.21}$$

$$as(\Delta\theta)^{c}_{m.n} = {}_1A_{m.n} \cdot asM^{c}_{m.n} + {}_1B_{m.n} \cdot asH^{c}_{m.n} + {}_1C_{m,n} \cdot asV^{c}_{m.n} - s_{.1} D^{c}_{m.n} \tag{4.6.22}$$

(4.6.11)~(4.6.22) を $n = 1, 2, 3 \cdots 6$; $m = 0, 1, 2 \cdots n$ について計算する。

4.7 温度荷重による撓み

$$t_{m+\frac{j}{4},n} = t_{m.n} + \frac{j}{4}(t_{m+1,n} - t_{m,n}) \tag{4.7.1}$$

$$\omega_{m+\frac{j}{4},n} = \omega_{m,n} + \frac{j}{4}(\omega_{m+1,n} - \omega_{m,n}) \tag{4.7.2}$$

これを $n = 1, 2 \cdots 6$; $m = 0, 1, 2 \cdots n$; $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。なお $m = n$ のとき $j = 0$ 以外の j については計算しない。

$$t_{.1} D_{m,n} = \frac{C \cdot {}_1\gamma_n}{12} \sum_{i=m}^{n-1} (\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n}) \left[\omega_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n} + \omega_{i+1,n} \right]$$

$$\begin{aligned} t_{.2} D_{m,n} = {} & \frac{C \cdot {}_1\gamma_n}{12} \sum_{i=m}^{n-1} (\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n}) \left[\omega_{i,n}(y^{m.n}_{i,n}) + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(y^{m.n}_{i+\frac{1}{4},n}) \right. \\ & \left. + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(y^{m.n}_{i+\frac{2}{4},n}) + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(y^{m.n}_{i+\frac{3}{4},n}) + \omega_{i+1,n}(y^{m.n}_{i+1,n}) \right] \\ & - \frac{C \cdot {}_1\gamma_n}{12} \sum_{i=m}^{n-1} (\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n}) \left[t_{i,n} \cdot \sin(\phi_{i,n} - \phi_{m.n}) + 4t_{i+\frac{1}{4},n} \cdot \sin(\phi_{i+\frac{1}{4},n} - \phi_{m.n}) \right. \\ & + 2t_{i+\frac{2}{4},n} \cdot \sin(\phi_{i+\frac{2}{4},n} - \phi_{m.n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n} \cdot \sin(\phi_{i+\frac{3}{4},n} - \phi_{m.n}) \\ & \left. + t_{i+1,n} \cdot \sin(\phi_{i+1,n} - \phi_{m.n}) \right] \end{aligned} \tag{4.7.3}$$

$$\begin{aligned} t_{.3} D_{m,n} = {} & \frac{C \cdot {}_1\gamma_n}{12} \sum_{i=m}^{n-1} (\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n}) \left[\omega_{i,n}(\chi^{m.n}_{i,n}) + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(\chi^{m.n}_{i+\frac{1}{4},n}) \right. \\ & \left. + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(\chi^{m.n}_{i+\frac{2}{4},n}) + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(\chi^{m.n}_{i+\frac{3}{4},n}) + \omega_{i+1,n}(\chi^{m.n}_{i+1,n}) \right] \\ & + \frac{C \cdot {}_1\gamma_n}{12} \sum_{i=m}^{n-1} (\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n}) \left[t_{i,n} \cdot \cos(\phi_{i,n} - \phi_{m.n}) + 4t_{i+\frac{1}{4},n} \cdot \cos(\phi_{i+\frac{1}{4},n} - \phi_{m.n}) \right. \\ & + 2t_{i+\frac{2}{4},n} \cdot \cos(\phi_{i+\frac{2}{4},n} - \phi_{m.n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n} \cdot \cos(\phi_{i+\frac{3}{4},n} - \phi_{m.n}) \\ & \left. + t_{i+1,n} \cdot \cos(\phi_{i+1,n} - \phi_{m.n}) \right] \end{aligned} \tag{4.7.4}$$

$$taM'_{o,n} = \frac{t_{.1} D_{o.n} \cdot {}_3B_{o.n} - t_{.3} D_{o,n} \cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o,n} \cdot {}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.7.5}$$

$$taH'_{o.n} = \frac{t_{.3} D_{o,n} \cdot {}_1A_{o.n} - t_{.1} D_{o,n} \cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o,n} \cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.7.6}$$

$$taM'_{m.n} = taM'_{o,n} + taH'_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.7.7}$$

$$taH'_{m.n} = taH'_{o,n} \cdot \cos\phi_{m.n} \tag{4.7.8}$$

$$taV'_{m.n} = taH'_{o.n} \cdot \sin\phi_{m.n} \tag{4.7.9}$$

(4.7.10)

$$ta(\Delta\gamma')_{m,n} = {}_1C_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} + {}_2B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} + {}_2C_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} - t_{,2}D_{m,n} \quad (4.7.11)$$

$$ta(\Delta\delta')_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} + t_{,3}D_{m,n} \quad (4.7.12)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} - t_{,1}D_{m,n} \quad (4.7.13)$$

(4.7.3)～(4.7.5) を $n=1,2\cdots 6$; $m=0,1\cdots n$ について計算する。

(4.7.6), (4.7.7) を $n=1,2\cdots 6$ について計算する。

(4.7.8)～(4.7.13) を $n=1,2\cdots 6$; $m=0,1\cdots n$ について計算する。

第5節 片持梁の単位撓み

5.1 片持梁の形状計算

i) $\phi_{m,n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ の時

$$T_{m,n} = T_{c,n} \quad (5.1.1)$$

ii) $\phi_{m,n} > {}_1\phi_{A,n}$

$$T_{m,n} = T_{c,n} + (T_{A,n} - T_{c,n})\frac{ver_3(\phi_{m,n} - {}_1\phi_{A,n})}{ver_3\,{}_2\phi_{A,n}} \quad (5.1.2)$$

(5.1.1)～(5.1.2) を $m=0,1,2\cdots 6$; $n=m, m+0.5, m+1.0\cdots 7.0$ について計算する。

$$cc_{m,n} = -(\chi_{m,n} - \chi_{m,7})\sec\phi_{m,n} \quad (5.1.3)$$

ii) $n > m$ の時

$$uc_{m,n} = cc_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.4)$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.5)$$

$$A_{m,n} = \frac{T_{m,n}\cdot\gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7}) \quad (5.1.6)$$

$$lg_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{2}\left[1 - \frac{1}{6}\cdot\frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}}\right] \quad (5.1.7)$$

$$I_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{12}\cdot\frac{\gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}}\left[1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}}\right)^2\right]\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7}) \quad (5.1.8)$$

ii) $n = m$ の時

$$uc_{m,n} = cc_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - cC_n \quad (5.1.9)$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - cC_n \quad (5.1.10)$$

$$A_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - cC_n)(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}cC_n)}{a\gamma_{m,n}}\cdot\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7}) \quad (5.1.11)$$

$$lg_{m,n} = \frac{T_{m,n} - cC_n}{2}\left\{1 - \frac{1}{6}\left(\frac{T_{m,n} - cC_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}cC_n}\right)\right\} \quad (5.1.12)$$

$$I_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - cC_n)^3}{12}\cdot\frac{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}cC_n}{a\gamma_{m,n}}\left[1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n} - cC_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}cC_n}\right)^2\right]\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7}) \quad (5.1.13)$$

$uc_{m,n}$, $A_{m,n}$, $lg_{m,n}$, $u\gamma_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$; $n=m, m+0.5, m+1.0\cdots 7.0$ について計算し $I_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$; $n=m, m+1, m+2\cdots 7.0$ について計算する。

5.2 半径方向単位荷重による断面諸力

半径方向単位荷重 (m,ℓ) による半径方向剪断力 $crV^{m,\ell}_{m,n}$，曲げモーメント $crM^{m,\ell}_{m,n}$，接線方向剪断力 $crH^{m,\ell}_{m,n}$ は次のようにして求める．

(i) $n \geq \ell+1$ の時

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = crM^{m,\ell}_{m,n} = crH^{m,\ell}_{m,n} = 0 \qquad (5.2.1)$$

(ii) $n = \ell = 6$ の時

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = crM^{m,\ell}_{m,n} = crH^{m,\ell}_{m,n} = 0 \qquad (5.2.2)$$

(iii) $n = \ell \leq 5$ の時

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{ur_{m,\ell}}{ar_{m,\ell}} \qquad (5.2.3)$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n}\frac{1}{3}(Z_{\ell+1} - Z_\ell) \qquad (5.2.4)$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = 0 \qquad (5.2.5)$$

(iv) $n \leq \ell-1$ で $\ell = 6$ の時

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m,6}}{ar_{m,6}} \cdot \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,6}) \qquad (5.2.6)$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \qquad (5.2.7)$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m,6}}{ar_{m,6}}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,6}) \qquad (5.2.8)$$

(v) $n \leq \ell-1$ で $(n+1) \leq \ell \leq 5$ の時

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m,\ell}}{ar_{m,\ell}}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \qquad (5.2.9)$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \qquad (5.2.10)$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m,\ell}}{ar_{m,\ell}}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \qquad (5.2.11)$$

これら $crV^{m,\ell}_{m,n}$；$crM^{m,\ell}_{m,n}$；$crH^{m,\ell}_{m,n}$ を $m = 0,1,2,\cdots 6$；$\ell = m, m+1, \cdots 6$；$n = m, m+1, \cdots 7$ について計算する。

5.3 単位撓みの計算

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(z_n-z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n}) + \frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(z_n-z_i)\cdot\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$+\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cdot\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cdot\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$+(crM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m + crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_{2.m})(z_n-z_m)\cdot\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta r)^c_{m.m}\right]\cdot\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta s)^c_{m.m}\right]\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.1)$$

$$cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{-1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(z_n-z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n}) + \frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(z_n-z_i)\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$-\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$-(crM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m + crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_{2.m})(z_n-z_m)\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$+K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta r)^c_{m.m}\right]\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.n}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.n}\cdot as(\Delta s)^c_{m.m}\right]\cdot\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.2)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m.m}\right] \qquad (5.3.3)$$

但し $m=0$ のとき

$$-K^c_0\cdot ar(\Delta r)^c_{0.0} = c\gamma_0 + \frac{crM^{0.\ell}_{0.0}}{crV^{0.\ell}_{0.0}}c\alpha_{2.0} \qquad (5.3.4)$$

$$as(\Delta r)^c_{0.0} = ar(\Delta s)^c_{0.0} = as(\Delta s)^c_{0.0} = ar(\Delta\theta)^c_{0.0} = as(\Delta\theta)^c_{0.0} = 0 \qquad (5.3.5)$$

とする。

これら $cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$; $cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}$; $cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$ を $m=0,1,2\cdots\cdots 6$; $\ell=m,m+1,\cdots\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots\cdots 7$ について計算する。

5.4 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta r')_{m.n} = \frac{-C}{2}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left[w_{m.i+1}(z_n-z_{i+1})\cdot\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n}) + w_{m.i}(z_n-z_i)\cdot\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right] \qquad (5.4.1)$$

$$tc(\Delta s')_{m.n} = \frac{+C}{2}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left[w_{m.i+1}(z_n-z_{i+1})\cdot\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n}) + w_{m.i}(z_n-z_i)\cdot\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right] \qquad (5.4.2)$$

これら $tc(\Delta r')_{m.n}$; $tc(\Delta s')_{m.n}$ を $m=0,1,2\cdots\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots\cdots 7$ について計算する。

第6節　初期撓み

6.1. 初期撓みの種類

初期撓みとは荷重分割の便宜上，片持梁又はアーチのいづれか一方に特定の荷重を荷重分割に先立って載荷した場合の撓みを云う。

この初期撓みは荷重分割には加味されるもので荷重分割法では自重以外の鉛直荷重，NO.6のアーチよりも上部の水平荷重および地震時の慣性力を片持梁に載荷する。

6.2. 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

(i) $Z_{n+1} \leqq H_o$

$$w_{m.n} = \frac{P_{m.n}+P_{m.n+1}}{2}(u e_{m,n} - u e_{m,n+1}) \tag{6.2.1}$$

$$v e_{m.n} = u e_{m,n} - \frac{1}{3}(u e_{m,n} - u e_{m.n+1})\frac{P_{m.n}+2P_{m.n+1}}{P_{m,n}+P_{m.n+1}} \tag{6.2.2}$$

(ii) $Z_n \leqq H_o < Z_{n+1}$ の時

$$w_{m.n} = \frac{P_{m.n}}{2}(u e_{m.n} - u e_{m.n+1})\frac{H_o - Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \tag{6.2.3}$$

$$v e_{m,n} = u e_{m,n} - \frac{1}{3}(u e_{m,n} - u e_{m,n+1})\frac{H_o - Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \tag{6.2.4}$$

(iii) $Z_n \geqq H_o$

$$w_{m,n} = v e_{m.n} = 0 \tag{6.2.5}$$

これら $w_{m.n}$; $v e_{m.n}$ を $m = 0, 1, 2 \cdots\cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots\cdots 7$ について計算する。

各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは

$$v W_{m,n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m,i} \tag{6.2.6}$$

$$v M_{m,n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m.i}\,(u e_{m.i} - u e_{m,n} + \ell_{g\,m.n}) \tag{6.2.7}$$

6.3. 水平荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力曲げモーメント

(i) $Z_7 \geqq H_o \geqq Z_6$ の時

$$h V_{m,n} = -\frac{1}{2}P_{m.6}(H_o - Z_6)\frac{u r_{m.6}}{a r_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{6.3.1}$$

$$h M_{m.n} = h V_{m.n}\left[Z_6 + \frac{1}{3}(H_o - Z_6) - Z_n\right] \tag{6.3.2}$$

$$h H_{m.n} = -\frac{1}{2}P_{m.6}(H_o - Z_6)\frac{u r_{m.6}}{a r_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{6.3.3}$$

(ii) $H_o < Z_6$ の時

$Z_{\ell+1} > H_o \geqq Z_\ell$　但し．$\ell \leqq 5$

とする，

(i) $n > \ell$ の時

$$h V_{m,n} = h M_{m.n} = h H_{m.n} = 0 \tag{6.3.4}$$

(ii) $n \leqq \ell$ の時

$$h V_{m,n} = \frac{1}{2}P_{m.\ell}(Z_{\ell+1} - H_o)\frac{u r_{m.\ell}}{a r_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \tag{6.3.5}$$

$$ {}_RM_{m,n} = {}_R\nabla_{m,n}\left[\frac{1}{3}(Z_{\ell+1}+Z_\ell+H_0)-Z_n\right] \qquad (6.3.6) $$

$$ {}_RH_{m,n} = \frac{1}{2}P_{m,\ell}(Z_{\ell+1}-H_0)\frac{u r_{m,\ell}}{a r_{m,\ell}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,\ell}) \qquad (6.3.7) $$

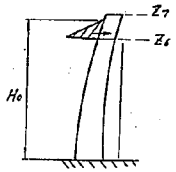


図 -17(a) $H_0 \geq Z_6$

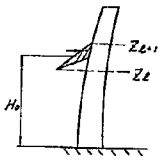


図 -17(b) $H_0 < Z_6$

6.4 地震時慣性力による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$ {}_S\nabla_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c h \frac{Z_{i+1}-Z_i}{2}(A_{m,i+1}+A_{m,i})\cos\phi_{m,n} \qquad (6.4.1) $$

$$ {}_SM_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c h \frac{Z_{i+1}-Z_i}{2}\left[A_{m,i+1}(Z_{i+1}-Z_n)+A_{m,i}(Z_i-Z_n)\right]\cos\phi_{m,n} \qquad (6.4.2) $$

$$ {}_SH_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c h \frac{Z_{i+1}-Z_i}{2}(A_{m,i+1}+A_{m,i})\sin\phi_{m,n} \qquad (6.4.3) $$

これらを $m = 0, 1, 2 \cdots 6$；$n = m, m+1 \cdots 7$ について計算する。

6.5 全初期荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$ {}_I\nabla_{m,n} = {}_S\nabla_{m,n} + {}_R\nabla_{m,n} \qquad (6.5.1) $$

$$ {}_IM_{m,n} = {}_VM_{m,n} + {}_SM_{m,n} + {}_RM_{m,n} \qquad (6.5.2) $$

$$ {}_IH_{m,n} = {}_SH_{m,n} + {}_RH_{m,n} $$

これらを $m = 0, 1, 2, \cdots 6$；$n = m, m+1, \cdots 7$ について計算する。

6.6 初期撓みの計算

$$
\begin{aligned}
c_I(\Delta r)_{m,n} = {} & \frac{n-1}{i=m}\sum \frac{Z_{i+1}-Z_i}{2Ec}\left\{\frac{{}_IM_{m,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})}{I_{m,i+1}}\right. \\
& \left. + \frac{{}_IM_{m,i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})}{I_{m,i}}\right\} \\
& + \frac{1.6}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_I\nabla_{m,i+1}\cdot\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_I\nabla_{m,i}\cdot\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})}{A_{m,i}}\right\} \\
& + \frac{1.2}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_IH_{m,i+1}\cdot\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_IH_{m,i}\cdot\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})}{A_{m,i}}\right\} \\
& + ({}_IM_{m,m}\cdot c\alpha_m + {}_I\nabla_{m,m}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n-Z_m)\cdot\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \\
& - K_m^c\left\{{}_I\nabla_{m,m}\cdot a_r(\Delta r)_{m,m}^c + {}_IH_{m,m}\cdot a_s(\Delta r)_{m,m}^c\right\}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \\
& - K_m^c\left[{}_I\nabla_{m,m}\cdot a_r(\Delta s)_{m,m}^c + {}_IH_{m,m}\cdot a_s(\Delta s)_{m,m}^c\right]\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \qquad (6.6.1)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
cI(\Delta S)_{m,n} = & -\sum_{l=m}^{n-1} \frac{Z_{l+1}-Z_l}{2Ec}\left\{\frac{{}_IM_{m,l+1}}{I_{m,l+1}}(Z_n-Z_{l+1})\sin(\phi_{m,l+1}-\phi_{m,n})\right. \\
& \left. +\frac{{}_IM_{m,l}}{I_{m,l}}(Z_n-Z_l)\sin(\phi_{m,l}-\phi_{m,n})\right\} \\
& -\frac{1.5}{Ec}\sum_{l=m}^{n-1}(Z_{l+1}-Z_l)\left\{\frac{{}_IV_{m,l+1}}{A_{m,l+1}}\sin(\phi_{m,l+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_IV_{m,l}}{A_{m,l}}\sin(\phi_{m,l}-\phi_{m,n})\right\} \\
& +\frac{1.2}{Ec}\sum_{l=m}^{n-1}(Z_{l+1}-Z_l)\left\{\frac{{}_IH_{m,l+1}}{A_{m,l+1}}\cdot\cos(\phi_{m,l+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_IH_{m,l}}{A_{m,l}}\cos(\phi_{m,l}-\phi_{m,n})\right\} \\
& -({}_IM_{m,m}\cdot c\alpha'_m+{}_IV_{m,m}\cdot c\alpha_{2,m}\times Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \\
& +K_m^c\left\{{}_IV_{m,m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,m}+{}_IH_{m,m}\cdot as(\Delta r)^c_{m,m}\right\}\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \\
& -K_m^c\left\{{}_IV_{m,m}\cdot ar(\Delta S)^c_{m,m}+{}_IH_{m,m}\cdot as(\Delta S)^c_{m,m}\right\}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \qquad (6.6.2)
\end{aligned}
$$

$$
cI(\Delta\theta)_{m,n} = -K_m^c\left\{{}_IV_{m,m}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m,m}+{}_IH_{m,m}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m,m}\right\} \qquad (6.6.3)
$$

但し $m=0$ のとき

$$
-K_m^c\cdot ar(\Delta r)^c_{m,m} = c\gamma_0+\frac{{}_IM_{m,m}}{{}_IV_{m,m}}c\alpha_{2,0} \qquad (6.6.4)
$$

$$
as(\Delta r)^c_{m,m} = ar(\Delta S)^c_{m,m} = as(\Delta S)^c_{m,m} = ar(\Delta\theta)^c_{m,m} = as(\Delta\theta)^c_{m,m} = 0 \qquad (6.6.5)
$$

とする。

これら $cI(\Delta r)_{m,n}$; $cI(\Delta S)_{m,n}$; $cI(\Delta\theta)_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 7$; $n=m, m+1, \cdots 7$ について計算する。但し、${}_IM_{m,7}$; ${}_IH_{m,7}$; ${}_IV_{m,7}$ は 0 とする。

またアーチの初期荷重による撓みは

$$
aI(\Delta r)_{m,n} = -K_n^c\left\{{}_IV_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,n}+{}_IH_{n,n}\cdot as(\Delta r)^c_{m,n}\right\} \qquad (6.6.6)
$$

$$
aI(\Delta S)_{m,n} = -K_n^c\left\{{}_IV_{n,n}\cdot ar(\Delta S)^c_{m,n}+{}_IH_{n,n}\cdot as(\Delta S)^c_{m,n}\right\} \qquad (6.6.7)
$$

$$
aI(\Delta\theta)_{m,n} = -K_n^c\left\{{}_IV_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m,n}+{}_IH_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m,n}\right\} \qquad (6.6.8)
$$

(6.6.6) ~ (6.6.8) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について計算する。

第7節 荷重分割

7.1. 外荷重に対する荷重分割

(m,n) 点の片持梁の分担荷重を $crP_{m,n}$ とすれば、(m,n) 点の片持梁の半径方向撓みは

$$
\begin{aligned}
cr(\Delta r)_{m,n} = & cI(\Delta r)_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\left\{cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}+\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{K=0}^{m}(P_{K,m}-crP_{K,m})\right. \\
& \left.\times ar(\Delta r)^{K,m}_{m,m}+\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{K=0}^{m}(P_{K,m}-crP_{K,m})\cdot ar(\Delta S)^{K,m}_{m,m}\right\} \qquad (7.1.1)
\end{aligned}
$$

(m,n) 点のアーチの半径方向撓みは

$$
\begin{aligned}
ar(\Delta r)_{m,n} = & aI(\Delta r)_{m,n}+\sum_{K=0}^{n}(P_{K,n}-crP_{K,n})\cdot ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n} \\
& -K_n^c\sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^c_{m,n}\right\} \qquad (7.1.2)
\end{aligned}
$$

として与えられる。従って両者の半径方向撓みは一致しなければならないので

$$
cr(\Delta r)_{m,n} = ar(\Delta r)_{m,n} \qquad (7.1.3)
$$

点 (m,n) は $n=0,1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ であるから 28ケの未知数 $crP_{m,n}$ と28ケの方程式が成立する。しかし $m=n$ なる点では (7.1.1) 式と (7.1.2) 式の値は必ず等しくなるから

$$crP_{m,n} = P_{m,m}\, sin^2\chi_m \tag{7.1.4}$$

とする。また $m=n=0$ の点では

$$crP_{0,0} = P_{0,0} \tag{7.1.5}$$

とする。従って (7.1.1), (7.1.2) 式に (7.1.4), (7.1.5) 式を代入した上で $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots n-1$ なる点で (7.1.3) 式を満足するように $crP_{m,n}$ の21元連立方程式を解けば $crP_{m,n}$ が求められる。

尚アーチの分担荷重は

$$arP_{m,n} = P_{m,n} - crP_{m,n} \tag{7.1.6}$$

7.2 温度荷重に対する荷重分割

(m,n) 点の片持梁の分担荷重を $tcrP_{m,n}$ とすれば (m,n) 点の片持梁の半径方向撓みは

$$\begin{aligned} tcr(\Delta r)_{m,n} = {} & \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\, cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\Big[ta(\Delta r')_{m,m} \\ & - \sum_{K=0}^{m} tcrP_{K,m}\, ar(\Delta r)^{K,m}_{m,m}\Big] + \sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\Big[ta(\Delta s')_{m,m} \\ & - \sum_{K=0}^{m} tcrP_{K,m}\, ar(\Delta s)^{K,m}_{m,m}\Big] + tc(\Delta r')_{m,n} \end{aligned} \tag{7.2.1}$$

(m,n) 点のアーチの半径方向撓みは

$$\begin{aligned} tar(\Delta r)_{m,n} = {} & ta(\Delta r')_{m,n} - \sum_{K=0}^{n} tcrP_{K,n}\, ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n} \\ & - K^{c}_{n} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell}\Big[crV^{n,\ell}_{n,n}\, ar(\Delta r)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\, as(\Delta r)^{c}_{m,n}\Big] \end{aligned} \tag{7.2.2}$$

として与えられる。両者の撓みは一致しなければならないから

$$tcr(\Delta r)_{m,n} = tar(\Delta r)_{m,n} \tag{7.2.3}$$

こゝに

$$tcrP_{m,m} = 0 \quad (m=0,1,\cdots 6) \tag{7.2.4}$$

とする。

(7.2.3) 式は $n=1,2\cdots 6$; $m=0,1\cdots,(n-1)$ なる21ケの点で成立するからこれらを連立に解いて $tcrP_{m,n}$ を求める。

$$tarP_{m,n} = -tcrP_{m,n} \tag{7.2.5}$$

7.3 片持梁およびアーチの撓みおよび不静定諸力

片持梁およびアーチの外荷重による半径方向撓みは (7.1.1) 式および (7.1.2) 式により求められる。接線方向撓みおよびねじれ角は

$$\begin{aligned} cr(\Delta s)_{m,n} = {} & cI(\Delta s)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\, cr(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} - \sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \sum_{K=0}^{m} arP_{K,m} \\ & \times ar(\Delta r)^{K,m}_{m,m} + \cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \sum_{K=0}^{m} arP_{K,m}\, ar(\Delta s)^{K,m}_{m,m} \end{aligned} \tag{7.3.1}$$

$$ar(\Delta S)_{m,n} = a_I(\Delta S)_{m,n} + \sum_{K=0}^{n} arP_{m,n} \cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{K,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left[crV_{n,n}^{n,\ell} \times ar(\Delta S)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.2)$$

$$cr(\Delta\theta)_{m,n} = c_I(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)_{m,m}^{m,\ell} + \sum_{K=0}^{m} arP_{K,m} \cdot ar(\Delta\theta)_{m,m}^{K,m} \quad (7.3.3)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m,n} = a_I(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{K=0}^{n} arP_{K,n} \cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{K,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell} \cdot \left[crV_{n,n}^{n,\ell} \times ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.4)$$

片持梁およびアーチの温度荷重による半径方向撓みは (7.2.1), (7.2.2) 式により求められる。また接線方向撓みおよびわじれ角は

$$tcr(\Delta S)_{m,n} = tc(\Delta S')_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} - \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n})\left\{ta(\Delta r')_{m,m} + \sum_{K=0}^{m} tarP_{K,m} \cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{K,m}\right\} + \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n})\left\{ta(\Delta S')_{m,n} + \sum_{K=0}^{m} tarP_{K,m} \cdot ar(\Delta S)_{m,m}^{K,m}\right\} \quad (7.3.5)$$

$$tar(\Delta S)_{m,n} = ta(\Delta S')_{m,n} + \sum_{K=0}^{n} tarP_{K,n} \cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{K,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} tarP_{n,\ell}\left[crV_{n,n}^{n,\ell} \cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.6)$$

$$tcr(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{K=0}^{m} tarP_{K,m} \cdot ar(\Delta\theta)_{m,m}^{K,m} \quad (7.3.7)$$

$$tar(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,n} + \sum_{K=0}^{n} tarP_{K,n} \cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{K,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell} \times \left\{crV_{n,n}^{n,\ell} \cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\right\} \quad (7.3.8)$$

また片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

$$crM_{m,n} = {}_IM_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot crM_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.9)$$

$$crV_{m,n} = {}_IV_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot crV_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.10)$$

$$crH_{m,n} = {}_IH_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot crH_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.11)$$

$$arM_{m,n} = \sum_{K=0}^{n} arP_{K,n} \cdot arM_{m,n}^{K,n} - K_n^c\left[{}_IV_{n,n} \cdot arM_{m,n}^{c} + {}_IH_{n,n} \cdot asM_{m,n}^{c}\right] - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left[crV_{n,n}^{n,\ell} \cdot arM_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot asM_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.12)$$

$$arH_{m,n} = \sum_{K=0}^{n} arP_{K,n} \cdot arH_{m,n}^{K,n} - K_n^c\left[{}_IV_{n,n} \cdot arH_{m,n}^{c} + {}_IH_{n,n} \cdot asH_{m,n}^{c}\right] - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left[crV_{n,n}^{n,\ell} \cdot arH_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot asH_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.13)$$

$$arV_{m,n} = \sum_{K=0}^{n} arP_{K,n} \cdot arV_{m,n}^{K,n} - K_n^c\left[{}_IV_{n,n} \cdot arV_{m,n}^{c} + {}_IH_{n,n} \cdot asV_{m,n}^{c}\right] - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left[crV_{n,n}^{n,\ell} \cdot arV_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot asV_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.14)$$

片持梁およびアーチの温度荷重による不静定諸力は

$$tcrM_{m,n} = \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell} \cdot crM_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.15)$$

$$tcrV_{m,n} = \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell} \cdot crV_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.16)$$

$$tcrH_{m,n} = \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell} \cdot crH_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.17)$$

$$tarM_{m,n} = taM'_{m,n} + \sum_{K=0}^{n} tarP_{K,n} \cdot arM_{m,n}^{K,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell}\left[crV_{n,n}^{n,\ell} \cdot arM_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot asM_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.18)$$

$$tarH_{m,n} = taH'_{m,n} + \sum_{K=0}^{n} tarP_{K,n} \cdot arH_{m,n}^{K,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell}\left[crV_{n,n}^{n,\ell} \cdot arH_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell} \cdot asH_{m,n}^{c}\right] \quad (7.3.19)$$

$$tarV_{m.n} = taV^{k.n}_{m.n} + \sum_{k=0}^{n} tarP_{k.n} \cdot arV^{k.n}_{m.n} - K^{c}_{n} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n.\ell} \left[crV^{n.\ell}_{n.n} \cdot arV^{c}_{m.n} + crH^{n.\ell}_{n.n} \cdot asV^{c}_{m.n} \right] \quad (7.3.20)$$

(7.1.1), (7.2.1), (7.3.1), (7.3.3), (7.3.5), (7.3.7) を $m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m, m+1, \cdots 7$ について計算し, (7.1.2), (7.2.2), (7.3.2), (7.3.4), (7.3.6), (7.3.8) (7.3.9) ～ (7.3.20) に対し $m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m, m+1, \cdots 6$ について計算する.

第8節 自重応力

8.1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$wW_{m.n} = \rho_c \sum_{i=n}^{6} \frac{(z_{i+1}-z_i)}{6} (A_{m.i+1} + 4A_{m.i+0.5} + A_{m.i}) \quad (8.1.1)$$

$$wM_{m.n} = \rho_c \sum_{i=n}^{6} \frac{(z_{i+1}-z_i)}{6} \Big[A_{m.i+1} (ue_{m.i+1} - \ell g_{m.i+1}) \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.i+1}) + 4A_{m.i+0.5} (ue_{m.i+0.5} - \ell g_{m.i+0.5}) \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.i+0.5}) + A_{m.i} (ue_{m.i} - \ell g_{m.i}) \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.i}) \Big] - (ue_{m.n} - \ell g_{m.n}) wW_{m.n} \quad (8.1.2)$$

8.2 自重による鉛直応力

$$w\sigma_{u.m.n} = \frac{wW_{m.n}}{A_{m.n}} + \frac{wM_{m.n} \cdot \ell g_{m.n}}{I_{m.n}} \quad (8.2.1)$$

(i) $n > m$ のとき

$$w\sigma_{d.m.n} = w\sigma_{u,m.n} - \frac{wM_{m.n} \cdot T_{m.n}}{I_{m.n}} \quad (8.2.2)$$

(ii) $n = m$ のとき

$$w\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{u,m.n} - \frac{wM_{m.n}}{I_{m.n}} (T_{m.n} - cC_n) \quad (8.2.3)$$

(8.1.1), (8.1.2), (8.2.1), (8.2.2), (8.2.3) を $m=0,1,2\cdots 6$; $n=m, m+1\cdots 6$ について計算する。

第9節 応力計算

9.1 片持梁応力

$$c\sigma_{u.m.n} = \frac{wW_{m.n}}{A_{m.n}} + \frac{crM_{m.n}}{I_{m.n}} \cdot \ell g_{m.n} \quad (9.1.1)$$

$$t\sigma_{u.m,n} = \frac{tcrM_{m.n}}{I_{m.n}} \cdot \ell g_{m.n} \quad (9.1.2)$$

(i) $n > m$ のとき

$$c\sigma_{\alpha,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}} \quad T_{m,n} \qquad (9.1.3)$$

$$t\sigma_{\alpha,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}} \cdot T_{m,n} \qquad (9.1.4)$$

(ii) $n = m$ のとき

$$c\sigma_{\alpha,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}} (T_{m,n} - cC_n) \qquad (9.1.5)$$

$$t\sigma_{\alpha,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}} (T_{m,n} - cC_n) \qquad (9.1.6)$$

(m,n) 点の全片持梁応力は

$$\sigma_{u,m,n} = w\sigma_{u,m,n} + c\sigma_{u,m,n} + t\sigma_{u,m,n} \qquad (9.1.7)$$

$$\sigma_{\alpha,m,n} = w\sigma_{\alpha,m,n} + c\sigma_{\alpha,m,n} + t\sigma_{\alpha,m,n} \qquad (9.1.8)$$

(9.1.1) ~ (9.1.8) を $m = 0,1,2 \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

9.2 アーチの応力

(m,n) 点の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma_{E,m,n} = \frac{arH_{m,n}}{T_{m,n}} + \frac{6 \cdot arM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.1)$$

$$c\sigma_{I,m,n} = \frac{arH_{m,n}}{T_{m,n}} - \frac{6 \cdot arM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.2)$$

(m,n) 点の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma_{E,m,n} = \frac{tarH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{tarM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.3)$$

$$t\sigma_{I,m,n} = \frac{tarH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{tarM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.4)$$

(m,n) 点の全アーチ応力は

$$\sigma_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} \qquad (9.2.5)$$

$$\sigma_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} \qquad (9.2.6)$$

(9.2.1) ~ (9.2.6) を $m = 0,1,2 \cdots 6$; $n = m, m+1 \cdots 6$ について計算する。

第10節 出力

a). 入力データ

入力データを出力する。

b.) 形 状

$Tm.n$; $u\varepsilon m.n$; $Am.n$; $\ell g\ m.n$; $I\ m.n$; $\phi m.n$; $\chi m.n$; $\psi m.n$

これらを $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について出力する。

出力の形式は表-5の如くである。

c.) 基礎岩盤の変形常数

$c\alpha m$; $c\alpha_{2,m}$; $c\gamma_m$	$m = 0, 1, 2, \cdots 6$
$a\alpha n$; $a\alpha_{2,n}$; $a\beta n$; $a\gamma n$	$n = 1, 2, \cdots 6$
$\tan\chi n$; K_n^S	$n = 1, 2, \cdots 6$

出力の形式は表-6の如くである。

d.) 荷 重

$Pm.n$; $crPm.n$; $arPm.n$; $tcrPm.n$; $tarPm.n$; $crPm.n + tcrPm.n$; $arPm.n + tarPm.n$

$m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について出力する。

出力の形式は表-7の如くである。

e.) 撓 み

$cr(\Delta r)m.n$; $cr(\Delta S)m.n$; $cr(\Delta\theta)$; $tcr(\Delta r)m.n$; $tcr(\Delta S)m.n$; $tcr(\Delta\theta)m.n$;

$cr(\Delta r)m.n + tcr(\Delta r)m.n$; $cr(\Delta S)m.n + tcr(\Delta S)m.n$; $cr(\Delta\theta)m.n + tcr(\Delta\theta)m.n$

$m = 0, 1, 2 \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について出力する。

出力の形式は表-5の如くである。

$ar(\Delta r)m.n$; $ar(\Delta S)m.n$; $ar(\Delta\theta)m.n$; $tar(\Delta r)m.n$; $tar(\Delta S)m.n$; $tar(\Delta\theta)m.n$;

$ar(\Delta r)m.n + tar(\Delta r)m.n$; $ar(\Delta S)m.n + tar(\Delta S)m.n$; $ar(\Delta\theta)m.n + tar(\Delta\theta)m.n$

$n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 0, 1, \cdots n$ について出力する。

出力の形式は表-8の如くである。

f.) 不静定諸力

$uWm.n$; $wWm.n$; $crMm.n$; $crVm.n$; $crHm.n$; $tcrMm.n$; $tcrVm.n$; $tcrHm.n$; $wMm.n$ を

$m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について出力する。出力形式は表-7の如くである。

$arMm.n$; $arHm.n$; $arVm.n$; $tarMm.n$; $tarH'm.n$; $tarVm.n$ を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 0, 1, \cdots n$ について出力する。出力形式は表-8の如くである。

g.) 応力

$c\hat{\sigma}u.m.n$; $c\hat{\sigma}\alpha.m.n$; $t\hat{\sigma}u.m.n$; $t\hat{\sigma}\alpha.m.n$; $w\hat{\sigma}u.m.n$; $w\hat{\sigma}\alpha.m.n$; $\hat{\sigma}u.m.n$; $\hat{\sigma}\alpha.m.n$ を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について出力する。出力形式は表-7の如くである。

$c\hat{\sigma}\varepsilon.m.n$; $c\hat{\sigma}\iota.m.n$; $t\hat{\sigma}\varepsilon.m.n$; $t\hat{\sigma}\iota.m.n$; $\hat{\sigma}\varepsilon.m.n$; $\hat{\sigma}\iota.m.n$ を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 0, 1, \cdots n$ について出力する。出力形式は表-8の如くである。

表-5　$T_{m,n}$ を例とした出力形式

T

n \ m	0	1	2	3	4	5	6
7	$T_{0,7}$	$T_{1,7}$	$T_{2,7}$	$T_{3,7}$	$T_{4,7}$	$T_{5,7}$	$T_{6,7}$
6	$T_{0,6}$	$T_{1,6}$	$T_{2,6}$	$T_{3,6}$	$T_{4,6}$	$T_{5,6}$	$T_{6,6}$
5	$T_{0,5}$	$T_{1,5}$	$T_{2,5}$	$T_{3,5}$	$T_{4,5}$	$T_{5,5}$	
4	$T_{0,4}$	$T_{1,4}$	$T_{2,4}$	$T_{3,4}$	$T_{4,4}$		
3	$T_{0,3}$	$T_{1,3}$	$T_{2,3}$	$T_{3,3}$			
2	$T_{0,2}$	$T_{1,2}$	$T_{2,2}$				
1	$T_{0,1}$	$T_{1,1}$					
0	$T_{0,0}$						

表-6　$c\alpha_m, c\alpha_{2,m}$ …… の出力形式

	0	1	2	3	4	5	6
$c\alpha$	$c\alpha_0$	$c\alpha_1$	$c\alpha_2$	$c\alpha_3$	$c\alpha_4$	$c\alpha_5$	$c\alpha_6$
$c\alpha_2$	$c\alpha_{2,0}$	$c\alpha_{2,1}$	$c\alpha_{2,2}$	$c\alpha_{2,3}$	$c\alpha_{2,4}$	$c\alpha_{2,5}$	$c\alpha_{2,6}$
$c\beta$	$c\beta_0$	$c\beta_1$	$c\beta_2$	$c\beta_3$	$c\beta_4$	$c\beta_5$	$c\beta_6$
$a\alpha$		$a\alpha_1$	$a\alpha_2$	$a\alpha_3$	$a\alpha_4$	$a\alpha_5$	$a\alpha_6$
$a\alpha_2$		$a\alpha_{2,1}$	$a\alpha_{2,2}$	$a\alpha_{2,3}$	$a\alpha_{2,4}$	$a\alpha_{2,5}$	$a\alpha_{2,6}$
$a\beta$		$a\beta_1$	$a\beta_2$	$a\beta_3$	$a\beta_4$	$a\beta_5$	$a\beta_6$
$a\beta$		$a\beta_1$	$a\beta_2$	$a\beta_3$	$a\beta_4$	$a\beta_5$	$a\beta_6$
$\tan\chi_n$		$\tan\chi_1$	$\tan\chi_2$	$\tan\chi_3$	$\tan\chi_4$	$\tan\chi_5$	$\tan\chi_6$
K^c		K_1^c	K_2^c	K_3^c	K_4^c	K_5^c	K_6^c

表-7.　$P_{m,n}$ を例とした出力形式

P

n \ m	0	1	2	3	4	5	6
6	$P_{0,6}$	$P_{1,6}$	$P_{2,6}$	$P_{3,6}$	$P_{4,6}$	$P_{5,6}$	$P_{6,6}$
5	$P_{0,5}$	$P_{1,5}$	$P_{2,5}$	$P_{3,5}$	$P_{4,5}$	$P_{5,5}$	
4	$P_{0,4}$	$P_{1,4}$	$P_{2,4}$	$P_{3,4}$	$P_{4,4}$		
3	$P_{0,3}$	$P_{1,3}$	$P_{2,3}$	$P_{3,3}$			
2	$P_{0,2}$	$P_{1,2}$	$P_{2,2}$				
1	$P_{0,1}$	$P_{1,1}$					
0	$P_{0,0}$						

表-8 $ar(\Delta r)_{m,n}$ を例とした出力形式

$ar(\Delta r)$

n \ m	0	1	2	3	4	5	6
6	$ar(\Delta r)_{0,6}$	$ar(\Delta r)_{1,6}$	$ar(\Delta r)_{2,6}$	$ar(\Delta r)_{3,6}$	$ar(\Delta r)_{4,6}$	$ar(\Delta r)_{5,6}$	$ar(\Delta r)_{6,6}$
5	$ar(\Delta r)_{0,5}$	$ar(\Delta r)_{1,5}$	$ar(\Delta r)_{2,5}$	$ar(\Delta r)_{3,5}$	$ar(\Delta r)_{4,5}$	$ar(\Delta r)_{5,5}$	
4	$ar(\Delta r)_{0,4}$	$ar(\Delta r)_{1,4}$	$ar(\Delta r)_{2,4}$	$ar(\Delta r)_{3,4}$	$ar(\Delta r)_{4,4}$		
3	$ar(\Delta r)_{0,3}$	$ar(\Delta r)_{1,3}$	$ar(\Delta r)_{2,3}$	$ar(\Delta r)_{3,3}$			
2	$ar(\Delta r)_{0,2}$	$ar(\Delta r)_{1,2}$	$ar(\Delta r)_{2,2}$				
1	$ar(\Delta r)_{0,1}$	$ar(\Delta r)_{1,1}$					

第2章　対称変半径不等厚アーチ半径方向調整（NO.2 プログラム）

第1節　入力データーの作製方法

入力データーは表-9に示す様な方式によりI.B.M. 入力データーシートに記入する。

即ち第1行目はNO.1 プログラムの場合と同様にダム名，タイプ名をローマ字，数字等で記入する。第2行目から第18行目には Z_n, ℓ_n, $T_{C,n}$, $T_{A,n}$, $\phi_{A,n}$, $\phi_{A,n}$, $x_{c,n}$ を上から $n=7.0, 6.5, 6.0 \cdots\cdots 0$ の順で記入する。Z_n は1～8欄に，ℓ_n は9～19欄に，$T_{C,n}$ は20～27欄に，$T_{A,n}$ は28～35欄に，$\phi_{A,n}$ は36～48欄に，$\phi_{A,n}$ は49～61欄に，$x_{c,n}$ は62～70欄に，固定小数点法により記入する。

第17行目は入，T. H_0, H_d, H_s, k, f_c, f_s, Ce を記入する。入は1～6欄に，Tは7～11欄に，H_0 は12～21欄に，H_d は22～31欄に，H_s は32～41欄に，k は42～48欄に，f_c は49～55欄に，f_s は56～62欄に，Ceは63～70欄に固定小数点法で記入する。

第18行以降はNO.1 プログラムの場合と全く同様である。即ち18行目には $E_{C,n}$, V_c, V_R, C を記入し，第19行目は $E_{R,n}$ を $n=6$ から右へ $5, 4 \cdots\cdots 0$ と記入し，第20行目は cC_n を $n=6$ から $5, 4 \cdots\cdots 0$ の順に記入する。

第21行目から26行目までは $t_{m,n}$，第27行目から34行目までは $W_{m,n}$ を記入する。

なお実例を示せば表-10の如くである。

第2節　座標および荷重の計算

2.1 座標計算

$$R_n = \frac{192\,\ell_n}{\phi_{A,n}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,n}\right)+4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,n}\right)+\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,n}\right)\right]} \qquad (2.1.1)$$

$$S_{n,n} = \frac{R_n\cdot\phi_{A,n}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,n}\right)+4\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,n}\right)+\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,n}\right)\right] \qquad (2.1.2)$$

これら R_n, $S_{n,n}$ を $n=0.5, 1.0, 1.5, \cdots\cdots 7.0$ について計算する。なお，

$$R_0 = R_{0.5}\frac{\bar{Z}_{1.0}\cdot\bar{Z}_{1.5}}{(\bar{Z}_{1.0}-\bar{Z}_{0.5})(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{0.5})} - R_{1.0}\frac{\bar{Z}_{0.5}\cdot\bar{Z}_{1.5}}{(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{1.0})(\bar{Z}_{1.0}-\bar{Z}_{0.5})} + R_{1.5}\frac{\bar{Z}_{1.0}\cdot\bar{Z}_{0.5}}{(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{1.0})(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{0.5})} \qquad (2.1.3)$$

とする。

$$x_{m,m} = \frac{R_m\cdot\phi_{A,m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,m}\right)+\sin\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,m}\right)+\sin\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,m}\right)\right]\div x_{c,m} \qquad (2.1.4)$$

$$y_{m,m} = \frac{R_m\cdot\phi_{A,m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,m}\right)+4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,m}\right)+\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,m}\right)\right] \qquad (2.1.5)$$

表-9 NO.2 プログラム.入力データー

IBM DATA SHEET

PROBLEM アースダム NO.2 プログラム WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.										
1	ダム名(ローマ字)				タイプ名					1
2									n=2.0	2
3									n=6.5	3
4									n=6.0	4
5									n=5.5	5
6									n=5.0	6
7									n=4.5	7
8									n=4.0	8
9	Zn	ln	Tcn	TAn	φAn	φAn	Xcn		n=3.5	9
10									n=3.0	10
11									n=2.5	11
12									n=2.0	12
13									n=1.5	13
14									n=1.0	14
15									n=0.5	15
16									n=0	16
17	λ	Tt1.0	Hc	Hd	Hs	Kr	ρc	ρs	Ce	17
18	EC ×××E±××	Vc	Vr	C ×××E±××						18
19	ER6×××E±××	ER5×××E±××	ER4×××E±××	ER3×××E±××	ER2×××E±××	ER1×××E±××	ER0×××E±××			19
20	cC6×××E±××	cC5×××E±××	cC4×××E±××	cC3×××E±××	cC2×××E±××	cC1×××E±××	cC0×××E±××			20

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40	41 42 43 44 45 46 47 48 49 50	51 52 53 54 55 56 57 58 59 60	61 62 63 64 65 66 67 68 69 70	71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
1	t0.6	t1.6	t2.6	t3.6	t4.6	t5.6	t6.6	
2	t0.5	t1.5	t2.5	t3.5	t4.5	t5.5		
3	t0.4	t1.4	t2.4	t3.4	t4.4			
4	t0.3	t1.3	t2.3	t3.3				
5	t0.2	t1.2	t2.2					
6	t0.1	t1.1						
7	w0.7	w1.7	w2.7	w3.7	w4.7	w5.7	w6.7	
8	w0.6	w1.6	w2.6	w3.6	w4.6	w5.6	w6.6	
9	w0.5	w1.5	w2.5	w3.5	w4.5	w5.5		
10	w0.4	w1.4	w2.4	w3.4	w4.4			
11	w0.3	w1.3	w2.3	w3.3				
12	w0.2	w1.2	w2.2					
13	w0.1	w1.1						
14	w0.0							
15								
16								
17								
18								
19								
20								

表-10 NO.2 プログラム入力データ実例

IBM DATA SHEET

PROBLEM ダム NO.2 プログラム WRITTEN BY PAGE OF IBMデータ・センター

No.									
1	SIMOUKE DAM							TYPE	S24-03
2	100.0	122.402	5.000	5.000	0.0			0.61088652	0.0
3	104.0	120.629	5.556	6.061	0.0			0.61088652	-1.110
4	100.0	118.488	6.111	7.170	0.0			0.61088652	-2.174
5	95.0	115.449	6.805	8.623	0.0			0.61088652	-3.408
6	90.0	112.064	7.500	10.150	0.0			0.61088652	-4.545
7	80.0	104.406	8.889	13.427	0.0			0.61088652	-6.530
8	70.0	96.222	10.277	17.000	0.0			0.61088652	-8.128
9	60.0	87.470	11.667	20.650	0.0			0.61088652	-9.341
10	50.0	78.116	13.055	23.700	0.0			0.61088652	-10.168
11	40.0	68.160	14.444	26.150	0.0			0.61088652	-10.609
12	30.0	57.602	15.833	28.000	0.0			0.61088652	-10.663
13	20.0	57.602	17.222	27.400	0.0			0.61088652	-10.332
14	10.0	54.600	18.611	27.733	0.0			0.61088652	-9.615
15	5.0	27.244	19.305	27.000	0.0			0.61088652	-9.136
16	0.0	17.000	20.000	26.000	0.0			0.0	-8.512
17	-5.0 +1	0 10.750	107.00		60.000	0	0.24	2.300 1.000	0.600
18	0.250E+07	0.20 0.20	0.100E+04						
19	0.200E+06	0.200E+06	0.200E+06	0.400E+06	0.600E+06			0.600E+06	0.800E+06
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.																				
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0													
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0													
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0														
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0															
5	0.0	0.0	0.0																	
6	0.0	0.0																		
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0												
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0												
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0													
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0														
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0															
12	0.0	0.0	0.0	0.0																
13	0.0	0.0																		
14	0.0																			
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				

これら $x_{m.m}$; $y_{m.m}$ を $m=1,2,\cdots 7$ について計算する.

$$K_{m.\kappa}=\frac{R_7\cdot\phi_{A.m}}{192}\sum_{j=0}^{\frac{k_0-1}{2}}\left[\cos\left\{\left(1-\frac{2j}{64}\right)\phi_{A.m}\right\}\cdot\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A.m}\right)+4\cos\left(\frac{63-2j}{64}\cdot\phi_{A.m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A.m}\right)\right.$$
$$\left.+\cos\left(\frac{62-2j}{64}\phi_{A.m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A.m}\right)\right]-\left(x_{m.m}\cdot\sin\phi_{A.m}+y_{m.m}\cdot\cos\phi_{A.m}\right)\qquad(2.1.6)$$

(2.1.6)式で $k=1$ より計算し. $K_{m.\kappa}<0$ の時は $K_{m,k+1}$ の計算を行い. 初めて $K_{m.\kappa}\geq 0$ となったときの k の値を k_0 とする.

$$D_m=\sin\left[\left(1-\frac{k_0}{32}\right)\phi_{A.m}\right]\cos^{\lambda}\left(\frac{k_0}{32}\phi_{A.m}\right)-\lambda\cos\left[\left(1-\frac{k_0}{32}\right)\phi_{A.m}\right]\sin\left(\frac{k_0}{32}\phi_{A.m}\right)\cos^{\lambda-1}\left(\frac{k_0}{32}\phi_{A.m}\right)$$

として (2.1.7)

(i) $D_m\geq 0$ のとき

$$_0\phi_{m.7}=\frac{k_0}{32}\cdot\phi_{A.m}\qquad(2.1.8)$$

$$_sK_m=\frac{R_7\cdot{}_s\phi_{m.7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos({}_s\phi_{A.m}-\frac{2j}{64}\cdot{}_s\phi_{m.7})\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}{}_s\phi_{m7}\right)+4\cos\left({}_s\phi_{A.m}-\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m.7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m.7}\right)\right.$$
$$\left.+\cos\left({}_s\phi_{A.m}-\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m.7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m.7}\right)\right]-\left(x_{m.m}\cdot\sin{}_s\phi_{A.m}+y_{m.m}\cdot\cos{}_s\phi_{A.m}\right)\qquad(2.1.9)$$

$$_{s+1}\phi_{m.7}={}_s\phi_{m.7}-\frac{{}_sK_m}{R_7\cos({}_s\phi_{A.m}-{}_s\phi_{m.7})\cos^{\lambda}{}_s\phi_{m.7}}\qquad(2.1.10)$$

(2.1.9), (2.1.10) によって $s=1$, $s=2$, …… と計算し.

$|{}_{s-1}\phi_{m.7}-{}_s\phi_{m.7}|<0.000,000.1$

となったとき

$$_s\phi_{m.7}=\phi_{m.7}\qquad(2.1.11)$$

とする.

(ii) $D_m<0$ のとき

$$_0\phi_{m.7}=\frac{k_0-1}{32}\phi_{A.m}\qquad(2.1.12)$$

とし (i) の場合と同様に $\phi_{m.7}$ を求める.

$$x_{m.7}=\frac{R_7\cdot\phi_{m.7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.7}\right)+4\sin\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m.7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m.7}\right)\right.$$
$$\left.+\sin\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.7}\right)\cdot\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.7}\right)\right]\qquad(2.1.13)$$

$$y_{m.7}=\frac{R_7\cdot\phi_{m.7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.7}\right)+4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m.7}\right)+\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.7}\right)\right]\qquad(2.1.14)$$

これら $\phi_{m.7}$; $x_{m.7}$; $y_{m.7}$ を $m=0,1,2\cdots\cdots 7$ について計算する.

$$G_{m.n.k}=\frac{R_n\cdot\phi_{A.n}}{192}\sum_{j=0}^{\frac{k_n-1}{2}}\left[\cos\left\{\frac{2(k-j)}{64}\phi_{A.n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A.n}\right)+4\cos\left(\frac{2k-2j-1}{64}\phi_{A.n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A.n}\right)\right.$$
$$\left.+\cos\left\{\frac{2(k-j-1)}{64}\phi_{A.n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A.n}\right)\right]-\left\{(-x_{c.n}+x_{m.7})\sin\left(\frac{2k}{64}\phi_{A.n}\right)+y_{m.7}\cdot\cos\left(\frac{2k}{64}\phi_{A.n}\right)\right\}\qquad(2.1.15)$$

(2.1.15)式で $k=1$ から計算を開始し. $G_{m.n.k}<0$ のときは $G_{m.n.k+1}$ を計算し, 初めて $G_{m.n.k}\geq 0$ となったときの k の値を k_0 とする.

(i) $G_{m.n.k_0-1}+G_{m.n.k_0+1}-2G_{m.n.k_0}\geq 0$ のとき ($G_{m.n.0}=y_{m.7}$ とする.)

$$_0\phi_{m.n}=\frac{k_0}{32}\phi_{A.n}\quad\text{とし}$$

$$sL_{m.n} = R_n \cos^{\lambda} s\phi_{m.n} - \frac{R_n \cdot s\phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left\{ \left(1 - \frac{2j}{64}\right) s\phi_{m.n} \right\} \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} s\phi_{m.n}\right) + 4 \sin\left(\frac{63-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} s\phi_{m.n}\right) + \sin\left(\frac{62-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} s\phi_{m.n}\right) \right] - \left\{ (-\chi_{c.n} + \chi_{m.7}) \cos s\phi_{m.n} - y_{m.7} \cdot \sin s\phi_{m.n} \right\} \quad (2.1.16)$$

$$sG_{m.n} = \frac{R_n \cdot s\phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos\left(\frac{64-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} s\phi_{m.n}\right) + 4 \cos\left(\frac{63-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} s\phi_{m.n}\right) + \cos\left(\frac{62-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} s\phi_{m.n}\right) \right] - \left\{ (-\chi_{c.n} + \chi_{m.7}) \sin s\phi_{m.n} + y_{m.7} \cdot \cos s\phi_{m.n} \right\} \quad (2.1.17)$$

$$s+1\phi_{m.n} = s\phi_{m.n} - \frac{sG_{m.n}}{sL_{m.n}} \quad (2.1.18)$$

(2.1.16) ~ (2.1.18) を $S=0$ より $S=1, S=2 \cdots$ と計算し.

$|s-1\phi_{m.n} - s\phi_{m.n}| < 0.000.000.1$

となったとき $s\phi_{m.n} = \phi_{m.n}$ とする. (2.1.19)

(ii) $G_{m.n.k_0-1} + G_{m.n.k_0+1} - 2G_{m.n.k_0} < 0$ のとき

$$o\phi_{m.n} = \frac{k_0 - 1}{32} \phi_{A.n} \quad (2.1.20)$$

とし. 以下 (i) の場合と同様に計算する。

$$\chi_{m.n} = \frac{R_n \cdot \phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) + 4 \sin\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m.n}\right) + \sin\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \right] + \chi_{c.n} \quad (2.1.21)$$

$$y_{m.n} = \frac{R_n \cdot \phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) + 4 \cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m.n}\right) + \cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \right] \quad (2.1.22)$$

$$r_{m.n} = R_n \cdot \cos^{\lambda} \phi_{m.n} \quad (2.1.23)$$

$$ar_{m.n} = r_{m.n} + (\chi_{m.n} - \chi_{m.7}) \sec \phi_{m.n} \quad (2.1.24)$$

これら $\phi_{m.n}$; $\chi_{m.n}$; $y_{m.n}$; $r_{m.n}$; $sr_{m.n}$ を $m = 0.1, \cdots 7$; $n = m, m+0.5, m+1.0 \cdots 7.0$ について計算する。

2.2 荷重の計算

(i) $H_0 \leqq Z_n$ の時

$$oP_n = 0 \quad (2.2.1)$$

(ii) $H_0 > Z_n$ の時

$$oP_n = H_0 - Z_n \quad (2.1.2)$$

(i) $H_d \leqq Z_n$ の時

$$dP_{m.n} = 0 \quad (2.1.3)$$

(ii) $H_d > Z_n$ の時

$$dP_{m.n} = \frac{7}{8} k \sqrt{(H_d - Z_m)(H_d - Z_n)} \quad (2.1.4)$$

(i) $H_s \leqq Z_n$ の時

$$sP_n = 0 \quad (2.1.5)$$

(ii) $H_s > Z_n$ の時

$$sP_n = C_e \cdot f_s (H_s - Z_n) \quad (2.1.6)$$

$$P_{m.n} = oP_n + sP_{m.n} + sP_n \quad (2.1.7)$$

$P_{m.n}$ を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する.

第3節 基礎岩盤の変形常数

3.1. 基礎の面積係数と傾角

$T_{A,n}$ の中の最大値を a とすると.

$$\mathcal{C} = 2\sum_{n=0}^{6}\sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2+(X_{n+1,n+1}-X_{n,n})^2+(y_{n+1,n+1}-y_{n,n})^2} \tag{3.1.1}$$

面積係数は

$$\zeta = \mathcal{C}/a$$

傾角は (3.1.2)

(i) $6 \geqq n > 1$ のとき

$$\chi_n = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_n-Z_{n-1}}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n+1,n+1}-S_{n,n}}{Z_{n+1}-Z_n}+\frac{Z_{n+1}-Z_n}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n,n}-S_{n-1,n-1}}{Z_n-Z_{n-1}}\right\} \tag{3.1.3}$$

(ii) $n = 1$ のとき

$$\chi_1 = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_3-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{2,2}-S_{1,1}}{Z_2-Z_1}-\frac{Z_2-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{3,3}-S_{1,1}}{Z_3-Z_1}\right\} \tag{3.1.4}$$

χ_n について $n = 1, \cdots\cdots 6$ につき計算を行う.

3.2 基礎岩盤の変形常数

$$K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\left(\frac{\sqrt{1+\zeta^2}(3-14\zeta^2-2\zeta^4)+15\zeta^3+2\zeta^5-3}{15\zeta}+\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right\} \tag{3.2.1}$$

$$K_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)+\frac{\zeta}{2}\log\left(\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{(\sqrt{4+\zeta^2})^3-8-\zeta^3}{12\zeta}\right\} \tag{3.2.2}$$

$$K_3 = \frac{2}{\pi}\left\{(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2}\right)+\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{(\sqrt{1+\zeta^2})^3-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\}\right.$$
$$\left.+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{\sqrt{1+\zeta^2}(2\zeta^2-1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right\} \tag{3.2.3}$$

$$K_4 = \frac{1}{5\pi}\left\{(90-\frac{48}{\zeta}+\frac{20}{\zeta^2}-\frac{6}{\zeta^4}+\frac{36}{7\zeta^6})+\nu_R(90-\frac{96}{\zeta}+\frac{60}{\zeta^2}-\frac{30}{\zeta^4}+\frac{252}{7\zeta^6})\right.$$
$$\left.-\nu_R^2\left(\frac{48}{\zeta}-\frac{40}{\zeta^2}+\frac{24}{\zeta^4}-\frac{216}{7\zeta^6}\right)\right\} \tag{3.2.4}$$

$$K_5 = (1-\nu_R-2\nu_R^2)\left\{1-\frac{1}{2\pi}\left\{4(1+\zeta^2)\tan^{-1}\left(\frac{1}{\zeta}\right)-3\zeta-\zeta^3\log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2}+\frac{1}{\zeta}\log(1+\zeta^2)\right\}\right\} \tag{3.2.5}$$

$$K_6 = \frac{2}{\pi}\left\{(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta}\right)+\frac{2}{\zeta}\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)-\frac{(\sqrt{4+\zeta^2})^3-8-\zeta^3}{6\zeta^2}\right\}\right.$$
$$\left.+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{2}{\zeta}\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)-\frac{\sqrt{4+\zeta^2}(8-\zeta^2)-16+\zeta^3}{6\zeta^2}\right\}\right\} \tag{3.2.6}$$

$$\alpha_n' = K_1/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}^2) \tag{3.2.7}$$

$$\beta_n' = K_2/E_{R,n} \tag{3.2.8}$$

$$\gamma_n' = K_3/E_{R,n} \tag{3.2.9}$$

$$\delta_n' = K_4/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}^2) \tag{3.2.10}$$

$$\alpha_n'' = K_5/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}) \tag{3.2.11}$$

$$\textcircled{y}_n = K_6/E_{R,n} \tag{3.2.12}$$

$K_1 \sim K_6$ を (3.1.2) で求めたものにより計算しこれを用いて (3.2.7) ~ (3.2.12) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

3.3 アーチの基礎常数

$$a\alpha_n = \alpha'_n \cdot \cos^3\chi_n + \delta' \sin^2\chi_n \cdot \cos\chi_n \quad (3.3.1)$$

$$a\alpha_{2,n} = \alpha''_n \cdot \cos^2\chi_n \quad (3.3.2)$$

$$a\beta_n = \beta'_n \cdot \cos^3\chi_n + \textcircled{2}_n \sin^2\chi_n \cdot \cos\chi_n \quad (3.3.3)$$

$$a\gamma_n = \gamma'_n \cdot \cos\chi_n \quad (3.3.4)$$

(3.3.1) ~ (3.3.4) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

3.4 片持梁

$$c\alpha_m = (\alpha'_m \cdot \sin^3\chi_m + \delta'_m \cdot \cos^2\chi_m \cdot \sin\chi_m) \frac{a\gamma_{m,m}}{\gamma_{m,m}} \left(\frac{T_{A,m}}{T_{A,m} - cC_m}\right)^2 \quad (3.4.1)$$

$$c\alpha_{2,m} = (\alpha''_m \cdot \sin^2\chi_m) \frac{a\gamma_{m,m}}{\gamma_{m,m}} \left(\frac{T_{A,m}}{T_{A,m} - cC_m}\right) \quad (3.4.2)$$

$$c\gamma_m = (\gamma_m \cdot \sin\chi_m) \frac{a\gamma_{m,n}}{\gamma_{m,m}} \quad (3.4.3)$$

(3.4.1) ~ (3.4.3) を $m = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。
なお $m = 0$ のときは

$$c\alpha_0 = \frac{K_1}{E_{R0}(T_{C,0} - cC_0)^2} \cdot \frac{a\gamma_{00}}{\gamma_{0,0}} \quad (3.4.4)$$

$$c\alpha_{2,0} = \frac{K_5}{E_{R,0}(T_{C,0} - cC_0)} \cdot \frac{a\gamma_{0,0}}{\gamma_{0,0}} \quad (3.4.5)$$

$$c\gamma_0 = \frac{K_3}{E_{R,0}} \cdot \frac{a\gamma_{0,0}}{\gamma_{0,0}} \quad (3.4.6)$$

として計算する。

3.5 集中荷重の係数

$$K^c_m = \frac{a\gamma_{m,m}}{\gamma_{m,m}} \tan\chi_m \quad (3.5.1)$$

(3.5.1) を $m = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

第4節 アーチの単位撓み

4.1 アーチの形状計算

$$\phi_{m+\frac{i}{\theta},n} = \phi_{m,n} + \frac{i}{\theta}(\phi_{m+1,n} - \phi_{m,n}) \quad (4.1.1)$$

$$\gamma_{m+\frac{i}{\theta},n} = R_n \cos^\lambda \phi_{m+\frac{i}{\theta},n} \quad (4.1.2)$$

$$x'_{m+\frac{j}{8},n}=\frac{Rn}{48}\left\{\sum_{i=0}^{m-1}\left\{(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\sum_{s=0}^{7}(\sin\phi_{i+\frac{s}{8},n}\cdot\cos^{\lambda}\phi_{i+\frac{s}{8},n}+4\sin\frac{\phi_{i+\frac{s}{8},n}+\phi_{i+\frac{s+1}{8},n}}{2}\cdot\cos^{\lambda}\frac{\phi_{i+\frac{s}{8},n}+\phi_{i+\frac{s+1}{8},n}}{2}\right.\right.$$
$$\left.+\sin\phi_{i+\frac{s+1}{8},n}\cdot\cos^{\lambda}\phi_{i+\frac{s+1}{8},n})\right\}+(\phi_{m+1,n}-\phi_{m,n})\sum_{s=0}^{j-1}(\sin\phi_{m+\frac{s}{8},n}\cdot\cos^{\lambda}\phi_{m+\frac{s}{8},n}+4\sin\frac{\phi_{m+\frac{s}{8},n}+\phi_{m+\frac{s+1}{8},n}}{2}\times$$
$$\left.\cos^{\lambda}\frac{\phi_{m+\frac{s}{8},n}+\phi_{m+\frac{s+1}{8},n}}{2}+\sin\phi_{m+\frac{s+1}{8},n}\cdot\cos^{\lambda}\phi_{m+\frac{s+1}{8},n})\right\} \qquad (4.1.3)$$

$$y'_{m+\frac{j}{8},n}=\frac{Rn}{48}\left\{\sum_{i=0}^{m-1}\left\{(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\sum_{s=0}^{7}(\cos^{\lambda+1}\phi_{i+\frac{s}{8},n}+4\cos^{\lambda+1}\frac{\phi_{i+\frac{s}{8},n}+\phi_{i+\frac{s+1}{8},n}}{2}+\cos^{\lambda+1}\phi_{i+\frac{s+1}{8},n})\right\}\right.$$
$$\left.+(\phi_{m+1,n}-\phi_{m,n})\sum_{s=0}^{j-1}(\cos^{\lambda+1}\phi_{m+\frac{s}{8},n}+4\cos^{\lambda+1}\frac{\phi_{m+\frac{s}{8},n}+\phi_{m+\frac{s+1}{8},n}}{2}+\cos^{\lambda+1}\phi_{m+\frac{s+1}{8},n})\right\} \qquad (4.1.4)$$

(i) $\phi_{m+\frac{j}{8},n}\leqq\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m+\frac{j}{8},n}=T_{C,n} \qquad (4.1.5)$$

$$\frac{d}{d\phi}(ux_{m+\frac{j}{8},n})=(r_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{j}{8},n} \qquad (4.1.6)$$

$$\frac{d}{d\phi}(uy_{m+\frac{j}{8},n})=(r_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{j}{8},n} \qquad (4.1.7)$$

(ii) $\phi_{m+\frac{j}{8},n}>\phi_{A,n}$ で $T=+1$ のとき

$$T_{m+\frac{j}{8},n}=T_{C,n}+(T_{A,n}-T_{C,n})\frac{vers(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})}{vers(\phi_{A,n},\phi_{A,n})} \qquad (4.1.8)$$

$$\frac{d}{d\phi}(ux_{m+\frac{j}{8},n})=(r_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{j}{8},n}-\frac{(T_{A,n}-T_{C,n})\sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})}{2vers(\phi_{A,n},\phi_{A,n})}\cos\phi_{m+\frac{j}{8},n} \qquad (4.1.9)$$

$$\frac{d}{d\phi}(uy_{m+\frac{j}{8},n})=(r_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{(T_{A,n}-T_{C,n})\sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})}{2vers(\phi_{A,n},\phi_{A,n})}\cdot\sin\phi_{m+\frac{j}{8},n} \qquad (4.1.10)$$

(iii) $\phi_{m+\frac{j}{8},n}>\phi_{A,n}$ で $T=-1$ のとき

$$T_{m+\frac{j}{8},n}=\frac{1}{vers(\phi_{A,n},\phi_{A,n})}\left\{T_{C,n}-T_{A,n}\cdot\cos(\phi_{A,n},\phi_{A,n})+(T_{A,n}-T_{C,n})\frac{\cos(\phi_{A,n},\phi_{A,n})}{\cos(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})}\right\} \qquad (4.1.11)$$

$$\frac{d}{d\phi}(ux_{m+\frac{j}{8},n})=(r_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{j}{8},n}-\frac{(T_{A,n}-T_{C,n})\cdot\cos(\phi_{A,n},\phi_{A,n})\sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})\cos\phi_{m+\frac{j}{8},n}}{2vers(\phi_{A,n},\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})} \qquad (4.1.12)$$

$$\frac{d}{d\phi}(uy_{m+\frac{j}{8},n})=(r_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{(T_{A,n}-T_{C,n})\cdot\cos(\phi_{A,n},\phi_{A,n})\sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})\sin\phi_{m+\frac{j}{8},n}}{2vers(\phi_{A,n},\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m+\frac{j}{8},n},\phi_{A,n})} \qquad (4.1.13)$$

$$ux_{m+\frac{j}{8},n}=x'_{m+\frac{j}{8},n}-\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n}\cdot\cos\phi_{m+\frac{j}{8},n} \qquad (4.1.14)$$

$$uy_{m+\frac{j}{8},n}=y'_{m+\frac{j}{8},n}+\frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n}\cdot\sin\phi_{m+\frac{j}{8},n} \qquad (4.1.15)$$

これら $\phi_{m+\frac{j}{8},n}$; $r_{m+\frac{j}{8},n}$; $x'_{m+\frac{j}{8},n}$; $y'_{m+\frac{j}{8},n}$; $T_{m+\frac{j}{8},n}$; $\frac{d}{d\phi}(ux_{m+\frac{j}{8},n})$; $\frac{d}{d\phi}(uy_{m+\frac{j}{8},n})$; $ux_{m+\frac{j}{8},n}$, $uy_{m+\frac{j}{8},n}$ について $n=1,2\cdots6$; $m=0,1,\cdots n$; $j=0,1,2\cdots7$ について計算する。ただし $m=n$ のとき $j=0$ 以外は計算しない。

次に $i\geqq m$ とし (m,n) に原点をおき (m,n) におけるアーチ中心線の法線をx軸，接線をy軸としたときの $(i+\frac{j}{8},n)$ の座標を $(x^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})$, $(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})$ とする。

$$(x^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})=(x'_{i+\frac{j}{8},n}-x'_{m,n})\cos\phi_{m,n}-(y'_{i+\frac{j}{8},n}-y'_{m,n})\sin\phi_{m,n}$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})=(x'_{i+\frac{j}{8},n}-x'_{m,n})\sin\phi_{m,n}+(y'_{i+\frac{j}{8},n}-y'_{m,n})\cos\phi_{m,n}$$

これら $(\chi^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}),(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})$ を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots 7$; $i=m,m+1,\cdots n$; $j=0,1,2,3$ について計算する.

4.2. アーチ常数の計算

$$
{}_1A_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{r_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{r_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{r_{i+\frac{2}{3},n}}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{r_{i+\frac{5}{6},n}}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{r_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n \qquad (4.2.1)
$$

$$
\begin{aligned}
{}_1B_{m,n}=&\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})\cdot r_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot r_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})\cdot r_{i+\frac{2}{3},n}}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})\cdot r_{i+\frac{5}{6},n}}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}\right.\\
&\left.+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})\cdot r_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n\cdot(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})
\end{aligned}
\qquad (4.2.2)
$$

$$
\begin{aligned}
{}_1C_{m,n}=&\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})\cdot r_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot r_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})\cdot r_{i+\frac{2}{3},n}}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})\cdot r_{i+\frac{5}{6},n}}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}\right.\\
&\left.+\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n\cdot(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,m}\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})
\end{aligned}
\qquad (4.2.3)
$$

$$
\begin{aligned}
{}_2B_{m,n}=&\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})(y^{m,n}_{i,n})\cdot r_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})r_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}\right.\\
&+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})\cdot r_{i+\frac{2}{3},n}}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})(y^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})\cdot r_{i+\frac{5}{6},n}}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\left.\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})(y^{m,n}_{i+1,n})\cdot r_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\right\}\\
&+\frac{1}{6Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,m})\left\{\frac{r_{i,n}}{T_{i,n}}\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+4\frac{r_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\right.\\
&\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+2\frac{r_{i+\frac{2}{3},n}}{T_{i+\frac{2}{3},n}}\sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})\\
&+4\frac{r_{i+\frac{5}{6},n}}{T_{i+\frac{5}{6},n}}\sin(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})+\left.\frac{r_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right]\\
&+a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\left\{(\chi^{m,n}_{n,n})\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+(y^{m,n}_{n,n})\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}\\
&+(a\gamma_n-a\beta_n)\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})
\end{aligned}
\qquad (4.2.4)
$$

$$
\begin{aligned}
{}_2C_{m,n}=&\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})^2\cdot r_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2\cdot r_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})^2\cdot r_{i+\frac{2}{3},n}}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}\right.\\
&+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})^2\cdot r_{i+\frac{5}{6},n}}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\left.\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})^2\cdot r_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\right\}+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{r_{i,n}}{T_{i,n}}\left\{1+2\cos^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\right\}\right.\\
&+4\frac{r_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\left\{1+2\cos^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\right\}+2\frac{r_{i+\frac{2}{3},n}}{T_{i+\frac{2}{3},n}}\left\{1+2\cos^2(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})\right\}\\
&+4\frac{r_{i+\frac{5}{6},n}}{T_{i+\frac{5}{6},n}}\left\{1+2\cos^2(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})\right\}+\left.\frac{r_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\left\{1+2\cos^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\}\right\]\\
&+a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})^2+a\beta_n\cdot\sin^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\gamma_n\cdot\cos^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+2a\alpha_{2,n}\cdot(y^{m,n}_{n,n})\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})
\end{aligned}
\qquad (4.2.5)
$$

$$
\begin{aligned}
{}_3B_{m,n}=&\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})^2\cdot r_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2 r_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})^2 r_{i+\frac{2}{3},n}}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}\right.\\
&+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})^2\cdot r_{i+\frac{5}{6},n}}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\left.\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})^2 r_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\right\}+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{r_{i,n}}{T_{i,n}}\left\{1+2\sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\right\}\right.\\
&+4\frac{r_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\left\{1+2\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\right\}+2\frac{r_{i+\frac{2}{3},n}}{T_{i+\frac{2}{3},n}}\left\{1+2\sin^2(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})\right\}\\
&+4\frac{r_{i+\frac{5}{6},n}}{T_{i+\frac{5}{6},n}}\left\{1+2\sin^2(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})\right\}+\left.\frac{r_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\left\{1+2\sin^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\}\right\]\\
&+a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})^2+a\beta_n\cdot\cos^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\gamma_n\cdot\sin^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\\
&+2a\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{n,n})\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})
\end{aligned}
\qquad (4.2.6)
$$

(4.2.1) ~ (4.2.6) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について計算する.

4.3. 半径方向単位荷重による M_L, H_L, V_L.

$$
\begin{aligned}
{}_LrM(n,k,0,i+\tfrac{2j}{\beta}) = \frac{1}{24}\sum_{s=0}^{p-1}\Big[&(\phi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\Big\{\big[(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(u\chi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n})\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n})\\
&+\big[(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(uy_{k-1+\frac{2s}{\beta}},n)\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s}{\beta}},n)\Big\}+4(\phi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\Big\{\big[(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)\\
&-(u\chi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta}},n)\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta}},n)+\big[(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(uy_{k-1+\frac{2s+1}{\beta}},n)\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s+1}{\beta}},n)\Big\}\\
&+(\phi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\Big\{\big[(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(u\chi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)+\big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)\\
&-(uy_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)\big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)\Big\}\Big]+\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{\beta-1}\Big[(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s}{\beta},n})\Big\{\big[(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)\\
&-(u\chi_{k+\frac{2s}{\beta},n})\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s}{\beta},n})+\big[(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(uy_{k+\frac{2s}{\beta},n})\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s}{\beta},n})\Big\}\\
&+4(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+1}{\beta},n})\Big\{\big[(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(u\chi_{k+\frac{2s+1}{\beta},n})\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s+1}{\beta},n})+\big[(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)\\
&-(uy_{k+\frac{2s+1}{\beta}},n)\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s+1}{\beta}},n)\Big\}+(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\Big\{\big[(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(u\chi_{k+\frac{2s+1}{\beta},n})\big]\\
&\times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})+\big[(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{\beta}},n)-(uy_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\big]\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\Big\}\Big]
\end{aligned}
\tag{4.3.1}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LrH(n,k,0,i+\tfrac{2j}{\beta}) = \frac{1}{24}\Big[&\sin\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}\Big\{\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\phi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s}{\beta},n})+4(\phi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta},n}\\
&-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s+1}{\beta}},n)+(\phi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)\Big\}+\sum_{s=0}^{\beta-1}\Big\{(\phi_{k+1,n}\\
&-\phi_{k+\frac{2s}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s}{\beta},n})+4(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+1}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s+1}{\beta},n})+(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\\
&\times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\Big\}\Big]-\cos\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\phi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n})+\\
&4(\phi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta}},n)+(\phi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)\Big\}\\
&+\sum_{s=0}^{\beta-1}\Big\{(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s}{\beta},n})+4(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+1}{\beta}},n)\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s+1}{\beta}},n)\\
&+(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\Big\}\Big]\Big]
\end{aligned}
\tag{4.3.2}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LrV(n,k,0,i+\tfrac{2j}{\beta}) = \frac{1}{24}\Big[&\sin\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}\Big\{\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\phi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n})\\
&+4(\phi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta}},n)+(\phi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)\Big\}\\
&+\sum_{s=0}^{\beta-1}\Big\{(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s}{\beta},n})+4(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+1}{\beta}},n)\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s+1}{\beta}},n)\\
&+(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\Big\}\Big]+\cos\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\phi_{k-1+\frac{2s}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\\
&\times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s}{\beta},n})+4(\phi_{k-1+\frac{2s+1}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s+1}{\beta},n})+(\phi_{k-1+\frac{2s+2}{\beta},n}-\phi_{k-1,n})\\
&\times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k-1+\frac{2s+2}{\beta}},n)\Big\}+\sum_{s=0}^{\beta-1}\Big\{(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s}{\beta},n})+4(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+1}{\beta},n})\\
&\times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s+1}{\beta}},n)+(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{k+\frac{2s+2}{\beta},n})\Big\}\Big]\Big]
\end{aligned}
\tag{4.3.3}
$$

(4.3.1) ～ (4.3.3) 式に現われる $\sum_{s=0}^{p-1}$, $\sum_{s=0}^{\beta-1}$ は次のようにとるものとする。

(i) $K=i=0$ の時

$p=0 \qquad q=j$

即ち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない。

(ii) $K=0$, $1\le i\le n$ の時

$p=0 \qquad q=4$

即ち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない。

(iii) $0\le i<K-1$ の時

$p=0 \qquad q=0$

即ち ${}_LrM(n,K,0,i+\frac{2j}{\beta}) = {}_LrH(n,k,0,i+\frac{2j}{\beta}) = {}_LrV(n,k,0,i+\frac{2j}{\beta}) = 0$

(iv) $n > i = K-1 \geqq 0$ の時

$p=j \quad q=0$

即ち $\sum_{s=0}^{q}$ は計算しない。

(v) $n \geqq i = \geqq 1$ の時

$p=4 \quad q=j$

(vi) $n \geqq i > K \geqq 1$ の時

$p=4 \quad q=4$

以上の p, q を用いて (4.3.1)~(4.3.3)式と $n=1,2,\cdots\cdots 6$; $K=0,1,2\cdots\cdots n$; $i=0,1,\cdots n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。但し $i=n$ の時は $j=0$ 以外の j について計算しない。

$$_{LR}M(n.k.m.i+\tfrac{j}{8}) = {}_{LR}M(n.k.o.i+\tfrac{j}{8}) - {}_{LR}M(n.k.o.m) + {}_{LR}H(n.k.o.m)\cdot(\chi^{m.n}_{i+\frac{j}{8},n}) - {}_{LR}V(n.k.o.m)(y^{m.n}_{i+\frac{j}{8},n}) \quad (4.3.4)$$

$$_{LR}H(n.k.m.i+\tfrac{j}{8}) = {}_{LR}H(n.k.o.i+\tfrac{j}{8}) - {}_{LR}H(n.k.o.m)\cdot\cos(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m.n}) - {}_{LR}V(n.k.o.m)\cdot\sin(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m.n}) \quad (4.3.5)$$

$$_{LR}V(n.k.m.i+\tfrac{j}{8}) = {}_{LR}V(n.k.o.i+\tfrac{j}{8}) + {}_{LR}H(n.k.o.m)\cdot\sin(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m.n}) - {}_{LR}V(n.k.o.m)\cdot\cos(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m.n}) \quad (4.3.6)$$

(4.3.4)~(4.3.6)を $n=1,2,3,\cdots\cdots 6$; $K=0,1,2,\cdots n$; $m=0,1,\cdots n$; $i=m, m+1,\cdots\cdots n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。但し $i=n$ の時、$j=0$ 以外の j について計算しない。

4.4. 荷重常数

$$r.1D^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i)}{T^3_{i.n}}\gamma_{i,n} + 4\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+\frac{1}{8})}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}}\gamma_{i+\frac{1}{8},n} + 2\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+\frac{2}{8})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 4\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+\frac{3}{8})}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}\gamma_{i+\frac{3}{8},n} + \frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+1)}{T^3_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\right\} + {}_{LR}M(n.k.m.n)\,a\alpha_n + {}_{LR}V(n.k.m.n)\,a\alpha_{2.n} \quad (4.4.1)$$

$$r.2D^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i)(y^{m.n}_{i.n})\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+\frac{1}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})\gamma_{i+\frac{1}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+\frac{2}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})\gamma_{i+\frac{2}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+\frac{3}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{3}{8}.n})\gamma_{i+\frac{3}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}} + \frac{{}_{LR}M(n.k.m.i+1)(y^{m.n}_{i+1.n})\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\right\} + \frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{\gamma_{i.n}}{T_{i.n}}\left\{{}_{LR}H(n.k.m.i)\cdot\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n}) + 3\,{}_{LR}V(n.k.m.i)\cdot\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})\right\} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{2}{8}.n}}{T_{i+\frac{2}{8}.n}}\left\{{}_{LR}H(n.k.m.i+\tfrac{2}{8})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n}) + 3\,{}_{LR}V(n.k.m.i+\tfrac{2}{8})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\} + 2\frac{\gamma_{i+\frac{4}{8}.n}}{T_{i+\frac{4}{8}.n}}\left\{{}_{LR}H(n.k.m.i+\tfrac{4}{8})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n}) + 3\,{}_{LR}V(n.k.m.i+\tfrac{4}{8})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{6}{8}.n}}{T_{i+\frac{6}{8}.n}}\left\{{}_{LR}H(n.k.m.i+\tfrac{6}{8})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n}) + 3\,{}_{LR}V(n.k.m.i+\tfrac{6}{8})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\} + \frac{\gamma_{i+1.n}}{T_{i+1.n}}\left\{{}_{LR}H(n.k.m.i+1)\cdot\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n}) + 3\,{}_{LR}V(n.k.m.i+1)\cdot\cos(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})\right\}\right\} + {}_{LR}M(n.k.m.n)\left\{a\alpha_n(y^{m.n}_{n.n}) + a\alpha_{2.n}\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})\right\} + {}_{LR}H(n.k.m.n)\,a\beta_n\cdot\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + {}_{LR}V(n.k.m.n)\left\{a\gamma_n\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2.n}(y^{m.n}_{n.n})\right\} \quad (4.4.2)$$

$$r.3D^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big[\frac{\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}}\Big\{{}_{LT}M(n.k.m.i)(\chi^{m.n}_{i.n}) + 4\frac{\gamma_{i+\frac{1}{2}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{2}.n}}\Big\{{}_{LT}M(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})(\chi^{m.n}_{i+\frac{1}{2}.n})\Big\}$$
$$+2\frac{\gamma_{i+\frac{1}{2}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{2}.n}}\Big\{{}_{LT}M(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})(\chi^{m.n}_{i.n})\Big\} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{1}{2}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{2}.n}}\Big\{{}_{LT}M(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})(\chi^{m.n}_{i+\frac{1}{2}.n})\Big\}$$
$$+\frac{\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\{{}_{LT}M(n.k.m.i+1)(\chi^{m.n}_{i+1.n})\Big\}\Big] + \frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big[\frac{\gamma_{i.n}}{T_{i.n}}\Big\{-{}_{LT}H(n.k.m.i)\cdot\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})$$
$$+3{}_{LT}V(n.k.m.i)\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})\Big\} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{1}{2}.n}}{T_{i+\frac{1}{2}.n}}\Big\{-{}_{LT}H(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2}.n}-\phi_{m.n})$$
$$+3{}_{LT}V(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2}.n}-\phi_{m.n})\Big\} + 2\frac{\gamma_{i+\frac{1}{2}.n}}{T_{i+\frac{1}{2}.n}}\Big\{-{}_{LT}H(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2}.n}-\phi_{m.n})$$
$$+3{}_{LT}V(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2}.n}-\phi_{m.n})\Big\} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{1}{2}.n}}{T_{i+\frac{1}{2}.n}}\Big\{-{}_{LT}H(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2}.n}-\phi_{m.n})$$
$$+3{}_{LT}V(n.k.m.i+\tfrac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2}.n}-\phi_{m.n})\Big\}$$
$$+\frac{\gamma_{i+1.n}}{T_{i+1.n}}\Big\{-{}_{LT}H(n.k.m.i+1)\cdot\cos(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n}) + 3{}_{LT}V(n.k.m.i+1)\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})\Big\}\Big]$$
$$+{}_{LT}M(n.k.m.n)\big[a\alpha_{n}\cdot(\chi^{m.n}_{n.n}) + a\alpha_{2.n}\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})\big] - {}_{LT}H(n.k.m.n)\,a\beta_{n}\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})$$
$$+{}_{LT}V(n.k.m.n)\big[a\gamma_{n}\cdot\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2.n}(\chi^{m.n}_{n.n})\big] \qquad (4.4.3)$$

(4.4.1) ~ (4.4.3) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=0,1,\cdots n$; $m=0,1,2,\cdots n$ について計算する.

4.5 不静定諸力および単位撓みの計算

$$arM^{K.n}_{o.n} = \frac{r.1D^{K.n}_{o.n}\cdot{}_3Bo.n - r.3D^{K.n}_{o.n}\cdot{}_1Bo.n}{{}_1Ao.n\cdot{}_3Bo.n - ({}_1Bo.n)^2} \qquad (4.5.1)$$

$$arH^{K.n}_{o.n} = \frac{r.3D^{K.n}_{o.n}\cdot{}_1Ao.n - r.1D^{K.n}_{o.n}\cdot{}_1Bo.n}{{}_1Ao.n\cdot{}_3Bo.n - ({}_1Bo.n)^2} \qquad (4.5.2)$$

(4.5.1), (4.5.2) 式を $n=1,2,\cdots 6$; $K=0,1,2,\cdots n$ について計算する.

$$arM^{K.n}_{m.n} = arM^{K.n}_{o.n} + arH^{K.n}_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) - {}_{LT}M(n.k.o.m) \qquad (4.5.3)$$
$$arH^{K.n}_{m.n} = arH^{K.n}_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} + {}_{LT}H(n.k.o.m) \qquad (4.5.4)$$
$$arV^{K.n}_{m.n} = arH^{K.n}_{o.n}\cdot\sin\phi_{m.n} - {}_{LT}V(n.k.o.m) \qquad (4.5.5)$$
$$ar(\Delta\gamma)^{K.n}_{m.n} = {}_1Cm.n\cdot arM^{K.n}_{m.n} + {}_2Bm.n\cdot arH^{K.n}_{m.n} + {}_2Cm.n\cdot arV^{K.n}_{m.n} - r.2D^{K.n}_{m.n} \qquad (4.5.6)$$
$$ar(\Delta S)^{K.n}_{m.n} = -{}_1Bm.n\cdot arM^{K.n}_{m.n} - {}_3Bm.n\cdot arH^{K.n}_{m.n} - {}_2Bm.n\cdot arV^{K.n}_{m.n} + r.3D^{K.n}_{m.n} \qquad (4.5.7)$$
$$ar(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n} = {}_1Am.n\cdot arM^{K.n}_{m.n} + {}_1Bm.n\cdot arH^{K.n}_{m.n} + {}_1Cm.n\cdot arV^{K.n}_{m.n} - r.1D^{K.n}_{m.n} \qquad (4.5.8)$$

(4.5.3) ~ (4.5.8) 式を $n=1,2,\cdots 6$; $K=0,1,2\cdots n$; $m=0,1,2,\cdots n$ について計算する.

4.6 集中荷重

$$r.1D^{C}_{m.n} = a\alpha_{2.n} \qquad (4.6.1)$$
$$r.2D^{C}_{m.n} = a\gamma_{n}\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2.n}(\gamma^{m.n}_{n.n}) \qquad (4.6.2)$$
$$r.3D^{C}_{m.n} = a\gamma_{n}\cdot\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2.n}(\chi^{m.n}_{n.n}) \qquad (4.6.3)$$
$$s.1D^{C}_{m.n} = 0 \qquad (4.6.4)$$
$$s.2D^{C}_{m.n} = a\beta_{n}\cdot\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \qquad (4.6.5)$$
$$s.3D^{C}_{m.n} = -a\beta_{n}\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \qquad (4.6.6)$$
$$arM^{C}_{o.n} = \frac{r.1D^{C}_{o.n}\cdot{}_3Bo.n - r.3D^{C}_{o.n}\cdot{}_1Bo.n}{{}_1Ao.n\cdot{}_3Bo.n - ({}_1Bo.n)^2} \qquad (4.6.7)$$

$$arH^{c}_{o,n} = \frac{r_{.3}D^{c}_{o,n}\cdot{}_1A_{o,n} - r_{.1}D^{c}_{o,n}\cdot{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.6.8}$$

$$asM^{c}_{o,n} = \frac{s_{.1}D^{c}_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - s_{.3}D^{c}_{o,n}\cdot{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.6.9}$$

$$asH^{c}_{o,n} = \frac{s_{.3}D^{c}_{o,n}\cdot{}_1A_{o,n} - s_{.1}D^{c}_{o,n}\cdot{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.6.10}$$

(4.6.1)～(4.6.6)を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots n$ について計算し (4.6.7)～(4.6.10)を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する.

$$arM^{c}_{m,n} = arM^{c}_{o,n} + arH^{c}_{o,n}(\chi^{o,n}_{m,n}) \tag{4.6.11}$$

$$arH^{c}_{m,n} = arH^{c}_{o,n}\cdot\cos\phi_{m,n} \tag{4.6.12}$$

$$arV^{c}_{m,n} = arH^{c}_{o,n}\cdot\sin\phi_{m,n} \tag{4.6.13}$$

$$asM^{c}_{m,n} = asM^{c}_{o,n} + asH^{c}_{o,n}(\chi^{o,n}_{m,n}) \tag{4.6.14}$$

$$asH^{c}_{m,n} = asH^{c}_{o,n}\cdot\cos\phi_{m,n} \tag{4.6.15}$$

$$asV^{c}_{m,n} = asH^{c}_{o,n}\cdot\sin\phi_{m,n} \tag{4.6.16}$$

$$ar(\Delta r)^{c}_{m,n} = {}_1C_{m,n}\cdot arM^{c}_{m,n} + {}_2B_{m,n}\cdot arH^{c}_{m,n} + {}_2C_{m,n}\cdot arV^{c}_{m,n} - r_{.2}D^{c}_{m,n} \tag{4.6.17}$$

$$ar(\Delta s)^{c}_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot arM^{c}_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot arH^{c}_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot arV^{c}_{m,n} + r_{.3}D^{c}_{m,n} \tag{4.6.18}$$

$$ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot arM^{c}_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot arH^{c}_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot arV^{c}_{m,n} - r_{.1}D^{c}_{m,n} \tag{4.6.19}$$

$$as(\Delta r)^{c}_{m,n} = {}_1C_{m,n}\cdot asM^{c}_{m,n} + {}_2B_{m,n}\cdot asH^{c}_{m,n} + {}_2C_{m,n}\cdot asV^{c}_{m,n} - s_{.2}D^{c}_{m,n} \tag{4.6.20}$$

$$as(\Delta s)^{c}_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot asM^{c}_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot asH^{c}_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot asV^{c}_{m,n} + s_{.3}D^{c}_{m,n} \tag{4.6.21}$$

$$as(\Delta\theta)^{c}_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot asM^{c}_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot asH^{c}_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot asV^{c}_{m,n} - s_{.1}D^{c}_{m,n} \tag{4.6.22}$$

(4.6.11)～(4.6.22)式を $n=1,2,3,\cdots 6$; $m=0,1,2,3\cdots n$ について計算する.

4.7 温度荷重による撓み

$$t_{m+\frac{1}{4},n} = t_{m,n} + \frac{1}{4}(t_{m+1,n} - t_{m,n}) \tag{4.7.1}$$

$$\omega_{m+\frac{1}{4},n} = \omega_{m,n} + \frac{1}{4}(\omega_{m+1,n} - \omega_{m,n}) \tag{4.7.2}$$

これを $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots n$; $j=0,1,2,3$ について計算する.

$$t_{.1}D_{m,n} = \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}\cdot\gamma_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{4}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{6}{8},n} + \omega_{i+1,n}\cdot\gamma_{i+1,n}\} \tag{4.7.3}$$

$$t_{.2}D_{m,n} = \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(y^{m,n}_{i,n})\cdot\gamma_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\cdot\gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})\cdot\gamma_{i+\frac{4}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})\cdot\gamma_{i+\frac{6}{8},n} + \omega_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})\cdot\gamma_{i+1,n}\} - \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\cdot\{t_{i,n}\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cdot\gamma_{i,n} + 4t_{i+\frac{1}{4},n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\cdot\gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 2t_{i+\frac{2}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{4}{8},n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{6}{8},n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot\gamma_{i+1,n}\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\} \tag{4.7.4}$$

$$t_{.3}D_{m,n} = \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(\chi^{m,n}_{i,n})\cdot\gamma_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\cdot\gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})\cdot\gamma_{i+\frac{4}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})\cdot\gamma_{i+\frac{6}{8},n} + \omega_{i+1,n}(\chi^{m,n}_{i+1,n})\cdot\gamma_{i+1,n}\} + \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{t_{i,n}\cdot\gamma_{i,n}\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{1}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{2}{8},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{4}{8},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n}\cdot\gamma_{i+\frac{6}{8},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot\gamma_{i+1,n}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\} \tag{4.7.5}$$

$$taM'_{o.n} = \frac{t.1Do.n \cdot {}_3Bo.n - t.3Dan \cdot {}_1Bo.n}{{}_1Ao.n \cdot {}_3Bo.n - ({}_1Bo.n)^2} \quad (4.7.6)$$

$$taH'_{o.n} = \frac{t.3Do.n \cdot {}_1Ao.n - t.1Do.n \cdot {}_1Bo.n}{{}_1Ao.n \cdot {}_3Bo.n - ({}_1Bo.n)^2} \quad (4.7.7)$$

$$taM'_{m.n} = taM'_{o.n} + taH'_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) \quad (4.7.8)$$

$$taH'_{m.n} = taH'_{o.n} \cdot \cos\phi_{m.n} \quad (4.7.9)$$

$$taV'_{m.n} = taH'_{o.n} \cdot \sin\phi_{m.n} \quad (4.7.10)$$

$$ta(\Delta\gamma')_{m.n} = {}_1C_{m.n} \cdot taM'_{m.n} + {}_2B_{m.n} \cdot taH'_{m.n} + {}_2C_{m.n} \cdot taV'_{m.n} - t_2D_{m.n} \quad (4.7.11)$$

$$ta(\Delta S')_{m.n} = -{}_1B_{m.n} \cdot taM'_{m.n} - {}_3B_{m.n} \cdot taH'_{m.n} - {}_2B_{m.n} \cdot taV'_{m.n} + t_3D_{m.n} \quad (4.7.12)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m.n} = {}_1A_{m.n} \cdot taM'_{m.n} + {}_1B_{m.n} \cdot taH'_{m.n} + {}_1C_{m.n} \cdot taV'_{m.n} - t_1D_{m.n} \quad (4.7.13)$$

(4.7.3)~(4.7.5) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について計算する。

(4.7.6)~(4.7.7) を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する。

(4.7.8)~(4.7.13) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について計算する。

第5節 片持梁の単位撓み

5.1. 片持梁の形状計算

(i) $\phi_{m.n} \leqq {}_1\phi_{A.n}$ の時

$$T_{m.n} = T_{c.n} \quad (5.1.1)$$

(ii) $\phi_{m.n} > {}_1\phi_{A.n}$ で $T=+1$ の時

$$T_{m.n} = T_{c.n} + (T_{A.n} - T_{c.n}) \frac{vers(\phi_{m.n} - {}_1\phi_{A.n})}{vers(\phi_{A.m} - {}_1\phi_{A.n})} \quad (5.1.2)$$

(iii) $\phi_{m.n} > {}_1\phi_{A.n}$ で $T=-1$ の時

$$T_{m.n} = \frac{1}{vers({}_1\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})}\left\{T_{c.n} - T_{A.n} \cdot \cos(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n}) + (T_{A.n} - T_{c.n}) \frac{\cos(\phi_{s.n} - {}_1\phi_{A.n})}{\cos(\phi_{m.n} - {}_1\phi_{A.n})}\right\} \quad (5.1.3)$$

(5.1.1)~(5.1.3) を $m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m, m+0.5, m+1.0 \cdots 7.0$ について計算する。

$$ce_{n.n} = -(\chi_{m.n} - \chi_{m.7}) \cdot \sec\phi_{m.n} \quad (5.1.4)$$

(i) $n > m$ の時

$$ue_{m.n} = ce_{m.n} + \frac{T_{m.n}}{2} \quad (5.1.5)$$

$$u\gamma_{m.n} = \gamma_{m.n} + \frac{T_{m.n}}{2} \quad (5.1.6)$$

$$A_{m.n} = \frac{T_{m.n} \cdot \gamma_{m.n}}{a\gamma_{m.n}} \cdot \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.7}) \quad (5.1.7)$$

$$lg_{m.n} = \frac{T_{m.n}}{2}\left\{1 - \frac{1}{6} \cdot \frac{T_{m.n}}{\gamma_{m.n}}\right\} \quad (5.1.8)$$

$$I_{m.n} = \frac{T_{m.n}}{12} \cdot \frac{\gamma_{m.n}}{a\gamma_{m.n}}\left\{1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m.n}}{\gamma_{m.n}}\right)^2\right\} \cdot \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.7}) \quad (5.1.9)$$

(ii) $n = m$ の 時

$$ue_{m.n} = ce_{m.n} + \frac{T_{m.n}}{2} - cC_n \qquad (5.1.10)$$

$$ur_{m.n} = r_{m.n} + \frac{T_{m.n}}{2} - cC_n \qquad (5.1.11)$$

$$A_{m.n} = \frac{(T_{m.n} - cC_n)(r_{m.n} - \frac{1}{2}cC_n)}{ar_{m.n}} \cdot \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.7}) \qquad (5.1.12)$$

$$lg_{m.n} = \frac{T_{m.n} - cC_n}{2}\left(1 - \frac{1}{6}\left(\frac{T_{m.n} - cC_n}{r_{m.n} - \frac{1}{2}cC_n}\right)\right) \qquad (5.1.13)$$

$$I_{m.n} = \frac{(T_{m.n} - cC_n)^3}{12} \cdot \frac{r_{m.n} - \frac{1}{2}cC_n}{ar_{m.n}}\left(1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m.n} - cC_n}{r_{m.n} - \frac{1}{2}cC_n}\right)^2\right) \cdot \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.7}) \qquad (5.1.14)$$

(5.1.4)~(5.1.8) を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+0.5, m+1.0, \cdots 7.0$ について計算し，
(5.1.9) を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, m+2, \cdots 7.0$ について計算する。

5.2. 半径方向単位荷重による断面諸力

半径方向単位荷重 (m, ℓ) による半径方向剪断力 $crV^{m.\ell}_{m.n}$，曲げモーメント $crM^{m.\ell}_{m.n}$，接線方向剪断力 $crH^{m.\ell}_{m.n}$ は次のようにして求める。

(i) $n \geq \ell + 1$ の時

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = crM^{m.\ell}_{m.n} = crH^{m.\ell}_{m.n} = 0 \qquad (5.2.1)$$

(ii) $n = \ell = 6$ の時

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = crM^{m.\ell}_{m.n} = crH^{m.\ell}_{m.n} = 0 \qquad (5.2.2)$$

(iii) $n = \ell \leq 5$ の時

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \qquad (5.2.3)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n} \cdot \frac{1}{3}(Z_{\ell+1} - Z_\ell) \qquad (5.2.4)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = 0 \qquad (5.2.5)$$

(IV) $n \leq \ell - 1$ で $\ell = 6$ の時

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}} \cdot \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \qquad (5.2.6)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \qquad (5.2.7)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}} \cdot \sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \qquad (5.2.8)$$

(V) $n \leq \ell - 1$ で $(n+1) \leq \ell \leq 5$ の時

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \cdot \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \qquad (5.2.9)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \qquad (5.2.10)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \cdot \sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \qquad (5.2.11)$$

これら $crV^{m.\ell}_{m.n}$; $crM^{m.\ell}_{m.n}$; $crH^{m.\ell}_{m.n}$ を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$, $\ell = m, m+1, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について計算する。

5.3. 単位撓みの計算

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cdot\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})\right.$$
$$+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\cdot\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\Big]+\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})\right.$$
$$+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\Big]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right]$$
$$+(crM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m+cV^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_m)\cdot\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta r)^c_{m.m}\right]\cdot\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta s)^c_{m.m}\right]\cdot\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.1)$$

$$cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{-1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})\right.$$
$$+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\Big]$$
$$-\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right]$$
$$+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cdot\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right]$$
$$-(crM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$+K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta r)^c_{m.m}\right]\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})$$
$$-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta s)^c_{m.m}\right]\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.2)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m.m}\right] \qquad (5.3.3)$$

但し. $m=0$ のとき

$$-K^c_0\cdot ar(\Delta r)^c_{0.0} = c\gamma_0+\frac{crM^{0.\ell}_{0.0}}{crV^{0.\ell}_{0.0}}\cdot c\alpha_{2.0} \qquad (5.3.4)$$

$$as(\Delta r)^c_{0.0} = ar(\Delta s)^c_{0.0} = as(\Delta s)^c_{0.0} = 0 \qquad (5.3.5)$$

とする。

これら $cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$; $cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}$; $cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$ を $m=0,1,2,\cdots\cdots 6$; $\ell=m,m+1,\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots\cdots 7$ について計算する。

5.4. 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta r')_{m,n} = \frac{-c}{2}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[w_{m,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cdot\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})\right.$$
$$\left.+w_{m,i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right] \qquad (5.4.1)$$

$$tc(\Delta s')_{m,n} = \frac{+c}{2}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[w_{m,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})\right.$$
$$\left.+w_{m,i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right] \qquad (5.4.2)$$

これら $tc(\Delta r')_{m,n}$; $tc(\Delta s')_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots 7$ について計算する。

第6節. 初期撓み

6.1. 初期撓みの種類

初期撓みとは荷重分割の便宜上, 片持梁又はアーチのいずれか一方に特定の荷重を荷重分割に先立って載荷した場合の撓みをいう。

この初期撓みは荷重分割には加味されるもので, 荷重分割法では自重以外

の鉛直荷重，NO.6 のアーチよりも上部の水平荷重及び地震時の慣性力を片持梁に載荷する．

6.2 鉛直荷重による鉛直力及び曲げモーメント

(i) $Z_{n+1} \leqq H_0$ の時

$$W_{m.n} = \frac{P_{m.n}+P_{m.n+1}}{2}(u e_{m.n} - u e_{m.n+1}) \tag{6.2.1}$$

$$v e_{m.n} = u e_{m.n} - \frac{1}{3}(u e_{m.n} - u e_{m.n+1}) \frac{P_{m.n}+2P_{m.n+1}}{P_{m.n}+P_{m.n+1}} \tag{6.2.2}$$

(ii) $Z_n \leqq H_0 < Z_{n+1}$ の時

$$W_{m.n} = \frac{P_{m.n}}{2}(u e_{m.n} - u e_{m.n+1}) \frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.3}$$

$$v e_{m.n} = u e_{m.n} - \frac{1}{3}(u e_{m.n} - u e_{m.n+1}) \frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.4}$$

(iii) $Z_n \geqq H_0$ の時

$$W_{m.n} = v e_{m.n} = 0 \tag{6.2.5}$$

これら $W_{m.n}$; $v e_{m.n}$ を $m = 0, 1, 2 \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ に対して計算する。
各断面の鉛直荷重による鉛直力及び曲げモーメントは

$$v W_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} W_{m.i} \tag{6.2.6}$$

$$v M_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} W_{m.i}(v e_{m.i} - u e_{m.n} + l_{g\,m.n}) \tag{6.2.7}$$

6.3 水平荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

(i) $Z_7 \geqq H_0 \geqq Z_6$ の時

$$h V_{m.n} = -\frac{1}{2} P_{m.6}(H_0 - Z_6) \frac{u r_{m.6}}{a r_{m.6}} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{6.3.1}$$

$$h M_{m.n} = h V_{m.n}\left[Z_6 + \frac{1}{3}(H_0 - Z_6) - Z_n\right] \tag{6.3.2}$$

$$h H_{m.n} = -\frac{1}{2} P_{m.6}(H_0 - Z_6) \frac{u r_{m.6}}{a r_{m.6}} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{6.3.3}$$

(ii) $H_0 < Z_6$ の時

$Z_{l+1} > H_0 \geqq Z_l$　　但し $l \leqq 5$

とする。

(i) $n > l$ の時

$$h V_{m.n} = h M_{m.n} = h H_{m.n} = 0 \tag{6.3.4}$$

(ii) $n \leqq l$ の時

$$h V_{m.n} = \frac{1}{2} P_{m.l}(Z_{l+1} - H_0) \frac{u r_{m.l}}{a r_{m.l}} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.l}) \tag{6.3.5}$$

$$h M_{m.n} = h V_{m.n}\left\{\frac{1}{3}(Z_{l+1} + Z_l + H_0) - Z_n\right\} \tag{6.3.6}$$

$$h H_{m.n} = \frac{1}{2} P_{m.l}(Z_{l+1} - H_0) \frac{u r_{m.l}}{a r_{m.l}} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.l}) \tag{6.3.7}$$

6.4 地震慣性力による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$sV_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c \, \rho \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m,i+1} + A_{m,i}) \cos \phi_{m,n} \qquad (6.4.1)$$

$$sM_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c \, \rho \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} \{A_{m,i+1}(Z_{i+1} - Z_n) + A_{m,i}(Z_i - Z_n)\} \cos \phi_{m,n} \qquad (6.4.2)$$

$$sH_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c \, \rho \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m,i+1} + A_{m,i}) \sin \phi_{m,n} \qquad (6.4.3)$$

これらを $m = 0, 1, 2, \cdots 6$；$n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する．

6.5 全初期荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$_1V_{m,n} = {}_sV_{m,n} + {}_RV_{m,n} \qquad (6.5.1)$$

$$_1M_{m,n} = {}_wM_{m,n} + {}_sM_{m,n} + {}_RM_{m,n} \qquad (6.5.2)$$

$$_1H_{m,n} = {}_sH_{m,n} + {}_RH_{m,n} \qquad (6.5.3)$$

これらを $m = 0, 1, 2, \cdots 6$；$n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

6.6 初期撓みの計算

$$c_1(\Delta r)_{m,n} = \frac{\sum_{i=m}^{n-1} Z_{i+1} - Z_i}{2E_c} \left\{ \frac{{}_1M_{m,i+1}(Z_n - Z_{i+1}) \cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{I_{m,i+1}} + \frac{{}_1M_{m,i}(Z_n - Z_i) \cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{I_{m,i}} \right\}$$
$$+ \frac{1.5}{E_c} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_1V_{m,i+1} \cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_1V_{m,i} \cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{A_{m,i}} \right\}$$
$$+ \frac{1.2}{E_c} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_1H_{m,i+1} \sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_1H_{m,i} \sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{A_{m,i}} \right\}$$
$$+ ({}_1M_{m,m} \cdot c\alpha_m + {}_1V_{m,m} \cdot c\alpha_{2,m})(Z_n - Z_m) \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n})$$
$$- K_m^c \left[{}_1V_{m,m} \cdot ar(\Delta r)_{m,m}^c + {}_1H_{m,m} \cdot as(\Delta r)_{m,m}^c \right] \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n})$$
$$- K_m^c \left[{}_1V_{m,m} \cdot ar(\Delta s)_{m,m}^c + {}_1H_{m,m} \cdot as(\Delta s)_{m,m}^c \right] \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \qquad (6.6.1)$$

$$c_1(\Delta s)_{m,n} = \frac{\sum_{i=m}^{n-1} Z_{i+1} - Z_i}{2E_c} \left\{ \frac{{}_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}} (Z_n - Z_{i+1}) \sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{{}_1M_{m,i}}{I_{m,i}} (Z_n - Z_i) \sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n}) \right\}$$
$$- \frac{1.5}{E_c} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_1V_{m,i+1}}{A_{m,i+1}} \sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{{}_1V_{m,i}}{A_{m,i}} \sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n}) \right\}$$
$$+ \frac{1.2}{E_c} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_1H_{m,i+1}}{A_{m,i+1}} \cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{{}_1H_{m,i}}{A_{m,i}} \cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n}) \right\}$$
$$- ({}_1M_{m,m} \cdot c\alpha_m + {}_1V_{m,m} \cdot c\alpha_{2,m})(Z_n - Z_m) \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n})$$
$$+ K_m^c \left[{}_1V_{m,m} \cdot ar(\Delta r)_{m,m}^c + {}_1H_{m,m} \cdot as(\Delta r)_{m,m}^c \right] \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n})$$
$$- K_m^c \left[{}_1V_{m,m} \cdot ar(\Delta s)_{m,m}^c + {}_1H_{m,m} \cdot as(\Delta s)_{m,m}^c \right] \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \qquad (6.6.2)$$

$$c_1(\Delta\theta)_{m,n} = -K_m^c \left[{}_1V_{m,m} \cdot ar(\Delta\theta)_{m,m}^c + {}_1H_{m,m} \cdot as(\Delta\theta)_{m,m}^c \right] \qquad (6.6.3)$$

但し，$m = 0$ のとき

$$-K_m^c \cdot ar(\Delta r)_{m,m}^c = c\gamma_0 + \frac{{}_1M_{m,m}}{{}_1V_{m,m}} c\alpha_{2,0} \qquad (6.6.4)$$

$$as(\Delta r)_{m,m}^c = ar(\Delta s)_{m,m}^c = as(\Delta s)_{m,m}^c = ar(\Delta\theta)_{m,m}^c = as(\Delta\theta)_{m,m}^c = 0 \qquad (6.6.5)$$

とする．

これら $c_1(\Delta r)_{m,n}$；$c_1(\Delta s)_{m,n}$；$c_1(\Delta\theta)_{m,n}$ を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$；$n = m, m+1, \cdots 7$ について計算する．但し，${}_1M_{m,7}$；${}_1H_{m,7}$；${}_1V_{m,7}$ は 0 とする。

また，アーチの初期荷重による撓みは

$$a_1(\Delta r)_{m,n} = -K_n^c \left[{}_1V_{n,n} \cdot ar(\Delta r)_{m,n}^c + {}_1H_{n,n} \cdot as(\Delta r)_{m,n}^c \right] \qquad (6.6.6)$$

$$a_I(\Delta S)_{m,n} = -K^c_n\left[{}_I\nabla_{n,n}\cdot ar(\Delta S)^c_{m,n} + {}_IH_{n,n}\cdot as(\Delta S)^c_{m,n}\right] \quad (6.6.7)$$

$$a_I(\Delta\theta)_{m,n} = -K^c_n\left[{}_I\nabla_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m,n} + {}_IH_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m,n}\right] \quad (6.6.8)$$

(6.6.6)～(6.6.8) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について計算する.

第7節 荷重分割

7.1. 外荷重に対する荷重分割

(m,n)点の片持梁の分担荷重を$crP_{m,n}$とすれば(m,n)点の片持梁の半径方向撓みは

$$cr(\Delta r)_{m,n} = c_I(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=n}^{6} crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \cos(\varphi_{m,m}-\varphi_{m,n})\sum_{K=0}^{m}(P_{K,m}-crP_{K,m})\times ar(\Delta r)^{K,m}_{m,m} + \sin(\varphi_{m,m}-\varphi_{m,n})\sum_{K=0}^{m}(P_{K,m}-crP_{K,m})\cdot ar(\Delta S)^{K,m}_{m,m} \quad (7.1.1)$$

(m,n)点のアーチの半径方向撓みは

$$ar(\Delta r)_{m,n} = a_I(\Delta r)_{m,n} + \sum_{K=0}^{n}(P_{K,n}-crP_{K,n})\cdot ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n} - K^c_n\sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left[cr\nabla^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^c_{m,n}\right] \quad (7.1.2)$$

として与えられる. 従って両者の半径方向撓みは一致しなければならないので,

$$cr(\Delta r)_{m,n} = ar(\Delta r)_{m,n} \quad (7.1.3)$$

点(m,n)は $n=0,1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ であるから28ケの未知数$crP_{m,n}$と28ケの方程式が成立する. しかし. $m=n$ なる点では (7.1.1) 式と (7.1.2) 式の値は必ず等しくなるから.

$$crP_{m,m} = P_{m,m}\cdot\sin^2\chi_m \quad (7.1.4)$$

とする. また $m=n=0$ の点では

$$crP_{0,0} = P_{0,0} \quad (7.1.5)$$

とする. 従って (7.1.1), (7.1.2) 式に (7.1.4), (7.1.5) 式を代入した上で $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,2,\cdots n-1$ なる点で (7.1.3) 式を満足するように$crP_{m,n}$の21元連立方程式を解けば$crP_{m,n}$が求められる.

尚. アーチの分担荷重は

$$arP_{m,n} = P_{m,n} - crP_{m,n} \quad (7.1.6)$$

7.2. 温度荷重に対する荷重分割

(m,n)点の片持梁の分担荷重を $tcrP_{m,n}$とすれば (m,n)点の片持梁の半径方向撓みは

$$tcr(\Delta r)_{m,n} = \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \cos(\varphi_{m,m}-\varphi_{m,n})\left\{ta(\Delta r')_{m,m} - \sum_{K=0}^{m} tcrP_{K,m}\cdot ar(\Delta r)^{K,m}_{m,m}\right\} + \sin(\varphi_{m,m}-\varphi_{m,n})\left\{ta(\Delta S')_{m,m} - \sum_{K=0}^{m} tcrP_{K,m}\cdot ar(\Delta S)^{K,m}_{m,m}\right\} + tc(\Delta r')_{m,n} \quad (7.2.1)$$

(m,n) 点のアーチの半径方向撓みは

$$tar(\Delta r)_{m,n} = ta(\Delta r')_{m,n} - \sum_{k=0}^{n} tcrP_{k,n} \cdot ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n} - K^{c}_{n} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell} \left\{ crV^{n,\ell}_{n,n} \cdot ar(\Delta r)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n} \cdot as(\Delta r)^{c}_{m,n} \right\} \quad (7.2.2)$$

として与えられる．両者の撓みは一致しなければならないから

$$tcr(\Delta r)_{m,n} = tar(\Delta r)_{m,n} \quad (7.2.3)$$

こゝに $tcrP_{m,m} = 0 \quad (m = 0, 1, \cdots 6)$ (7.2.4)

とする．

(7.2.3)式は $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 0, 1, \cdots (n-1)$ なる21ケの点で成立するから，これらを連立に解いて $tcrP_{m,n}$ を求める．

$$tarP_{m,n} = -tcrP_{m,n} \quad (7.2.5)$$

7.3 片持梁およびアーチの撓みおよび不静定諸力

片持梁およびアーチの外荷重による半径方向撓みは(7.1.1)式および(7.1.2)式により求められる．接線方向撓みおよびねじれ角は

$$cr(\Delta s)_{m,n} = cI(\Delta s)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} - \sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} arP_{k,m} \times ar(\Delta r)^{k,m}_{m,m} + \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} arP_{k,m} \cdot ar(\Delta s)^{k,m}_{m,m} \quad (7.3.1)$$

$$ar(\Delta s)_{m,n} = aI(\Delta s)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n} arP_{k,n} \cdot ar(\Delta s)^{k,n}_{m,n} - K^{c}_{n} \sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell} \left\{ crV^{n,\ell}_{n,n} \times ar(\Delta s)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n} \cdot as(\Delta s)^{c}_{m,n} \right\} \quad (7.3.2)$$

$$cr(\Delta\theta)_{m,n} = cI(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{k=0}^{m} arP_{k,m} \cdot ar(\Delta\theta)^{k,m}_{m,m} \quad (7.3.3)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m,n} = aI(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n} arP_{k,n} \cdot ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} - K^{c}_{n} \sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell} \cdot \left\{ crV^{n,\ell}_{n,n} \times ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n} + crH_{n,n} \cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n} \right\} \quad (7.3.4)$$

片持梁およびアーチの温度荷重による半径方向撓みは(7.2.1)，(7.2.2)式により求められる．また接線方向撓みおよびねじれ角は

$$tcr(\Delta s)_{m,n} = tc(\Delta s')_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} - \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \left\{ ta(\Delta r)_{m,m} + \sum_{k=0}^{m} tarP_{k,m} \cdot ar(\Delta r)^{k,m}_{m,m} \right\} + \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \left\{ ta(\Delta s')_{m,m} + \sum_{k=0}^{m} tarP_{k,m} \cdot ar(\Delta s)^{k,m}_{m,m} \right\} \quad (7.3.5)$$

$$tar(\Delta s)_{m,n} = ta(\Delta s')_{m,n} + \sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n} \cdot ar(\Delta s)^{k,n}_{m,n} - K^{c}_{n} \sum_{\ell=n}^{6} tarP_{n,\ell} \left\{ crV^{n,\ell}_{n,n} \cdot ar(\Delta s)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n} \cdot as(\Delta s)^{c}_{m,n} \right\} \quad (7.3.6)$$

$$tcr(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,m} + \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{k=0}^{m} tarP_{k,m} \cdot ar(\Delta\theta)^{k,m}_{m,m} \quad (7.3.7)$$

$$tar(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,n} + \sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n} \cdot ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} - K^{c}_{n} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell} \times \left\{ crV^{n,\ell}_{n,n} \cdot ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n} \cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n} \right\} \quad (7.3.8)$$

また片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

$$crM_{m,n} = IM_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot crM^{m,\ell}_{m,n} \quad (7.3.9)$$

$$crV_{m,n} = IV_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot crV^{m,\ell}_{m,n} \quad (7.3.10)$$

$$crH_{m,n} = IH_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell} \cdot crH^{m,\ell}_{m,n} \quad (7.3.11)$$

$$arM_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} arP_{k,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n}-K^{c}_{n}\left\{{}_{I}V_{n,n}\cdot arM^{c}_{m,n}+{}_{I}H_{n,n}\cdot asM^{c}_{m,n}\right\}$$
$$-K^{c}_{n}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arM^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asM^{c}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.12)$$

$$arH_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} arP_{k,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n}-K^{c}_{n}\left\{{}_{I}V_{n,n}\cdot arH^{c}_{m,n}+{}_{I}H_{n,n}\cdot asH^{c}_{m,n}\right\}$$
$$-K^{c}_{n}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arH^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asH^{c}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.13)$$

$$arV_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} arP_{k,n}\cdot arV^{k,n}_{m,n}-K^{c}_{n}\left\{{}_{I}V_{n,n}\cdot arV^{c}_{m,n}+{}_{I}H_{n,n}\cdot asV^{c}_{m,n}\right\}$$
$$-K^{c}_{n}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arV^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asV^{c}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.14)$$

片持梁およびアーチの温度荷重による不静定諸力は

$$tcrM_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crM^{m,\ell}_{m,n} \qquad (7.3.15)$$

$$tcrV_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crV^{m,\ell}_{m,n} \qquad (7.3.16)$$

$$tcrH_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n} \qquad (7.3.17)$$

$$tarM_{m,n}=taM'_{m,n}+\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n}$$
$$-K^{c}_{n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arM^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asM^{c}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.18)$$

$$tarH_{m,n}=taH'_{m,n}+\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n}$$
$$-K^{c}_{n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arH^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asH^{c}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.19)$$

$$tarV_{m,n}=taV'_{m,n}+\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\cdot arV^{k,n}_{m,n}$$
$$-K^{c}_{n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arV^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asV^{c}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.20)$$

(7.1.1), (7.2.1), (7.3.1), (7.3.3), (7.3.5), (7.3.7) を $m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m, m+1, \cdots 7$ について計算し、(7.1.2), (7.2.2), (7.3.2), (7.3.4), (7.3.6), (7.3.8), (7.3.9)～(7.3.20)に対し、$m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

第8節 自重応力

8.1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$wW_{m,n}=\rho_c\sum_{i=n}^{6}\frac{(Z_{i+1}-Z_i)}{6}\left(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}\right) \qquad (8.1.1)$$

$$wM_{m,n}=\rho_c\sum_{i=n}^{6}\frac{(Z_{i+1}-Z_i)}{6}\Big\{A_{m,i+1}\left(ue_{m,i+1}-lg_{m,i+1}\right)\cdot\cos\left(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+1}\right)$$
$$+4A_{m,i+0.5}\left(ue_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5}\right)\cdot\cos\left(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+0.5}\right)$$
$$+A_{m,i}\left(ue_{m,i}-lg_{m,i}\right)\cdot\cos\left(\phi_{m,n}-\phi_{m,i}\right)\Big\}-\left(ue_{m,n}-lg_{m,n}\right)wW_{m,n} \qquad (8.1.2)$$

8.2 自重による鉛直応力

$$w\sigma_{u,m,n} = \frac{wW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{wM_{m,n}\cdot \ell g_{m,n}}{I_{m,n}} \qquad (8.2.1)$$

(i) $n > m$ のとき

$$w\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}\cdot T_{m,n}}{I_{m,n}} \qquad (8.2.2)$$

(ii) $n = m$ のとき

$$w\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - cC_n) \qquad (8.2.3)$$

(8.1.1), (8.1.2), (8.2.1), (8.2.2), (8.2.3) を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots n$ について計算する。

第9節 応力計算

9.1 片持梁応力

$$c\sigma_{u,m,n} = \frac{vW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}\ell g_{m,n} \qquad (9.1.1)$$

$$t\sigma_{u,m,n} = \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}\ell g_{m,n} \qquad (9.1.2)$$

(i) $n > m$ のとき

$$c\sigma_{d,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}\cdot T_{m,n} \qquad (9.1.3)$$

$$t\sigma_{d,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}\cdot T_{m,n} \qquad (9.1.4)$$

(ii) $n = m$ のとき

$$c\sigma_{d,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,m} - cC_n) \qquad (9.1.5)$$

$$t\sigma_{d,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - cC_n) \qquad (9.1.6)$$

(m,n)点の全片持梁応力は

$$\sigma_{u,m,n} = w\sigma_{u,m,n} + c\sigma_{u,m,n} + t\sigma_{u,m,n} \qquad (9.1.7)$$

$$\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{d,m,n} + c\sigma_{d,m,n} + t\sigma_{d,m,n} \qquad (9.1.8)$$

(9.1.1) ~ (9.1.8) を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

9.2 アーチの応力

(m,n)点の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma_{E,m,n} = \frac{arH_{m,n}}{T_{m,n}} + \frac{6\cdot arM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.1)$$

$$c\sigma_{I,m,n} = \frac{arH_{m,n}}{T_{m,n}} - \frac{6\cdot arM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.2)$$

(m,n)点の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma_{E,m,n} = \frac{tarH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{tarM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.3)$$

$$t\sigma_{I,m,n} = \frac{tarH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{tarM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.4)$$

(m,n)点の全アーチ応力は

$$\sigma_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} \qquad (9.2.5)$$

$$\sigma_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} \qquad (9.2.6)$$

(9.2.1) ～ (9.2.6) を $m = 0,1,2,\cdots 6$; $n = m, m+1 \cdots 6$ について計算する。

第10節 出力

a.) 入力データ

入力データを出力する。

b.) 形状

$T_{m,n}$; $ue_{m,n}$; $A_{m,n}$; $\ell g_{m,n}$; $I_{m,n}$; $\phi_{m,n}$; $\chi_{m,n}$; $y_{m,n}$

これらを $m = 0,1,2,\cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について出力する。

出力の形式は表-5の如くである。

c) 基礎岩盤の変形常数

$c\alpha_m$; $c\alpha_{2,m}$; $c\gamma_m$	$m = 0,1,2,\cdots 6$
$a\alpha_n$; $a\alpha_{2,n}$; $a\beta_n$; $a\gamma_n$	$n = 1,2,\cdots 6$
$\tan\chi_n$; K^c_n	$n = 1,2,\cdots 6$

出力の形式は表-6の如くである。

d) 荷重

$P_{m,n}$; $crP_{m,n}$; $arP_{m,n}$; $tcrP_{m,n}$; $tarP_{m,n}$; $crP_{m,n} + tcrP_{m,n}$; $arP_{m,n} + tarP_{m,n}$

$m = 0,1,2\cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について出力する。

出力の形式は表-7の如くである。

e) 撓み

$cr(\Delta r)_{m,n}$; $cr(\Delta s)_{m,n}$; $cr(\Delta\theta)_{m,n}$; $tcr(\Delta r)_{m,n}$; $tcr(\Delta s)_{m,n}$; $tcr(\Delta\theta)_{m,n}$;

$cr(\Delta r)_{m,n} + tcr(\Delta r)_{m,n}$; $cr(\Delta s)_{m,n} + tcr(\Delta s)_{m,n}$; $cr(\Delta\theta)_{m,n} + tcr(\Delta\theta)_{m,n}$

$m = 0,1,2,\cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について出力する。

出力の形式は表-5の如くである。

$ar(\Delta r)_{m,n}$; $ar(\Delta S)_{m,n}$; $ar(\Delta\theta)_{m,n}$; $tar(\Delta r)_{m,n}$; $tar(\Delta S)_{m,n}$; $tar(\Delta\theta)_{m,n}$;
$ar(\Delta r)_{m,n}+tar(\Delta r)_{m,n}$; $ar(\Delta S)_{m,n}+tar(\Delta S)_{m,n}$; $ar(\Delta\theta)_{m,n}+tar(\Delta\theta)_{m,n}$;
$n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について出力する。
出力形式は表-6の如くである。

f)不静定諸力

$vW_{m,n}$; $wW_{m,n}$; $crM_{m,n}$; $crV_{m,n}$; $crH_{m,n}$; $tcrM_{m,n}$; $tcrV_{m,n}$; $tcrH_{m,n}$; $wM_{m,n}$;
$m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots 6$ について出力する。
出力形式は表-7の如くである。

$arM_{m,n}$; $arH_{m,n}$; $arV_{m,n}$; $tarM_{m,n}$; $tarH_{m,n}$; $tarV_{m,n}$ $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について出力する。
その出力形式は表-8の如くである。

g)応力

$c\sigma_{u,m,n}$; $c\sigma_{\alpha,m,n}$; $t\sigma_{u,m,n}$; $t\sigma_{\alpha,m,n}$; $w\sigma_{u,m,n}$; $w\sigma_{\alpha,m,n}$; $\sigma_{u,m,n}$; $\sigma_{\alpha,m,n}$ $m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots 6$ について出力する。
出力形式は表-7の如くである。

$c\sigma_{E,m,n}$; $c\sigma_{I,m,n}$; $t\sigma_{E,m,n}$; $t\sigma_{I,m,n}$; $\sigma_{E,m,n}$; $\sigma_{I,m,n}$ $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,\cdots n$ について出力する。
出力形式は表-8の如くである。

第3章. 対称三心不等厚アーチ完全調整 (NO.3 プログラム)

第1節 入力データの作製方法

入力データは表-11に示す様な方式によりI.B.M. データーシートに記入する.

即ち対称三心不等厚アーチの半径方向調整の場合とほとんど同じであるが, 第18行目のEc.Vc.VR,Cのあとに, N_1, N_2 を記入する. N_1 は31~35欄に N_2 は36~40欄に記入入する。これら N_1, N_2 はいづれも標高ナンバーで記入し, 0~6の正整数でなければならない。また、このプログラムでは前述したようにキレツ片持梁法の計算を行わないので第20行目の cC_n はすべて0として記入する.

第2節 座標および荷重計算

2.1. 座標計算

(i) $_1r_7\{\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})-\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m}-{}_1\phi_{A,7})\} \geqq (_1r_m+\chi_{c,m})\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})$
$+(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A,m}$ のとき

$$\phi_{m,7}={}_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m}-\sin^{-1}\left[\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})-\frac{1}{{}_1r_7}\left\{(_1r_m+\chi_{c,m})\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})+(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A,m}\right\}\right] \quad (2.1.1)$$

$$\chi_{m,7}={}_1r_7(1-\cos\phi_{m,7}) \quad (2.1.2)$$

$$y_{m,7}={}_1r_7\sin\phi_{m,7} \quad (2.1.3)$$

(ii) $_1r_7\left\{\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})-\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m}-{}_1\phi_{A,7})\right\} < (_1r_m+\chi_{c,m})\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})$
$+(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A,m}$ のとき

$$\phi_{m,7}={}_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m}-\sin^{-1}\frac{1}{{}_2r_7}\left[{}_1r_7\cdot\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})+(_2r_7-{}_1r_7)\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m}-{}_1\phi_{A,7})-(_1r_m+\chi_{c,m})\sin(_1\phi_{A,m}+{}_2\phi_{A,m})-(_2r_m-{}_1r_m)\sin{}_2\phi_{A,m}\right] \quad (2.1.4)$$

$$\chi_{m,7}={}_1r_7(1-\cos{}_1\phi_{A,7})+{}_2r_7(\cos{}_1\phi_{A,7}-\cos\phi_{m,7}) \quad (2.1.5)$$

$$y_{m,7}={}_1r_7\cdot\sin{}_1\phi_{A,7}+{}_2r_7(\sin\phi_{m,7}-\sin{}_1\phi_{A,7}) \quad (2.1.6)$$

これら $\phi_{m,7}$, $\chi_{m,7}$, $y_{m,7}$ を $m=0,1,2,\cdots 7$ について計算する.

(i) $\tan{}_1\phi_{A,n} \geqq \dfrac{y_{m,7}}{{}_1r_n+\chi_{c,n}-\chi_{m,7}}$ のとき

$$\phi_{m,n}=\tan^{-1}\frac{y_{m,7}}{{}_1r_n+\chi_{c,n}-\chi_{m,7}} \quad (2.1.7)$$

$$\chi_{m,n}={}_1r_n(1-\cos\phi_{m,n})+\chi_{c,n} \quad (2.1.8)$$

$$y_{m,n}={}_1r_n\cdot\sin\phi_{m,n} \quad (2.1.9)$$

$$r_{m,n}={}_1r_n \quad (2.1.10)$$

表-11 NO.1プログラム入力データー

IBM DATA SHEET

PROBLEM ア-4ダム NO.3プログラム WRITTEN BY PAGE OF

IBMデータ・センター

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
1		

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1	t0.6										t1.6										t2.6										t3.6										t4.6										t5.6										t6.6									

(ii) $\tan_1\phi_{A,n} < \dfrac{y_{m,7}}{{}_1r_n + x_{c,n} - x_{m,7}}$ のとき

$$\phi_{m,n} = \tan^{-1}\frac{y_{m,7} + ({}_2r_n - {}_1r_n)\sin_1\phi_{A,n}}{{}_1r_n + x_{c,n} - x_{m,7} + ({}_2r_n - {}_1r_n)\cos_1\phi_{A,n}} \quad (2.1.11)$$

$$x_{m,n} = {}_1r_n(1-\cos_1\phi_{A,n}) + {}_2r_n(\cos_1\phi_{A,n} - \cos\phi_{m,n}) + x_{c,n} \quad (2.1.12)$$

$$y_{m,n} = {}_1r_n\sin_1\phi_{A,n} + {}_2r_n(\sin\phi_{m,n} - \sin_1\phi_{A,n}) \quad (2.1.13)$$

$$r_{m,n} = {}_2r_n \quad (2.1.14)$$

$$ar_{m,n} = r_{m,n} + (x_{m,n} - x_{m,1})\sin\phi_{m,n} \quad (2.1.15)$$

これら $\phi_{m,n}$; $x_{m,n}$; $y_{m,n}$; $r_{m,n}$; $ar_{m,n}$ を $m = 0, 1, 2, \cdots 7$, $n = m, m+0.5, m+1, \cdots 7.0$ について計算する.

2.2 荷重の計算

(i) $H_0 \leq Z_n$ のとき

$${}_0P_n = 0$$

(ii) $H_0 > Z_n$ のとき (2.2.1)

$${}_0P_n = H_0 - Z_n \quad (2.2.2)$$

(i) $H_\alpha \leq Z_n$ のとき

$${}_\alpha P_{m,n} = 0 \quad (2.2.3)$$

(ii) $H_\alpha > Z_n$ のとき

$${}_\alpha P_{m,n} = \frac{7}{\beta}\rho\sqrt{(H_\alpha - Z_m)(H_\alpha - Z_n)} \quad (2.2.4)$$

(i) $H_s \leq Z_n$ のとき

$${}_sP_n = 0 \quad (2.2.5)$$

(ii) $H_s > Z_n$ のとき

$${}_sP_n = C_e\rho_s(H_s - Z_n) \quad (2.2.6)$$

$$P_{m,n} = {}_0P_n + {}_\alpha P_{m,n} + {}_sP_n \quad (2.2.7)$$

$P_{m,n}$ を $m = 0, 1, 2 \cdots n$; $n = m, m+1 \cdots 6$ について計算する.

第3節 基礎岩盤の変形常数

3.1 基礎の面積係数と傾角

$T_{A,n}$ の中の最大値を a とする.

$$\ell = 2\sum_{n=0}^{6}\sqrt{(Z_{n+1} - Z_n)^2 + (x_{n+1,n+1} - x_{n,n})^2 + (y_{n+1,n+1} - y_{n,n})^2} \quad (3.1.1)$$

面積係数は

$$\zeta = \ell/a \quad (3.1.2)$$

傾角は

(i) $6 \leq n < 1$ のとき

$$\chi_n = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{{}_1\gamma_{n+1}\cdot{}_1\phi_{A,n+1} + {}_2\gamma_{n+1}\cdot{}_2\phi_{A,n+1} - {}_1\gamma_n\cdot{}_1\phi_{A,n} - {}_2\gamma_n\cdot{}_2\phi_{A,n}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{{}_1\gamma_n\cdot{}_1\phi_{A,n} + {}_2\gamma_n\cdot{}_2\phi_{A,n} - {}_1\gamma_{n-1}\cdot{}_1\phi_{A,n-1} - {}_2\gamma_{n-1}\cdot{}_2\phi_{A,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}\right\} \quad (3.1.3)$$

(ii) $n = 1$ のとき

$$\chi_1 = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{{}_1\gamma_2\cdot{}_1\phi_{A,2} + {}_2\gamma_2\cdot{}_2\phi_{A,2} - {}_1\gamma_1\cdot{}_1\phi_{A,1} - {}_2\gamma_1\cdot{}_2\phi_{A,1}}{Z_2 - Z_1} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{{}_1\gamma_3\cdot{}_1\phi_{A,3} + {}_2\gamma_3\cdot{}_2\phi_{A,3} - {}_1\gamma_1\cdot{}_1\phi_{A,1} - {}_2\gamma_1\cdot{}_2\phi_{A,1}}{Z_3 - Z_1}\right\} \quad (3.1.4)$$

χ_n について $n = 1, \cdots\cdots 6$ に対して計算を行う。

3.2 基礎岩盤の変形常数

$$K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\frac{\sqrt{1+\zeta^2}(3-14\zeta^2-2\zeta^4)+15\zeta^3+2\zeta^5-3}{15\zeta} + \zeta \log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right\} \quad (3.2.1)$$

$$K_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2} + \frac{\zeta}{2}\log\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta} - \frac{\sqrt{(4+\zeta^2)^3}-\zeta^3-8}{12\zeta}\right\} \quad (3.2.2)$$

$$K_3 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2}\right) + \zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right) - \frac{\sqrt{(1+\zeta^2)^3}-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta} - \frac{\sqrt{1+\zeta^2}(2\zeta^2-1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right] \quad (3.2.3)$$

$$K_4 = \frac{1}{5\pi}\left\{(90 - \frac{40}{\zeta} + \frac{20}{\zeta^2} - \frac{6}{\zeta^4} + \frac{36}{7\zeta^6}) + \nu_R(90 - \frac{96}{\zeta} + \frac{60}{\zeta^2} - \frac{30}{\zeta^4} + \frac{252}{7\zeta^6}) - \nu_R^2(\frac{48}{\zeta} - \frac{40}{\zeta^2} + \frac{24}{\zeta^4} - \frac{216}{7\zeta^6})\right\} \quad (3.2.4)$$

$$K_5 = (1-\nu_R-2\nu_R^2)\left\{1 - \frac{1}{2\pi}\left[4(1+\zeta^2)\tan^{-1}\frac{1}{\zeta} - 3\zeta - \zeta^3\log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2} + \frac{1}{\zeta}\log(1+\zeta^2)\right]\right\} \quad (3.2.5)$$

$$K_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta} + \frac{2}{\zeta}\log\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2} - \frac{\sqrt{(4+\zeta^2)^3}-8-\zeta^3}{6\zeta^2}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{2}{\zeta}\log\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2} - \frac{\sqrt{4+\zeta^2}(8-\zeta^2)-16+\zeta^3}{6\zeta^2}\right\}\right] \quad (3.2.6)$$

$$\alpha'_n = K_1/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}^2) \quad (3.2.7)$$

$$\beta'_n = K_2/E_{R,n} \quad (3.2.8)$$

$$\gamma'_n = K_3/E_{R,n} \quad (3.2.9)$$

$$\delta'_n = K_4/(E_{R,n}\cdot T_{A,n}^2) \quad (3.2.10)$$

$$\alpha''_n = K_5/(E_{R,n}\cdot T_{A,n})$$

$$\textcircled{\gamma}_n = K_6/E_{R,n}$$

$K_1 \sim K_6$ を (3.1.2) で求めたちにより計算し、これを用いて (3.2.7)~(3.2.12) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

3.3 アーチの基礎常数

$$a\alpha_n = \alpha'_n \cdot \cos^3\chi_n + \delta'_n \cdot \sin^2\chi_n \cdot \cos\chi_n \quad (3.3.1)$$

$$a\alpha_{2.n} = \alpha''_n \cdot \cos^2\chi_n \quad (3.3.2)$$

$$a\beta_n = \beta'_n \cdot \cos^3\chi_n + \gamma_n \cdot \sin^2\chi_n \cdot \cos\chi_n \quad (3.3.3)$$

$$a\gamma_n = \gamma'_n \cdot \cos\chi_n \quad (3.3.4)$$

(3.3.1)~(3.3.4) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

3.4 片持梁の基礎常数

$$c\alpha_m = (\alpha'_m \cdot \sin^3\chi_m + \delta'_m \cdot \cos^2\chi_m \cdot \sin\chi_m)\frac{a\gamma_{m.n}}{\gamma_{m.n}} \quad (3.4.1)$$

$$c\alpha_{2.m} = (\alpha_m \cdot \sin^2\chi_m)\frac{a\gamma_{m.n}}{\gamma_{m.n}} \quad (3.4.2)$$

$$c\gamma_m = (\gamma'_m \cdot \sin\chi_m)\frac{a\gamma_{m.n}}{\gamma_{m.n}} \quad (3.4.3)$$

(3.4.1)~(3.4.3) を $m = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。なお $m = 0$ のときは

$$c\alpha_0 = \frac{K_1}{E_{R0} \cdot T_{c.0}} \cdot \frac{a\gamma_{0.0}}{\gamma_{0.0}} \quad (3.4.4)$$

$$c\alpha_{2.0} = \frac{K_5}{E_{R0} \cdot T_{c.0}} \cdot \frac{a\gamma_{0.0}}{\gamma_{0.0}} \quad (3.4.5)$$

$$c\gamma_0 = \frac{K}{E_{R0}} \cdot \frac{a\gamma_{0.0}}{\gamma_{0.0}} \quad (3.4.6)$$

として計算する。

3.5 集中荷重の係数

$$K^c_m = \frac{a\gamma_{m.n}}{\gamma_{m.m}} \cdot \tan\chi_m \quad (3.5.1)$$

(3.5.1) を $m = 1, 2, \cdots 6$ につき計算する。

第4節 アーチの単位撓み

4.1 アーチの形状計算

(i) $\phi_{m.n} \leqq {}_1\phi_{A.n}$ のとき

$$\psi_{m.n} = \phi_{m.n} \quad (4.1.1)$$

(ii) $\phi_{m.n} > {}_1\phi_{A.n}$ のとき

$$\psi_{m.n} = {}_1\phi_{A.n} + \frac{2\gamma_n}{1\gamma_n}(\phi_{m.n} - {}_1\phi_{A.n}) \quad (4.1.2)$$

とする。

$$\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} = \psi_{m,n} + \frac{j}{\delta}(\psi_{m+1,n} - \psi_{m,n}) \tag{4.1.3}$$

とする。

(i) $\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} = \psi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.4}$$

$$T_{m+\frac{j}{\delta},n} = T_{C,n} \tag{4.1.5}$$

$$u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n(1-\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}) - \frac{T_{C,n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.6}$$

$$uy_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n \cdot \sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} + \frac{T_{C,n}}{2}\cdot\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.7}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n}) = ({}_1r_n + \frac{T_{C,n}}{2})\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.8}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{m+\frac{j}{\delta},n}) = ({}_1r_n + \frac{T_{C,n}}{2})\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.9}$$

(ii) $\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} > {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1\phi_{A,n} + \frac{{}_1r_n}{{}_2r_n}(\psi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n}) \tag{4.1.10}$$

$$T_{m+\frac{j}{\delta},n} = T_{C,n} + (T_{A,n} - T_{C,n})\frac{vers(\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n})}{vers\,{}_2\phi_{A,n}} \tag{4.1.11}$$

$$u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n(1-\cos{}_1\phi_{A,n}) + {}_2r_n(\cos{}_1\phi_{A,n} - \cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}) - \frac{T_{m+\frac{j}{\delta},n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.12}$$

$$uy_{m+\frac{j}{\delta},n} = {}_1r_n \cdot \sin{}_1\phi_{A,n} + {}_2r_n(\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - \sin{}_1\phi_{A,n}) + \frac{T_{m+\frac{j}{\delta},n}}{2}\cdot\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.13}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{m+\frac{j}{\delta},n}) = \left[({}_2r_n + \frac{T_{C,n}}{2})\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} + \frac{T_{A,n}-T_{C,n}}{2\,vers_2\phi_{A,n}}\left\{\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - \sin(2\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n})\right\}\right]\frac{{}_1r_n}{{}_2r_n} \tag{4.1.14}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{m+\frac{j}{\delta},n}) = \left[({}_2r_n + \frac{T_{C,n}}{2})\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} + \frac{T_{A,n}-T_{C,n}}{2\,vers_2\phi_{A,n}}\left\{\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - \cos(2\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} - {}_1\phi_{A,n})\right\}\right]\frac{{}_1r_n}{{}_2r_n} \tag{4.1.15}$$

とする。(4.1.1), (4.1.2) については $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots m$ に対して計算する。(4.1.3)~(4.1.15) については $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots n$; $j=0,1,2,\cdots 7$ について計算する。ただし $m=n$ のとき, $j=0$ 以外は計算しない。

$i \geqq m$ とし, (m,n) 点に原点をおき, (m,n) 点におけるアーチ中心線の法線を x 軸, 接線を y 軸としたときの $(i+\frac{j}{\delta},n)$ 点の座標を $(x^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n})$, $(y^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n})$ とする。

(i) $\phi_{m,n} \leqq \phi_{i+\frac{j}{\delta},n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$(x^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n}) = {}_1r_n\left\{1-\cos(\phi_{i+\frac{j}{\delta},n} - \phi_{m,n})\right\} \tag{4.1.16}$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n}) = {}_1r_n \cdot \sin(\phi_{i+\frac{j}{\delta},n} - \phi_{m,n}) \tag{4.1.17}$$

(ii) $\phi_{m,n} \leqq {}_1\phi_{A,n} < \phi_{i+\frac{j}{\delta},n}$ のとき

$$(x^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n}) = {}_1r_n\left\{1-\cos({}_1\phi_{A,n} - \phi_{m,n})\right\} + {}_2r_n\left\{\cos({}_1\phi_{A,n} - \phi_{m,n}) - \cos(\phi_{i+\frac{j}{\delta},n} - \phi_{m,n})\right\} \tag{4.1.18}$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n}) = {}_1r_n \cdot \sin({}_1\phi_{A,n} - \phi_{m,n}) + {}_2r_n\left\{\sin(\phi_{i+\frac{j}{\delta},n} - \phi_{m,n}) - \sin({}_1\phi_{A,n} - \phi_{m,n})\right\} \tag{4.1.19}$$

(iii) ${}_1\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq \phi_{i+\frac{j}{\delta},n}$ のとき

$$(x^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n}) = {}_2r_n\left\{1-\cos(\phi_{i+\frac{j}{\delta},n} - \phi_{m,n})\right\} \tag{4.1.20}$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{j}{\delta},n}) = {}_2r_n \cdot \sin(\phi_{i+\frac{j}{\delta},n} - \phi_{m,n}) \tag{4.1.21}$$

これら $(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n}),(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})$ を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots n$; $j=0,1,2,\cdots 7$; $i=m,m+1,\cdots n$ について計算する．ただし $i=n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない．

4.2 アーチ常数の計算

$$
{}_1A_{m,n}=\frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{4}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{2}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{4}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{1}{T^3_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n \tag{4.2.1}
$$

$$
{}_1B_{m,n}=\frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+\frac{4(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{2(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{4(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+
$$

$$
a\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \tag{4.2.2}
$$

$$
{}_1C_{m,n}=\frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+\frac{4(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{2(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{4(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})
$$

$$
+a\alpha_{2,n}\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \tag{4.2.3}
$$

$$
{}_2B_{m,n}=\frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}\right.
$$

$$
\left.+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+\frac{{}_1\gamma_n(3+5\nu_c)}{24\,Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+\right.
$$

$$
\frac{4\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{2\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+
$$

$$
\frac{4\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big\}+
$$

$$
a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\left\{(\chi^{m,n}_{n,n})\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+(y^{m,n}_{n,n})\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}+
$$

$$
(a\gamma_n-a\beta_n)\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \tag{4.2.4}
$$

$$
{}_2C_{m,n}=\frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})^2}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})^2}{T^3_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
\frac{{}_1\gamma_n}{12\,Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\cos^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+\right.
$$

$$
2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+
$$

$$
\left.\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\cdot\cos^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})^2+a\beta_n\cdot\sin^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\gamma_n\cos^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+
$$

$$
2\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{n,n})\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \tag{4.2.5}
$$

$$
{}_3B_{m,n}=\frac{{}_1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})^2}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})^2}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})^2}{T^3_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
\frac{{}_1\gamma_n}{12\,Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+\right.
$$

$$
2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\cdot\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+
$$

$$
\left.\frac{1+\frac{1}{2}(3+5\nu_c)\sin^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}+a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})^2+a\beta_n\cdot\cos^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+
$$

$$
a\gamma_n\cdot\sin^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+2a\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{n,n})\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \tag{4.2.6}
$$

(4.2.1) ~ (4.2.6) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2\cdots n$ について計算する。

4.3 単位荷重による M_L, H_L, V_L

$$
\begin{aligned}
{}_{LT}M(n,k,0,i+\tfrac{s}{\delta}) = \frac{1}{24}\sum_{s=0}^{p-1}\Big(&(\psi_{K-1+\frac{s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{s}{\delta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{s}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K-1+\frac{s}{\delta},n})+\\
&\Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{s}{\delta},n})-(uy_{K-1+\frac{s}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{s}{\delta},n})\Big]+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2s+1}{\delta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}\times\\
&(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+\Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2s+1}{\delta},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big]+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2s+2}{\delta},n})-\\
&(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})+\Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2s+2}{\delta},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big)+\\
&\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big((\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{s}{\delta},n})\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{s}{\delta},n})-(u\chi_{K+\frac{s}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{s}{\delta},n})+\Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{s}{\delta},n})-(uy_{K+\frac{s}{\delta},n})\Big\}\times\\
&\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{s}{\delta},n})\Big]+4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2s+1}{\delta},n})-(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+\Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2s+1}{\delta},n})-\\
&(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big]+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2s+2}{\delta},n})-(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\\
&+\Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2s+2}{\delta},n})-(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big)
\end{aligned}
\tag{4.3.1}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{LT}H(n,k,0,i+\tfrac{s}{\delta}) = \frac{1}{24}\Big(&\sin\phi_{i+\frac{s}{\delta},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{s}{\delta},n})+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\times\\
&\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{s}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{s}{\delta},n})+\\
&4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]-\\
&\cos\phi_{i+\frac{s}{\delta},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K-1+\frac{s}{\delta},n})+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+\\
&(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{s}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{s}{\delta},n})+\\
&4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]\Big)
\end{aligned}
\tag{4.3.2}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{LT}V(n,k,0,i+\tfrac{s}{\delta}) = \frac{1}{24}\Big(&\sin\phi_{i+\frac{s}{\delta},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K-1+\frac{s}{\delta},n})+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}\times\\
&(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=0}^{\delta-1}(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{s}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{s}{\delta},n})+\\
&4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]+\cos\phi_{i+\frac{s}{\delta},n}\Big[\\
&\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{s}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{s}{\delta},n})+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K-1,n})\times\\
&\frac{d}{d\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{s}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{s}{\delta},n})+4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\\
&+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]\Big)
\end{aligned}
\tag{4.3.3}
$$

(4.3.1) ~ (4.3.3) の $\sum_{s=0}^{p-1}$, $\sum_{s=0}^{\delta-1}$ は次のようにとるものとする.

(i) $K=i=0$ のとき

$P=0$, $q=j$

すなわち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない.

(ii) $K=0$, $1\le i\le n$ のとき

$P=0$, $q=4$

$\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない.

(iii) $0\le i<K-1$ のとき

$P=0$, $q=0$

すなわち ${}_{LT}M(n,k,0,i+\frac{s}{\delta}) = {}_{LT}H(n,k,0,i+\frac{s}{\delta}) = {}_{LT}V(n,k,0,i+\frac{s}{\delta})$

(IV) $n > i = K-1 \geqq 0$ のとき

$p = j$ ， $q = 0$

すなわち $\sum_{s=0}^{q-1}$ は計算しない。

(V) $n \geqq i = K \geqq 1$ のとき

$p = 4$ ， $q = j$

(VI) $n \geqq i > K \geqq 1$ のとき

$p = 4$　　$q = 4$

以上の p, q を用いて (4.3.1)～(4.3.3) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $K = 0, 1, 2, \cdots n$; $i = 0, 1, 2, \cdots n$; $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。ただし $i = n$ のときは $j = 0$ 以外の j については計算しない。

$$LrM(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = LrM(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) - LrM(n,k,0,m) + LrH(n,k,0,m)(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - LrV(n,k,0,m)(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) \quad (4.3.4)$$

$$LrH(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = LrH(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) - LrH(n,k,0,m)\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8},n} - \phi_{m,n}) - LrV(n,k,0,m)\cdot \sin(\phi_{i+\frac{2j}{8},n} - \phi_{m,n}) \quad (4.3.5)$$

$$LrV(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = LrV(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) + LrH(n,k,0,m)\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8},n} - \phi_{m,n}) - LrV(n,k,0,m)\cdot \cos(\phi_{i+\frac{2j}{8},n} - \phi_{m,n}) \quad (4.3.6)$$

(4.3.4)～(4.3.6) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $K = 0, 1, 2, \cdots n$; $m = 0, 1, \cdots n$; $i = m, m+1, \cdots n$; $j = 0, 1, \cdots 3$ について計算する。ただし $i = n$ のとき $j = 0$ 以外の j については計算しない。

$$\begin{aligned} LsM(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) = {} & \frac{1\gamma_n}{24}\sum_{s=0}^{p-1}\Big(\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (\chi^{0,n}_{K-1+\frac{2s}{8},n})\Big\}\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{8},n} - \Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (y^{0,n}_{K-1+\frac{2s}{8},n})\Big\}\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{8},n}\Big] + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (\chi^{0,n}_{K-1+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n} - \Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (y^{0,n}_{K-1+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\Big] + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (\chi^{0,n}_{K-1+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\times\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n} - \Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (y^{0,n}_{K-1+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\Big]\Big) + \frac{1\gamma_n}{24}\sum_{s=0}^{q-1}\Big(\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (\chi^{0,n}_{K+\frac{2s}{8},n})\Big\}\cos\phi_{K+\frac{2s}{8},n} - \Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (y^{0,n}_{K+\frac{2s}{8},n})\Big\}\sin\phi_{K+\frac{2s}{8},n}\Big] + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (\chi^{0,n}_{K+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{8},n} - \Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (y^{0,n}_{K+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\Big] + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big[\Big\{(\chi^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (\chi^{0,n}_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n} - \Big\{(y^{0,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - (y^{0,n}_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\Big]\Big) \end{aligned} \quad (4.3.7)$$

$$\begin{aligned} LsH(n,k,0,i+\tfrac{2j}{8}) = {} & -\frac{1\gamma_n}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{8},n}\Big\{\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{8},n} + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n} - \psi_{K-1,n}\big)\times\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n} + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\Big\} + \sum_{s=0}^{q-1}\Big\{\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\sin\phi_{K+\frac{2s}{8},n} + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{8},n} + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\Big\}\Big] + \cos\phi_{i+\frac{2j}{8},n}\Big\{\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{8},n} + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n} + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n} - \psi_{K+1,n}\big)\times\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\Big\} + \sum_{s=0}^{q-1}\Big\{\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\cos\phi_{K+\frac{2s}{8},n} + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{8},n} + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\Big\}\Big\}\Big) \end{aligned} \quad (4.3.8)$$

$$LSV(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) = \frac{1\gamma_n}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{j}{8},n}\Big\{\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{s}{8},n}-\psi_{K-1,n})\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{s}{8},n}+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{16},n}-\psi_{K-1,n})\times\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{16},n}+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\psi_{K-1,n})\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\Big\}+\sum_{s=0}^{g-1}\Big\{(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{s}{8},n})\cdot\cos\phi_{K+\frac{s}{8},n}+4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{16},n})\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{16},n}+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n})\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\Big\}\Big]-\cos\phi_{i+\frac{j}{8},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{s}{8},n}-\psi_{K-1,n})\sin\phi_{K-1+\frac{s}{8},n}+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{16},n}-\psi_{K-1,n})\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{16},n}+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\psi_{K-1,n})\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\Big\}+\sum_{s=0}^{g-1}\Big\{(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{s}{8},n})\cdot\sin\phi_{K+\frac{s}{8},n}+4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{16},n})\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{16},n}+(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n})\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\Big\}\Big]\Big) \tag{4.3.9}$$

$$LtM(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) = \frac{1\gamma_n}{24}\Big\{\sum_{s=0}^{p-1}(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n}+4\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}+\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-6\psi_{K-1,n})+\sum_{s=0}^{g-1}(6\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{8},n}-4\psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\} \tag{4.3.10}$$

(4.3.7) ~ (4.3.10) の $\sum_{s=0}^{p-1}$, $\sum_{s=0}^{g-1}$ は次のようにするものとする。

(i) $0 \le i < K-1$ のとき

$p = 0 \quad g = 0$

すなわち

$$LSM(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) = LSH(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) = LSV(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) = LtM(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) = 0$$

(ii) $n > i = K-1 \ge 0$ のとき

$p = j \quad g = 0$

すなわち $\sum_{s=0}^{g-1}$ は計算しない。

(iii) $n \ge i = K \ge 1$ のとき

$p = 4 \quad g = j$

(iv) $n \ge i > K \ge 1$ のとき

$p = 4 \quad g = 4$

以上の p, g を用いて (4.3.7) ~ (4.3.10) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $K = 1, 2, \cdots n$; $i = 0, 1, 2 \cdots n$; $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。ただし $i = n$ のときは $j = 0$ 以外の j については計算しない。

$$LSM(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = LSM(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) - LSM(n,k,0,m) + LSH(n,k,0,m)\cdot(\chi^{m,n}_{i+\frac{j}{8}}n) - LSV(n,k,0,m)(\gamma^{m,n}_{i+\frac{j}{8}}n) \tag{4.3.11}$$

$$LSH(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = LSH(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) - LSH(n,k,0,m)\cdot\cos(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) - LSV(n,k,0,m)\times\sin(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) \tag{4.3.12}$$

$$LSV(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = LSV(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) + LSH(n,k,0,m)\cdot\sin(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) - LSV(n,k,0,m)\cdot\cos(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) \tag{4.3.13}$$

$$LtM(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = LtM(n,k,0,i+\tfrac{j}{8}) - LtM(n,k,0,m) \tag{4.3.14}$$

(4.3.11) ~ (4.3.14) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $K = 1, 2, \cdots n$; $m = 0, 1, 2, \cdots n$; $i = m, m+1, \cdots n$; $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。ただし, $i = n$ のとき $j = 0$ 以外の j については計算しない。

4.4. 荷重常数

$$r.1D^{K,n}_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\right.$$
$$\left.4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right\}+{}_{LR}M(n,k,m,n)\cdot a\alpha_n+{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,n)\cdot a\alpha_{2,n}$$

$$r.2D^{K,n}_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i)\cdot(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\right.\quad(4.4.1)$$
$$2\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cdot(y^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+1)\cdot(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\left.\right\}+$$
$$\frac{1\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i)\cdot Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i)\cdot COS(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot Sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot COS(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$
$$+2\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cdot Sin(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cdot COS(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{5}{6},n}}$$
$$+4\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot COS(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$\left.+\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+1)\cdot Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i+1)\cdot COS(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}+$$
$${}_{LR}M(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cdot COS(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}+{}_{LR}H(n,k,m,n)\,a\beta_n\cdot Sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+$$
$${}_{LR}\overline{V}(n,k,m,n)\left\{a\gamma_n\cdot COS(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{n,n})\right\}\qquad(4.4.2)$$

$$r.3D^{K,n}_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n,k,n,i)\cdot(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\right.$$
$$2\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cdot(\chi^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+1)\cdot(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\left.\right\}+$$
$$\frac{1\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i)\cdot COS(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i)\cdot Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot COS(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cdot Sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$
$$+2\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cdot COS(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cdot Sin(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{5}{6},n}}$$
$$+4\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot COS(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\,{}_{LR}\overline{V}(n,k,n,i+\frac{1}{2})\cdot Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$\left.+\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+1)\cdot COS(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{\varepsilon}{2}(1+\nu_c)\cdot{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,i+1)\cdot Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}$$
$$+{}_{LR}M(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cdot Sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}-{}_{LR}H(n,k,m,n)\cdot a\beta_n\cdot COS(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$
$$+{}_{LR}\overline{V}(n,k,m,n)\left\{a\gamma_n\cdot Sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{n,n})\right\}\qquad(4.4.3)$$

(4.4.1) ~ (4.4.3) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=0,1,2,\cdots n$; $m=0,1,\cdots n$ について計算する.

$$s.1D^{K,n}_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LS}M(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_{LS}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{{}_{LS}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\right.$$
$$\left.4\frac{{}_{LS}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{{}_{LS}M(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right\}+{}_{LS}M(n,k,m,n)\cdot a\alpha_n+{}_{LS}\overline{V}(n,k,m,n)\cdot a\alpha_{2,n}$$

(4.4.4)

$$s2D^{K,m}_{m,n} = \frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LSM(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\frac{LSM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{LSM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}\right.$$
$$\left. + 4\frac{LSM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{LSM(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\} + \frac{1\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\right.$$
$$\frac{LSH(n,k,m,i)\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i)\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}$$
$$+4\frac{LSH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+2\frac{LSH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+4\frac{LSH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+\frac{LSH(n,k,m,i+1)\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+1)\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big\}$$
$$+LSM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}+LSH(n,k,m,n)\cdot a\beta_n\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$
$$+LSV(n,k,m,n)\left\{a\gamma_n\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{n,n})\right\} \qquad (4.4.5)$$

$$s3D^{K,n}_{m,n} = \frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LSM(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\frac{LSM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{LSM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}\right.$$
$$\left. + 4\frac{LSM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{LSM(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+\frac{1\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{-LSH(n,k,m,i)\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i)\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{-LSH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+2\frac{-LSH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+4\frac{-LSH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+\frac{-LSH(n,k,m,i+1)\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{c}{2}(1+\nu_c)LSV(n,k,m,i+1)\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big\}$$
$$+LSM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}-LSH(n,k,m,n)\cdot a\beta_n\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$
$$+LSV(n,k,m,n)\left\{a\gamma_n\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{n,n})\right\} \qquad (4.4.6)$$

$$t1D^{K,n}_{m,n} = \frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LtM(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}} + 4\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}\right.$$
$$\left. + 4\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{LtM(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right\} + LtM(n,k,m,n)\cdot a\alpha_n \qquad (4.4.7)$$

$$t2D^{K,n}_{m,n} = \frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LtM(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}\right.$$
$$\left. + 4\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{LtM(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\} + LtM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\} \qquad (4.4.8)$$

$$t3D^{K,n}_{m,n} = \frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LtM(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}\right.$$
$$\left. + 4\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{LtM(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\} + LtM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\} \qquad (4.4.9)$$

(4.4.4)～(4.4.9) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=1,2,\cdots n$, $m=0,1,2,\cdots n$ について計算する。

4.5 不静定諸力および単位撓みの計算

$$arM_{o,n}^{K,n}=\frac{r_{.1}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_3B_{o,n}-r_{.3}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.5.1}$$

$$arH_{o,n}^{K,n}=\frac{r_{.3}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1A_{o,n}-r_{.1}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.5.2}$$

$$asM_{o,n}^{K,n}=\frac{s_{.1}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_3B_{o,n}-s_{.3}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.5.3}$$

$$asH_{o,n}^{K,n}=\frac{s_{.3}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1A_{o,n}-s_{.1}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.5.4}$$

$$atM_{o,n}^{K,n}=\frac{t_{.1}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_3B_{o,n}-t_{.3}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.5.5}$$

$$atH_{o,n}^{K,n}=\frac{t_{.3}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1A_{o,n}-t_{.1}D_{o,n}^{K,n}\cdot {}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.5.6}$$

(4.5.1), (4.5.2) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=0,1,2,\cdots n$ について (4.5.3)～(4.5.6) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=1,2,\cdots n$ について計算する。

$$arM_{m,n}^{K,n}=arM_{o,n}^{K,n}+arH_{o,n}^{K,n}(\chi_{m,n}^{o,n})-{}_{LrM}(n,k,0,m) \tag{4.5.7}$$

$$arH_{m,n}^{K,n}=arH_{o,n}^{K,n}\cdot\cos\phi_{m,n}+{}_{LrH}(n,k,0,m) \tag{4.5.8}$$

$$arV_{m,n}^{K,n}=arH_{o,n}^{K,n}\cdot\sin\phi_{m,n}-{}_{LrV}(n,k,0,m) \tag{4.5.9}$$

$$asM_{m,n}^{K,n}=asM_{o,n}^{K,n}+asH_{o,n}^{K,n}(\chi_{m,n}^{o,n})-{}_{LsM}(n,k,0,m) \tag{4.5.10}$$

$$asH_{m,n}^{K,n}=asH_{o,n}^{K,n}\cdot\cos\phi_{m,n}+{}_{LsH}(n,k,0,m) \tag{4.5.11}$$

$$asV_{m,n}^{K,n}=asH_{o,n}^{K,n}\cdot\sin\phi_{m,n}-{}_{LsV}(n,k,0,m) \tag{4.5.12}$$

$$atM_{m,n}^{K,n}=atM_{o,n}^{K,n}+atH_{o,n}^{K,n}(\chi_{m,n}^{o,n})-{}_{LtM}(n,k,0,m) \tag{4.5.13}$$

$$atH_{m,n}^{K,n}=atH_{o,n}^{K,n}\cdot\cos\phi_{m,n} \tag{4.5.14}$$

$$atV_{m,n}^{K,n}=atH_{o,n}^{K,n}\cdot\sin\phi_{m,n} \tag{4.5.15}$$

(4.5.7)～(4.5.9) を $n=1,2,3,\cdots 6$; $K=0,1,2,\cdots n$; $m=0,1,2,\cdots n$ について (4.5.10)～(4.5.15) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=1,2,\cdots n$; $m=0,1,2,\cdots n$ について計算する。

$$ar(\Delta r)_{m,n}^{K,n}={}_1C_{m,n}\cdot arM_{m,n}^{K,n}+{}_2B_{m,n}\cdot arH_{m,n}^{K,n}+{}_2C_{m,n}\cdot arV_{m,n}^{K,n}-r_{.2}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.16}$$

$$ar(\Delta S)_{m,n}^{K,n}=-{}_1B_{m,n}\cdot arM_{m,n}^{K,n}-{}_3B_{m,n}\cdot arH_{m,n}^{K,n}-{}_2B_{m,n}\cdot arV_{m,n}^{K,n}+r_{.3}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.17}$$

$$ar(\Delta\theta)_{m,n}^{K,n}={}_1A_{m,n}\cdot arM_{m,n}^{K,n}+{}_1B_{m,n}\cdot arH_{m,n}^{K,n}+{}_1C_{m,n}\cdot arV_{m,n}^{K,n}-r_{.1}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.18}$$

$$as(\Delta r)_{m,n}^{K,n}={}_1C_{m,n}\cdot asM_{m,n}^{K,n}+{}_2B_{m,n}\cdot asH_{m,n}^{K,n}+{}_2C_{m,n}\cdot asV_{m,n}^{K,n}-s_{.2}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.19}$$

$$as(\Delta S)_{m,n}^{K,n}=-{}_1B_{m,n}\cdot asM_{m,n}^{K,n}-{}_3B_{m,n}\cdot asH_{m,n}^{K,n}-{}_2B_{m,n}\cdot asV_{m,n}^{K,n}+s_{.3}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.20}$$

$$as(\Delta\theta)_{m,n}^{K,n}={}_1A_{m,n}\cdot asM_{m,n}^{K,n}+{}_1B_{m,n}\cdot asH_{m,n}^{K,n}+{}_1C_{m,n}\cdot asV_{m,n}^{K,n}-s_{.1}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.21}$$

$$at(\Delta r)_{m,n}^{K,n}={}_1C_{m,n}\cdot atM_{m,n}^{K,n}+{}_2B_{m,n}\cdot atH_{m,n}^{K,n}+{}_2C_{m,n}\cdot atV_{m,n}^{K,n}-t_{.2}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.22}$$

$$at(\Delta S)_{m,n}^{K,n}=-{}_1B_{m,n}\cdot atM_{m,n}^{K,n}-{}_3B_{m,n}\cdot atH_{m,n}^{K,n}-{}_2B_{m,n}\cdot atV_{m,n}^{K,n}+t_{.3}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.23}$$

$$at(\Delta\theta)_{m,n}^{K,n}={}_1A_{m,n}\cdot atM_{m,n}^{K,n}+{}_1B_{m,n}\cdot atH_{m,n}^{K,n}+{}_1C_{m,n}\cdot atV_{m,n}^{K,n}-t_{.1}D_{m,n}^{K,n} \tag{4.5.24}$$

(4.5.16)～(4.5.18) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=0,1,2,\cdots n$; $m=0,1,2,\cdots n$ について (4.5.19)～(4.5.24) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=1,2,\cdots n$; $m=0,1,2,\cdots 6$ について計算する。

4.6 集中荷重

$$r.1D^{c}_{m.n} = a\alpha_{2.n} \tag{4.6.1}$$

$$r.2D^{c}_{m.n} = a\gamma_n \cdot \cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2.n}\,(y^{m.n}_{n.n}) \tag{4.6.2}$$

$$r.3D^{c}_{m.n} = a\gamma_n \cdot \sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + a\alpha_{2.n}\,(\chi^{m.n}_{n.n}) \tag{4.6.3}$$

$$s.1D^{c}_{m.n} = 0 \tag{4.6.4}$$

$$s.2D^{c}_{m.n} = a\beta_n \cdot \sin(\phi_{n,n}-\phi_{m.n}) \tag{4.6.5}$$

$$s.3D^{c}_{m.n} = -a\beta_n \cdot \cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \tag{4.6.6}$$

$$t.1D^{c}_{m.n} = a\alpha_n \tag{4.6.7}$$

$$t.2D^{c}_{m.n} = a\alpha_n\,(y^{m.n}_{n.n}) + a\alpha_{2.n}\cdot\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \tag{4.6.8}$$

$$t.3D^{c}_{m.n} = a\alpha_n\,(\chi^{m.n}_{n.n}) + a\alpha_{2.n}\cdot\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \tag{4.6.9}$$

$$arM^{c}_{o,n} = \frac{r.1D^{c}_{o.n}\cdot {}_3B_{o,n} - r.3D^{c}_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.6.10}$$

$$arH^{c}_{o.n} = \frac{r.3D^{c}_{o.n}\cdot {}_1A_{o.n} - r.1D^{c}_{o.n}\cdot {}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.6.11}$$

$$asM^{c}_{o,n} = -\frac{s.1D^{c}_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - s.3D^{c}_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.6.12}$$

$$asH_{o.n} = \frac{s.3D^{c}_{o.n}\cdot {}_1A_{o,n} - s.1D^{c}_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o,n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.6.13}$$

$$atM^{c}_{o,n} = \frac{t.1D^{c}_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - t.3D^{c}_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.6.14}$$

$$atH^{c}_{o,n} = \frac{t.3D^{c}_{o.n}\cdot {}_1A_{o.n} - t.1D^{c}_{o.n}\cdot {}_1B_{o.n}}{{}_1A_{o.n}\cdot {}_3B_{o.n} - ({}_1B_{o,n})^2} \tag{4.6.15}$$

(4.6.1)～(4.6.9) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots n$ について計算し、これを用いて (4.6.10)～(4.6.15) を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する。

$$arM^{c}_{m.n} = arM^{c}_{o,n} + arH^{c}_{o.n}\,(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.16}$$

$$arH^{c}_{m.n} = arH^{c}_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.17}$$

$$arV^{c}_{m.n} = arH^{c}_{o,n}\cdot\sin\phi_{m.n} \tag{4.6.18}$$

$$asM^{c}_{m.n} = asM^{c}_{o,n} + asH^{c}_{o,n}\,(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.19}$$

$$asH^{c}_{m.n} = asH^{c}_{o,n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.20}$$

$$asV^{c}_{m.n} = asH^{c}_{o,n}\cdot\sin\phi_{m.n} \tag{4.6.21}$$

$$atM^{c}_{m.n} = atM^{c}_{o,n} + atH^{c}_{o,n}\,(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.22}$$

$$atH^{c}_{m.n} = atH^{c}_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.23}$$

$$atV^{c}_{m.n} = atH^{c}_{o.n}\cdot\sin\phi_{m.n} \tag{4.6.24}$$

(4.6.16)～(4.6.24) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=0,1,2,\cdots n$ について計算する。

$$ar(\Delta r)^{c}_{m.n} = {}_1C_{m.n}\cdot arM^{c}_{m,n} + {}_2B_{m.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + {}_2C_{m.n}\cdot arV^{c}_{m.n} - r.2D^{c}_{m.n} \tag{4.6.25}$$

$$ar(\Delta S)^c_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot arM^c_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot arH^c_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot arV^c_{m,n} + {}_{1,3}D^c_{m,n} \quad (4.6.26)$$

$$ar(\Delta\theta)^c_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot arM^c_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot arH^c_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot arV^c_{m,n} - {}_{1,1}D^c_{m,n} \quad (4.6.27)$$

$$as(\Delta r)^c_{m,n} = {}_1C_{m,n}\cdot asM^c_{m,n} + {}_2B_{m,n}\cdot asH^c_{m,n} + {}_2C_{m,n}\cdot asV^c_{m,n} - {}_{3,2}D^c_{m,n} \quad (4.6.28)$$

$$as(\Delta S)^c_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot asM^c_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot asH^c_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot asV^c_{m,n} + {}_{3,3}D^c_{m,n} \quad (4.6.29)$$

$$as(\Delta\theta)^c_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot asM^c_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot asH^c_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot asV^c_{m,n} - {}_{3,1}D^c_{m,n} \quad (4.6.30)$$

$$at(\Delta r)^c_{m,n} = {}_1C_{m,n}\cdot atM^c_{m,n} + {}_2B_{m,n}\cdot atH^c_{m,n} + {}_2C_{m,n}\cdot atV^c_{m,n} - {}_{t2}D^c_{m,n} \quad (4.6.31)$$

$$at(\Delta S)^c_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot atM^c_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot atH^c_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot atV^c_{m,n} + {}_{t3}D^c_{m,n} \quad (4.6.32)$$

$$at(\Delta\theta)^c_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot atM^c_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot atH^c_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot atV^c_{m,n} - {}_{t1}D^c_{m,n} \quad (4.6.33)$$

(4.6.25)～(4.6.33)を $n = 1, 2, 3 \cdots 6$; $m = 0, 1, 2, \cdots n$ について計算する。

4.7 温度荷重による撓み

$$t_{m+\frac{j}{4},n} = t_{m,n} + \frac{j}{4}(t_{m+1,n} - t_{m,n}) \quad (4.7.1)$$

$$\omega_{m+\frac{j}{4},n} = \omega_{m,n} + \frac{j}{4}(\omega_{m+1,n} - \omega_{m,n}) \quad (4.7.2)$$

これを $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 0, 1, 2, \cdots n$; $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。

$$t_{,1}D_{m,n} = \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})(\omega_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n} + \omega_{i+1,n}) \quad (4.7.3)$$

$$\begin{aligned} t_{,2}D_{m,n} = {} & \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\Big\{\omega_{i,n}(y^{m,n}_{i,n}) + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n}) + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n}) \\ & + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n}) + \omega_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})\Big\} - \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\Big\{t_{i,n}\cdot sin(\phi_{i,n} - \phi_{m,n}) \\ & + 4t_{i+\frac{1}{4},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n} - \phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{4},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n} - \phi_{m,n}) \\ & + 4t_{i+\frac{3}{4},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n} - \phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot sin(\phi_{i+1,n} - \phi_{m,n})\Big\} \end{aligned} \quad (4.7.4)$$

$$\begin{aligned} t_{,3}D_{m,n} = {} & \frac{C\cdot\gamma_i}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\Big\{\omega_{i,n}(\chi^{m,n}_{i,n}) + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n}) + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n}) + \\ & 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n}) + \omega_{i+1,n}(\chi^{m,n}_{i+1,n})\Big\} + \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\Big\{t_{i,n}\cdot COS(\phi_{i,n} - \phi_{m,n}) + \\ & 4t_{i+\frac{1}{4},n}\cdot COS(\phi_{i+\frac{1}{8},n} - \phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{4},n}\cdot COS(\phi_{i+\frac{2}{8},n} - \phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n}\cdot COS(\phi_{i+\frac{3}{8},n} - \phi_{m,n}) + \\ & t_{i+1,n}\cdot COS(\phi_{i+1,n} - \phi_{m,n})\Big\} \end{aligned} \quad (4.7.5)$$

$$taM'_{o,n} = \frac{t_{,1}D_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - t_{,3}D_{o,n}\cdot{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \quad (4.7.6)$$

$$taH'_{o,n} = \frac{t_{,3}D_{o,n}\cdot{}_1A_{o,n} - t_{,1}D_{o,n}\cdot{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \quad (4.7.7)$$

$$taM'_{m,n} = taM'_{o,n} + taH'_{o,n}(\chi^{o,n}_{m,n}) \quad (4.7.8)$$

$$taH'_{m,n} = taH'_{o,n}\cdot COS\phi_{m,n} \quad (4.7.9)$$

$$taV'_{m,n} = taH'_{o,n}\cdot sin\phi_{m,n} \quad (4.7.10)$$

$$ta(\Delta r')_{m,n} = {}_1C_{m,n}\cdot taM'_{m,n} + {}_2B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + {}_2C_{m,n}\cdot taV'_{m,n} - {}_{t2}D_{m,n} \quad (4.7.11)$$

$$ta(\Delta S')_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot taM'_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot taV'_{m,n} + {}_{t3}D_{m,n} \quad (4.7.12)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot taM'_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot taV'_{m,n} - {}_{t1}D_{m,n} \quad (4.7.13)$$

(4.7.3)~(4.7.5) を $n=1,2,\cdots 6$；$m=0,1,2,\cdots n$ について (4.7.6),(4.7.7) を $n=1,2,\cdots 6$ について，(4.7.8)~(4.7.13) を $n=1,2,\cdots 6$；$m=0,1,2,\cdots n$ について計算する。

第5節 片持梁の単位撓み

5.1 片持梁の形状計算

(i) $\phi_{m,n} \leqq \phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{c,n} \tag{5.1.1}$$

(ii) $\phi_{m,n} > \phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{c,n} + (T_{A,n} - T_{c,n}) \frac{vers(\phi_{m,n} - \phi_{A,n})}{vers_2 \phi_{A,n}} \tag{5.1.2}$$

以上 (5.1.1)~(5.1.2) を $m=0,1,2,\cdots 6$；$n=m, m+0.5, m+1.0 \cdots 7.0$ について計算する。

$$ce_{m,n} = -(\chi_{m,n} - \chi_{m,7}) \sec \phi_{m,n} \tag{5.1.3}$$

$$ue_{m,n} = ce_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \tag{5.1.4}$$

$$ur_{m,n} = r_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \tag{5.1.5}$$

$$A_{m,n} = \frac{T_{m,n} \cdot r_{m,n}}{ar_{m,n}} \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7}) \tag{5.1.6}$$

$$\ell g_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{2}\left(1 - \frac{1}{6} \cdot \frac{T_{m,n}}{r_{m,n}}\right) \tag{5.1.7}$$

$$I_{m,n} = \frac{T_{m,n}^3}{12} \cdot \frac{r_{m,n}}{ar_{m,n}} \left\{1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n}}{r_{m,n}}\right)^2\right\} \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7}) \tag{5.1.8}$$

(5.1.3)~(5.1.7) を $m=0,1,2\cdots 6$；$n=m, m+0.5, m+1.0 \cdots 7.0$ について (5.1.8) を $m=0,1,2\cdots 6$；$n=m, m+1, m+2, \cdots 6$ について計算する。

5.2 単位荷重による断面諸力

(i) $n \geqq \ell+1$ のとき

$$crV_{m,n}^{m,\ell} = crM_{m,n}^{m,\ell} = crH_{m,n}^{m,\ell} = csV_{m,n}^{m,\ell} = csM_{m,n}^{m,\ell} = csH_{m,n}^{m,\ell} = ctM_{m,n}^{m,\ell} = cmM_{m,n}^{m,\ell} = 0 \tag{5.2.1}$$

(ii) $n=\ell=6$ のとき

$$crV_{m,n}^{m,\ell} = crM_{m,n}^{m,\ell} = crH_{m,n}^{m,\ell} = csV_{m,n}^{m,\ell} = csM_{m,n}^{m,\ell} = csH_{m,n}^{m,\ell} = ctM_{m,n}^{m,\ell} = cmM_{m,n}^{m,\ell} = 0 \tag{5.2.2}$$

(iii) $n=\ell \leqq 5$ のとき

$$crV_{m,n}^{m,\ell} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell) \frac{ur_{m,\ell}}{ar_{m,\ell}} \tag{5.2.3}$$

$$crM_{m,n}^{m,\ell} = crV_{m,n}^{m,\ell} \cdot \frac{1}{3}(Z_{\ell+1} - Z_\ell) \tag{5.2.4}$$

$$crH_{m,n}^{m,\ell} = 0 \tag{5.2.5}$$

$$csV_{m,n}^{m,\ell} = 0 \tag{5.2.6}$$

$$csM_{m,n}^{m,\ell} = 0 \tag{5.2.7}$$

$$csH^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_\ell)\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \tag{5.2.8}$$

$$ctM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_\ell)\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \tag{5.2.9}$$

$$cmM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_\ell)\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \tag{5.2.10}$$

(IV) $n \leqq \ell - 1$ で $\ell = 6$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_6 - z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{5.2.11}$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(z_6 - \frac{z_6 - z_5}{3} - z_n\right) \tag{5.2.12}$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_6 - z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{5.2.13}$$

$$csV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_6 - z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{5.2.14}$$

$$csM^{m.\ell}_{m.n} = csV^{m.\ell}_{m.n}\left(z_6 - \frac{z_6 - z_5}{3} - z_n\right) \tag{5.2.15}$$

$$csH^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_6 - z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{5.2.16}$$

$$ctM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_6 - z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}} \tag{5.2.17}$$

$$cmM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_6 - z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{5.2.18}$$

(V) $n \leqq \ell - 1$ で $(n+1) \leqq \ell \leqq 5$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \tag{5.2.19}$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{z_{\ell+1} + z_\ell + z_{\ell-1}}{3} - z_n\right) \tag{5.2.20}$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \tag{5.2.21}$$

$$csV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \tag{5.2.22}$$

$$csM^{m.\ell}_{m.n} = csV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{z_{\ell+1} + z_\ell + z_{\ell-1}}{3} - z_n\right) \tag{5.2.23}$$

$$csH^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \tag{5.2.24}$$

$$ctM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \tag{5.2.25}$$

$$cmM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.\ell}) \tag{5.2.26}$$

$crV^{m.\ell}_{m.n}$; $crM^{m.\ell}_{m.n}$; $crH^{m.\ell}_{m.n}$; $cmM^{m.\ell}_{m.n}$ については $m = 0, 1, 2, \cdots 6$; $\ell = m, m+1, \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 7$ について計算を行う。また $csV^{m.\ell}_{m.n}$, $csM^{m.\ell}_{m.n}$, $csH^{m.\ell}_{m.n}$, $ctM^{m.\ell}_{m.n}$ については $m = 1, 2, \cdots 6$; $\ell = m, m+1, \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について行う。

5.3 単位撓みの計算

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\times\right.$$
$$\left.\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}+\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\times\right.$$
$$\left.\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}+\frac{1+\nu_c}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$+(crM^{m.\ell}_{m.n}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.n}\cdot c\alpha_{em})(Z_n-Z_m)\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})-K^c_m\left\{crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}+\right.$$
$$\left.crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta r)^c_{m.m}\right\}\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})-K^c_m\left\{crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta s)^c_{m.m}\right\}\times$$
$$\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.1)$$

$$cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}=-\frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\times\right.$$
$$\left.\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}-\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cdot\right.$$
$$\left.\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}+\frac{1+\nu_c}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$-(crM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.n}\cdot c\alpha_{2.n})(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m.m}-\phi_{mn})+K^c_m\left\{crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}\right.$$
$$\left.+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta r)^c_{m.m}\right\}\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})-K^c_m\left\{crV^{m.\ell}_{m.n}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.m}\right.$$
$$\left.+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta s)^c_{m.m}\right\}\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.2)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}=-K^c_m\left\{crV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m.m}+crH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m.m}\right\} \qquad (5.3.3)$$

ただし $m=0$ のとき

$$-K^c_o\cdot ar(\Delta r)^c_{0.0}=c\gamma_o+\frac{crM^{o.\ell}_{0.0}}{crV^{o.\ell}_{0.0}}\cdot c\alpha_{e.o} \qquad (5.3.4)$$

$$as(\Delta r)^c_{0.0}=ar(\Delta s)^c_{0.0}=as(\Delta s)^c_{0.0}=ar(\Delta\theta)^c_{0.0}=as(\Delta\theta)^c_{0.0}=0 \qquad (5.3.5)$$

とする。これら $cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$, $cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}$, $cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$ と $m=0,1,2,\cdots 6$; $\ell=m.m+1,\cdots 6$, $n=m,m+1,\cdots 7$ について計算する。

$$cs(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{csM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$+\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{csV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}+\frac{(1+\nu_c)}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}$$
$$-Z_i)\left\{\frac{csH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{csH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}+(csM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m+csV^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_{e.m})(Z_n$$
$$-Z_m)\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})-K^c_m\left\{csV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}+csH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta r)^c_{m.m}\right\}\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})-K^c_m\left\{\right.$$
$$\left.csV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.m}+csH^{m.\ell}_{m.m}\cdot as(\Delta s)^c_{m.m}\right\}\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.6)$$

$$cs(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{csM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.n}}(Z_n-Z_i)\times\right.$$
$$\left.\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}-\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cdot\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{csV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\times\right.$$
$$\left.\sin(\phi_{mi}-\phi_{mn})\right\}+\frac{(1+\nu_c)}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csH^{m.\ell}_{sv.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{csH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}$$
$$-(csM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m+csV^{m.\ell}_{m.n}\cdot c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})+K^c_m\left\{csV^{m.\ell}_{m.m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m.m}+csH^{m.\ell}_{m.m}\times\right.$$
$$\left.as(\Delta r)^c_{m.m}\right\}\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})-K^c_m\left\{csV^{m.\ell}_{m.n}\cdot ar(\Delta s)^c_{m.n}+csH^{m.\ell}_{m.n}\cdot as(\Delta s)^c_{m.n}\right\}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{m.n}) \qquad (5.3.7)$$

$$cs(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -K^c_m\left\{csV^{m.\ell}_{m.n}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m.m} + csH^{m.\ell}_{m.n}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m.m}\right\} \quad (5.3.8)$$

$$ct(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = K^c_m\cdot ctM^{m.\ell}_{m.n}\cdot at(\Delta r)^c_{m.m} \quad (5.3.9)$$

$$ct(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n} = K^c_m\cdot ctH^{m.\ell}_{m.n}\cdot at(\Delta s)^c_{m.m} \quad (5.3.10)$$

$$ct(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1+\nu_c}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{ctM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}+\frac{ctM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}\right\}+K^c_m\cdot ctM^{m.\ell}_{m.m}\cdot at(\Delta\theta)^c_{m.m} \quad (5.3.11)$$

$$cm(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(z_n-z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(z_n-z_i)\times\right.$$
$$\left.\cos(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}+cmM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m(z_n-z_m)\cos(\phi_{m.m}-\phi_{m.n})+(cmM^{m.\ell}_{00}\cdot c\alpha_{2.0})^{*} \quad (5.3.12)$$

$$cm(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\left\{\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(z_n-z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}-\phi_{m.n})+\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(z_n-z_i)\cdot\right.$$
$$\left.\sin(\phi_{m.i}-\phi_{m.n})\right\}-cmM^{m.\ell}_{m.m}\cdot c\alpha_m(z_n-z_m)\cdot\sin(\phi_{m.m}-\phi_{m.n}) \quad (5.3.13)$$

$$cm(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = 0 \quad (5.3.14)$$

ただし (5.3.12) の＊の項は $m=0$ のときのみ加算するものとする。

$cs(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}, cs(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}, cs(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}, ct(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}, ct(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}, ct(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$ を $m=1,2,\cdots 6$; $\ell=m, m+1,\cdots 6$, $n=m, m+1,\cdots 7$ について計算する。また $cm(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}, cm(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}, cm(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$, $\ell=m, m+1, \cdots 6$, $n=m, m+1, \cdots 7$ について計算する。

5.4 自重に対する単位荷重

ダムが標高 N_1, N_2 および天頂と三段階に継目グラウトが行われ，これによる自重に対する三次元的な分担を考慮する場合には次のような単位荷重を片持梁に追加して考える必要がある。すなわち，標高 N_1 にて 1，N_1-1 にて 0 で，その間直線的に変化する半径方向単位荷重，接線方向単位荷重，ねじれ単位荷重と標高 N_2 にて 1，N_2-1 にて 0 でその間直線的に変化する半径方向単位荷重，接線方向単位荷重，ねじれ単位荷重である。これらの単位荷重による断面諸力を

$cr'V^{m.N_1}_{m.n}, cr'H^{m.N_1}_{m.n}, cr'M^{m.N_1}_{m.n}, cs'V^{m.N_1}_{m.n}, cs'H^{m.N_1}_{m.n}, cs'M^{m.N_1}_{m.n}, ct'M^{m.N_1}_{m.n}, cr^2V^{m.N_2}_{m.n}, cr^2H^{m.N_2}_{m.n}, cr^2M^{m.N_2}_{m.n}, cs^2V^{m.N_2}_{m.n}$
$cs^2H^{m.N_2}_{m.n}, cs^2M^{m.N_2}_{m.n}, ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$,

とし，各方向撓み

$cr'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}, cr'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}, cr'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}, cs'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}, cs'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}, cs'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}, ct'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}, ct'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}, ct'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$,
$cr^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}, cr^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}, cr^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}, cs^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}, cs^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}, cs^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}, ct^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}, ct^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}$,
$ct^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$

とすれば

(i) $n=N_1$ のとき

$$cr'V^{m.N_1}_{m.n} = cr'M^{m.N_1}_{m.n} = cr'H^{m.N_1}_{m.n} = cs'V^{m.N_1}_{m.n} = cs'M^{m.N_1}_{m.n} = cs'H^{m.N_1}_{m.n} = ct'M^{m.N_1}_{m.n} = 0 \quad (5.4.1)$$

(ii) $n<N_1$ のとき

$$cr'V^{m.N_1}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_{N_1}-z_{N_1-1})\frac{a\gamma_{m.N_1}}{a\gamma_{m.N_1}}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{m.N_1}) \quad (5.4.2)$$

$$cr'M^{m.N_1}_{m.n} = cr'V^{m.N_1}_{m.n}\left(z_{N_1}-\frac{z_{N_1}-z_{N_1-1}}{3}-z_n\right) \quad (5.4.3)$$

$$cr'H^{m,N_1}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{u\gamma_{m,N_1}}{a\gamma_{m,N_1}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_1}) \tag{5.4.4}$$

$$cs'V^{m,N_1}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{\gamma_{m,N_1}}{a\gamma_{m,N_1}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_1}) \tag{5.4.5}$$

$$cs'M^{m,N_1}_{m,n} = cs'V^{m,N_1}_{m,n}\left(Z_{N_1}-\frac{Z_{N_1}-Z_{N_1-1}}{3}-Z_n\right) \tag{5.4.6}$$

$$cs'H^{m,N_1}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{\gamma_{m,N_1}}{a\gamma_{m,N_1}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_1}) \tag{5.4.7}$$

$$ct'A^{m,N_1}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{\gamma_{m,N_1}}{a\gamma_{m,N_1}} \tag{5.4.8}$$

$cr'V^{m,N_1}_{m,n}$, $cr'M^{m,N_1}_{m,n}$, $cr'H^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=0,1,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1,\cdots N_1$ について $cs'V^{m,N_1}_{m,n}$, $cs'M^{m,N_1}_{m,n}$, $cs'H^{m,N_1}_{m,n}$, $ct'A^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_1-1$; $n=m,m+1,\cdots N_1$ について計算する。

(i) $n=N_2$ のとき

$$cr^2V^{m,N_2}_{m,n} = cr^2M^{m,N_2}_{m,n} = cr^2H^{m,N_2}_{m,n} = cs^2V^{m,N_2}_{m,n} = cs^2M^{m,N_2}_{m,n} = cs^2H^{m,N_2}_{m,n} = ct^2A^{m,N_2}_{m,n} = 0 \tag{5.4.9}$$

(ii) $n<N_2$ のとき

$$cr^2V^{m,N_2}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{u\gamma_{m,N_2}}{a\gamma_{m,N_2}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \tag{5.4.10}$$

$$cr^2M^{m,N_2}_{m,n} = cr^2V^{m,N_2}_{m,n}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \tag{5.4.11}$$

$$cr^2H^{m,N_2}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{u\gamma_{m,N_2}}{a\gamma_{m,N_2}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \tag{5.4.12}$$

$$cs^2V^{m,N_2}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{\gamma_{m,N_2}}{a\gamma_{m,N_2}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \tag{5.4.13}$$

$$cs^2M^{m,N_2}_{m,n} = cs^2V^{m,N_2}_{m,n}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \tag{5.4.14}$$

$$cs^2H^{m,N_2}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{\gamma_{m,N_2}}{a\gamma_{m,N_2}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \tag{5.4.15}$$

$$ct^2A^{m,N_2}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{\gamma_{m,N_2}}{a\gamma_{m,N_2}} \tag{5.4.16}$$

$cr^2V^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2M^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2H^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1,\cdots N_2$ について, また $cs^2V^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2M^{m,N_2}_{m,n}$ $cs^2H^{m,N_2}_{m,n}$, $ct^2M^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1,\cdots N_2$ について計算する。

$cr'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, $cr'(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $cr'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ は (5.3.1)~(5.3.3) において $crM^{m,\ell}_{m,\ell+1}$ を $cr'M^{m,N_1}_{m,\ell+1}$ に, $ctM^{m,\ell}_{m,\ell}$ を $cr'M^{m,N_1}_{m,\ell}$ に, $crM^{m,\ell}_{m,m}$ を $cr'M^{m,N_2}_{m,m}$ に, $crV^{m,\ell}_{m,\ell+1}$ を $cr'V^{m,N_1}_{m,\ell+1}$ に, $crV^{m,\ell}_{m,\ell}$ を $cr'V^{m,N_1}_{m,\ell}$ に, $crV^{m,\ell}_{m,m}$ を $cr'V^{m,N_1}_{m,m}$ に, $crH^{m,\ell}_{m,\ell+1}$ を $cr'H^{m,N_1}_{m,\ell+1}$ に, $crH^{m,\ell}_{m,\ell}$ を $cr'H^{m,N_1}_{m,\ell}$ に, $crH^{m,\ell}_{m,m}$ を $cr'H^{m,N_1}_{m,m}$ におきかえることにより得られる。また $cs'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$ $cs'(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $cs'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct'(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ は (5.3.6)~(5.3.11) において $csM^{m,\ell}_{m,\ell+1}$, $csM^{m,\ell}_{m,\ell}$ …… $ctM^{m,\ell}_{m,\ell+1}$, $ctM^{m,\ell}_{m,\ell}$ を $cs'M^{m,N_1}_{m,\ell+1}$, $cs'M^{m,N_1}_{m,\ell}$ …… $ct'M^{m,N_1}_{m,\ell}$ におきかえることにより得られる。同様に $cr^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$, $ct^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, $ct^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$, $ct^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$ は (5.3.1)~(5.3.11) において $crM^{m,\ell}_{m,\ell+1}$, $crM^{m,\ell}_{m,\ell}$ …… $ctM^{m,\ell}_{m,\ell+1}$, $ctM^{m,\ell}_{m,\ell}$ を $cr^2M^{m,N_2}_{m,\ell+1}$, $cr^2M^{m,N_2}_{m,\ell}$ …… $ct^2M^{m,N_2}_{m,\ell+1}$, $ct^2M^{m,N_2}_{m,\ell}$ にかえて得られる。

$cr'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, $cr'(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $cr'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1,\cdots N_1$ について

$cs'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, $cs'(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $cs'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1,\cdots N_1$ について

$ct'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct'(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1,\cdots N_1$ について計算し, また

$cr^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1,\cdots N_2$ について

$cs^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1,\cdots N_2$ について

$ct^2(\Delta r)^{m,M_1}_{m,n}, ct^2(\Delta S)^{m,M_2}_{m,n}, ct^2(\Delta\theta)^{m,M_3}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1,\cdots N_2$ について計算する。

5.5 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta r')_{m,n}=\frac{c}{2}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\omega_{m,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\omega_{m,i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}+ta(\Delta r')_{m,m}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,n})+ta(\Delta S')_{m,m}\cdot\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \quad (5.5.1)$$

$$tc(\Delta S)_{m,n}=\frac{c}{2}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\omega_{m,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\omega_{m,i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}-ta(\Delta r')_{m,m}\cdot\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+ta(\Delta S')_{m,m}\cdot\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \quad (5.5.2)$$

$$tc(\Delta\theta)_{m,n}=ta(\Delta\theta)_{m,m} \quad (5.5.3)$$

(5.5.1) ～ (5.5.3) を $m=0,1,2,\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots 7$ について計算する。

第6節 初期撓み

6.1 初期撓みの種類

初期撓みとは荷重分割の便宜上，片持梁またはアーチのいずれか一方に特定の荷重を荷重分割にさきだって載荷した場合の撓みをいう．この初期撓みは荷重分割には加味されるもので荷重分割法では自重以外の鉛直荷重NO.6のアーチよりも上部の水平荷重および地震時の慣性力を片持梁に載荷する。

6.2 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

(i) $Z_{n+1}\leqq H_0$ のとき

$$w_{m,n}=\frac{P_{m,n}+P_{m,n+1}}{2}(ue_{m,n}-ue_{m,n+1}) \quad (6.2.1)$$

$$ve_{m,n}=ue_{m,n}-\frac{1}{3}(ue_{m,n}-ue_{m,n+1})\frac{P_{m,n}+2P_{m,n+1}}{P_{m,n}+P_{m,n+1}} \quad (6.2.2)$$

(ii) $Z_n\leqq H_0<Z_{n+1}$ のとき

$$w_{m,n}=\frac{P_{m,n}}{2}(ue_{m,n}-ue_{m,n+1})\frac{H_0-Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \quad (6.2.3)$$

$$ue_{m,n}=ue_{m,n}-\frac{1}{3}(ue_{m,n}-ue_{m,n+1})\frac{H_0-Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \quad (6.2.4)$$

(iii) $Z_n\geqq H_0$

$$w_{m,n}=ve_{m,n}=0 \quad (6.2.5)$$

これら $w_{m,n}, ve_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$; $n=m,m+1\cdots 6$ について計算する。

各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは

$$vW_{m,n}=\sum_{i=n}^{6}w_{m,i} \quad (6.2.6)$$

$$vM_{m,n}=\sum_{i=n}^{6}w_{m,i}(ve_{m,i}-ue_{m,n}+lg_{m,n}) \quad (6.2.7)$$

6.3 水平荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

(I) $Z_7 \geqq H_0 \geqq Z_6$ のとき

$$ {}_nV_{m,n} = -\frac{1}{2} P_{m,6} (H_0 - Z_6) \frac{u r_{m,6}}{a r_{m,6}} \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,6}) \tag{6.3.1} $$

$$ {}_nM_{m,n} = {}_nV_{m,n} \left\{ Z_6 + \frac{1}{3}(H_0 - Z_6) - Z_n \right\} \tag{6.3.2} $$

$$ {}_nH_{m,n} = -\frac{1}{2} P_{m,6} (H_0 - Z_6) \frac{u r_{m,6}}{a r_{m,6}} \sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,6}) \tag{6.3.3} $$

(II) $H_0 < Z_6$ のとき

$Z_{l+1} > H_0 \geqq Z_l$ （ただし $l \leqq 5$）とする。

(1) $n > l$ のとき

$$ {}_nV_{m,n} = {}_nM_{m,n} = {}_nH_{m,n} = 0 \tag{6.3.4} $$

(2) $n \leqq l$ のとき

$$ {}_nV_{m,n} = \frac{1}{2} P_{m,l} (Z_{l+1} - H_0) \frac{u r_{m,l}}{a r_{m,l}} \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,l}) \tag{6.3.5} $$

$$ {}_nM_{m,n} = {}_nV_{m,n} \left\{ \frac{1}{3}(Z_{l+1} + Z_l + H_0) - Z_n \right\} \tag{6.3.6} $$

$$ {}_nH_{m,n} = \frac{1}{2} P_{m,l} (Z_{l+1} - H_0) \frac{u r_{m,l}}{a r_{m,l}} \sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,l}) \tag{6.3.7} $$

6.4 地震時慣性による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$ {}_sV_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c h_i \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m,i+1} + A_{m,i}) \cos\phi_{m,n} \tag{6.4.1} $$

$$ {}_sM_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c h_i \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} \left\{ A_{m,i+1}(Z_{i+1} - Z_n) + A_{m,i}(Z_i - Z_n) \right\} \cos\phi_{m,n} \tag{6.4.2} $$

$$ {}_sH_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c h_i \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m,i+1} + A_{m,i}) \sin\phi_{m,n} \tag{6.4.3} $$

これらを $m = 0, 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

6.5 全初期荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$ {}_IV_{m,n} = {}_sV_{m,n} + {}_nV_{m,n} \tag{6.5.1} $$

$$ {}_IM_{m,n} = {}_vM_{m,n} + {}_sM_{m,n} + {}_nM_{m,n} \tag{6.5.2} $$

$$ {}_IH_{m,n} = {}_sH_{m,n} + {}_nH_{m,n} \tag{6.5.3} $$

$m = 0, 1, 2, \cdots 6$； $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

6.6 初期撓みの計算

$$ c_i(\Delta r)_{m,n} = \sum_{i=m}^{n-1} \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2E_c} \left\{ \frac{{}_IM_{m,i+1}(Z_n - Z_{i+1}) \cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{I_{m,i+1}} + \frac{{}_IM_{m,i}(Z_n - Z_i) \cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{I_{m,i}} \right\} $$

$$ + \frac{5(1+V_c)}{4E_c} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_IV_{m,i+1} \cdot \cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_IV_{m,i} \cdot \cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{A_{m,i}} \right\} + \frac{1+V_c}{E_c} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - $$

$$ Z_i) \left\{ \frac{{}_IH_{m,i+1} \cdot \sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_IH_{m,i} \cdot \sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{A_{m,i}} \right\} + ({}_IM_{m,m} \cdot c\alpha_m + {}_IV_{m,m} \cdot c\alpha_{2,m})(Z_n - Z_m) $$

$$\times \cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})-K_m^c\left\{{}_1V_{m,m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,m}+{}_1H_{m,m}\cdot as(\Delta r)^c_{m,m}\right\}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})-K_m^c\{$$
$${}_1V_{m,m}\cdot ar(\Delta S)^c_{m,m}+{}_1H_{m,m}\cdot as(\Delta S)^c_{m,m}\}\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \qquad (6.6.1)$$

$$c_1(\Delta S)_{m,n}=-\sum_{i=m}^{n-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{2Ec}\left\{\frac{{}_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_1M_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n-Z_i)\times\right.$$
$$\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}-\frac{5(1+V_c)\sum_{i=m}^{n-1}}{4Ec}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_1V_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_1V_{m,i}}{A_{m,i}}\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}$$
$$+\frac{1+V_c}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_1H_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_1H_{m,i}}{A_{m,i}}\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}-({}_1M_{m,m}\cdot c\alpha_{1,m}$$
$$+{}_1V_{m,m}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+K_m^c\left\{{}_1V_{m,m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,m}+{}_1H_{m,m}\cdot as(\Delta r)^c_{m,m}\right\}\times$$
$$\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})-K_m^c\{{}_1V_{m,m}\cdot ar(\Delta S)^c_{m,m}+{}_1H_{m,m}\cdot as(\Delta S)^c_{m,m}\}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})$$
$$(6.6.2)$$

$$c_1(\Delta\theta)_{m,n}=-K_m^c\left\{{}_1V_{m,m}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m,m}+{}_1H_{m,m}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m,m}\right\} \qquad (6.6.3)$$

ただし $m=0$ のとき

$$-K_m^c\cdot ar(\Delta r)^c_{m,m}=c\delta_0+\frac{{}_1M_{m,m}}{{}_1V_{m,m}}c\alpha_{2,0} \qquad (6.6.4)$$
$$as(\Delta r)^c_{m,m}=ar(\Delta S)^c_{m,m}=as(\Delta S)^c_{m,m}=ar(\Delta\theta)^c_{m,m}=as(\Delta\theta)^c_{m,m}=0 \qquad (6.6.5)$$

とする.

これら $c_1(\Delta r)_{m,n}$, $c_1(\Delta S)_{m,n}$, $c_1(\Delta\theta)_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$, $n=m, m+1,\cdots 7$ について計算する。

ただし. ${}_1M_{m,7}$, ${}_1H_{m,7}$, ${}_1V_{m,7}$ は0とする. またアーチの初期荷重による撓みは

$$a_1(\Delta r)_{m,n}=-K_n^c\left\{{}_1V_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,n}+{}_1H_{n,n}\cdot as(\Delta r)^c_{m,n}\right\} \qquad (6.6.6)$$
$$a_1(\Delta S)_{m,n}=-K_n^c\left\{{}_1V_{n,n}\cdot ar(\Delta S)^c_{m,n}+{}_1H_{n,n}\cdot as(\Delta S)^c_{m,n}\right\} \qquad (6.6.7)$$
$$a_1(\Delta\theta)_{m,n}=-K_n^c\left\{{}_1V_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^c_{m,n}+{}_1H_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m,n}\right\} \qquad (6.6.8)$$

(6.6.6) ~ (6.6.8) を $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,\cdots n$ について計算する。

第7節 自重

7.1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$w_1W_{m,n}=\int_c\sum_{i=n}^{N_1-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.1)$$

$$w_1M_{m,n}=\int_c\sum_{i=n}^{N_1-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}\Big\{A_{m,i+1}(uC_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+1})+4A_{m,i+0.5}(uC_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})$$
$$\times\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+0.5})+A_{m,i}(uC_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i})\Big\}-(uC_{m,n}-lg_{m,n})w_1W_{m,n}$$
$$(7.1.2)$$

$w_1W_{m,n}$, $w_1M_{m,n}$ を $m=0,1,\cdots N_1-1$, $n=m, m+1,\cdots N_1$ について計算する。

$$w_2W_{m,n}=\int_c\sum_{i=n}^{N_2-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.3)$$

$$w_2M_{m,n}=\int_c\sum_{i=n}^{N_2-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}\Big\{A_{m,i+1}(uC_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+1})+4A_{m,i+0.5}(uC_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})$$
$$\times\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+0.5})+A_{m,i}(uC_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i})\Big\}-(uC_{m,n}-lg_{m,n})w_2W_{m,n}$$
$$(7.1.4)$$

$w_2W_{m,n}$, $w_2M_{m,n}$ を $n=0,1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1,\cdots N_2$ について計算する。

$$w_3W_{m,n}=\rho_c\sum_{i=n}^{i}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \tag{7.1.5}$$

$$w_3M_{m,n}=\rho_c\sum_{i=n}^{i}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}\Big\{A_{m,i+1}(uc_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+1})+4A_{m,i+0.5}(uc_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\times\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+0.5})+A_{m,i}(uc_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i})\Big\}-(uc_{m,n}-lg_{m,n})w_3W_{m,n} \tag{7.1.6}$$

$w_3W_{m,n}$, $w_3M_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6$, $n=m,m+1,\cdots 6$ について計算する。

7.2 自重による撓み

$$w_1(\Delta r)_{m,n}=\frac{1}{2E_c}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_2M_{m,i+1}-w_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_2M_{m,i}-w_1M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}+(w_2M_{m,m}-w_1M_{m,m})\cdot c\alpha_m\cdot(Z_n-Z_m)\cdot\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+\{(w_2M_{0,0}-w_1M_{0,0})\cdot c\alpha_{2,0}\}^{*} \tag{7.2.1}$$

$$w_1(\Delta S)_{m,n}=\frac{-1}{2E_c}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_2M_{m,i+1}-w_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_2M_{m,i}-w_1M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}-(w_2M_{m,m}-w_1M_{m,m})\cdot c\alpha_m\cdot(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \tag{7.2.2}$$

$w_1(\Delta r)_{m,n}$, $w_1(\Delta S)_{m,n}$ を $n=0,1,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1,\cdots N_1$ について計算する。

$$w_2(\Delta r)_{m,n}=\frac{1}{2E_c}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}+(w_3M_{m,m}-w_2M_{m,m})\cdot c\alpha_m(Z_n-Z_m)\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+\{(w_3M_{0,0}-w_2M_{0,0})\cdot c\alpha_{2,0}\}^{*} \tag{7.2.3}$$

$$w_2(\Delta S)_{m,n}=\frac{-1}{2E_c}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}-(w_3M_{m,m}-w_2M_{m,m})\cdot c\alpha_m(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \tag{7.2.4}$$

$w_2(\Delta r)_{m,n}$, $w_2(\Delta S)_{m,n}$ を $m=0,1,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1,\cdots N_2$ について計算する。

ただし (7.2.2), (7.2.4) の $*$ の項は $m=0$ のときのみ加算するものとする。

第8節 荷重分割

8.1 外荷重に対する荷重分割

点 (m,n) の片持梁の半径方向分担荷重，接線方向分担荷重，ねじれ分担荷重をそれぞれ $crP_{m,n}$, $csP_{m,n}$, $ctP_{m,n}$ とすれば，点 (m,n) の片持梁の半径方向撓み，接線方向撓み，鉛直軸のまわりの回転角は

(1) $m=0$ のとき

$$c(\Delta r)_{0,n}=cr(\Delta r)_{0,n}+\sum_{i=0}^{i}crP_{0,i}\cdot cr(\Delta r)_{0,n}^{0,i}+\sum_{i=1}^{i}\frac{cm(\Delta r)_{0,n}^{0,i}}{r_2\cdot\psi_{1,i}}\sum_{i=1}^{i}ctP_{1,i}\cdot ctM_{1,i}^{1,i} \tag{8.1.1}$$

$$c(\Delta S)_{0,n}=0 \tag{8.1.2}$$

$$c(\Delta\theta)_{0,n}=0 \tag{8.1.3}$$

(ii) $m \neq 0$ のとき

$$c(\Delta r)_{m,n} = ct(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} crP_{m,\ell}\, cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} csP_{m,\ell}\, cs(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} ctP_{m,\ell}\, ct(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \times \sum_{k=0}^{m} \Big\{ (P_{k,m} - crP_{k,m})\, ar(\Delta r)^{k,m}_{m,m} - csP_{k,m}\, as(\Delta r)^{k,m}_{m,m} - ctP_{k,m}\, at(\Delta r)^{k,m}_{m,m} \Big\} + \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \Big\{ (P_{k,m} - crP_{k,m}) \times ar(\Delta s)^{k,m}_{m,m} - csP_{k,m}\, as(\Delta s)^{k,m}_{m,m} - ctP_{k,m}\, at(\Delta s)^{k,m}_{m,m} \Big\} + \frac{1}{ir_m} \Big\{ \frac{\psi_{m,m} - \psi_{m-2,m}}{(\psi_{m,m} - \psi_{m-1,m})(\psi_{m,m} - \psi_{m-2,m})} \Big\{ \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m,i} \times ctM^{m,i}_{m,m} - \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m-1,i}\, ctM^{m-1,i}_{m-1,m} \Big\} - \frac{\psi_{m,m} - \psi_{m-1,m}}{(\psi_{m,m} - \psi_{m-2,m})(\psi_{m-1,m} - \psi_{m-2,m})} \Big\{ \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m,i}\, ctM^{m,i}_{m,m} - \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m-2,i} \cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m} \Big\} \Big\} cm(\Delta r)^{m,m}_{m,n} + \sum_{\ell=m+1}^{\xi} \frac{1}{ir_\ell} \Big\{ \frac{\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m-1,\ell})(\psi_{m,\ell} - \psi_{m-1,\ell})} \Big\{ \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m,i}\, ctM^{m,i}_{m,\ell} - \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m-1,i} \cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell} \Big\} + \frac{\psi_{m,\ell} - \psi_{m-1,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m,\ell})(\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m-1,\ell})} \Big\{ \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m+1,i}\, ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell} - \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m,i}\, ctM^{m,i}_{m,\ell} \Big\} \Big\} cm(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} \qquad (8.1.4)$$

$$c(\Delta s)_{m,n} = ct(\Delta s)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} crP_{m,\ell}\, cr(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} csP_{m,\ell}\, cs(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} ctP_{m,\ell}\, ct(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} - \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \times \sum_{k=0}^{m} \Big\{ (P_{k,m} - crP_{k,m})\, ar(\Delta r)^{k,m}_{m,m} - csP_{k,m}\, as(\Delta r)^{k,m}_{m,m} - ctP_{k,m}\, at(\Delta r)^{k,m}_{m,m} \Big\} + \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \Big\{ (P_{k,m} - crP_{k,m})\, ar(\Delta s)^{k,m}_{m,m} - csP_{k,m}\, as(\Delta s)^{k,m}_{m,m} - ctP_{k,m}\, at(\Delta s)^{k,m}_{m,m} \Big\} + \frac{1}{ir_m} \Big\{ \frac{\psi_{m,m} - \psi_{m-2,m}}{(\psi_{m,m} - \psi_{m-1,m})(\psi_{m-1,m} - \psi_{m-2,m})} \times \Big\{ \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,m} - \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m-1,i} \cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,m} \Big\} - \frac{\psi_{m,m} - \psi_{m-1,m}}{(\psi_{m,m} - \psi_{m-2,m})(\psi_{m-1,m} - \psi_{m-2,m})} \Big\{ \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,m} - \sum_{i=m}^{\xi} ctP_{m-2,i} \cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m} \Big\} \Big\} cm(\Delta s)^{m,m}_{m,n} + \sum_{\ell=m+1}^{\xi} \frac{1}{ir_\ell} \Big\{ \frac{\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m-1,\ell})(\psi_{m,\ell} - \psi_{m-1,\ell})} \Big\{ \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell} - \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m-1,i} \cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell} \Big\} + \frac{\psi_{m,\ell} - \psi_{m-1,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m,\ell})(\psi_{m+1,\ell} - \psi_{m-1,\ell})} \Big\{ \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m+1,i} \cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell} - \sum_{i=\ell}^{\xi} ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell} \Big\} \Big\} \times cm(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} \qquad (8.1.5)$$

$$c(\Delta\theta)_{m,n} = ct(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} crP_{m,\ell}\, cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} csP_{m,\ell}\, cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{\xi} ctP_{m,\ell}\, ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{k=0}^{m} \Big\{ (P_{k,m} - crP_{k,m}) \cdot ar(\Delta\theta)^{k,m}_{m,m} - csP_{k,m}\, as(\Delta\theta)^{k,m}_{m,m} - ctP_{k,m}\, at(\Delta\theta)^{k,m}_{m,m} \Big\} \qquad (8.1.6)$$

(8.1.4)～(8.1.6)において $csP_{k,m}, ctP_{k,m}$ は $K=0$ のとき 0 とする。

点 (m,n) のアーチの各方向撓み，および鉛直軸のまわりの回転は

$$a(\Delta r)_{m,n} = at(\Delta r)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n} (P_{k,n} - crP_{k,n})\, ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n} csP_{k,n}\, as(\Delta r)^{k,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n} ctP_{k,n}\, at(\Delta r)^{k,n}_{m,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{\xi} \Big\{ crP_{n,\ell} \Big\{ crV^{n,\ell}_{n,n}\, ar(\Delta r)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\, as(\Delta r)^{c}_{m,n} \Big\} + csP_{n,\ell} \Big\{ csV^{n,\ell}_{n,n}\, ar(\Delta r)^{c}_{m,n} + csH^{n,\ell}_{n,n}\, as(\Delta r)^{c}_{m,n} \Big\} - ctP_{n,\ell}\, ctM^{n,\ell}_{n,n} \times at(\Delta r)^{c}_{m,n} \Big\} \qquad (8.1.7)$$

$$a(\Delta s)_{m,n} = at(\Delta s)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n} (P_{k,n} - crP_{k,n})\, ar(\Delta s)^{k,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n} csP_{k,n}\, as(\Delta s)^{k,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n} ctP_{k,n}\, at(\Delta s)^{k,n}_{m,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{\xi} \Big\{ crP_{n,\ell} \Big\{ crV^{n,\ell}_{n,n}\, ar(\Delta s)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\, as(\Delta s)^{c}_{m,n} \Big\} + csP_{n,\ell} \Big\{ csV^{n,\ell}_{n,n}\, ar(\Delta s)^{c}_{m,n} + csH^{n,\ell}_{n,n} \cdot as(\Delta s)^{c}_{m,n} \Big\} - ctP_{n,\ell}\, ctM^{n,\ell}_{n,n}\, at(\Delta s)^{c}_{m,n} \Big\} \qquad (8.1.8)$$

$$a(\Delta\theta)_{m,n} = at(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n} (P_{k,n} - crP_{k,n}) \cdot ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n} csP_{k,n}\, as(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n} ctP_{k,n}\, at(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{\xi} \Big\{ crP_{n,\ell} \Big\{ crV^{n,\ell}_{n,n}\, ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\, as(\Delta\theta)^{c}_{m,n} \Big\} + csP_{n,\ell} \Big\{ csV^{n,\ell}_{n,n}\, ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n} + csH^{n,\ell}_{n,n} \cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n} \Big\} - ctP_{n,\ell}\, ctM^{n,\ell}_{n,n}\, at(\Delta\theta)^{c}_{m,n} \Big\} \qquad (8.1.9)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向撓みは一致しなければならないから

$$c(\Delta r)_{m,n} = a(\Delta r)_{m,n} \tag{8.1.10}$$

$$c(\Delta s)_{m,n} = a(\Delta s)_{m,n} \tag{8.1.11}$$

$$c(\Delta\theta)_{m,n} = a(\Delta\theta)_{m,n} \tag{8.1.12}$$

(m,n) は $n=0,1,2,\cdots 6$, $m=0,1,2,\cdots n$ であるから, $28\times 3=84^{ケ}$の未知数 $crP_{m,n}$, $csP_{m,n}$, $ctP_{m,n}$ と84ケの方程式が成立する. しかるに

$$csP_{0,n} = ctP_{0,n} = 0 \tag{8.1.13}$$

とすれば (8.1.11),(8.1.12) は $m=0$ の点で必ず成立する. また $m=n$ なる点では (8.1.10)~(8.1.12) は必ず成立するから

$$crP_{m,m} = P_{m,m}\cdot\sin^2\chi_m \tag{8.1.14}$$

$$csP_{m,m} = ctP_{m,m} = 0 \tag{8.1.15}$$

とし, $m=n=0$ の点では

$$crP_{0,0} = P_{0,0} \tag{8.1.16}$$

とする. したがって (8.1.10)~(8.1.12) に (8.1.1)~(8.1.9) を代入し (8.1.10) に対しては $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,\cdots n-1$ の $21^{ケ}$, (8.1.11),(8.1.12) に対しては $n=2,3,\cdots 6$, $m=1,2,\cdots (n-1)$ の $15^{ケ}$づつの点について方程式をたて, $crP_{m,n}$ ($n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,\cdots n-1$) $csP_{m,n}$, $ctP_{m,n}$ ($n=2,3\cdots 6$; $m=1,2,\cdots (n-1)$) の $51^{ケ}$の未知数について連立に解けば $crP_{m,n}$, $csP_{m,n}$, $ctP_{m,n}$ が求められる. なおアーチの分担荷重は

$$arP_{m,n} = P_{m,n} - crP_{m,n} \tag{8.1.17}$$

$$asP_{m,n} = -csP_{m,n} \tag{8.1.18}$$

$$atP_{m,n} = -ctP_{m,n} \tag{8.1.19}$$

8.2 温度荷重に対する荷重分割

(m,n) の片持梁の半径方向分担荷重, 接線方向分担荷重, ねじれ分担荷重をそれぞれ $tcrP_{m,n}$, $tcsP_{m,n}$, $tctP_{m,n}$ とすれば (m,n) の片持梁の半径方向撓み, 接線方向撓み, 鉛直軸のまわりの回転角は

(i) $m=0$ のとき

$$tc(\Delta r)_{0,n} = tc(\Delta r')_{0,n} + \sum_{\ell=0}^{6} tcrP_{0,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{0,\ell}_{0,n} + \sum_{\ell=1}^{6}\frac{cm(\Delta r)^{0,\ell}_{0,n}}{1/r_\ell\cdot\psi_{1,\ell}}\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{1,i}\cdot ctM^{1,\ell}_{1,i} \tag{8.2.1}$$

$$tc(\Delta s)_{0,n} = 0 \tag{8.2.2}$$

$$tc(\Delta\theta)_{0,n} = 0 \tag{8.2.3}$$

(ii) $m\neq 0$ のとき

$$tc(\Delta r)_{m,n} = tc(\Delta r')_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} tcsP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} tctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} - \cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{k=0}^{m}\{tcrP_{k,m}\cdot ar(\Delta r)^{k,m}_{m,m} + tcsP_{k,m}\cdot as(\Delta r)^{k,m}_{m,m} + tctP_{k,m}\cdot at(\Delta r)^{k,m}_{m,m}\} - \sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{k=0}^{m}\{tcrP_{k,m}\cdot ar(\Delta s)^{k,m}_{m,m} + tcsP_{k,m}\cdot as(\Delta s)^{k,m}_{m,m} + tctP_{k,m}\cdot at(\Delta s)^{k,m}_{m,m}\} + \frac{1}{1/r_m}\left\{\frac{\psi_{m,m}-\psi_{m-2,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m+1,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\right\}\left\{\sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m} - \sum_{i=m}^{6} tctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,m}\right\} - \frac{\psi_{m,m}-\psi_{m-1,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m-2,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m} - \sum_{i=m}^{6} tctP_{m-2,i}\cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m}\right\}\cdot cm(\Delta r)^{m,m}_{m,n} + \sum_{\ell=m+1}^{6}\frac{1}{1/r_\ell}\left\{\frac{\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m-1,\ell})(\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell} -\right.\right.$$

$$\left.\sum_{i=\ell}^{\xi} tctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}\right\}+\frac{\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell})(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{\xi} tctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}-\sum_{i=\ell}^{\xi} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}\right\}\times cm(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} \tag{8.2.4}$$

$$tc(\Delta S)_{m,n}=tc(\Delta S')_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{\xi} tcrP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{\xi} tcsP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{\xi} tctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,n})\sum_{K=0}^{m}\left\{tcrP_{K,m}\cdot ar(\Delta r)^{K,m}_{m,m}+tcsP_{K,m}\cdot as(\Delta r)^{K,m}_{m,n}+tctP_{K,m}\cdot at(\Delta r)^{K,m}_{m,m}\right\}-\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,n})\sum_{K=0}^{m}\left\{tcrP_{K,m}\cdot ar(\Delta S)^{K,m}_{m,m}+tcsP_{K,m}\cdot as(\Delta S)^{K,m}_{m,m}+tctP_{K,m}\cdot at(\Delta S)^{K,m}_{m,m}\right\}+\frac{1}{1Rm}\left\{\frac{\psi_{m,m}-\psi_{m-2,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m-1,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{\xi} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m}-\sum_{i=m}^{\xi} tctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,m}\right\}-\frac{\psi_{m,m}-\psi_{m-1,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m-2,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{\xi} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m}-\sum_{i=m}^{\xi} tctP_{m-2,i}\cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m}\right\}\right\}\cdot cm(\Delta S)^{m,m}_{m,n}+\sum_{\ell=m+1}^{\xi}\frac{1}{1Re}\left\{\frac{\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell})(\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{\xi} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}-\sum_{i=\ell}^{\xi} tctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}\right\}+\frac{\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell})(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{\xi} tctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}-\sum_{i=\ell}^{\xi} tctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}\right\}\right\}\times cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n} \tag{8.2.5}$$

$$tc(\Delta\theta)_{m,n}=tc(\Delta\theta')_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{\xi} tcrP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{\xi} tcsP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{\xi} tctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}-\sum_{K=0}^{m}\left\{tcrP_{K,m}\times ar(\Delta\theta)^{K,m}_{m,m}+tcsP_{K,m}\cdot as(\Delta\theta)^{K,m}_{m,m}+tctP_{K,m}\cdot at(\Delta\theta)^{K,m}_{m,m}\right\} \tag{8.2.6}$$

(m,n)のアーチの半径方向撓み、接線方向撓み、鉛直軸のまわりの回転角は

$$ta(\Delta r)_{m,n}=ta(\Delta r')_{m,n}-\sum_{K=0}^{\eta} tcrP_{K,n}\cdot ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n}-\sum_{K=1}^{\beta} tcsP_{K,n}\cdot as(\Delta r)^{K,n}_{m,n}-\sum_{K=1}^{\beta} tctP_{K,n}\cdot at(\Delta r)^{K,n}_{m,n}-K\xi\sum_{\ell=n}^{\xi}\left\{tcrP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^{c}_{m,n}\right\}+tcsP_{n,\ell}\left\{csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c}_{m,n}+csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^{c}_{m,n}\right\}-tctP_{n,\ell}\times ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot at(\Delta r)^{c}_{m,n}\right\} \tag{8.2.7}$$

$$ta(\Delta S)_{m,n}=ta(\Delta S')_{m,n}-\sum_{K=0}^{\eta} tcrP_{K,n}\cdot ar(\Delta S)^{K,n}_{m,n}-\sum_{K=1}^{\beta} tcsP_{K,n}\cdot as(\Delta S)^{K,n}_{m,n}-\sum_{K=1}^{\beta} tctP_{K,n}\cdot at(\Delta S)^{K,n}_{m,n}-K\xi\sum_{\ell=n}^{\xi}\left\{tcrP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta S)^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta S)^{c}_{m,n}\right\}+tcsP_{n,\ell}\left\{csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta S)^{c}_{m,n}+csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta S)^{c}_{m,n}\right\}-tctP_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot at(\Delta S)^{c}_{m,n}\right\} \tag{8.2.8}$$

$$ta(\Delta\theta)_{m,n}=ta(\Delta\theta')_{m,n}-\sum_{K=0}^{\eta} tcrP_{K,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n}-\sum_{K=1}^{\eta} tcsP_{K,n}\cdot as(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n}-\sum_{K=1}^{\eta} tctP_{K,n}\cdot at(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n}-K\xi\sum_{\ell=n}^{\xi}\left\{tcrP_{n,\ell}\left\{crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\right\}+tcsP_{n,\ell}\left\{csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n}+csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\right\}-tctP_{n,\ell}\times ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot at(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\right\} \tag{8.2.9}$$

これらアーチおよび片持梁の各方向撓みは一致しなければならないから

$$tc(\Delta r)_{m,n}=ta(\Delta r)_{m,n} \tag{8.2.10}$$

$$tc(\Delta S)_{m,n}=ta(\Delta S)_{m,n} \tag{8.2.11}$$

$$tc(\Delta\theta)_{m,n}=ta(\Delta\theta)_{m,n} \tag{8.2.12}$$

この場合にも

$$tcsP_{0,n}=tctP_{0,n}=0 \tag{8.2.13}$$

とすれば $m=0$ のときは (8.2.11), (8.2.12) は必ず成立する。また $m=n$ なる点では (8.2.10)～(8.2.12) は必ず成立するから

$$tcrP_{m,m}=tcsP_{m,m}=tctP_{m,m}=0 \tag{8.2.14}$$

とする。したがって (8.2.10)～(8.2.12) に (8.2.1)～(8.2.9) を代入して、(8.2.10) に対しては $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,2\cdots n-1$ の21ヶ, (8.2.11), (8.2.12) に対しては、

$n=2,3\cdots\cdots 6$, $n=1,2\cdots(n-1)$ の15ケづつの点について方程式をたて，$tcrP_{m,n}$ ($n=1,2,\cdots\cdots 6$, $m=0,1,2,\cdots n-1$), $tcsP_{m,n}$, $tctP_{m,n}$ ($n=2,3,\cdots\cdots 6$, $m=1,2,\cdots n-1$) の51ケの未知数について連立に解けば $tcrP_{m,n}$, $tcsP_{m,n}$, $tctP_{m,n}$ が求められる。なおアーチの分担荷重は

$$tarP_{m,n}=-tcrP_{m,n} \tag{8.2.15}$$

$$tasP_{m,n}=-tcsP_{m,n} \tag{8.2.16}$$

$$tatP_{m,n}=-tctP_{m,n} \tag{8.2.17}$$

8.3 自重に対する荷重分割

(a) 標高 N_1 まで継目グラウトされ，標高 N_2 まで打設されたときの荷重分割

点 (m,n) の片持梁の半径方向分担荷重，接線方向分担荷重，ねじれ分担荷重をそれぞれ $wcr'P_{m,n}$, $wcs'P_{m,n}$; $wct'P_{m,n}$ とすれば (m,n) の片持梁の半径方向撓み，接線方向撓み，鉛直軸のまわりの回転角は，

(i) $m=0$ のとき

$$wc'(\Delta r)_{0,n}=w_1(\Delta r)_{a,n}+\sum_{\ell=0}^{N_1-1}wcr'P_{0,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{0,n}^{a,\ell}+wcr'P_{o,N_1}\cdot cr'(\Delta r)_{0,n}^{a,N_1}+\sum_{\ell=1}^{N_2-1}\frac{cm(\Delta r)_{0,n}^{a,\ell}}{r_2\cdot\psi_{1,2}}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct'P_{1,i}\cdot ctM_{1,2}^{i,\ell}+wct'P_{1,N_1}\cdot ctM_{1,2}^{N_1,\ell}\right\} \tag{8.3.1}$$

$$wc'(\Delta S)_{0,n}=0 \tag{8.3.2}$$

$$wc'(\Delta\theta)_{0,n}=0 \tag{8.3.3}$$

(ii) $m\neq 0$ のとき

$$\begin{aligned}wc'(\Delta r)_{m,n}=&w_1(\Delta r)_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1}wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell}+wcr'P_{m,N_1}\cdot cr'(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell}\\
&wcs'P_{m,N_1}\times cs'(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wct'P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell}+wct'P_{m,N_1}\cdot ct'(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1}-\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\cdot\\
&\sum_{k=0}^{m}\left\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m}+wcs'P_{k,m}\cdot as(\Delta r)_{m,m}^{k,m}+wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m}\right\}-\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\cdot\\
&\sum_{k=0}^{m}\left\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta s)_{m,m}^{k,m}+wcs'P_{k,m}\times as(\Delta s)_{m,m}^{k,m}+wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta s)_{m,m}^{k,m}\right\}+\\
&\frac{1}{r_1r_m}\left\{\frac{\psi_{n,m}-\psi_{n-2,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m-1,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{N_2-1}wct'P_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i}+wct'P_{m,N_1}ctM_{m,m}^{m,N_1}-\sum_{i=m}^{N_2-1}wct'P_{m-1,i}\right.\right.\\
&\times ctM_{m-1,m}^{m-1,i}-ct'P_{m-1,N_1}ct'M_{m-1,m}^{m-1,N_1}\Big\}-\frac{\psi_{n,m}-\psi_{n-1,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m-2,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\times\left\{\sum_{i=m}^{N_2-1}wct'P_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i}+\right.\\
&\left.\left.wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M_{m,m}^{m,N_1}-\sum_{i=m}^{N_2-1}wct'P_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}-wct'P_{m-2,N_1}ct'M_{m-2,m}^{m-2,N_1}\right\}\right\}cm(\Delta r)_{m,n}^{m,m}+\\
&\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}\frac{1}{r_1r_2}\left\{\frac{\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m-1,\ell})(\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct'P_{m,i}ctM_{m,\ell}^{m,i}+wct'P_{m,N_1}ct'M_{m,\ell}^{m,N_1}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct'P_{m+1,i}\right.\right.\\
&\times ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i}-wct'P_{m+1,N_1}ct'M_{m-1,\ell}^{m-1,N_1}\Big\}+\frac{\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell})(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct'P_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i}+\right.\\
&\left.\left.wct'P_{m+1,N_1}\times ctM_{m+1,\ell}^{m+1,N_1}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct'P_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}-wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,N_1}\right\}\right\}cm(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell}
\end{aligned}\tag{8.3.4}$$

$$\begin{aligned}wc'(\Delta S)_{m,n}=&w_1(\Delta S)_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1}wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}+wcr'P_{m,N_1}\cdot cr'(\Delta S)_{m,n}^{m,N_1}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}+wcs'P_{m,N_1}\cdot cs'(\Delta S)_{m,n}^{m,N_1}+\\
&\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wct'P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}+wct'P_{m,N_1}\cdot ct'(\Delta S)_{m,n}^{m,N_1}+\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{k=0}^{m}\left\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m}+wcs'P_{k,m}\cdot as(\Delta r)_{m,m}^{k,m}\right.\\
&\left.+wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m}\right\}-\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{k=0}^{m}\left\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta S)_{m,m}^{k,m}+wcs'P_{k,m}\cdot as(\Delta S)_{m,m}^{k,m}+wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta S)_{m,m}^{k,m}\right\}\\
&+\frac{1}{r_1r_m}\left\{\frac{\psi_{m,m}-\psi_{m-2,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m-1,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{N_2-1}wct'P_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i}+wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M_{m,m}^{m,N_1}-\sum_{i=m}^{N_2-1}wct'P_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m}^{m-1,i}\right.\right.
\end{aligned}$$

$$-wct'P_{m+1,N}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,m}\Big]-\frac{\psi_{m,m}-\psi_{m-1,m}}{(\psi_{m,m}-\psi_{m-2,m})(\psi_{m-1,m}-\psi_{m-2,m})}\Big\{\sum_{\ell=m}^{N_{i-1}} wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m}+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,m}-\sum_{\ell=m}^{N_{i-1}}\times$$
$$wct'P_{m-2,i}\cdot ctM^{m-2,\ell}_{m-2,m}-wct'P_{m-2,N_i}\cdot ct'M^{m-2,N_i}_{m-2,m}\Big\}\Big]cm(\Delta S)^{m,m}_{m,n}+\sum_{\ell=m+1}^{N_{i-1}}\frac{1}{\gamma_\ell}\Big\{\frac{\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m-1,\ell})(\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}\Big\{$$
$$\sum_{\ell=1}^{N_{i-1}} wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,\ell}-\sum_{\ell=1}^{N_{i-1}} wct'P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,\ell}_{m-1,\ell}-wct'P_{m-1,N_i}\cdot ct'M^{m-1,N_i}_{m-1,\ell}\Big\}+\frac{\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell}}{(\psi_{m+1,\ell}-\psi_{m-1,\ell})(\psi_{m,\ell}-\psi_{m-1,\ell})}$$
$$\times\Big\{\sum_{\ell=1}^{N_{i-1}} wct'P_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}+wct'P_{m,N}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,\ell}-\sum_{\ell=1}^{N_{i-1}} wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}-wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,\ell}\Big\}\Big\}cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}$$
(8.3.5)

$$wc'(\Delta\theta)_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_{i-1}} wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+wcr'P_{m,N_i}\cdot cr'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_{i-1}} wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+wcs'P_{m,N_i}\cdot cs'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}$$
$$+\sum_{\ell=m}^{N_{i-1}} wct'P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}-\sum_{k=0}^{n}\Big\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta\theta)^{k,m}_{m,n}+wcs'P_{k,m}\cdot as(\Delta\theta)^{k,m}_{m,n}+$$
$$+wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta\theta)^{k,m}_{m,n}\Big\}$$
(8.3.6)

点(m,n)のアーチの半径方向撓み，接線方向撓み，鉛直軸のまわりの回転は

$$wa'(\Delta r)=-\sum_{k=0}^{n} wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n}-\sum_{k=1}^{n} wcs'P_{k,n}\cdot as(\Delta r)^{k,n}_{m,n}-\sum_{k=1}^{n} wct'P_{k,n}\cdot at(\Delta r)^{k,n}_{m,n}-K^c_n\sum_{\ell=n}^{N_{i-1}}\Big\{wcr'P_{n,\ell}\Big\{cr\nabla^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c}_{m,n}$$
$$+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^{c}_{m,n}\Big\}+wcs'P_{n,\ell}\Big\{cs\nabla^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c}_{m,n}+csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^{c}_{m,n}\Big\}-wct'P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot at(\Delta r)^{c}_{m,n}\Big\}-K^c_n\Big\{$$
$$wcr'P_{n,N_i}\Big\{cr\nabla^{n,N_i}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c}_{m,n}+cr'H^{n,N_i}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^{c}_{m,n}\Big\}+wcs'P_{n,N_i}\Big\{cs'\nabla^{n,N_i}_{n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c}_{m,n}+cs'H^{n,N_i}_{n,n}\cdot as(\Delta r)^{c}_{m,n}\Big\}-$$
$$wct'P_{n,N_i}\cdot ct'M^{n,N_i}_{n,n}\cdot at(\Delta r)^{c}_{m,n}\Big\}$$
(8.3.7)

$$wa'(\Delta s)_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n} wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta s)^{k,n}_{m,n}-\sum_{k=1}^{n} wcs'P_{k,n}\cdot as(\Delta s)^{k,n}_{m,n}-\sum_{k=1}^{n} wct'P_{k,n}\cdot at(\Delta s)^{k,n}_{m,n}-K^c_n\sum_{\ell=n}^{N_{i-1}}\Big\{wcr'P_{n,\ell}\Big\{$$
$$cr\nabla^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta s)^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta s)^{c}_{m,n}\Big\}+wcs'P_{n,\ell}\Big\{cs\nabla^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta s)^{c}_{m,n}+csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta s)^{c}_{m,n}\Big\}-wct'P_{n,\ell}\times$$
$$ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot at(\Delta s)^{c}_{m,n}\Big\}-K^c_n\Big\{wcr'P_{n,N_i}\Big\{cr'\nabla^{n,N_i}_{n,n}\cdot ar(\Delta s)^{c}_{m,n}+cr'H^{n,N_i}_{n,n}\cdot as(\Delta s)^{c}_{m,n}\Big\}+wcs'P_{n,N_i}\Big\{cs'\nabla^{n,N_i}_{n,n}\cdot ar(\Delta s)^{c}_{m,n}$$
$$+cs'H^{n,N_i}_{n,n}\cdot as(\Delta s)^{c}_{m,n}\Big\}-wct'P_{n,N_i}\cdot ct'M^{n,N_i}_{n,n}\cdot at(\Delta s)^{c}_{m,n}\Big\}$$
(8.3.8)

$$wa'(\Delta\theta)_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n} wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}-\sum_{k=1}^{n} wcs'P_{k,n}\cdot as(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}-\sum_{k=1}^{n} wct'P_{k,n}\cdot at(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}-K^c_n\sum_{\ell=n}^{N_{i-1}}\Big\{wcr'P_{n,\ell}\Big\{$$
$$cr\nabla^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n}+crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\Big\}+wcs'P_{n,\ell}\Big\{cs\nabla^{n,\ell}_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n}+csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\Big\}-wct'P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\times$$
$$at(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\Big\}-K^c_n\Big\{wcr'P_{n,N_i}\Big\{cr'\nabla^{n,N_i}_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n}+cr'H^{n,N_i}_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\Big\}+wcs'P_{n,N_i}\Big\{cs'\nabla^{n,N_i}_{n,n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c}_{m,n}+$$
$$cs'H^{n,N_i}_{n,n}\cdot as(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\Big\}-wct'P_{n,N_i}\cdot ct'M^{n,N_i}_{n,n}\cdot at(\Delta\theta)^{c}_{m,n}\Big\}$$
(8.3.9)

これらアーチおよび片持梁各方向撓みは一致しなければならないから

$$wc'(\Delta r)_{m,n}=wa'(\Delta r)_{m,n}$$
(8.3.10)

$$wc'(\Delta s)_{m,n}=wa'(\Delta s)_{m,n}$$
(8.3.11)

$$wc'(\Delta\theta)_{m,n}=wa'(\Delta\theta)_{m,n}$$
(8.3.12)

ただし(8.3.10)～(8.3.12)は$m=0,1,\cdots N_i$; $n=m,m+1,\cdots N_i$にて成立するものとする．また未知数$wcr'P_{m,n}$, $wcs'P_{m,n}$, $wct'P_{m,n}$は$m=0,1,\cdots N_i$, $n=m,m+1,\cdots N_i$の範囲でとるものとする．

さて前節と同様

$$wcs'P_{0,n}=wct'P_{0,n}=0$$
(8.3.13)

とすれば(8.3.11),(8.3.12)は$m=0$の点で必ず成立する．また$m=n$なる点では(8.3.10)～(8.3.12)は必ず成立するから

$$wcr'P_{m,m}=wcs'P_{m,m}=wct'P_{m,m}=0$$
(8.3.14)

とする。したがって(8.3.10)～(8.3.12)には

	$wcr^1P_{m,n}$	$wcs^1P_{m,n}$	$wct^1P_{m,n}$	計
$N_1=0$	0	0	0	0
$N_1=1$	1	0	0	1
$N_1=2$	3	1	1	5
$N_1=3$	6	3	3	12
$N_1=4$	10	6	6	22
$N_1=5$	15	10	10	35
$N_1=6$	21	15	15	51

の未知数を含み，この数と等しい連立方程式が成立することになる。これからこれらの未知数が求められる。

(ｲ) 標高 N_2 まで継目グラウトされ，標高7まで打設されたときの荷重分割

(m,n) の片持梁の半径方向分担荷重，接線方向分担荷重，ねじれ分担荷重をそれぞれ $wcr^2P_{m,n}$，$wcs^2P_{m,n}$，$wct^2P_{m,n}$ とすれば

(m,n) の片持梁の半径方向撓み $wc^2(\Delta r)_{m,n}$ は(8.3.1)，(8.3.4)において $w_1(\Delta r)_{m,n}$，$wcr^1P_{m,n}$，$wcs^1P_{m,n}$，$wct^1P_{m,n}$ を $w_2(\Delta r)_{m,n}$，$wcr^2P_{m,n}$，$wcs^2P_{m,n}$，$wct^2P_{m,n}$ に置きかえ，$cr^1(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$，$cs^1(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$，$ct^1(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$，$ct^1M^{m,N_1}_{m,\ell}$，$ct^1M^{m+1,N_1}_{m-1,\ell}$，$ct^1M^{m,N_1}_{m+1,\ell}$，$ct^1M^{m,N_1}_{m,m}$，$ct^1M^{m-1,N_1}_{m-1,m}$，$ct^1M^{m-2,N_1}_{m-2,m}$ をそれぞれ $cr^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$，$cs^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$，$ct^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$，$ct^2M^{m,N_2}_{m,\ell}$，$ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,\ell}$，$ct^2M^{m+1,N_2}_{m+1,\ell}$，$ct^2M^{m,N_2}_{m,m}$，$ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,m}$，$ct^2M^{m-2,N_2}_{m-2,m}$ におきかえ，さらに $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=\ell}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}$ を $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=\ell}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

(m,n) の片持梁の接線方向撓み $wc^2(\Delta s)_{m,n}$ は(8.3.2)，(8.3.5)において $w_1(\Delta s)_{m,n}$，$wcr^1P_{m,n}$，$wcs^1P_{m,n}$，$wct^1P_{m,n}$ を $w_2(\Delta s)_{m,n}$，$wcr^2P_{m,n}$，$wcs^2P_{m,n}$，$wct^2P_{m,n}$ におきかえ，$cr^1(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$，$cs^1(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$，$ct^1(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$，$ct^1M^{m,N_1}_{m,\ell}$，$ct^1M^{m-1,N_1}_{m-1,\ell}$，$ct^1M^{m+1,N_1}_{m+1,\ell}$，$ct^1M^{m,N_1}_{m,m}$，$ct^1M^{m-1,N_1}_{m-1,m}$，$ct^1M^{m-2,N_1}_{m-2,m}$ をそれぞれ $cr^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$，$cs^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$，$ct^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$，$ct^2M^{m,N_2}_{m,\ell}$，$ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,\ell}$，$ct^2M^{m+1,N_2}_{m+1,\ell}$，$ct^2M^{m,N_2}_{m,m}$，$ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,m}$，$ct^2M^{m-2,N_2}_{m-2,m}$ におきかえ，さらに $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m}^{N-1}$，$\sum_{\ell=\ell}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}$ を $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=\ell}^{N_2-1}$，$\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

(m,n) の片持梁の鉛直軸のまわりの回転角 $wc^2(\Delta\theta)^0_{m,n}$ は(8.3.3)，(8.3.6)において $w_1(\Delta\theta)_{m,n}$，$wcr^1P_{m,n}$，$wcs^1P_{m,n}$，$wct^1P_{m,n}$，$cr^1(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$，$cs^1(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$，$ct^1(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ をそれぞれ $w_2(\Delta\theta)_{m,n}$，$wcr^2P_{m,n}$，$wcs^2P_{m,n}$，$wct^2P_{m,n}$，$cr^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$，$cs^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$，$ct^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$ におきかえ $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$ を $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

同様に (m,n) のアーチの半径方向撓み $wa^2(\Delta r)_{m,n}$，接線方向撓み $wa^2(\Delta s)_{m,n}$，鉛直軸のまわりの回転角 $wa^2(\Delta\theta)_{m,n}$ は(8.3.7)，(8.3.8)，(8.3.9)において $wcr^1P_{m,n}$，$wcs^1P_{m,n}$，$wct^1P_{m,n}$，$cr^1V^{n,N_1}_{n,n}$，$cr^1H^{n,N_1}_{n,n}$，$cs^1V^{n,N_1}_{n,n}$，$cs^1H^{n,N_1}_{n,n}$，$ct^1M^{n,N_1}_{n,n}$ をそれぞれ $wcr^2P_{m,n}$，$wcs^2P_{m,n}$，$wct^2P_{m,n}$，$cr^2V^{n,N_2}_{n,n}$，$cr^2H^{n,N_2}_{n,n}$，$cs^2V^{n,N_2}_{n,n}$，$cs^2H^{n,N_2}_{n,n}$，$ct^2M^{n,N_2}_{n,n}$ に，$\sum_{\ell=n}^{N_2-1}$ を $\sum_{\ell=n}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。この場合にも

$$wc^2(\Delta r)_{m,n}=wa^2(\Delta r)_{m,n} \qquad (8.3.15)$$

$$wc^2(\Delta S)_{m,n} = wa^2(\Delta S)_{m,n} \tag{8.3.16}$$

$$wc^2(\Delta\theta)_{m,n} = wa^2(\Delta\theta)_{m,n} \tag{8.3.17}$$

(8.3.15) は $m = 0, 1, \cdots N_2-1$, $n = m+1, m+2, \cdots N_2$ にて成立するものとし,(8.3.16),(8.3.17) は $m = 1, 2, \cdots N_2-1$, $n = m+1, m+2, \cdots N_2$ にて成立するものとする。

未知数 $wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$, $wct^2P_{m,n}$ は $m=0, 1, \cdots N_2$, $n = m, m+1, \cdots N_2$ の範囲でとり,さらに

$$wcs^2P_{0,n} = wct^2P_{0,n} = 0 \tag{8.3.18}$$

$$wcr^2P_{m,m} = wcs^2P_{m,m} = wct^2P_{m,m} = 0 \tag{8.3.19}$$

とすれば N_2 の値に応じて前に示した個数の未知数に対応した連立方程式が成立し,これを解けば,これらの未知数が求められる。

8.4 片持梁およびアーチの撓み,および不静定諸力

片持梁およびアーチの外荷重による各方向撓みは (8.1.1)~(8.1.6) および (8.1.7)~(8.1.9) より求められる。また片持梁およびアーチの温度荷重による各方向撓みは (8.2.1)~(8.2.6) および (8.2.7)~(8.2.9) より求められる。

片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

(i) $m = 0$ のとき

$$cM_{0,n} = {}_1M_{0,n} + \sum_{\ell=0}^{6} crP_{0,\ell}\cdot crM_{0,n}^{0,\ell} + \sum_{\ell=1}^{6}\frac{cmM_{0,n}^{0,\ell}}{{}_1V_1\cdot\Psi_{1,\ell}}\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{1,i}\cdot ctM_{1,\ell}^{1,i} \tag{8.4.1}$$

(ii) $m \neq 0$ のとき

$$\begin{aligned}cM_{m,n} = {}_1M_{m,n} &+ \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{m,\ell} + \frac{1}{{}_1V_m}\left\{\frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m-2,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m-1,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\right.\right.\\
&\times ctM_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m}^{m-1,i}\Big\} - \frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m+1,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m+2,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}\right\}\\
&\times cmM_{m,n}^{m,n} + \sum_{\ell=m+1}^{6}\frac{1}{{}_1V_\ell}\left\{\frac{\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i}\right\} + \right.\\
&\left.\left.\frac{\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell})(\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}\right\}\right\} cmM_{m,n}^{m,\ell}\end{aligned} \tag{8.4.2}$$

$$cV_{m,n} = {}_1V_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crV_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot csV_{m,n}^{m,\ell} \tag{8.4.3}$$

$$cH_{m,n} = {}_1H_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crH_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot csH_{m,n}^{m,\ell} \tag{8.4.4}$$

$$ctM_{m,n} = \sum_{\ell=m}^{6} ctP_{m,\ell}\cdot ctM_{m,n}^{m,\ell} \tag{8.4.5}$$

$$\begin{aligned}aM_{m,n} = \sum_{k=0}^{3} arP_{k,n}\cdot arM_{m,n}^{k,n} &+ \sum_{k=1}^{n} asP_{k,n}\cdot asM_{m,n}^{k,n} + \sum_{k=1}^{n} atP_{k,n}\cdot atM_{m,n}^{k,n} - K_n^c\left\{{}_1V_{n,n}\cdot arM_{m,n}^{c} + {}_1H_{n,n}\cdot asM_{m,n}^{c}\right.\\
&\left.- K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\left\{crP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c}\right\} + csP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c}\right\} - ctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell}\cdot atM_{m,n}^{c}\right\}\end{aligned} \tag{8.4.6}$$

$$\begin{aligned}aH_{m,n} = \sum_{k=0}^{3} arP_{k,n}\cdot arH_{m,n}^{k,n} &+ \sum_{k=1}^{n} asP_{k,n}\cdot asH_{m,n}^{k,n} + \sum_{k=1}^{n} atP_{k,n}\cdot atH_{m,n}^{k,n} - K_n^s\left\{{}_1V_{n,n}\cdot arH_{m,n}^{c} + {}_1H_{n,n}\cdot asH_{m,n}^{c}\right\} -\\
&K_n^s\sum_{\ell=n}^{6}\left\{crP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c}\right\} + csP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c}\right\} - ctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell}\cdot atH_{m,n}^{c}\right\}\end{aligned} \tag{8.4.7}$$

$$\begin{aligned}aV_{m,n} = \sum_{k=0}^{3} arP_{k,n}\cdot arV_{m,n}^{k,n} &+ \sum_{k=1}^{n} asP_{k,n}\cdot asV_{m,n}^{k,n} + \sum_{k=1}^{n} atP_{k,n}\cdot atV_{m,n}^{k,n} - K_n^s\left\{{}_1V_{n,n}\cdot arV_{m,n}^{c} + {}_1H_{n,n}\cdot asV_{m,n}^{c}\right\} -\\
&K_n^s\sum_{\ell=n}^{6}\left\{crP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arV_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asV_{m,n}^{c}\right\} + csP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arV_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asV_{m,n}^{c}\right\} - ctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell}\cdot atV_{m,n}^{c}\right\}\end{aligned} \tag{8.4.8}$$

片持梁およびアーチの温度荷重による不静定諸力は

(i) $m=0$ のとき

$$tcM_{0,n}=\sum_{\ell=0}^{6} tcrP_{0,\ell}\cdot crM_{0,n}^{0,\ell}+\sum_{\ell=1}^{6}\frac{cmM_{0,n}^{0,\ell}}{i\overline{\ell 2}\cdot\Psi_{i,\ell}}\sum_{i=2}^{6} tctP_{i,i}\cdot ctM_{i,\ell}^{\lambda,i} \qquad (8.4.9)$$

(ii) $m\neq 0$ のとき

$$tcM_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,n}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell}+\sum_{\ell=m}^{6} tcsP_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{n,\ell}+\frac{1}{i\overline{rm}}\left[\frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m-2,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m-1,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i}-\sum_{i=m}^{6} tctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}\right\}-\frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m-1,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m-2,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i}-\sum_{i=m}^{6} tctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}\right\}\right]cmM_{m,n}^{m,n}$$

$$+\sum_{\ell=m+1}^{6}\frac{1}{i\overline{r\ell}}\left[\frac{\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}-\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i}\right\}+\frac{\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell})(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i}-\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}\right\}\right]cmM_{m,n}^{m,n} \qquad (8.4.10)$$

$$tc\nabla_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot cr\nabla_{m,n}^{m,\ell}+\sum_{\ell=m}^{6} tcsP_{n,\ell}\cdot cs\nabla_{m,n}^{n,\ell} \qquad (8.4.11)$$

$$tcH_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crH_{m,n}^{m,\ell}+\sum_{\ell=n}^{6} tcsP_{m,\ell}\cdot csH_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.12)$$

$$tcM_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tctP_{m,\ell}\cdot ctM_{m,n}^{n,\ell} \qquad (8.4.13)$$

$$taM_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\cdot arM_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tasP_{k,n}\cdot asM_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tatP_{k,n}\cdot atM_{m,n}^{k,n}+taM'_{m,n}-K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\left\{tcrP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c}+crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c}\right\}+tcsP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c}+csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c}\right\}-tctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell}\cdot atM_{m,n}^{c}\right\} \qquad (8.4.14)$$

$$taH_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\cdot arH_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tasP_{k,n}\cdot asH_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tatP_{k,n}\cdot atH_{m,n}^{n,n}+taH'_{m,n}-K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\left\{tcrP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c}+crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c}\right\}+tcsP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c}+csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c}\right\}-tctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell}\cdot atH_{m,n}^{c}\right\} \qquad (8.4.15)$$

$$taV_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\cdot arV_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tasP_{k,n}\cdot asV_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tatP_{k,n}\cdot atV_{m,n}^{k,n}+taV'_{m,n}-K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\left\{tcrP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arV_{m,n}^{c}+crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asV_{m,n}^{c}\right\}+tcsP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot arV_{m,n}^{c}+csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asV_{m,n}^{c}\right\}-tctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell}\cdot atV_{m,n}^{c}\right\} \qquad (8.4.16)$$

自重による片持梁の不静定諸力は

$$w\overline{W}_{m,n}=w_3\overline{W}_{m,n}$$

(i) $6\geq n\geq N_2$ のとき

$$wcM_{m,n}=w_3M_{m,n}$$

$$wc\nabla_{m,n}=wcH_{m,n}=wcM_{m,n}=0$$

(ii) $N_2>n\geq N_1$ で $m=0$ のとき

$$wcM_{0,n}=w_3M_{0,n}+\sum_{\ell=0}^{N_2-1} wcr^2P_{0,\ell}\cdot crM_{0,n}^{0,\ell}+wcr^2P_{0,N_2}\cdot cr^2M_{0,n}^{0,N_2}+\sum_{\ell=1}^{6}\frac{cmM_{0,n}^{0,\ell}}{i\overline{r\ell}\cdot\Psi_{i,\ell}}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{i,\ell}\cdot ctM_{i,\ell}^{\lambda,i}+ct^2P_{i,N_2}\cdot ctM_{i,\ell}^{\lambda,N_2}\right\} \qquad (8.4.20)$$

$m\neq 0$ のとき

$$wcM_{m,n}=w_3M_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr^2P_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2M_{m,n}^{m,N_2}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcs^2P_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{n,\ell}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2M_{m,n}^{n,N_2}+\frac{1}{i\overline{rm}}\left[\frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m-2,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m-1,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M_{m,m}^{m,N_2}-\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}-wct^2P_{m-2,N_2}\cdot ct^2M_{m-2,m}^{m-2,N_2}\right\}-\frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m-1,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m-2,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M_{m,m}^{m,N_2}-\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}-wct^2P_{m-2,N_2}\cdot ct^2M_{m-2,m}^{m-2,N_2}\right\}\right]cmM_{m,n}^{m,n}+\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}\frac{1}{i\overline{r\ell}}\left[\frac{\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\right.$$

$$\times\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ctM^{m,N_2}_{m,\ell}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}-wct^2P_{m-1,N_2}\cdot ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,\ell}\Big\}+$$

$$\frac{\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}+wct^2P_{m+1,N_2}\cdot ct^2M^{m+1,N_2}_{m+1,\ell}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}-$$

$$wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,\ell}\Big\}\Big\}\cdot cmM^{m,\ell}_{m,n} \qquad (8.4.21)$$

$$wcV_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr^2P_{m,\ell}\cdot crV^{m,\ell}_{m,n}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2V^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcs^2P_{m,\ell}\cdot csV^{m,\ell}_{m,n}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2V^{m,N_2}_{m,n} \qquad (8.4.22)$$

$$wcH_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr^2P_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2H^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcs^2P_{m,\ell}\cdot csH^{m,\ell}_{m,n}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2H^{m,N_2}_{m,n} \qquad (8.4.23)$$

$$wcM_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wct^2P_{m,\ell}\cdot ctM^{m,\ell}_{m,n}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,n} \qquad (8.4.24)$$

(iii) $N_1>n\geq 0$ で $m=0$ のとき

$$wcM_{0,n}=w_3M_{0,n}+\sum_{\ell=0}^{N_1-1} wcr^2P_{0,\ell}\cdot crM^{0,\ell}_{0,n}+wcr^2P_{0,N_2}\cdot cr^2M^{0,N_2}_{0,n}+\sum_{\ell=0}^{N_1-1} wcr'P_{0,\ell}\cdot crM^{0,\ell}_{0,n}+wcr'P_{0,N_1}\cdot cr'M^{0,N_1}_{0,n}+$$

$$\sum_{\ell=1}^{6}\frac{cmM^{0,\ell}_{0,n}}{i\Gamma_\ell\cdot\Psi_{i,\ell}}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{i,i}\cdot ctM^{i,i}_{i,\ell}+wct^2P_{i,N_2}\cdot ct^2M^{i,N_2}_{i,\ell}+\sum_{i=\ell}^{N_1-1} wct'P_{i,i}\cdot ctM^{i,i}_{i,\ell}+wct'P_{i,N_1}\cdot ctM^{i,N_1}_{i,\ell}\Big\} \qquad (8.4.25)$$

$m\neq 0$ のとき

$$wcM_{m,n}=w_3M_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr^2P_{m,\ell}\cdot crM^{m,\ell}_{m,n}+wcr^2P_{m,N_2}cr^2M^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr'P_{m,\ell}\cdot crM^{m,\ell}_{m,n}+wcr'P_{m,N_1}\cdot cr'M^{m,N_1}_{m,n}$$

$$+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcs^2P_{m,\ell}\cdot csM^{m,\ell}_{m,n}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2M^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcs'P_{m,\ell}\cdot csM^{m,\ell}_{m,n}+wcs'P_{m,N_1}\cdot cs'M^{m,N_1}_{m,n}+$$

$$\frac{1}{i\Gamma_m}\Big\{\frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m-2,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m-1,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\Big\{\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,m}+\sum_{i=m}^{N-1} wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m}+$$

$$wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M^{m,N_1}_{m,m}-\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,m}-wct^2P_{m-1,N_2}\cdot ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,m}-\sum_{i=m}^{N-1} wct'P_{m-1,i}\cdot ct'M^{m-1,i}_{m-1,m}-$$

$$wct'P_{m-1,N_1}\cdot ct'M^{m-1,N_1}_{m-1,m}\Big\}-\frac{\Psi_{m,m}-\Psi_{m-1,m}}{(\Psi_{m,m}-\Psi_{m-2,m})(\Psi_{m-1,m}-\Psi_{m-2,m})}\Big\{\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,m}+$$

$$\sum_{i=m}^{N_1-1} wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m}+wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M^{m,N_1}_{m,m}-\sum_{i=m}^{N_2-1} wct^2P_{m-2,i}\cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m}-wct^2P_{m-2,N_2}ct^2M^{m-2,N_2}_{m-2,m}-\sum_{i=m}^{N-1} wct'P_{m-2,i}\cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m}$$

$$-wct'P_{m-2,N_1}\cdot ct'M^{m-2,N_1}_{m-2,m}\Big\}\Big\}\cdot cmM^{m,m}_{m,n}+\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}\frac{1}{i\Gamma_\ell}\Big\{\frac{\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}+$$

$$wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,\ell}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}-wct^2P_{m-1,N_2}\cdot ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,\ell}\Big\}+\frac{\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell})}\Big\{$$

$$\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,\ell}_{m+1,\ell}+wct^2P_{m+1,N_2}\cdot ct^2M^{m+1,N_2}_{m+1,\ell}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}-wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,\ell}\Big\}\Big\}\cdot cmM^{m,\ell}_{m,n}+$$

$$\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}\frac{1}{i\Gamma_\ell}\Big\{\frac{\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1} wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}+wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M^{m,N_1}_{m,\ell}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1} wct'P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}$$

$$-wct'P_{m-1,N_1}\cdot ct'M^{m-1,N_1}_{m-1,\ell}\Big\}+\frac{\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell}}{(\Psi_{m+1,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})(\Psi_{m,\ell}-\Psi_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1} wct'P_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}+wct'P_{m+1,N_1}\cdot ct'M^{m+1,N_1}_{m+1,\ell}-$$

$$\sum_{i=\ell}^{N_1-1} wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}-wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M^{m,N_1}_{m,\ell}\Big\}\Big\}\cdot cmM^{m,\ell}_{m,n} \qquad (8.4.26)$$

$$wcV_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr^2P_{m,\ell}\cdot crV^{m,\ell}_{m,n}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2V^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr'P_{m,\ell}\cdot crV^{m,\ell}_{m,n}+wcr'P_{m,N_1}\cdot cr'V^{m,N_1}_{m,n}+$$

$$\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcs^2P_{m,\ell}\cdot csV^{m,\ell}_{m,n}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2V^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1} wcs'P_{m,\ell}\cdot csV^{m,\ell}_{m,n}+wcs'P_{m,N_1}\cdot cs'V^{m,N_1}_{m,n} \qquad (8.4.27)$$

$$wcH_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr^2P_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2H^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcr'P_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n}+wcr'P_{m,N_1}\cdot cr'H^{m,N_1}_{m,n}+$$

$$\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wcs^2P_{m,\ell}\cdot csH^{m,\ell}_{m,n}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2H^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1} wcs'P_{m,\ell}\cdot csH^{m,\ell}_{m,n}+wcs'P_{m,N_1}\cdot cs'H^{m,N_1}_{m,n} \qquad (8.4.28)$$

$$wcM_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wct^2P_{m,\ell}\cdot ctM^{m,\ell}_{m,n}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_2-1} wct'P_{m,\ell}\cdot ctM^{m,\ell}_{m,n}+wct'P_{m,N_1}\cdot ct'M^{m,N_1}_{m,n} \qquad (8.4.29)$$

自重によるアーチの不静定力は

(i) $6 \geq n > N_2$ のとき

$$waM_{m,n} = waH_{m,n} = waV_{m,n} = 0 \tag{8.4.30}$$

(ii) $n = N_2$ のとき

$$waM_{m,N_2} = waH_{m,N_2} = waV_{m,N_2} = 0 \tag{8.4.31}$$

$$waM'_{m,N_2} = -\sum_{K=0}^{N_2} wcr^2 P_{K,N_2} \cdot arM^{K,N_2}_{m,N_2} - \sum_{K=1}^{N_2} wcs^2 P_{K,N_2} \cdot asM^{K,N_2}_{m,N_2} - \sum_{K=1}^{N_2} wct^2 P_{K,N_2} \cdot atM^{K,N_2}_{m,N_2} \tag{8.4.32}$$

$$waH'_{m,N_2} = -\sum_{K=0}^{N_2} wcr^2 P_{K,N_2} \cdot arH^{K,N_2}_{m,N_2} - \sum_{K=1}^{N_2} wcs^2 P_{K,N_2} \cdot asH^{K,N_2}_{m,N_2} - \sum_{K=1}^{N_2} wct^2 P_{K,N_2} \cdot atH^{K,N_2}_{m,N_2} \tag{8.4.33}$$

$$waV'_{m,N_2} = -\sum_{K=0}^{N_2} wcr^2 P_{K,N_2} \cdot arV^{K,N_2}_{m,N_2} - \sum_{K=1}^{N_2} wcs^2 P_{K,N_2} \cdot asV^{K,N_2}_{m,N_2} - \sum_{K=1}^{N_2} wct^2 P_{K,N_2} \cdot atV^{K,N_2}_{m,N_2} \tag{8.4.34}$$

(iii) $N_2 > n > N_1$ のとき

$$\begin{aligned} waM_{m,n} = &-\sum_{K=0}^{n} wcr^2 P_{K,n} \cdot arM^{K,n}_{m,n} - \sum_{K=1}^{n} wcs^2 P_{K,n} \cdot asM^{K,n}_{m,n} - \sum_{K=1}^{n} wct^2 P_{K,n} \cdot atM^{K,n}_{m,n} - \\ &- K^c_n \Big\{ \sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big(wcr^2 P_{n,\ell} \big(cr\bar{V}^{n,\ell}_{n,n} \cdot arM^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n} \cdot asM^c_{m,n} \big) + wcs^2 P_{n,\ell} \big(cs\bar{V}^{n,\ell}_{n,n} \cdot arM^c_{m,n} + \\ &csH^{n,\ell}_{n,n} \cdot asM^c_{m,n} \big) - wct^2 P_{n,\ell} \cdot ctM^{n,\ell}_{n,n} \cdot atM^c_{m,n} \Big) + wcr^2 P_{n,N_2} \big(cr^2 \bar{V}^{n,N_2}_{n,n} \cdot arM^c_{m,n} + cr^2 H^{n,N_2}_{n,n} asM^c_{m,n} \big) \\ &+ wcs^2 P_{n,N_2} \big(cs^2 \bar{V}^{n,N_2}_{n,n} \cdot arM^c_{m,n} + cs^2 H^{n,N_2}_{n,n} \cdot asM^c_{m,n} \big) - wct^2 P_{n,N_2} \cdot ct^2 M^{n,N_2}_{n,n} \cdot atM^c_{m,n} \Big\} \end{aligned} \tag{8.4.35}$$

$$\begin{aligned} waH_{m,n} = &-\sum_{K=0}^{n} wcr^2 P_{K,n} \cdot arH^{K,n}_{m,n} - \sum_{K=1}^{n} wcs^2 P_{K,n} \cdot asH^{K,n}_{m,n} - \sum_{K=1}^{n} wct^2 P_{K,n} \cdot atH^{K,n}_{m,n} - \\ &K^c_n \Big\{ \sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big(wcr^2 P_{n,\ell} \big(cr\bar{V}^{n,\ell}_{n,n} \cdot arH^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n} \cdot asH^c_{m,n} \big) + wcs^2 P_{n,\ell} \big(cs\bar{V}^{n,\ell}_{n,n} \cdot arH^c_{m,n} + \\ &csH^{n,\ell}_{n,n} \cdot asH^c_{m,n} \big) - wct^2 P_{n,\ell} \cdot ctM^{n,\ell}_{n,n} \cdot atH^c_{m,n} \Big) + wcr^2 P_{n,N_2} \big(cr^2 \bar{V}^{n,N_2}_{n,n} \cdot arH^c_{m,n} + cr^2 H^{n,N_2}_{n,n} \cdot asH^c_{m,n} \big) \\ &+ wcs^2 P_{n,N_2} \big(cs^2 \bar{V}^{n,N_2}_{n,n} \cdot arH^c_{m,n} + cs^2 H^{n,N_2}_{n,n} \cdot asH^c_{m,n} \big) - wct^2 P_{n,N_2} \cdot ct^2 M^{n,N_2}_{n,n} \cdot atH^c_{m,n} \Big\} \end{aligned} \tag{8.4.36}$$

$$\begin{aligned} waV_{m,n} = &-\sum_{K=0}^{n} wcr^2 P_{K,n} \cdot arV^{K,n}_{m,n} - \sum_{K=1}^{n} wcs^2 P_{k,n} \cdot asV^{K,n}_{m,n} - \sum_{K=1}^{n} wct^2 P_{K,n} \cdot atV^{K,n}_{m,n} - \\ &K^c_n \Big\{ \sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big(wcr^2 P_{n,\ell} \big(cr\bar{V}^{n,\ell}_{n,n} \cdot arV^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n} \cdot asV^c_{m,n} \big) + wcs^2 P_{n,\ell} \big(cs\bar{V}^{n,\ell}_{n,n} \cdot arV^c_{m,n} + \\ &csH^{n,\ell}_{n,n} \cdot asV^c_{m,n} \big) - wct^2 P_{n,\ell} \cdot ctM^{n,\ell}_{n,n} \cdot atV^c_{m,n} \Big) + wcr^2 P_{n,N_2} \big(cr^2 \bar{V}^{n,N_2}_{n,n} \cdot arV^c_{m,n} + \\ &cr^2 H^{n,N_2}_{n,n} \cdot asV^c_{m,n} \big) + wcs^2 P_{n,N_2} \big(cs^2 \bar{V}^{n,N_2}_{n,n} \cdot arV^c_{m,n} + cs^2 V^{n,N_2}_{n,n} \cdot asV^c_{m,n} \big) - \\ &wct^2 P_{n,N_2} \cdot ct^2 M^{n,N_2}_{n,n} \cdot atV^c_{m,n} \Big\} \end{aligned} \tag{8.4.37}$$

(iv) $n = N_1$ のとき

$$\begin{aligned} waM_{m,N_1} = &-\sum_{K=0}^{N_1} wcr^2 P_{K,N_1} \cdot arM^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{K=1}^{N_1} wcs^2 P_{K,N_1} asM^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{K=1}^{N_1} wct^2 P_{K,N_1} \cdot atM^{K,N_1}_{m,N_1} - \\ &K^c_{N_1} \Big\{ \sum_{\ell=N_1}^{N_2-1} \Big(wcr^2 P_{N_1,\ell} \big(cr\bar{V}^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot arM^c_{m,N_1} + crH^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot asM^c_{m,N_1} \big) + wcs^2 P_{N_1,\ell} \big(cs\bar{V}^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot arM^c_{m,N_1} + \\ &csH^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot asM^c_{m,N_1} \big) - wct^2 P_{N_1,\ell} \cdot ctM^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot atM^c_{m,N_1} \Big\} + wcr^2 P_{N_1,N_2} \big(cr^2 \bar{V}^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot arM^c_{m,N_1} + \\ &cr^2 H^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot asM^c_{m,N_1} \big) + wcs^2 P_{N_1,N_2} \big(cs^2 \bar{V}^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot arM^c_{m,N_1} + cs^2 H^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot asM^c_{m,N_1} \big) - \\ &wct^2 P_{N_1,N_2} \cdot ct^2 M^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot atM^c_{m,N_1} \Big\} \end{aligned} \tag{8.4.38}$$

$$\begin{aligned} waH_{m,N_1} = &-\sum_{K=0}^{N_1} wcr^2 P_{K,N_1} \cdot arH^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{K=1}^{N_1} wcs^2 P_{K,N_1} \cdot asH^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{K=1}^{N_1} wct^2 P_{K,N_1} \cdot atH^{K,N_1}_{m,N_1} - \\ &K^c_{N_1} \Big\{ \sum_{\ell=N_1}^{N_2-1} \Big\{ wcr^2 P_{N_1,\ell} \big(cr\bar{V}^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot arH^c_{m,N_1} + crH^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot asH^c_{m,N_1} \big) + wcs^2 P_{N_1,\ell} \big(cs\bar{V}^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot arH^c_{m,N_1} + \\ &csH^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot asH^c_{m,N_1} \big) - wct^2 P_{N_1,\ell} \cdot ctM^{N_1,\ell}_{N_1,N_1} \cdot atH^c_{m,N_1} \Big\} + wcr^2 P_{N_1,N_2} \big(cr^2 \bar{V}^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot arH^c_{m,N_1} + cr^2 H^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot asH^c_{m,N_1} \big) + \\ &wcs^2 P_{N_1,N_2} \big(cs^2 \bar{V}^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot arH^c_{m,N_1} + cs^2 H^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot asH^c_{m,N_1} \big) - wct^2 P_{N_1,N_2} \cdot ct^2 M^{N_1,N_2}_{N_1,N_1} \cdot atH^c_{m,N_1} \Big\} \end{aligned} \tag{8.4.39}$$

$$waV_{m,N_1} = -\sum_{k=0}^{N_1} wcr^2P_{k,N_1}\cdot arV^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wcs^2P_{k,N_1}\cdot asV^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wct^2P_{k,N_1}\cdot atV^{K,N_1}_{m,N_1} -$$
$$K^c_n\Big\{\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{N_1,\ell}\,(crV^{N_1,\ell}_{N_1,N_1}\cdot arV^c_{m,N_1} + crH^{N_1,\ell}_{N_1,N_1}\cdot asV^c_{m,N_1}) + wcs^2P_{N_1,\ell}\,(csV^{N_1,\ell}_{N_1,N_1}\cdot arV^c_{m,N_1} +$$
$$csH^{N_1,\ell}_{N_1,N_1}\cdot asV^c_{m,N_1}) - wct^2P_{N_1,\ell}\cdot ctM^{N_1,\ell}_{N_1,N_1}\cdot atV^c_{m,N_1}\Big\} + wcr^2P_{N_1,N_2}\,(cr^2V^{N_1,N_2}_{N_1,N_1}\cdot arV^c_{m,N_1} +$$
$$cr^2H^{N_1,N_2}_{N_1,N_1}\cdot asV^c_{m,N_1}) + wcs^2P_{N_1,N_2}\,(cs^2V^{N_1,N_2}_{N_1,N_1}\cdot arV^c_{m,N_1} + cs^2H^{N_1,N_2}_{N_1,N_1}\cdot asV^c_{m,N_1}) -$$
$$wct^2P_{N_1,N_2}\cdot ctM^{N_1,N_2}_{N_1,N_1}\cdot atV^c_{m,N_1}\Big] \qquad (8.4.40)$$

$$waM'_{m,N_1} = waM_{m,N_1} - \sum_{k=0}^{N_1} wcr'P_{k,N_1}\cdot arM^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wcs'P_{k,N_1}\cdot asM^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wct'P_{k,N_1}\cdot atM^{K,N_1}_{m,N_1} \qquad (8.4.41)$$

$$waH'_{m,N_1} = waH_{m,N_1} - \sum_{k=0}^{N_1} wcr'P_{k,N_1}\cdot arH^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wcs'P_{k,N_1}\cdot asH^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wct'P_{k,N_1}\cdot atH^{K,N_1}_{m,N_1} \qquad (8.4.42)$$

$$waV'_{m,N_1} = waV_{m,N_1} - \sum_{k=0}^{N_1} wcr'P_{k,N_1}\cdot arV^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wcs'P_{k,N_1}\cdot asV^{K,N_1}_{m,N_1} - \sum_{k=1}^{N_1} wct'P_{k,N_1}\cdot atV^{K,N_1}_{m,N_1} \qquad (8.4.43)$$

(V) $N_1 > n \geqq 0$ のとき

$$waM_{m,n} = -\sum_{k=0}^{n}(wcr^2P_{k,n} + wcr'P_{k,n})\cdot arM^{K,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n}(wcs^2P_{k,n} + wcs'P_{k,n})\cdot asM^{K,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n}(wct^2P_{k,n} +$$
$$wct'P_{k,n})\cdot atM^{K,n}_{m,n} - K^c_n\Big(\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{n,\ell}\,(crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arM^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) + wcs^2P_{n,\ell}\,(csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arM^c_{m,n}$$
$$+csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) - wct^2P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot atM^c_{m,n}\Big\} + wcr^2P_{n,N_2}\,(cr^2V^{n,N_2}_{n,n}\cdot arM^c_{m,n} + cr^2H^{n,N_2}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) +$$
$$wcs^2P_{n,N_2}\,(cs^2V^{n,N_2}_{n,n}\cdot arM^c_{m,n} + cs^2H^{n,N_2}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) - wct^2P_{n,N_2}\cdot ct^2M^{n,N_2}_{n,n}\cdot atM^c_{m,n} +$$
$$\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr'P_{n,\ell}\,(crV^{n,\ell}_{m,n}\cdot arM^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) + wcs'P_{n,\ell}\,(csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arM^c_{m,n} + csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) -$$
$$wct'P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot atM^c_{m,n}\Big\} + wcr'P_{n,N_1}\,(cr'V^{n,N_1}_{n,n}\cdot arM^c_{m,n} + cr'H^{n,N_1}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) +$$
$$wcs'P_{n,N_1}\,(cs'V^{n,N_1}_{n,n}\cdot arM^c_{m,n} + cs'H^{n,N_1}_{n,n}\cdot asM^c_{m,n}) - wct'P_{n,N_1}\cdot ct'M^{n,N_1}_{n,n}\cdot atM^c_{m,n}\Big\} \qquad (8.4.44)$$

$$waH_{m,n} = -\sum_{k=0}^{n}(wcr^2P_{k,n} + wcr'P_{k,n})\cdot arH^{K,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n}(wcs^2P_{k,n} + wcs'P_{k,n})\,asH^{K,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n}(wct^2P_{k,n} +$$
$$wct'P_{k,n})\,atH^{K,n}_{m,n} - K^c_n\Big(\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{n,\ell}\,(crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arH^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asH^c_{m,n}) +$$
$$wcs^2P_{n,\ell}\,(csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arH^c_{m,n} + csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asH^c_{m,n}) - wct^2P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\,atH^c_{m,n}\Big\} +$$
$$wcr^2P_{n,N_2}\,(cr^2V^{n,N_2}_{n,n}\cdot arH^c_{m,n} + cr^2H^{n,N_2}_{n,n}\cdot asH^c_{m,n}) + wcs^2P_{n,N_2}\,(cs^2V^{n,N_2}_{n,n}\cdot arH^c_{m,n} + cs^2H^{n,N_2}_{n,n}\cdot asH^c_{m,n}) -$$
$$wct^2P_{n,N_2}\cdot ct^2M^{n,N_2}_{n,n}\,atH^c_{m,n} + \sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr'P_{n,\ell}\,(crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arH^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asH^c_{m,n}) +$$
$$wcs'P_{n,\ell}\,(csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arH^c_{m,n} + csH^{n,\ell}_{n,n}\,asH^c_{m,n}) - wct'P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot atH^c_{m,n}\Big\} +$$
$$wcr'P_{n,N_1}\,(cr'V^{n,N_1}_{n,n}\cdot arH^c_{n,n} + cr'H^{n,N_1}_{n,n}\cdot asH^c_{m,n}) + wcs'P_{n,N_1}\,(cs'V^{n,N_1}_{n,n}\cdot arH^c_{m,n} + cs'H^{n,N_1}_{n,n}\cdot asH^c_{m,n}) -$$
$$wct'P_{n,N_1}\cdot ct'M^{n,N_1}_{n,n}\cdot atH^c_{m,n}\Big] \qquad (8.4.45)$$

$$waV_{m,n} = -\sum_{k=0}^{n}(wcr^2P_{k,n} + wcr'P_{k,n})\cdot arV^{K,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n}(wcs^2P_{k,n} + wcs'P_{k,n})asV^{K,n}_{m,n} - \sum_{k=1}^{n}(wct^2P_{k,n} + wct'P_{k,n})\times$$
$$atV^{K,n}_{m,n} - K^c_n\Big(\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{n,\ell}\,(crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n}) + wcs^2P_{n,\ell}\,(csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} +$$
$$csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n}) - wct^2P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot atV^c_{m,n}\Big\} + wcr^2P_{n,N_2}\,(cr^2V^{n,N_2}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} + cr^2H^{n,N_2}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n}) +$$
$$wcs^2P_{n,N_2}\,(cs^2V^{n,N_2}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} + cs^2H^{n,N_2}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n}) - wct^2P_{n,N_2}\cdot ct^2M^{n,N_2}_{n,n}\cdot atV^c_{m,n} +$$
$$\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr'P_{n,\ell}\,(crV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} + crH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n}) + wcs'P_{n,\ell}\,(csV^{n,\ell}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} + csH^{n,\ell}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n}) -$$
$$wct'P_{n,\ell}\cdot ctM^{n,\ell}_{n,n}\cdot atV^c_{n,n}\Big\} + wcr'P_{n,N_1}\,(cr'V^{n,N_1}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} + cr'H^{n,N_1}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n})$$
$$wcs'P_{n,N_1}\,(cs'V^{n,N_1}_{n,n}\cdot arV^c_{m,n} + cs'H^{n,N_1}_{n,n}\cdot asV^c_{m,n}) - wct'P_{n,N_1}\cdot ct'M^{n,N_1}_{n,n}\cdot atV^c_{m,n}\Big] \qquad (8.4.46)$$

$c(\Delta r)_{m,n}$, $tc(\Delta r)_{m,n}$ は $m = 0, 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 7$ について計算する。

$c(\Delta S)_{m,n}$, $c(\Delta\theta)_{m,n}$, $tc(\Delta S)_{m,n}$, $tc(\Delta\theta)_{m,n}$ は $m = 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 7$ について計算する。

∴ $a(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}$, $a(\Delta\theta)_{m,n}$, $ta(\Delta r)_{m,n}$, $ta(\Delta S)_{m,n}$, $ta(\Delta\theta)_{m,n}$ は $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,2,\cdots n$ について計算する。

$cM_{m,n}$, $c\overline{V}_{m,n}$, $cH_{m,n}$, $c\overline{M}_{m,n}$, $tcM_{m,n}$, $tc\overline{V}_{m,n}$, $tcH_{m,n}$, $tc\overline{M}_{m,n}$, $wcM_{m,n}$, $wc\overline{V}_{m,n}$, $wcH_{m,n}$, $wc\overline{M}_{m,n}$ は $m=0,1,\cdots 6$, $n=m,m+1,\cdots 6$ について計算する。

$aM_{m,n}$, $a\overline{V}_{m,n}$, $aH_{m,n}$, $taM_{m,n}$, $ta\overline{V}_{m,n}$, $taH_{m,n}$, $waM_{m,n}$, $wa\overline{V}_{m,n}$, $waH_{m,n}$ は $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,\cdots n$ について計算する。

第9節 応力計算

9.1 鉛直水平応力

点(m,n)の外荷重による片持梁応力は

$$c\delta u_{,m,n}=\frac{wW_{m,n}}{A_{m,n}}+\frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}}\ell g_{m,n} \qquad (9.1.1)$$

$$c\delta\alpha_{,m,n}=c\delta u_{,m,n}-\frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}}T_{m,n} \qquad (9.1.2)$$

(m,n)の温度荷重による片持梁応力は

$$t\delta u_{,m,n}=\frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}}\ell g_{m,n} \qquad (9.1.3)$$

$$t\delta\alpha_{,m,n}=t\delta u_{,m,n}-\frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}}T_{m,n} \qquad (9.1.4)$$

(m,n)の自重による片持梁応力は

$$w\delta u_{,m,n}=\frac{wW_{m,n}}{A_{m,n}}+\frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}}\ell g_{m,n} \qquad (9.1.5)$$

$$w\delta\alpha_{,m,n}=w\delta u_{,m,n}-\frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}}T_{m,n} \qquad (9.1.6)$$

(m,n)の全片持梁応力は

$$\delta u_{,m,n}=c\delta u_{,m,n}+t\delta u_{,m,n}+w\delta u_{,m,n} \qquad (9.1.7)$$

$$\delta\alpha_{,m,n}=c\delta\alpha_{,m,n}+t\delta\alpha_{,m,n}+w\delta\alpha_{,m,n} \qquad (9.1.8)$$

点(m,n)の外荷重によるアーチ応力は

$$c\delta E_{,m,n}=\frac{aH_{m,n}}{T_{m,n}}+6\frac{aM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.9)$$

$$c\delta I_{,m,n}=\frac{aH_{m,n}}{T_{m,n}}-6\frac{aM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.10)$$

(m,n)の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\delta E_{,m,n}=\frac{taH_{m,n}}{T_{m,n}}+6\frac{taM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.11)$$

$$t\delta I_{,m,n}=\frac{taH_{m,n}}{T_{m,n}}-6\frac{taM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.12)$$

(m,n)の自重によるアーチ応力は

$$w\delta E_{,m,n}=\frac{waH_{m,n}}{T_{m,n}}+6\frac{waM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.13)$$

$$w\sigma_{I,m,n} = \frac{waH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{waH_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.14)$$

この外 $n = N_1$ および $n = N_2$ にては

$$w\sigma'_{E,m,n} = \frac{waH'_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{waM'_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.15)$$

$$w\sigma'_{I,m,n} = \frac{waH'_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{waM'_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.16)$$

も計算する。(m,n) の全アーチ応力は

$$\sigma_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} + w\sigma_{E,m,n} \qquad (9.1.17)$$

$$\sigma_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} + w\sigma_{I,m,n} \qquad (9.1.18)$$

この外 $n = N_1$, $n = N_2$ にては

$$\sigma'_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} + w\sigma'_{E,m,n} \qquad (9.1.19)$$

$$\sigma'_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + c\sigma_{I,m,n} + w\sigma'_{I,m,n} \qquad (9.1.20)$$

点 (m,n) の外荷重による剪断応力は

$$c\tau_{u,m,n} = -\frac{cH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} l_{g\,m,n} \qquad (9.1.21)$$

$$c\tau_{d,m,n} = c\tau_{u,m,n} + \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.22)$$

(m,n) の温度荷重による剪断応力は

$$t\tau_{u,m,n} = -\frac{tcH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} l_{g\,m,n} \qquad (9.1.23)$$

$$t\tau_{d,m,n} = t\tau_{u,m,n} + \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.24)$$

(m,n) の自重による剪断応力は

$$w\tau_{u,m,n} = -\frac{wcH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} l_{g\,m,n} \qquad (9.1.25)$$

$$w\tau_{d,m,n} = w\tau_{u,m,n} + \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} \cdot T_{m,n} \qquad (9.1.26)$$

(m,n) の全剪断応力は

$$\tau_{u,m,n} = c\tau_{u,m,n} + t\tau_{u,m,n} + w\tau_{u,m,n} \qquad (9.1.27)$$

$$\tau_{d,m,n} = c\tau_{d,m,n} + t\tau_{d,m,n} + w\tau_{d,m,n} \qquad (9.1.28)$$

(9.1.1)～(9.1.8) を $m = 0, 1, \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

(9.1.9)～(9.1.14), (9.1.17), (9.1.18) を $n = 1, 2, \cdots 6$, $m = 0, 1, 2, \cdots n$ について計算する。

(9.1.15), (9.1.16), (9.1.19), (9.1.20) を $n = N_1$, $m = 0, 1, \cdots N_1$ と $n = N_2$, $m = 0, 1, \cdots N_2$ について計算する。(9.1.21)～(9.1.28) を $m = 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

9.2 主応力計算

$$d e_{m,n} = c e_{m,n} - \frac{T_{m,n}}{2} \qquad (9.2.1)$$

(i) $6 \geqq n \geqq m+1$ のとき

$$\tan {}_u\alpha_{m,n} = -\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{{}_u e_{m,n+1} \cdot \sec(\phi_{m,n} - \phi_{m,n+1}) - {}_u e_{m,n}}{Z_{n+1} - Z_n} - \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}}$$
$$\times \frac{{}_u e_{m,n} - {}_u e_{m,n-1} \cdot \sec(\phi_{m,n-1} - \phi_{m,n})}{Z_n - Z_{n-1}} \tag{9.2.2}$$

$$\tan {}_\alpha\alpha_{m,n} = -\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{{}_\alpha e_{m,n+1} \cdot \sec(\phi_{m,n} - \phi_{m,n+1}) - {}_\alpha e_{m,n}}{Z_{n+1} - Z_n} - \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}}$$
$$\times \frac{{}_\alpha e_{m,n} - {}_\alpha e_{m,n-1} \cdot \sec(\phi_{m,n-1} - \phi_{m,n})}{Z_n - Z_{n-1}} \tag{9.2.3}$$

(ii) $n = m$ のとき

$$\tan {}_u\alpha_{m,m} = -\frac{Z_{m+1} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}} \cdot \frac{{}_u e_{m,m+0.5} \cdot \sec(\phi_{m,m} - \phi_{m,m+0.5}) - {}_u e_{mm}}{Z_{m+0.5} - Z_m} + \frac{Z_{m+0.5} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}}$$
$$\times \frac{{}_u e_{m,m+1} \cdot \sec(\phi_{m,m} - \phi_{m,m+1}) - {}_u e_{m,m}}{Z_{m+1} - Z_m} \tag{9.2.4}$$

$$\tan {}_\alpha\alpha_{m,m} = -\frac{Z_{m+1} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}} \cdot \frac{{}_\alpha e_{m,m+0.5} \cdot \sec(\phi_{m,m} - \phi_{m,m+0.5}) - {}_\alpha e_{m,m}}{Z_{m+0.5} - Z_m} + \frac{Z_{m+0.5} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}}$$
$$\times \frac{{}_\alpha e_{m,m+1} \cdot \sec(\phi_{m,m} - \phi_{m,m+1}) - {}_\alpha e_{m,m}}{Z_{m+1} - Z_m} \tag{9.2.5}$$

(i) $0 \leqq \phi_{m,n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\tan {}_u\beta_{m,n} = \tan {}_\alpha\beta_{m,n} = 0 \tag{9.2.6}$$

(ii) ${}_1\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq {}_1\phi_{A,n} + {}_2\phi_{A,n}$ のとき

$$\tan {}_u\beta_{m,n} = \frac{T_{A,n} - T_{c,n}}{{}_2\gamma_n} \cdot \frac{\sin(\phi_{m,n} - \phi_{A,n})}{\mathrm{vers}\, {}_2\phi_{A,n}} \tag{9.2.7}$$

$$\tan {}_\alpha\beta_{m,n} = -\tan {}_u\beta_{m,n} \tag{9.2.8}$$
$$\tan {}_u\alpha'_{m,n} = \tan {}_u\alpha_{m,n} \cdot \cos {}_u\beta_{m,n} \tag{9.2.9}$$
$$\tan {}_\alpha\alpha'_{m,n} = \tan {}_\alpha\alpha_{m,n} \cdot \cos {}_\alpha\beta_{m,n} \tag{9.2.10}$$
$$\sec {}_u\alpha'_{m,n} = \sqrt{1 + (\tan {}_u\alpha'_{m,n})^2} \tag{9.2.11}$$
$$\sec {}_\alpha\alpha'_{m,n} = \sqrt{1 + (\tan {}_\alpha\alpha'_{m,n})^2} \tag{9.2.12}$$
$$\sec {}_u\beta_{m,n} = \sqrt{1 + (\tan {}_u\beta_{m,n})^2} \tag{9.2.13}$$
$$\sec {}_\alpha\beta_{m,n} = \sqrt{1 + (\tan {}_\alpha\beta_{m,n})^2} \tag{9.2.14}$$

これら (9.2.1)~(9.2.14) で $m = 0, 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

(i) $m = 0$, $n = 0$ のとき

$$z\delta_{u,0,0} = \delta_{u,0,0} \cdot \sec^2 {}_u\alpha'_{0,0} - P_{0,0} \cdot \tan^2 {}_u\alpha'_{0,0} \tag{9.2.15}$$
$$z\delta_{\alpha,0,0} = \delta_{\alpha,0,0} \cdot \sec^2 {}_\alpha\alpha'_{0,0} \tag{9.2.16}$$

(ii) $m = 0$ $0 < n \leqq 6$ のとき

$$y\delta_{u,0,n} = \delta_{\varepsilon,0,n} \cdot \sec^2 {}_u\beta_{0,n} + \delta_{u,0,n} \cdot \tan^2 {}_u\alpha'_{0,n} \cdot \tan^2 {}_u\beta_{0,n} - P_{0,n} \cdot \sec^2 {}_u\alpha'_{0,n} \cdot \tan^2 {}_u\beta_{0,n} \tag{9.2.17}$$
$$z\delta_{u,0,n} = \delta_{u,0,n} \cdot \sec^2 {}_u\alpha'_{0,n} - P_{0,n} \cdot \tan^2 {}_u\alpha'_{0,n} \tag{9.2.18}$$
$$y\delta_{\alpha,0,n} = \delta_{\varepsilon,0,n} \cdot \sec^2 {}_\alpha\beta_{0,n} + \delta_{\alpha,0,n} \cdot \tan^2 {}_\alpha\alpha'_{0,n} \cdot \tan^2 {}_\alpha\beta_{0,n} \tag{9.2.19}$$
$$z\delta_{\alpha,0,n} = \delta_{\alpha,0,n} \cdot \sec^2 {}_\alpha\alpha'_{0,n} \tag{9.2.20}$$

なお $n=N_1$ および $n=N_2$ のとき

$$y\delta\bar{u}_{o,n} = \delta'_{E,o,n}\cdot\sec^2{}_u\beta_{o,n} + \delta\bar{u}_{o,n}\cdot\tan^2{}_u\alpha'_{o,n}\cdot\tan^2{}_u\beta_{o,n} - P_{o,n}\cdot\sec^2{}_u\alpha'_{o,n}\cdot\tan^2{}_u\beta_{o,n} \quad (9.2.21)$$

$$y\delta\bar{\alpha}_{o,n} = \delta'_{I,o,n}\cdot\sec^2{}_\alpha\beta_{o,n} + \delta\bar{\alpha}_{o,n}\cdot\tan^2{}_\alpha\alpha'_{o,n}\cdot\tan^2{}_\alpha\beta_{o,n} \quad (9.2.22)$$

も計算する。

(iii) $0 < m \leqq 6,\ m \leqq n \leqq 6$ のとき

$$y\delta\bar{u}_{m,n} = \delta\bar{E}_{m,n}\cdot\sec^2{}_u\beta_{m,n} + \delta\bar{u}_{m,n}\cdot\tan^2{}_u\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2{}_u\beta_{m,n} - P_{m,n}\cdot\sec^2{}_u\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2{}_u\beta_{m,n} + 2\tau_{u,m,n}\cdot\tan_u\alpha'_{m,n}\cdot\tan_u\beta_{m,n}\cdot\sec_u\beta_{m,n} \quad (9.2.23)$$

$$z\delta\bar{u}_{m,n} = \delta\bar{u}_{i,m,n}\cdot\sec^2{}_u\alpha'_{m,n} - P_{m,n}\cdot\tan^2{}_u\alpha'_{m,n} \quad (9.2.24)$$

$$yz\tau_{u,m,n} = \tau_{u,m,n}\cdot\sec_u\alpha'_{m,n}\sec_u\beta_{m,n} + (\delta\bar{u}_{m,n} - P_{m,n})\tan_u\alpha'_{m,n}\cdot\sec_u\alpha'_{m,n}\cdot\tan_u\beta_{m,n} \quad (9.2.25)$$

$$y\delta\bar{\alpha}_{m,n} = \delta\bar{I}_{m,n}\cdot\sec^2{}_\alpha\beta_{m,n} + \delta\bar{\alpha}_{m,n}\cdot\tan^2{}_\alpha\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2{}_\alpha\beta_{m,n} + 2\tau_{\alpha,m,n}\cdot\tan_\alpha\alpha'_{m,n}\cdot\tan_\alpha\beta_{m,n}\cdot\sec_\alpha\beta_{m,n} \quad (9.2.26)$$

$$z\delta\bar{\alpha}_{m,n} = \delta\bar{\alpha}_{i,m,n}\cdot\sec^2{}_\alpha\alpha'_{m,n} \quad (9.2.27)$$

$$yz\tau_{\alpha,m,n} = \tau_{\alpha,m,n}\cdot\sec_\alpha\alpha'_{m,n}\cdot\sec_\alpha\beta_{m,n} + \delta\bar{\alpha}_{i,m,n}\cdot\tan_\alpha\alpha'_{m,n}\cdot\sec_\alpha\alpha'_{m,n}\cdot\tan_\alpha\beta_{m,n} \quad (9.2.28)$$

なお $n=N_1$ および $n=N_2$ のとき

$$y\delta\bar{u}_{i,m,n} = \delta\bar{E}_{i,m,n}\cdot\sec^2{}_u\beta_{m,n} + \delta\bar{u}_{i,m,n}\cdot\tan^2{}_u\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2{}_u\beta_{m,n} - P_{m,n}\cdot\sec^2{}_u\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2{}_u\beta_{m,n} + 2\tau_{u,m,n}\cdot\tan_u\alpha'_{m,n}\cdot\tan_u\beta_{m,n}\cdot\sec_u\beta_{m,n} \quad (9.2.29)$$

$$y\delta\bar{\alpha}_{i,m,n} = \delta\bar{I}_{i,m,n}\cdot\sec^2{}_\alpha\beta_{m,n} + \delta\bar{\alpha}_{i,n,n}\cdot\tan^2{}_\alpha\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2{}_\alpha\beta_{m,n} + 2\tau_{\alpha m,n}\cdot\tan_\alpha\alpha'_{m,n}\cdot\tan_\alpha\beta_{m,n}\cdot\sec_\alpha\beta_{m,n} \quad (9.2.30)$$

も計算する。

$z\delta\bar{u}_{m,n}\cdot z\delta\bar{\alpha}_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6,\ n=m,m+1,\cdots 6$ について $y\delta\bar{u}_{m,n}; y\delta\bar{\alpha}_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots 6,\ m=0,1,2,\cdots n$ について、$yz\tau_{u,m,n}\cdot yz\tau_{\alpha,m,n}$ を $m=1,2,\cdots 6,\ n=m,m+1,\cdots 6$ について、$y\delta\bar{u}_{i,m,n}, y\delta\bar{\alpha}_{i,m,n}$ を $n=N_1,\ m=0,1,2\cdots N_1$ および $n=N_2,\ m=0,1,2,\cdots N_2$ について計算する。

(I) $m=0,\ n=0$ で

イ) $z\delta\bar{u}_{0,0,0} \geqq 0$ のとき

$$1\delta\bar{u}_{0,0,0} = z\delta\bar{u}_{0,0,0} \quad (9.2.31)$$

$$2\delta\bar{u}_{0,0,0} = 0 \quad (9.2.32)$$

$$u\theta_{0,0} = 90^\circ \quad (9.2.33)$$

ロ) $z\delta\bar{u}_{0,0,0} < 0$ のとき

$$1\delta\bar{u}_{0,0,0} = 0 \quad (9.2.34)$$

$$2\delta\bar{u}_{0,0,0} = z\delta\bar{u}_{0,0,0} \quad (9.2.35)$$

$$u\theta_{0,0} = 0 \quad (9.2.36)$$

$$1\delta\bar{\alpha}_{0,0,0} = z\delta\bar{\alpha}_{0,0,0} \quad (9.2.37)$$

$$2\delta\bar{\alpha}_{0,0,0} = 0 \quad (9.2.38)$$

$$\alpha\theta_{0,0} = 90^\circ \quad (9.2.39)$$

(ii) $m=0$, $0<n\leqq 6$ で

イ.) ${}_{y}\sigma_{u,o,n} \geqq {}_{z}\sigma_{u,o,n}$ のとき

$$ {}_{1}\sigma_{u,o,n} = {}_{y}\sigma_{u,o,n} \tag{9.2.40} $$

$$ {}_{2}\sigma_{u,o,n} = {}_{z}\sigma_{u,o,n} \tag{9.2.41} $$

$$ {}_{u}\theta_{o,n} = 0^{\circ} \tag{9.2.42} $$

ロ.) ${}_{y}\sigma_{u,o,n} < {}_{z}\sigma_{u,o,n}$ のとき

$$ {}_{1}\sigma_{u,o,n} = {}_{z}\sigma_{u,o,n} \tag{9.2.43} $$

$$ {}_{2}\sigma_{u,o,n} = {}_{y}\sigma_{u,o,n} \tag{9.2.44} $$

$$ {}_{u}\theta_{o,n} = 90^{\circ} \tag{9.2.45} $$

ハ) ${}_{y}\sigma_{\alpha,o,n} \geqq {}_{z}\sigma_{\alpha,o,n}$ のとき

$$ {}_{1}\sigma_{\alpha,o,n} = {}_{y}\sigma_{\alpha,o,n} \tag{9.2.46} $$

$$ {}_{2}\sigma_{\alpha,o,n} = {}_{z}\sigma_{\alpha,o,n} \tag{9.2.47} $$

$$ {}_{\alpha}\theta_{o,n} = 0 \tag{9.2.48} $$

ニ.) ${}_{y}\sigma_{\alpha,o,n} < {}_{z}\sigma_{\alpha,o,n}$

$$ {}_{1}\sigma_{\alpha,o,n} = {}_{z}\sigma_{\alpha,o,n} \tag{9.2.49} $$

$$ {}_{2}\sigma_{\alpha,o,n} = {}_{y}\sigma_{\alpha,o,n} \tag{9.2.50} $$

$$ {}_{\alpha}\theta_{o,n} = 90^{\circ} \tag{9.2.51} $$

*なお ${}_{1}\sigma'_{u,o,n}$, ${}_{2}\sigma'_{u,o,n}$, ${}_{1}\sigma'_{\alpha,o,n}$, ${}_{2}\sigma'_{\alpha,o,n}$, ${}_{u}\theta'_{o,n}$, ${}_{\alpha}\theta'_{o,n}$ を $n=N_1$ のとき，および $n=N_2$ のとき (9.2.40)～(9.2.51) において ${}_{y}\sigma_{u,o,n}$, ${}_{y}\sigma_{\alpha,o,n}$ を ${}_{y}\sigma_{u,m,n}$, ${}_{y}\sigma_{\alpha,m,n}$ におきかえて計算する。

(iii) $0<m\leqq 6$　$m\leqq n\leqq 6$ のとき

$$ {}_{1}\sigma_{u,m,n} = \frac{{}_{y}\sigma_{u,m,n}+{}_{z}\sigma_{u,m,n}}{2} + \sqrt{\left(\frac{{}_{y}\sigma_{u,m,n}-{}_{z}\sigma_{u,m,n}}{2}\right)^{2}+\left({}_{yz}\tau_{u,m,n}\right)^{2}} \tag{9.2.52} $$

$$ {}_{2}\sigma_{u,m,n} = \frac{{}_{y}\sigma_{u,m,n}+{}_{z}\sigma_{u,m,n}}{2} - \sqrt{\left(\frac{{}_{y}\sigma_{u,m,n}-{}_{z}\sigma_{u,m,n}}{2}\right)^{2}+\left({}_{yz}\tau_{u,m,n}\right)^{2}} \tag{9.2.53} $$

$$ {}_{1}\sigma_{\alpha,m,n} = \frac{{}_{y}\sigma_{\alpha,m,n}+{}_{z}\sigma_{\alpha,m,n}}{2} + \sqrt{\left(\frac{{}_{y}\sigma_{\alpha,m,n}-{}_{z}\sigma_{\alpha,m,n}}{2}\right)^{2}+\left({}_{yz}\tau_{\alpha,m,n}\right)^{2}} \tag{9.2.54} $$

$$ {}_{2}\sigma_{\alpha,m,n} = \frac{{}_{y}\sigma_{\alpha,m,n}+{}_{z}\sigma_{\alpha,m,n}}{2} - \sqrt{\left(\frac{{}_{y}\sigma_{\alpha,m,n}-{}_{z}\sigma_{\alpha,m,n}}{2}\right)^{2}+\left({}_{yz}\tau_{\alpha,m,n}\right)^{2}} \tag{9.2.55} $$

イ.) ${}_{y}\sigma_{u,m,n} \geqq {}_{z}\sigma_{u,m,n}$ のとき

$$ {}_{u}\theta_{m,n} = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2\,{}_{yz}\tau_{u,m,n}}{{}_{y}\sigma_{u,m,n}-{}_{z}\sigma_{u,m,n}} \tag{9.2.56} $$

ロ.) ${}_{y}\sigma_{u,m,n} < {}_{z}\sigma_{u,m,n}$ のとき

$$ {}_{u}\theta_{m,n} = 90^{\circ}+\frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2\,{}_{yz}\tau_{u,m,n}}{{}_{y}\sigma_{u,m,n}-{}_{z}\sigma_{u,m,n}} \tag{9.2.57} $$

ハ) ${}_{y}\sigma_{\alpha,m,n} \geqq {}_{z}\sigma_{\alpha,m,n}$ のとき

$$ {}_{\alpha}\theta_{m,n} = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2\,{}_{yz}\tau_{\alpha,m,n}}{{}_{y}\sigma_{\alpha,m,n}-{}_{z}\sigma_{\alpha,m,n}} \tag{9.2.58} $$

ニ) $y\delta_{\alpha,m,n} < z\delta_{\alpha,m,n}$ のとき

$$\alpha\theta_{m,n} = 90° + \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2_{yz}\tau_{\alpha,m,n}}{y\delta_{\alpha,m,n} - z\delta_{\alpha,m,n}} \qquad (9.2.59)$$

こゝに (9.2.56)~(9.2.59) の $\tan^{-1}$ は度で計算し

$$-90° \leq \tan^{-1}\frac{2_{yz}\tau_{m,n}}{y\delta_{m,n} - z\delta_{m,n}} \leq 90°$$

とする。

これら $_1\delta_{u,m,n}$, $_2\delta_{u,m,n}$, $\alpha\theta_{m,n}$, $_1\delta_{\alpha,m,n}$, $_2\delta_{\alpha,m,n}$, $\alpha\theta_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6$, $n=m, m+1, \cdots 6$ について計算し、さらに $n=N_1$, $m=0,1,2,\cdots N_1$ と $n=N_2$, $m=0,1,2,\cdots N_2$ については (9.2.52)~(9.2.59) の $y\delta_{u,m,n}$, $y\delta_{\alpha,m,n}$ を $y\delta'_{u,m,n}$, $y\delta'_{\alpha,m,n}$ におきかえ、$_1\delta'_{u,m,n}$, $_2\delta'_{u,m,n}$, $\alpha\theta'_{m,n}$, $_1\delta'_{\alpha,m,n}$, $_2\delta'_{\alpha,m,n}$, $\alpha\theta'_{m,n}$ をも計算する。

第10節 出力

a) 入力データ

入力データを出力する。

b) 荷重

$P_{m,n}$, $_{cr}P_{m,n}$, $_{ar}P_{m,n}$, $_{cs}P_{m,n}$, $_{as}P_{m,n}$, $_{ct}P_{m,n}$, $_{at}P_{m,n}$, $_{tcr}P_{m,n}$, $_{tar}P_{m,n}$, $_{tcs}P_{m,n}$, $_{tas}P_{m,n}$, $_{tct}P_{m,n}$, $_{tat}P_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6$, $n=m, m+1,\cdots 6$ について出力する。

$_{wcr'}P_{m,n}$, $_{wcs'}P_{m,n}$, $_{wct'}P_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots N_1$, $n=m, m+1,\cdots N_1$ について出力する。

$_{wcr^2}P_{m,n}$, $_{wcs^2}P_{m,n}$, $_{wct^2}P_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots N_2$, $n=m, m+1,\cdots N_2$ について出力する。

出力形式は表-7のごとくである。

c) 撓み

$c(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}$, $c(\Delta\theta)_{m,n}$, $tc(\Delta r)_{m,n}$, $tc(\Delta S)_{m,n}$, $tc(\Delta\theta)_{m,n}$, $c(\Delta r)_{m,n}+tc(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}+tc(\Delta S)_{m,n}$, $c(\Delta\theta)_{m,n}+tc(\Delta\theta)_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6$, $n=m, m+1,\cdots 7$ について出力する。

$a(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}$, $a(\Delta\theta)_{m,n}$, $ta(\Delta r)_{m,n}$, $ta(\Delta S)_{m,n}$, $ta(\Delta\theta)_{m,n}$, $a(\Delta r)_{m,n}+ta(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}+ta(\Delta S)_{m,n}$, $a(\Delta\theta)_{m,n}+ta(\Delta\theta)_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,2,\cdots n$ について出力する。

$c(\Delta r)_{m,n}, \cdots c(\Delta\theta)_{m,n}+tc(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-5のごとくである。また $a(\Delta r)_{m,n} \cdots a(\Delta\theta)_{m,n}+ta(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-8のごとくである。

d) 不静定諸力

$_{\nu}W_{m,n}$, $_{w}W_{m,n}$, $_{c}M_{m,n}$, $_{c}V_{m,n}$, $_{c}H_{m,n}$, $_{c}\Phi_{m,n}$, $_{tc}M_{m,n}$, $_{tc}V_{m,n}$, $_{tc}H_{m,n}$, $_{tc}\Phi_{m,n}$, $_{wc}M_{m,n}$, $_{wc}V_{m,n}$, $_{wc}H_{m,n}$, $_{wc}\Phi_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6$, $n=m, m+1,\cdots 6$ について出力する。出力形式

は表－7のごとくである。

$aM_{m,n}$, $aH_{m,n}$, $a\nabla_{m,n}$, taM_{m}, $taH_{m,n}$, $ta\nabla_{m,n}$, $waM_{m,n}$, $waH_{m,n}$, $wa\nabla_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,2,\cdots n$ について出力し. $waM'_{m,n}$, $waH'_{m,n}$, $wa\nabla'_{m,n}$ を $n=N_1$, $m=0,1,\cdots N_1$ と $n=N_2$, $m=0,1,\cdots N_2$ について出力する。

$aM_{m,n}$, $aH_{m,n}$, $a\nabla_{m,n}$, $taM_{m,n}$, $taH_{m,n}$, $ta\nabla_{m,n}$ の出力形式は表－8のごとくである. $waM_{m,n}$ と $waM'_{m,n}$, $waH_{m,n}$ と $waH'_{m,n}$, $wa\nabla_{m,n}$ と $wa\nabla'_{m,n}$ は同時に出力するものとして出力形式は表－12のごとくである。

e.) 応力

$c\delta_{u,m,n}$, $c\delta_{\alpha,m,n}$, $t\delta_{u,m,n}$, $t\delta_{\alpha,m,n}$, $w\delta_{u,m,n}$, $w\delta_{\alpha,m,n}$, $\delta_{u,m,n}$, $\delta_{\alpha,m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots 6$, $n=m,m+1,\cdots 6$ について出力し. 出力形式は表－7のごとくである。

$c\delta_{E,m,n}$, $c\delta_{I,m,n}$, $t\delta_{E,m,n}$, $t\delta_{I,m,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,\cdots n$ について出力し. 出力形式は表－8のごとくである。

$c\tau_{u,m,n}$, $c\tau_{\alpha,m,n}$, $t\tau_{u,m,n}$, $t\tau_{\alpha,m,n}$, $w\tau_{u,m,n}$, $w\tau_{\alpha,m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$, $n=m,m+1,\cdots 6$ について出力し. 出力形式は表－7のごとくである。

$w\delta_{E,m,n}$, $w\delta'_{E,m,n}$, $w\delta_{I,m,n}$, $w\delta'_{I,m,n}$, $\delta_{E,m,n}$, $\delta_{I,m,n}$ について出力し. 出力形式は表-12のごとくである.

$1\delta_{u,m,n}$, $2\delta_{u,m,n}$, $1\delta'_{u,m,n}$, $2\delta'_{u,m,n}$, $1\delta_{\alpha,m,n}$, $2\delta_{\alpha,m,n}$, $1\delta'_{\alpha,m,n}$, $2\delta'_{\alpha,m,n}$, $u\theta_{m,n}$, $d\theta_{m,n}$, $u\theta'_{m,n}$, $d\theta'_{m,n}$ について出力し. 出力形式は表－12のごとくである。

表－12 $waM_{m,n}$ を例とした出力形式 ($N_2=5$, $N_1=2$ とした場合)

waM

n \ m	0	1	2	3	4	5	6
6	$waM_{0,6}$	$waM_{1,6}$	$waM_{2,6}$	$waM_{3,6}$	$waM_{4,6}$	$waM_{5,6}$	$waM_{1,6}$
5	$waM_{0,5}$	$waM_{1,5}$	$waM_{2,5}$	$waM_{3,5}$	$waM_{4,5}$	$waM_{5,5}$	
5'	$waM'_{0,5}$	$waM'_{1,5}$	$waM'_{2,5}$	$waM'_{3,5}$	$waM'_{4,5}$	$waM'_{5,5}$	
4	$waM_{0,4}$	$waM_{1,4}$	$waM_{2,4}$	$waM_{3,4}$	$waM_{4,4}$		
3	$waM_{0,3}$	$waM_{1,3}$	$waM_{2,3}$	$waM_{3,3}$			
2	$waM_{0,2}$	$waM_{1,2}$	$waM_{2,2}$				
2'	$waM'_{0,2}$	$waM'_{1,2}$	$waM'_{2,2}$				
1	$waM_{0,1}$	$waM_{1,1}$					

第4章 対称変半径アーチ完全調整 (No.4 プログラム)

第1節 入力データの作製

入力データは表-13に示す様な方式により I.B.M. 入力データーシートに記入する。即ち対称変半径アーチ半径方向調整の場合とほとんど同じであるが、第18行目の E_c, V_c, V_R, C の後に N_1, N_2 を記入する。N_1, N_2 はいづれも標高ナンバーで記入し、0~6 の正整数でなければならない。またこのプログラムでは前述したようにキレツ片持梁法の計算を行わないので第20行目の cC_n はすべて0と記入する。

第2節 座標および荷重計算

2.1 座標計算

$$R_n = \frac{192\,l_n}{\phi_{A,n}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,n}\right)+4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,n}\right)+\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,n}\right)\right]} \qquad (2\cdot1\cdot1)$$

R_n を $n=0.5, 1.0, 1.5 \cdots 7.0$ について計算する。なお、

$$R_0 = R_{0.5}\frac{Z_{1.0}\cdot Z_{1.5}}{(Z_{1.0}-Z_{0.5})(Z_{1.5}-Z_{0.5})} - R_{1.0}\frac{Z_{0.5}\cdot Z_{1.5}}{(Z_{1.5}-Z_{1.0})(Z_{1.0}-Z_{0.5})} + R_{1.5}\frac{Z_{1.0}\cdot Z_{0.5}}{(Z_{1.5}-Z_{1.0})(Z_{1.5}-Z_{0.5})} \qquad (2\cdot1\cdot2)$$

とする。

$$x_{m,m} = \frac{R_m\cdot\phi_{A,m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,m}\right)+4\sin\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,m}\right)+\sin\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,m}\right)\right]+\chi_{c,m} \qquad (2\cdot1\cdot3)$$

$$y_{m,m} = \frac{R_m\cdot\phi_{A,m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,m}\right)+4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,m}\right)+\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,m}\right)\right] \qquad (2\cdot1\cdot4)$$

これら $x_{m,m}$, $y_{m,m}$ を $m=1, 2 \cdots 7$ について計算する。

$$K_{m,k} = \frac{R_7\cdot\phi_{A,m}}{192}\sum_{j=0}^{k-1}\left\{\cos\left\{\left(1-\frac{2j}{64}\right)\phi_{A,m}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,m}\right)+4\cos\left(\frac{63-2j}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{A,m}\right)+\cos\left(\frac{62-2j}{64}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,m}\right)\right\}-\left(x_{m,m}\cdot\sin\phi_{A,m}+y_{m,m}\cdot\cos\phi_{A,m}\right) \qquad (2\cdot1\cdot5)$$

(2.1.6) で $K=1$ より計算し、$K_{m,k} < 0$ のときは $K_{m,k+1}$ の計算を行い、はじめて $K_{m,k} \geq 0$ となったときの k の値を k_0 とする。

$$D_m = \sin\left\{\left(1-\frac{k_0}{32}\right)\phi_{A,m}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{k_0}{32}\phi_{A,m}\right)-\lambda\cos\left\{\left(1-\frac{k_0}{32}\right)\phi_{A,m}\right\}\sin\left(\frac{k_0}{32}\phi_{A,m}\right)\cos^{\lambda-1}\left(\frac{k_0}{32}\phi_{A,m}\right) \qquad (2\cdot1\cdot6)$$

とおいて

i) $D_m \geq 0$ のとき

$$s\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32}\phi_{A,m} \qquad (2\cdot1\cdot7)$$

$$sK_m = \frac{R_7\cdot s\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos\left(\phi_{A,m}-\frac{2j}{64}s\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}s\phi_{m,7}\right)+4\cos\left(\phi_{A,m}-\frac{2j+1}{64}s\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}s\phi_{m,7}\right)+\cos\left(\phi_{A,m}-\frac{2j+2}{64}s\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}s\phi_{m,7}\right)\right]-\left(x_{m,m}\sin\phi_{A,m}+y_{m,m}\cdot\cos\phi_{A,m}\right) \qquad (2\cdot1\cdot8)$$

$$s+1\phi_{m,7} = s\phi_m - \frac{sK_m}{R_7\cos\left(\phi_{A,m}-s\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}s\phi_{m,7}} \qquad (2\cdot1\cdot9)$$

表 - 13 NO.2 プログラム入力ガ-タ-

IBM DATA SHEET

PROBLEM アーチダムNO.4プログラム WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

| No. | | |

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.								
1	t0.6	t1.6	t2.6	t3.6	t4.6	t5.6	t6.6	
2	t0.5	t1.5	t2.5	t3.5	t4.5	t5.5		
3	t0.4	t1.4	t2.4	t3.4	t4.4			
4	t0.3	t1.3	t2.3	t3.3				
5	t0.2	t1.2	t2.2					
6	t0.1	t1.1						
7	w0.7	w1.7	w2.7	w3.7	w4.7	w5.7	w6.7	
8	w0.6	w1.6	w2.6	w3.6	w4.6	w5.6	w6.6	
9	w0.5	w1.5	w2.5	w3.5	w4.5	w5.5		
10	w0.4	w1.4	w2.4	w3.4	w4.4			
11	w0.3	w1.3	w2.3	w3.3				
12	w0.2	w1.2	w2.2					
13	w0.1	w1.1						
14	w0.0							
15								
16								
17								
18								
19								
20								

(2·3·8), (2·3·9) によって $s=1,\ s=2$ …… と計算し

$|{}_{s-1}\phi_{m,7} - {}_{s}\phi_{m,7}| < 0.0000000.1$

となったとき

$${}_{s}\phi_{m,7} = \phi_{m,7} \qquad (2\cdot1\cdot10)$$

とする。

ii) $Dm < 0$ のとき

$${}_{0}\phi_{m,7} = \frac{k_0-1}{32}\phi_{A,m} \qquad (2\cdot1\cdot11)$$

とし、i) と同様に $\phi_{m,7}$ を求める。

$$x_{m,7} = \frac{R_7\cdot\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,7}\right) + 4\sin\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m,7}\right) + \sin\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,7}\right)\right] \qquad (2\cdot1\cdot12)$$

$$y_{m,7} = \frac{R_7\cdot\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,7}\right) + 4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m,7}\right) + \cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,7}\right)\right] \qquad (2\cdot1\cdot13)$$

これら $\phi_{m,7}, x_{m,7}, y_{m,7}$ を $m=0,1,2\cdots\cdots7$ について計算する。

$$G_{m,n,k} = \frac{R_n\cdot\phi_{n,n}}{192}\sum_{j=0}^{k-1}\left\{\cos\left\{\frac{2(k-j)}{64}\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{A,n}\right) + 4\cos\left(\frac{2k-2j-1}{64}\phi_{A,n}\right)\cos^{\lambda}\frac{2j+1}{64}\phi_{A,n} + \cos\left\{\frac{2(k-j-1)}{64}\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{A,n}\right)\right\} - \left\{(-x_{c,n}+x_{m,7})\sin\left(\frac{2k}{64}\phi_{A,n}\right) + y_{m,7}\cos\left(\frac{2k}{64}\phi_{A,n}\right)\right\} \qquad (2\cdot1\cdot14)$$

(2·1·15) で $k=1$ から計算をはじめ $G_{m,n,k} < 0$ のときは $G_{m,n,k+1}$ を計算し、初めて $G_{m,n,k} > 0$ となったときの k の値を k_0 とする。

i) $G_{m,n,k_0-1} + G_{m,n,k_0+1} - 2G_{m,n,k_0} \geq 0$ のとき ($G_{m,n,0} = -y_{m,7}$ とする)

${}_{0}\phi_{m,n} = \frac{k_0}{32}\phi_{A,n}$ とし、

$${}_{s}L_{m,n} = R_n\cdot\cos^{\lambda}{}_{s}\phi_{n,n} - \frac{R_n\cdot{}_{s}\phi_{m,n}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left\{(1-\frac{2j}{64})\,{}_{s}\phi_{n,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right) + 4\sin\left(\frac{63-2j}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right)\times\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right) + \sin\left(\frac{62-2j}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right)\right] - \left\{(-x_{c,n}+x_{m,7})\cos{}_{s}\phi_{m,n} - y_{m,7}\cdot\sin{}_{s}\phi_{m,n}\right\} \qquad (2\cdot1\cdot15)$$

$${}_{s}G_{m,n} = \frac{R_n\cdot{}_{s}\phi_{m,n}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos\left(\frac{64-2j}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right) + 4\cos\left(\frac{63-2j}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right) + \cos\left(\frac{62-2j}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\,{}_{s}\phi_{m,n}\right)\right] - \left[(-x_{c,n}+x_{m,7})\sin{}_{s}\phi_{m,n} + y_{m,7}\cos{}_{s}\phi_{m,n}\right] \qquad (2\cdot1\cdot16)$$

$${}_{s+1}\phi_{m,n} = {}_{s}\phi_{m,n} - \frac{{}_{s}G_{m,n}}{{}_{s}L_{m,n}} \qquad (2\cdot1\cdot17)$$

(2·1·15)~(2·1·17) を $s=0,\ s=1,\ s=2$ …… と計算し、

$|{}_{s-1}\phi_{m,n} - {}_{s}\phi_{m,n}| < 0.000.000.1$

となったとき

$${}_{s}\phi_{m,n} = \phi_{m,n} \qquad (2\cdot1\cdot18)$$

とする。

ii) $G_{m,n,k_0-1} + G_{m,n,k_0+1} - 2G_{m,n,k_0} < 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,n} = \frac{k_0 - 1}{32}\phi_{A,n} \tag{2.1.19} $$

とし，以下 i) と同様に計算する。

$$ x_{m,n} = \frac{R_n \cdot \phi_{m,n}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,n}\right) + 4\sin\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m,n}\right) + \sin\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}\right)\right] + x_{c,n} \tag{2.1.20} $$

$$ y_{m,n} = \frac{R_n \cdot \phi_{m,n}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,n}\right) + 4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m,n}\right) + \cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}\right)\right] \tag{2.1.21} $$

$$ r_{m,n} = R_n \cos^{\lambda}\phi_{m,n} \tag{2.1.22} $$

$$ {}_a\hat{r}_{m,n} = r_{m,n} + (x_{m,n} - x_{m,7})\sec\phi_{m,n} \tag{2.1.23} $$

これら $\phi_{m,n}$, $x_{m,n}$, $y_{m,n}$, $r_{m,n}$, ${}_a\hat{r}_{m,n}$ を $m = 0, 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+0.5, m+1.0 \cdots 7.0$ について計算する。

$$ S_{m,n} = -\frac{R_n}{24}\left(\sum_{i=0}^{m-1}(\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n})\left\{\sum_{j=0}^{3}\left[\cos^{\lambda}\left\{\phi_{i,n} + \frac{2j}{8}(\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n})\right\} + 4\cos^{\lambda}\left\{\phi_{i,n} + \frac{2j+1}{8}(\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n})\right\} + \cos^{\lambda}\left\{\phi_{i,n} + \frac{2j+2}{8}(\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n})\right\}\right]\right\}\right) \tag{2.1.24} $$

$S_{m,n}$ を $n = 1, 2 \cdots 7$, $m = 0, 1 \cdots n$ について計算する。

2-2 荷重の計算

i) $H_0 \leq Z_n$ のとき

$$ {}_0P_n = 0 \tag{2.2.1} $$

ii) $H_0 > Z_n$ のとき

$$ {}_0P_n = H_0 - Z_n \tag{2.2.2} $$

i) $H_d \leq Z_n$ のとき

$$ {}_dP_{m,n} = 0 \tag{2.2.3} $$

ii) $H_d > Z_n$ のとき

$$ {}_dP_{m,n} = \frac{7}{8}k\sqrt{(H_d - Z_m)(H_d - Z_n)} \tag{2.2.4} $$

i) $H_s \leq Z_n$ のとき

$$ {}_sP_n = 0 \tag{2.2.5} $$

ii) $H_s > Z_n$ のとき

$$ {}_sP_n = c_a \cdot \rho_s (H_s - Z_n) \tag{2.2.6} $$

$$ P_{m,n} = {}_0P_n + {}_dP_{m,n} + {}_sP_n \tag{2.2.7} $$

$P_{m,n}$ を $m = 0, 1, 2 \cdots 7$, $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

第3節 基礎岩盤の変形常数

3-1 基礎の面積係数と傾角

$T_{A,n}$ の中の最大値を a とすると

$$b = 2\sum_{n=0}^{6}\sqrt{(x_{n+1}-x_n)^2+(x_{n+1,n+1}-x_{n,n})^2+(y_{n+1,n+1}-y_{n,n})^2} \qquad (3.1.1)$$

面積係数は

$$\zeta = b/a \qquad (3.1.2)$$

傾角は

i) $6 \leqq n < 1$ のとき

$$\chi_n = \tan^{-1}\left[\frac{z_n-z_{n-1}}{z_{n+1}-z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n+1,n+1}-S_{n,n}}{z_{n+1}-z_n}+\frac{z_{n+1}-z_n}{z_{n+1}-z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n,n}-S_{n-1,n-1}}{z_n-z_{n-1}}\right] \qquad (3.1.3)$$

ii) $n = 1$ のとき

$$\chi_1 = \tan^{-1}\left[\frac{z_3-z_1}{z_3-z_2}\cdot\frac{S_{2,2}-S_{1,1}}{z_2-z_1}-\frac{z_2-z_1}{z_3-z_2}\cdot\frac{S_{3,3}-S_{1,1}}{z_3-z_1}\right] \qquad (3.1.4)$$

χ_n について $n = 1 \text{----} 6$ につき計算を行う。

3-2 基礎岩盤の変形常数

$$K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left[\frac{(\sqrt{1+\zeta^2}(3-14\zeta^2-2\zeta^4)+15\zeta^3+2\zeta^5-3}{15\zeta}+\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right] \qquad (3.2.1)$$

$$K_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left[\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)+\frac{\zeta}{2}\log\left(\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{(\sqrt{4+\zeta^2})^3-8-\zeta^3}{12\zeta}\right] \qquad (3.2.2)$$

$$K_3 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2})+\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{(\sqrt{1+\zeta^2})^3-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\}\right. \qquad (3.2.3)$$

$$\left.+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{\sqrt{1+\zeta^2}(2\zeta^2+1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right]$$

$$K_4 = \frac{1}{5\pi}\left[(90-\frac{48}{\zeta}+\frac{20}{\zeta^2}-\frac{6}{\zeta^4}+\frac{36}{7\zeta^6})+\nu_R(90-\frac{96}{\zeta}+\frac{60}{\zeta^2}-\frac{30}{\zeta^4}+\frac{252}{7\zeta^6})\right.$$

$$\left.=\nu_R^2(\frac{48}{\zeta}-\frac{40}{\zeta^2}+\frac{24}{\zeta^4}-\frac{216}{7\zeta^6})\right] \qquad (3.2.4)$$

$$K_5 = (1-\nu_R-2\nu_R^2)\left[1-\frac{1}{2\pi}\left\{4(1+\zeta^2)\tan^{-1}(\frac{1}{\zeta})-3\zeta-\zeta^3\log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2}+\frac{1}{\zeta}\log(1+\zeta^2)\right\}\right] \qquad (3.2.5)$$

$$K_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{2+\sqrt{4+\zeta^2}}{\zeta}\right)+\frac{2}{\zeta}\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)-\frac{(\sqrt{4+\zeta^2})^3-8-\zeta^3}{6\zeta^2}\right\}\right.$$

$$\left.+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{2}{\zeta}\log\left(\frac{\zeta+\sqrt{4+\zeta^2}}{2}\right)-\frac{\sqrt{4+\zeta^2}(8-\zeta^2)-16+\zeta^3}{6\zeta^2}\right\}\right] \qquad (3.2.6)$$

$$\alpha_n' = K_1/(E_{R,n}\,T_{A,n}^2) \qquad (3.2.6)$$

$$\beta_n' = K_2/E_{R,n} \qquad (3.2.7)$$

$$\gamma_n' = K_3/E_{R,n} \qquad (3.2.8)$$

$$d_n' = K_4/(E_{R,n}\,T_{A,n}^2) \qquad (3.2.9)$$

$$\alpha_n'' = K_5/(E_{R,n}\,T_{A,n}) \qquad (3.2.10)$$

$$\textcircled{8}_n = K_6/E_{R,n} \qquad (3.2.11)$$

$K_1 \sim K_6$ を (3.1.2) で求めた ζ により計算し、これを用いて (3.2.7)～(3.2.12) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

3-3 アーチの基礎常数

$$a\alpha_n = \alpha'_n \cos^3\chi_n + \delta'_n \sin^2\chi_n \cos\chi_n \quad (3.3.1)$$

$$a\alpha_{e,n} = \alpha''_n \cos^2\chi_n \quad (3.3.2)$$

$$a\beta_n = \beta'_n \cos^3\chi_n + \textcircled{r}_n \sin^2\chi_n \cdot \cos\chi_n \quad (3.3.3)$$

$$a\gamma_n = \gamma'_n \cos\chi_n \quad (3.3.4)$$

(3.3.1)～(3.3.4) を $n = 1, 2 \cdots 6$ について計算する。

3-4 片持梁の基礎常数

$$c\alpha_m = (\alpha'_m \cdot \sin^3\chi_m + \delta'_m \cdot \cos^2\chi_m \cdot \sin\chi_m) \frac{a\overset{\frown}{r}_{m,m}}{r_{m,m}} \quad (3.4.1)$$

$$c\alpha_{e,m} = (\alpha''_m \cdot \sin^2\chi_m) \frac{a\overset{\frown}{r}_{m,m}}{r_{m,m}} \quad (3.4.2)$$

$$c\gamma_m = (\gamma'_m \cdot \sin\chi_m) \frac{a\overset{\frown}{r}_{m,m}}{r_{m,m}} \quad (3.4.3)$$

(3.4.1)～(3.4.3) を $n = 1, 2 \cdots 6$ について計算する。尚 $m = 0$ のときは

$$c\alpha_0 = \frac{K_1}{E_{R0} \cdot r_{c,0}^2} \cdot \frac{a\overset{\frown}{r}_{0,0}}{r_{0,0}} \quad (3.4.4)$$

$$c\alpha_{e,0} = \frac{K_5}{E_{R,0} \cdot r_{c,0}} \cdot \frac{a\overset{\frown}{r}_{0,0}}{r_{0,0}} \quad (3.4.5)$$

$$c\gamma_0 = \frac{K_5}{E_{R0}} \cdot \frac{a\overset{\frown}{r}_{0,0}}{r_{0,0}} \quad (3.4.6)$$

として計算する。

3-5 集中荷重の係数

$$K_m^c = \frac{a\overset{\frown}{r}_{m,m}}{r_{m,m}} \tan\chi_m \quad (3.5.1)$$

(3.5.1) を $m = 1, 2 \cdots 6$ について計算する。

第4節　アーチの単位撓み

4-1 アーチの形状計算

$$\phi_{m+i/8.n} = \phi_{m.n} + i/8(\phi_{m+1.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.1.1}$$

$$r_{m+i/8.n} = R_n \cos^{\lambda}\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.2}$$

$$x'_{m+i/8.n} = \frac{R_n}{48}\Big[\sum_{t=0}^{n-1}\Big\{(\phi_{t+1.n}-\phi_{t.n})\sum_{s=0}^{7}\Big(\sin\phi_{t+s/8.n}\cdot\cos\phi_{t+s/8.n} + 4\sin\frac{\phi_{t+s/8.n}+\phi_{t+\frac{s+1}{8}.n}}{2}\cos^{\lambda}\frac{\phi_{t+s/8.n}+\phi_{t+\frac{s+1}{8}.n}}{2} + \sin\phi_{t+\frac{s+1}{8}.n}\cos^{\lambda}\phi_{t+\frac{s+1}{8}.n}\Big)\Big\} + (\phi_{m+1.n}-\phi_{m.n})\sum_{s=0}^{i}\Big(\sin\phi_{m+\frac{s}{8}.n}\cos^{\lambda}\phi_{m+\frac{s}{8}.n} + 4\sin\frac{\phi_{m+s/8.n}+\phi_{m+\frac{s+1}{8}.n}}{2} \times \cos^{\lambda}\frac{\phi_{m+s/8.n}+\phi_{m+\frac{s+1}{8}.n}}{2} + \sin\phi_{m+\frac{s+1}{8}.n}\cos^{\lambda}\phi_{m+\frac{s+1}{8}.n}\Big)\Big] \tag{4.1.3}$$

$$y'_{m+i/8.n} = \frac{R_n}{48}\Big[\sum_{t=0}^{n-1}\Big\{(\phi_{t+1.n}-\phi_{t.n})\sum_{s=0}^{7}\Big(\cos^{\lambda+1}\phi_{t+\frac{s}{8}.n} + 4\cos^{\lambda+1}\frac{\phi_{t+s/8.n}+\phi_{t+\frac{s+1}{8}.n}}{2} + \cos^{\lambda+1}\phi_{t+\frac{s+1}{8}.n}\Big) + (\phi_{m+1.n}-\phi_{m.n})\sum_{s=0}^{i}\Big(\cos^{\lambda+1}\phi_{m+\frac{s}{8}.n} + 4\cos^{\lambda+1}\frac{\phi_{m+\frac{s}{8}.n}+\phi_{m+\frac{s+1}{8}.n}}{2} + \cos^{\lambda+1}\phi_{m+\frac{s+1}{8}.n}\Big)\Big] \tag{4.1.4}$$

(i) $\phi_{m+i/8.n} \leqq {}_1\phi_{A.n}$ の時

$$T_{m+i/8.n} = T_{c.n} \tag{4.1.5}$$

$$\frac{d}{d\phi}(ux_{m+i/8.n}) = \Big(r_{m+i/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+i/8.n}\Big)\sin\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.6}$$

$$\frac{d}{d\phi}(uy_{m+i/8.n}) = \Big(r_{m+i/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+i/8.n}\Big)\cos\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.7}$$

(ii) $\phi_{m+i/8.n} > {}_1\phi_{A.n}$ で $T=+1$ の時

$$T_{m+i/8.n} = T_{c.n} + (T_{A.n} - T_{c.n})\frac{\operatorname{vers}(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})}{\operatorname{vers}(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})} \tag{4.1.8}$$

$$\frac{d}{d\phi}(ux_{m+i/8.n}) = \Big(r_{m+i/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+i/8}\Big)\sin\phi_{m+i/8.n} - \frac{(T_{A.n}-T_{c.n})\sin(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})}{2\operatorname{vers}(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})}\cos\phi_{m+i/8.n}$$

$$\frac{d}{d\phi}(uy_{m+i/8.n}) = \Big(r_{m+i/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+i/8}\Big)\cos\phi_{m+i/8.n} + \frac{(T_{A.n}-T_{c.n})\sin(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})}{2\operatorname{vers}(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})}\sin\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.9}$$

(4.1.10)

(iii) $\phi_{m+i/8.n} > {}_1\phi_{A.n}$ で $T=-1$ の時

$$T_{m+i/8.n} = \frac{1}{\operatorname{vers}(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})}\Big[T_{c.n} - T_{A.n}\cos(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n}) + (T_{A.n}-T_{c.n})\frac{\cos(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})}{\cos(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})}\Big] \tag{4.1.11}$$

$$\frac{d}{d\phi}(ux_{m+i/8.n}) = \Big(r_{m+i/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+i/8.n}\Big)\sin\phi_{m+i/8.n} - \frac{(T_{A.n}-T_{c.n})\cos(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})\sin(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})}{2\operatorname{vers}(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})\cos^2(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})} \times \cos\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.12}$$

$$\frac{d}{d\phi}(uy_{m+i/8.n}) = \Big(r_{m+i/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+i/8.n}\Big)\cos\phi_{m+i/8.n} + \frac{(T_{A.n}-T_{c.n})\cos(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})\sin(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})}{2\operatorname{vers}(\phi_{A.n} - {}_1\phi_{A.n})\cos^2(\phi_{m+i/8.n} - {}_1\phi_{A.n})} \times \sin\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.13}$$

$$ux_{m+i/8.n} = x'_{m+i/8.n} - \frac{1}{2}T_{m+i/8.n}\cos\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.14}$$

$$uy_{m+i/8.n} = y'_{m+i/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+i/8.n}\sin\phi_{m+i/8.n} \tag{4.1.15}$$

これら $\phi_{m+i/8.n}$; $r_{m+i/8.n}$; $x'_{m+i/8.n}$; $y'_{m+i/8.n}$; $T_{m+i/8.n}$; $\frac{d}{d\phi}(ux_{m+i/8.n})$; $\frac{d}{d\phi}(uy_{m+i/8.n})$ $ux_{m+i/8.n}$; $uy_{m+i/8.n}$ について $n=1, 2, \cdots 6$; $m=0, 1, 2 \cdots n$; $i=0, 1, 2, \cdots 7$ について計算する。ただし、$m=n$ のとき $i=0$ 以外の i については計算しない。

次に $i=m$ とし (m,n) に原点をおき，(m,n) におけるアーチ中心線の法線を x 軸，接線を y 軸としたときの $(i+\frac{j}{8},n)$ の座標を $(x^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}),(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})$ とする。

$$(x^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}) = (x'_{i+\frac{j}{8},n} - x'_{m,n})\cos\phi_{m,n} - (y'_{i+\frac{j}{8},n} - y'_{m,n})\sin\phi_{m,n} \qquad (4.1.16)$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}) = (x'_{i+\frac{j}{8},n} - x'_{m,n})\sin\phi_{m,n} + (y'_{i+\frac{j}{8},n} - y'_{m,n})\cos\phi_{m,n} \qquad (4.1.17)$$

これら $(x^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})$，$(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n})$ を $n=1,2,\cdots\cdots 6$，$m=0,1,2\cdots\cdots n$　$i=m,m+1,\cdots\cdots n$　$j=0,1,2\cdots\cdots 7$ について計算する。

4-2　アーチ常数の計算

$$1A_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{r_{i,n}}{I^3_{i,n}} + 4\frac{r_{i+\frac{1}{8},n}}{I^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{r_{i+\frac{2}{8},n}}{I^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{r_{i+\frac{3}{8},n}}{I^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{r_{i+1,n}}{I^3_{i+1,n}}\right\} + a\alpha_n \qquad (4.2.1)$$

$$1B_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(x^{m,n}_{i,n})r_{i,n}}{I^3_{i,n}} + \frac{4(x^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})r_{i+\frac{1}{8},n}}{I^3_{i+\frac{1}{8},n}} + \frac{2(x^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})r_{i+\frac{2}{8},n}}{I^3_{i+\frac{2}{8},n}} + \frac{4(x^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})r_{i+\frac{3}{8},n}}{I^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{(x^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}}{I^3_{i+1,n}}\right\} + a\alpha_n(x^{m,n}_{n,n}) + a\alpha_{2,n}\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.2)$$

$$1C_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})r_{i,n}}{I^3_{i,n}} + \frac{4(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})r_{i+\frac{1}{8},n}}{I^3_{i+\frac{1}{8},n}} + \frac{2(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})r_{i+\frac{2}{8},n}}{I^3_{i+\frac{2}{8},n}} + \frac{4(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})r_{i+\frac{3}{8},n}}{I^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{(y^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}}{I^3_{i+1,n}}\right\} + a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n}) + a\alpha_{2,n}\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.3)$$

$$2B_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(x^{m,n}_{i,n})(y^{m,n}_{i,n})r_{i,n}}{I^3_{i,n}} + 4\frac{(x^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})r_{i+\frac{1}{8},n}}{I^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{(x^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})r_{i+\frac{2}{8},n}}{I^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{(x^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})r_{i+\frac{3}{8},n}}{I^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{(x^{m,n}_{i+1,n})(y^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}}{I^3_{i+1,n}}\right\} + \frac{(3+5V_c)}{24Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\times$$

$$\left\{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\frac{r_{i,n}}{I_{i,n}} + 4\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\frac{r_{i+\frac{1}{8},n}}{I_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\frac{r_{i+\frac{2}{8},n}}{I_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})\times\frac{r_{i+\frac{3}{8},n}}{I_{i+\frac{3}{8},n}} + \sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\frac{r_{i+1,n}}{I_{i+1,n}}\right\} + a\alpha_n(x^{m,n}_{n,n})(y^{m,n}_{n,n}) + a\alpha_{2,n}\left\{(x^{m,n}_{n,n})\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) + (y^{m,n}_{n,n})\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\} + (a\gamma_n - a\beta_n)\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\times\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.4)$$

$$2C_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})^2 r_{i,n}}{I^3_{i,n}} + 4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})^2 r_{i+\frac{1}{8},n}}{I^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})^2 r_{i+\frac{2}{8},n}}{I^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})^2 r_{i+\frac{3}{8},n}}{I^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{(y^{m,n}_{i+1,n})^2 r_{i+1,n}}{I^3_{i+1,n}}\right\} + \frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[\left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i,n}}{I_{i,n}} + 4\left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i+\frac{1}{8},n}}{I_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i+\frac{2}{8},n}}{I_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i+\frac{3}{8},n}}{I_{i+\frac{3}{8},n}} + \left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i+1,n}}{I_{i+1,n}}\right] + a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})^2 + a\beta_n\sin^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) + a\gamma_n\cos^2(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) + 2\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{n,n})\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.5)$$

$$3B_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{(x^{m,n}_{i,n})^2 r_{i,n}}{I^3_{i,n}} + 4\frac{(x^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})^2 r_{i+\frac{1}{8},n}}{I^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{(x^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})^2 r_{i+\frac{2}{8},n}}{I^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{(x^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})^2 r_{i+\frac{3}{8},n}}{I^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{(x^{m,n}_{i+1,n})^2 r_{i+1,n}}{I^3_{i+1,n}}\right\} + \frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[\left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i,n}}{I_{i,n}} + 4\left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i+\frac{1}{8},n}}{I_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\left\{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\sin^2(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{r_{i+\frac{2}{8},n}}{I_{i+\frac{2}{8},n}} +$$

$$4\left\{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\eta_{i+\frac{1}{8}.n}}{\tau_{i+\frac{1}{8}.n}}+\left\{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\eta_{i+1.n}}{\tau_{i+1.n}}+a\alpha_n(\chi^{m.n}_{n.n})^2+$$
$$a\beta_n\cos^2(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})+a\gamma_n\sin^2(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})+2a\alpha_n(\chi^{m.n}_{n.n})\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) \qquad (4.2.6)$$

(4.2.1)～(4.2.6) を $n=1,2\cdots6$; $m=0,1,2\cdots n$ について計算する。

4-3 単位荷重による M_L, H_L, V_L

$$\text{LrM}(n.\kappa.o.i+\tfrac{2j}{8}) = \frac{1}{24}\sum_{s=0}^{p-1}\Big(\{(\phi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\{\{(\chi^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})+\{(y^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u y_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})\}+4(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\{\{(\chi^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}\times(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})+\{(y^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u y_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})\}+(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\{\{(\chi^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})+\{(y^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u y_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})\}\Big)+$$
$$\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{8-1}\Big(\{(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\{\{(\chi^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u\chi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})+\{(y^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u y_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\}\times\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\}+4(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})\{\{(\chi^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u\chi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})+\{(y^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u y_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s+i}{8}.n})\}+(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\{\{(\chi^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u\chi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})+\{(y^{o.n}_{i+\frac{2j}{8}.n})-(u y_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\}\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\}\Big) \qquad (4.3.1)$$

$$\text{LrH}(n.\kappa.o.i+\tfrac{2j}{8}) = \frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\{(\phi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\times\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})+(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})\}+\sum_{s=0}^{8-1}\{(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s+i}{8}.n})+(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\}\Big]-$$
$$\cos\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\{(\phi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})+(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})\}+\sum_{s=0}^{8-1}\{(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})+(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\}\Big]\Big) \qquad (4.3.2)$$

$$\text{LrV}(n.\kappa.o.i+\tfrac{2j}{8}) = \frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\{(\phi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}\times(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})+(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})\}+\sum_{s=0}^{8-1}\{(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})+(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u\chi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\}\Big]+\cos\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\{(\phi_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s+1}{8}.n})+(\phi_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n}-\phi_{\kappa-1.n})\times\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa-1+\frac{2s+2}{8}.n})\}+\sum_{s=0}^{8-1}\{(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s}{8}.n})+4(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s+1}{8}.n})+(\phi_{\kappa+1.n}-\phi_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\frac{d}{d\phi}(u y_{\kappa+\frac{2s+2}{8}.n})\}\Big]\Big) \qquad (4.3.3)$$

(4.3.1)～(4.3.3) の $\sum_{s=0}^{p-1}$, $\sum_{s=0}^{8-1}$ は次のようにとるものとする。

i) $K=i=0$ のとき

$p=0$, $8=j$

すなわち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない。

ii) $K=0$, $1\leqq i\leqq n$ のとき,

$P=0,\ \beta=4$

$\sum_{\delta=0}^{P-1}$ は計算しない。

iii) $0 \le i < K-1$ のとき

$P=0,\ \beta=0$

すなわち

$$LrM(n,K,o,i+\tfrac{2j}{\beta}) = LrH(n,K,o,i+\tfrac{2j}{\beta}) = LrV(n,K,o,i+\tfrac{2j}{\beta})$$

iv) $n > i = K-1 \ge 0$ のとき

$P=j,\ \beta=0$

すなわち $\sum_{\delta=0}^{\beta-1}$ は計算しない。

v) $n \ge i = K \ge 1$ のとき

$P=4,\ \beta=j$

vi) $n \ge i > K \ge 1$ のとき

$P=4,\ \beta=4$

以上の P, β を用いて (4.3.1)～(4.3.3) を $n=1,2\cdots6$, $K=0,1,2\cdots n$, $i=0,1,2\cdots n$, $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし、$i=n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$LrM(n,K,m,i+\tfrac{2j}{\beta}) = LrM(n,K,o,i+\tfrac{2j}{\beta}) - LrM(n,K,o,m) + LrH(n,K,o,m)(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - LrV(n,K,o,m)(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) \quad (4.3.4)$$

$$LrH(n,K,m,i+\tfrac{2j}{\beta}) = LrH(n,K,o,i+\tfrac{2j}{\beta}) - LrH(n,K,o,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n} - \phi_{m,n}) - LrV(n,K,o,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n} - \phi_{m,n}) \quad (4.3.5)$$

$$LrV(n,K,m,i+\tfrac{2j}{\beta}) = LrV(n,K,o,i+\tfrac{2j}{\beta}) + LrH(n,K,o,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n} - \phi_{m,n}) - LrV(n,K,o,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\beta},n} - \phi_{m,n}) \quad (4.3.6)$$

(4.3.4)～(4.3.6) を $n=1,2\cdots6$; $K=0,1,2\cdots n$, $m=0,1\cdots n$; $i=m,m+1\cdots n$; $j=0,1$ ---- 3について計算する。ただし $i=n$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$\begin{aligned}LsM(n,K,o,i+\tfrac{j}{\beta}) = {} & \frac{1}{24}\sum_{\delta=0}^{P-1}\Big((\phi_{K+1,n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2\delta}{\beta},n}\Big[\Big\{(\chi^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (\chi^{o,n}_{K-1+\frac{2\delta}{\beta},n})\Big\}\cos\phi_{K-1+\frac{2\delta}{\beta},n} - \Big\{(y^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) \\ & - (y^{o,n}_{K-1+\frac{2\delta}{\beta},n})\Big\}\sin\phi_{K-1+\frac{2\delta}{\beta},n}\Big] + 4(\phi_{K-1+\frac{2\delta+1}{\beta},n} - \phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2\delta+1}{\beta},n}\Big[\Big\{(\chi^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (\chi^{o,n}_{K-1+\frac{2\delta+1}{\beta},n})\Big\} \times \\ & \cos\phi_{K-1+\frac{2\delta+1}{\beta},n} - \Big\{(y^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (y^{o,n}_{K-1+\frac{2\delta+1}{\beta},n})\Big\}\sin\phi_{K-1+\frac{2\delta+1}{\beta},n}\Big] + (\phi_{K-1+\frac{2\delta+2}{\beta},n} - \phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2\delta+2}{\beta},n} \times \\ & \Big[\Big\{(\chi^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (\chi^{o,n}_{K-1+\frac{2\delta+2}{\beta},n})\Big\}\cos\phi_{K-1+\frac{2\delta+2}{\beta},n} - \Big\{(y^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (y^{o,n}_{K-1+\frac{2\delta+2}{\beta},n})\Big\}\sin\phi_{K-1+\frac{2\delta+2}{\beta},n}\Big]\Big) + \\ & \frac{1}{24}\sum_{\delta=0}^{\beta-1}\Big((\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2\delta}{\beta},n})r_{K+\frac{2\delta}{\beta},n}\Big[\Big\{(\chi^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (\chi^{o,n}_{K+\frac{2\delta}{\beta},n})\Big\}\cos\phi_{K+\frac{2\delta}{\beta},n} - \Big\{(y^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (y^{o,n}_{K+\frac{2\delta}{\beta},n})\Big\} \times \\ & \sin\phi_{K+\frac{2\delta}{\beta},n}\Big] + 4(\phi_{K+1,n} - \phi_{K+\frac{2\delta+1}{\beta},n})r_{K+\frac{2\delta+1}{\beta},n}\Big[\Big\{(\chi^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (\chi^{o,n}_{K+\frac{2\delta+1}{\beta},n})\Big\}\cos\phi_{K+\frac{2\delta+1}{\beta},n} - \\ & \Big\{(y^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (y^{o,n}_{K+\frac{2\delta+1}{\beta},n})\Big\}\sin\phi_{K+\frac{2\delta+1}{\beta},n}\Big] + (\phi_{K+1,n} - \phi_{K+\frac{2\delta+2}{\beta},n})r_{K+\frac{2\delta+2}{\beta},n}\cdot\Big[\Big\{(\chi^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (\chi^{o,n}_{K+\frac{2\delta+2}{\beta},n})\Big\} \\ & \times\cos\phi_{K+\frac{2\delta+2}{\beta},n} - \Big\{(y^{o,n}_{i+\frac{2j}{\beta},n}) - (y^{o,n}_{K+\frac{2\delta+2}{\beta},n})\Big\}\sin\phi_{K+\frac{2\delta+2}{\beta},n}\Big]\Big)\end{aligned} \quad (4.3.7)$$

$$
{}_{LS}H_{(n,K,o,i+\frac{2j}{\theta})} = -\frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}+\sum_{s=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s}{\theta},n}\sin\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}\Big]+\cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}\times\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}+\sum_{s=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}\Big]\Big) \quad (4.3.8)
$$

$$
{}_{LS}V_{(n,K,o,i+\frac{2j}{\theta})} = \frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{C\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}+\sum_{s=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}\Big]-\cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\times\gamma_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\gamma_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}+\sum_{s=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s}{\theta},n}\cdot\sin\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}\cdot\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\gamma_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\times\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}\Big\}\Big]\Big) \quad (4.3.9)
$$

$$
{}_{Lt}M_{(n,K,o,i+\frac{2j}{\theta})} = \frac{1}{24}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\gamma_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}(\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})+4\gamma_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})+\gamma_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K-1,n})\Big\}+\sum_{s=0}^{\theta-1}\Big\{\gamma_{K+\frac{2s}{\theta},n}(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n})+4\gamma_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})+\gamma_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big]
$$

(4.3.7) ～ (4.3.10) の $\sum_{s=0}^{P-1}$, $\sum_{s=0}^{\theta-1}$ は次のようにするものとする。

i) $0 \leq i < K-1$ のとき

$P=0$, $\theta=0$

すなわち

$${}_{LS}M_{(n,K,o,i+\frac{2j}{\theta})} = {}_{LS}H_{(n,K,o,i+\frac{2j}{\theta})} = {}_{LS}V_{(n,K,o,i+\frac{2j}{\theta})} = {}_{Lt}M_{(n,K,o,i+\frac{2j}{\theta})} = 0$$

ii) $n > i = K-1 \geq 0$ のとき

$P=j$, $\theta=0$

すなわち, $\sum_{s=0}^{\theta-1}$ は計算しない。

iii) $n \geq i = K \geq 1$ のとき

$P=4$, $\theta=j$

iv) $n \geq i > K \geq 1$ のとき

$P=4$, $\theta=4$

以上のP.8を用いて(4.3.7)～(4.3.10)を $n=1,2\cdots6$；$K=1,2\cdots n$；$i=0,1,2\cdots n$；$j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$LsM(n.K.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LsM(n.K.o.i+\tfrac{2j}{8}) - LsM(n.K.o.m) + LsH(n.K.o.m)(\chi^{m.n}_{i+\frac{2j}{8}.n}) - LsV(n.K.o.m)(y^{m.n}_{i+\frac{2j}{8}.n}) \quad (4.3.11)$$

$$LsH(n.K.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LsH(n.K.o.i+\tfrac{2j}{8}) - LsH(n.K.o.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}-\phi_{m.n}) - LsV(n.K.o.m)\times \sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}-\phi_{m.n}) \quad (4.3.12)$$

$$LsV(n.K.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LsV(n.K.o.i+\tfrac{2j}{8}) + LsH(n.K.o.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}-\phi_{m.n}) - LsV(n.K.o.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n}-\phi_{m.n}) \quad (4.3.13)$$

$$LtM(n.K.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LtM(n.K.o.i+\tfrac{2j}{8}) - LtM(n.K.o.m) \quad (4.3.14)$$

(4.3.11)～(4.3.14)を $n=1,2,\cdots6$；$K=1,2\cdots n$，$m=0,1,2\cdots n$，$i=m,m+1\cdots n$；$j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=n$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

4～4 荷重常数

$$r_1D^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\left\{\frac{LrM(n.K.m.i)\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{2}{8})\gamma_{i+\frac{2}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 2\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{4}{8})\gamma_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{6}{8})\gamma_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}} + \frac{LrM(n.K.m.i+1)\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\right\} + LrM(n.K.m.n)\cdot a\alpha_n + LrV(n.K.m.n)\cdot a\alpha_{2.n} \quad (4.4.1)$$

$$r_2D^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\left\{\frac{LtM(n.K.m.i)(y^{m.n}_{i.n})\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{2}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})\gamma_{i+\frac{2}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 2\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{4}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})\gamma_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{6}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{6}{8}.n})\gamma_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}} + \frac{LrM(n.K.m.i+1)(y^{m.n}_{i+1.n})\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\right\} +$$

$$\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\left[\left\{LrH(n.K.m.i)\cdot\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n}) + \tfrac{5}{2}(1+Vc)LrV(n.K.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\gamma_{i.n}}{T_{i.n}}\right.$$

$$+4\left\{LrH(n.K.m.i+\tfrac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n}) + \tfrac{5}{2}(1+Vc)LrV(n.K.m.i+\tfrac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{2}{8}.n}}{T_{i+\frac{2}{8}.n}}$$

$$+2\left\{LrH(n.K.m.i+\tfrac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n}) + \tfrac{5}{2}(1+Vc)LrV(n.K.m.i+\tfrac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{4}{8}.n}}{T_{i+\frac{4}{8}.n}}$$

$$+4\left\{LrH(n.K.m.i+\tfrac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n}) + \tfrac{5}{2}(1+Vc)LrV(n.K.m.i+\tfrac{6}{8})\cdot\cos(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{6}{8}.n}}{T_{i+\frac{6}{8}.n}}$$

$$+\left\{LrH(n.K.m.i+1)\cdot\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n}) + \tfrac{5}{2}(1+Vc)LrV(n.K.m.i+1)\cos(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\gamma_{i+1.n}}{T_{i+1.n}}\Big]$$

$$+ LrM(n.K.m.n)\left\{a\alpha_n(y^{m.n}_{n.n}) + {}_a\alpha_{2.n}\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n})\right\} + LrH(n.K.m.n)\,a\beta_n\sin(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) +$$

$$LrV(n.K.m.n)\left\{a\gamma_n\cos(\phi_{n.n}-\phi_{m.n}) + {}_a\alpha_{2.n}(y^{m.n}_{n.n})\right\} \quad (4.4.2)$$

$$r_3D^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\left\{\frac{LrM(n.K.n.i)(\chi^{m.n}_{i.n})\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{2}{8})(\chi^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})\gamma_{i+\frac{2}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + \frac{2LrM(n.K.m.i+\frac{4}{8})(\chi^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})\gamma_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{6}{8})(\chi^{m.n}_{i+\frac{6}{8}.n})\gamma_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}} + \frac{LrM(n.K.m.i+1)(\chi^{m.n}_{i+1.n})\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\right\} +$$

$$\frac{1}{12Ec}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\left[\left\{-LrH(n.K.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n}) + \tfrac{5}{2}(1+Vc)LrV(n.K.m.i)\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\gamma_{i.n}}{T_{i.n}}\right.$$

$$+4\left\{-LrH(n.K.m.i+\tfrac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n}) + \tfrac{5}{2}(1+Vc)LrV(n.K.m.i+\tfrac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}.n}-\phi_{m.n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{2}{8}.n}}{T_{i+\frac{2}{8}.n}}$$

$$+2\left\{-{}_{LR}H_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LR}V_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}$$

$$+4\left\{-{}_{LR}H_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LR}V_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}$$

$$+\left\{-{}_{LR}H_{(n,K,m,i+1)}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LR}V_{(n,K,m,i+1)}\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+1,n}}{T^2_{i+1,n}}\ ]$$

$$+\ {}_{LR}M_{(n,K,m,n)}\left\{a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}-{}_{LR}H_{(n,K,m,n)}\cdot a\beta_n\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$

$$+\ {}_{LR}V_{(n,K,m,n)}\left\{a\gamma_n\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{n,n})\right\}\qquad(4.4.3)$$

(4.4.1)～(4.4.3)を $n=1,2\cdots 6$；$K=0,1,2\cdots n$；$m=0,1\cdots n$ について計算する。

$$s_1D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i)}\gamma_{i,n}}{T^2_{i,n}}+4\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}+2\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{3}{8})}\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^2_{i+\frac{3}{8},n}}+\right.$$

$$\left.4\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}+\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+1)}\gamma_{i+1,n}}{T^2_{i+1,n}}\right\}+{}_{LS}M_{(n,K,m,n)}\cdot a\alpha_n+{}_{LS}V_{(n,K,m,n)}\cdot a\alpha_{2,n}\qquad(4.4.4)$$

$$s_2D^{k,m}_{m,n}=\frac{\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i)}(y^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^2_{i,n}}+4\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}+\right.$$

$$2\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{3}{8})}(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^2_{i+\frac{3}{8},n}}+4\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}+\left.\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+1)}(y^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^2_{i+1,n}}\right\}+$$

$$\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[\left\{{}_{LS}H_{(n,K,m,i)}\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i)}\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i,n}}{T_{i,n}}\right.$$

$$+4\left\{{}_{LS}H_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T_{i+\frac{1}{8},n}}$$

$$+2\left\{{}_{LS}H_{(n,K,m,i+\frac{3}{8})}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+\frac{3}{8})}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T_{i+\frac{3}{8},n}}$$

$$+4\left\{{}_{LS}H_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T_{i+\frac{1}{8},n}}$$

$$+\left\{{}_{LS}H_{(n,K,m,i+1)}\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+1)}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\ ]$$

$$+\ {}_{LS}M_{(n,K,m,n)}\left\{a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}+{}_{LS}H_{(n,K,m,n)}\cdot a\beta_n\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$

$$+\ {}_{LS}V_{(n,K,m,n)}\left\{a\gamma_n\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha_{2,n}\cdot(y^{m,n}_{n,n})\right\}\qquad(4.4.5)$$

$$s_3D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i)}(\chi^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^2_{i,n}}+4\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}+\right.$$

$$+2\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{3}{8})}(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^2_{i+\frac{3}{8},n}}+4\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^2_{i+\frac{1}{8},n}}+\left.\frac{{}_{LS}M_{(n,K,m,i+1)}(\chi^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^2_{i+1,n}}\right\}$$

$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[\left\{-{}_{LS}H_{(n,K,m,i)}\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i)}\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i,n}}{T_{i,n}}\right.$$

$$+4\left\{-{}_{LS}H_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T_{i+\frac{1}{8},n}}$$

$$+2\left\{-{}_{LS}H_{(n,K,m,i+\frac{3}{8})}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+\frac{3}{8})}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T_{i+\frac{3}{8},n}}$$

$$+4\left\{-{}_{LS}H_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+\frac{1}{8})}\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T_{i+\frac{1}{8},n}}$$

$$+\left\{-{}_{LS}H_{(n,K,m,i+1)}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{LS}V_{(n,K,m,i+1)}\cdot\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\ ]$$

$$+\ {}_{LS}M_{(n,K,m,n)}\left\{a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\}-{}_{LS}H_{(n,K,m,n)}\cdot a\beta_n\cdot\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})$$

$$+\ {}_{LS}V_{(n,K,m,n)}\left\{a\gamma_n\cdot\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})+a\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{n,n})\right\}\qquad(4.4.6)$$

$$t_1D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_LtM(n,k,m,i)\cdot\gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\right.$$
$$\left.4\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{{}_LtM(n,k,m,i+1)\gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\right\}+{}_LtM(n,k,m,n)\cdot a\alpha_n \qquad (4.4.7)$$

$$t_2D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_LtM(n,k,m,i)\cdot(\gamma^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\gamma^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\right.$$
$$2\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot(\gamma^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\gamma^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{{}_LtM(n,k,m,i+1)\cdot(\gamma^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\left.\right\}+$$
$${}_LtM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(\gamma^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\cos(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\} \qquad (4.4.8)$$

$$t_3D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_LtM(n,k,m,i)\cdot(\chi^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\right.$$
$$+2\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{{}_LtM(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cdot(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^3_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{{}_LtM(n,k,m,i+1)\cdot(\chi^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\left.\right\}+$$
$${}_LtM(n,k,m,n)\left\{a\alpha_n(\chi^{m,n}_{n,n})+a\alpha_{2,n}\sin(\phi_{n,n}-\phi_{m,n})\right\} \qquad (4.4.9)$$

(4.4.4)~(4.4.9) を $n=1,2\cdots6$, $k=1,2\cdots n$, $m=0,1,2\cdots n$ について計算する。

4-5 不静定諸力 および単位撓みの計算

$$arM^{k,n}_{o,n}=\frac{r_1D^{k,n}_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-r_3D^{k,n}_{o,n}\,{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \qquad (4.5.1)$$

$$arH^{k,n}_{o,n}=\frac{r_3D^{k,n}_{o,n}\,{}_1A_{o,n}-r_1D^{k,n}_{o,n}\,{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \qquad (4.5.2)$$

$$asM^{k,n}_{o,n}=\frac{s_1D^{k,n}_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-s_3D^{k,n}_{o,n}\,{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \qquad (4.5.3)$$

$$asH^{k,n}_{o,n}=\frac{s_3D^{k,n}_{o,n}\,{}_1A_{o,n}-s_1D^{k,n}_{o,n}\,{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \qquad (4.5.4)$$

$$atM^{k,n}_{o,n}=\frac{t_1D^{k,n}_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-t_3D^{k,n}_{o,n}\,{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \qquad (4.5.5)$$

$$atH^{k,n}_{o,n}=\frac{t_3D^{k,n}_{o,n}\,{}_1A_{o,n}-t_1D^{k,n}_{o,n}\,{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\,{}_3B_{o,n}-({}_1B_{o,n})^2} \qquad (4.5.6)$$

(4.5.1),(4.5.2) を $n=1,2\cdots6$, $K=0,1,2\cdots n$ について (4.5.3)~(4.5.6) を $n=1,2\cdots6$; $K=1,2\cdots n$ について計算する。

$$arM^{k,n}_{m,n}=arM^{k,n}_{o,n}+arH^{k,n}_{o,n}(\chi^{o,n}_{m,n})-{}_LrM(n,k,o,m) \qquad (4.5.7)$$

$$arH^{k,n}_{m,n}=arH^{k,n}_{o,n}\cdot\cos\phi_{m,n}+{}_LrH(n,k,o,m) \qquad (4.5.8)$$

$$arV^{k,n}_{m,n}=arH^{k,n}_{o,n}\cdot\sin\phi_{m,n}-{}_LrV(n,k,o,m) \qquad (4.5.9)$$

$$asM^{k,n}_{m,n}=asM^{k,n}_{o,n}+asH^{k,n}_{o,n}(\chi^{o,n}_{m,n})-{}_LsM(n,k,o,m) \qquad (4.5.10)$$

$$asH^{k,n}_{m,n}=asH^{k,n}_{o,n}\cdot\cos\phi_{m,n}+{}_LsH(n,k,o,m) \qquad (4.5.11)$$

$$asV^{k,n}_{m,n} = asH^{k,n}_{o,n}\sin\phi_{m,n} - 1sV(n,k,o,m) \quad (4.5.12)$$

$$atM^{k,n}_{m,n} = atM^{k,n}_{o,n} + atH^{k,n}_{o,n}(\chi^{o,n}_{m,n}) - 1tM(n,k,o,m) \quad (4.5.13)$$

$$atH^{k,n}_{m,n} = atH^{k,n}_{o,n}\cos\phi_{m,n} \quad (4.5.14)$$

$$atV^{k,n}_{m,n} = atH^{k,n}_{o,n}\sin\phi_{m,n} \quad (4.5.15)$$

(4.5.7)～(4.5.9) を $n=1,2,3\cdots6$, $K=0,1,2\cdots n$; $m=0,1,2\cdots n$ について (4.5.10)～(4.5.15) を $n=1,2\cdots6$, $k=1,2,\cdots n$; $m=0,1,2\cdots n$ について計算する.

$$ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = 1Cm,n\cdot arM^{k,n}_{m,n} + 2Bm,n\cdot arH^{k,n}_{o,n} + 2Cm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n} - r_2D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.16)$$

$$ar(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = -1Bm,n\cdot arM^{k,n}_{m,n} - 3Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n} - 2Bm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n} + r_3D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.17)$$

$$ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = 1Am,n\cdot arM^{k,n}_{m,n} + 1Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n} + 1Cm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n} - r_1D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.18)$$

$$as(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = 1Cm,n\cdot asM^{k,n}_{m,n} + 2Bm,n\cdot asH^{k,n}_{m,n} + 2Cm,n\cdot asV^{k,n}_{m,n} - s_2D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.19)$$

$$as(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = -1Bm,n\cdot asM^{k,n}_{m,n} - 3Bm,n\cdot asH^{k,n}_{m,n} - 2Bm,n\cdot asV^{k,n}_{m,n} + s_3D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.20)$$

$$as(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = 1Am,n\cdot asM^{k,n}_{m,n} + 1Bm,n\cdot asH^{k,n}_{m,n} + 1Cm,n\cdot asV^{k,n}_{m,n} - s_1D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.20)$$

$$at(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = 1Cm,n\cdot atM^{k,n}_{m,n} + 2Bm,n\cdot atH^{k,n}_{m,n} + 2Cm,n\cdot atV^{k,n}_{m,n} - t_2D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.22)$$

$$at(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = -1Bm,n\cdot atM^{k,n}_{m,n} - 3Bm,n\cdot atH^{k,n}_{m,n} - 2Bm,n\cdot atV^{k,n}_{m,n} + t_3D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.23)$$

$$at(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = 1Am,n\cdot atM^{k,n}_{m,n} + 1Bm,n\cdot atH^{k,n}_{m,n} + 1Cm,n\cdot atV^{k,n}_{m,n} - t_1D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.24)$$

(4.5.16)～(4.5.18) を $n=1,2,\cdots6$; $k=0,1,2\cdots n$; $m=0,1,2\cdots n$ について, (4.5.19)～(4.5.24) を $n=1,2\cdots6$; $k=1,2\cdots n$; $m=0,1,2\cdots6$ について計算する.

4-6 集中荷重

$$r_1D^c_{m,n} = ad_{2,n} \quad (4.6.1)$$

$$r_2D^c_{m,n} = a\gamma_n\cdot\cos(\phi_{n,n} - \phi_{m,n}) + ad_{2,n}(y^{m,n}_{n,n}) \quad (4.6.2)$$

$$r_3D^c_{m,n} = a\gamma_n\cdot\sin(\phi_{n,n} - \phi_{m,n}) + ad_{2,n}(x^{m,n}_{n,n}) \quad (4.6.3)$$

$$s_1D^c_{m,n} = 0 \quad (4.6.4)$$

$$s_2D^c_{m,n} = a\beta_n\cdot\sin(\phi_{n,n} - \phi_{m,n}) \quad (4.6.5)$$

$$s_3D^c_{m,n} = -a\beta_n\cdot\cos(\phi_{n,n} - \phi_{m,n}) \quad (4.6.6)$$

$$t_1D^c_{m,n} = a\alpha_n \quad (4.6.7)$$

$$t_2D^c_{m,n} = a\alpha_n(y^{m,n}_{n,n}) + ad_{2,n}\cdot\cos(\phi_{n,n} - \phi_{m,n}) \quad (4.6.8)$$

$$t_3D^c_{m,n} = a\alpha_n(x^{m,n}_{n,n}) + ad_{2,n}\cdot\sin(\phi_{n,n} - \phi_{m,n}) \quad (4.6.9)$$

$$arM^c_{o,n} = \frac{r_1D^c_{o,n}\cdot3B_{o,n} - r_3D^c_{o,n}\cdot1B_{o,n}}{1A_{o,n}\cdot3B_{o,n} - (1B_{o,n})^2} \quad (4.6.10)$$

$$arH^c_{o,n} = \frac{r_3D^c_{o,n}\cdot1A_{o,n} - r_1D^c_{o,n}\cdot1B_{o,n}}{1A_{o,n}\cdot3B_{o,n} - (1B_{o,n})^2} \quad (4.6.11)$$

$$asM^c_{o,n} = \frac{s_1D^c_{o,n}\cdot3B_{o,n} - s_3D^c_{o,n}\cdot1B_{o,n}}{1A_{o,n}\cdot3B_{o,n} - (1B_{o,n})^2} \quad (4.6.12)$$

$$asH^c_{o,n} = \frac{s_3D^c_{o,n}\cdot1A_{o,n} - s_1D^c_{o,n}\cdot1B_{o,n}}{1A_{o,n}\cdot3B_{o,n} - (1B_{o,n})^2} \quad (4.6.13)$$

$$atM^c_{o,n} = \frac{t_1D^c_{o,n}\cdot3B_{o,n} - t_3D^c_{o,n}\cdot1B_{o,n}}{1A_{o,n}\cdot3B_{o,n} - (1B_{o,n})^2} \quad (4.6.14)$$

$$atH^c_{o.n} = \frac{t_3 D^c_{o.n\cdot 1}A_{o.n} - t_1 D^c_{o.n\cdot 1}B_{o.n}}{{}_1A_{o.n\cdot 3}B_{o.n} - ({}_1B_{o.n})^2} \tag{4.6.15}$$

(4.6.1)～(4.6.9) を $n=1,2\cdots6$, $m=0,1,2\cdots n$ について計算し、これを用いて (4.6.10)～(4.6.15) を $n=1,2\cdots6$ について計算する。

$$arM^c_{m.n} = arM^c_{o.n} + arH^c_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.16}$$
$$arH^c_{m.n} = arH^c_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.17}$$
$$arV^c_{m.n} = arH^c_{o.n}\cdot\sin\phi_{m.n} \tag{4.6.18}$$
$$asM^c_{m.n} = asM^c_{o.n} + asH^c_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.19}$$
$$asH^c_{m.n} = asH^c_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.20}$$
$$asV^c_{m.n} = asH^c_{o.n}\cdot\sin\phi_{m.n} \tag{4.6.21}$$
$$atM^c_{m.n} = atM^c_{o.n} + atH^c_{o.n}(\chi^{o.n}_{m.n}) \tag{4.6.22}$$
$$atH^c_{m.n} = atH^c_{o.n}\cdot\cos\phi_{m.n} \tag{4.6.23}$$
$$atV^c_{m.n} = atH^c_{o.n}\cdot\sin\phi_{m.n} \tag{4.6.24}$$

(4.6.16)～(4.6.24) を $n=1,2\cdots6$, $m=0,1,2\cdots n$ について計算する。

$$ar(\Delta\Gamma)^c_{m.n} = {}_1C_{m.n}arM^c_{m.n} + {}_2B_{m.n}arH^c_{m.n} + {}_2C_{m.n}arV^c_{m.n} - r_2D^c_{m.n} \tag{4.6.25}$$
$$ar(\Delta S)^c_{m.n} = -{}_1B_{m.n}arM^c_{m.n} - {}_3B_{m.n}arH^c_{m.n} - {}_2B_{m.n}arV^c_{m.n} + r_3D^c_{m.n} \tag{4.6.26}$$
$$ar(\Delta\Theta)^c_{m.n} = {}_1A_{m.n}arM^c_{m.n} + {}_1B_{m.n}arH^c_{m.n} + {}_1C_{m.n}arV^c_{m.n} - r_1D^c_{m.n} \tag{4.6.27}$$
$$as(\Delta\Gamma)^c_{m.n} = {}_1C_{m.n}asM^c_{m.n} + {}_2B_{m.n}asH^c_{m.n} + {}_2C_{m.n}asV^c_{m.n} - s_2D^c_{m.n} \tag{4.6.28}$$
$$as(\Delta S)^c_{m.n} = -{}_1B_{m.n}asM^c_{m.n} - {}_3B_{m.n}asH^c_{m.n} - {}_2B_{m.n}asV^c_{m.n} + s_3D^c_{m.n} \tag{4.6.29}$$
$$as(\Delta\Theta)^c_{m.n} = {}_1A_{m.n}asM^c_{m.n} + {}_1B_{m.n}asH^c_{m.n} + {}_1C_{m.n}asV^c_{m.n} - s_1D^c_{m.n} \tag{4.6.30}$$
$$at(\Delta\Gamma)^c_{m.n} = {}_1C_{m.n}atM^c_{m.n} + {}_2B_{m.n}atH^c_{m.n} + {}_2C_{m.n}atV^c_{m.n} - t_2D^c_{m.n} \tag{4.6.31}$$
$$at(\Delta S)^c_{m.n} = -{}_1B_{m.n}atM^c_{m.n} - {}_3B_{m.n}atH^c_{m.n} - {}_2B_{m.n}atV^c_{m.n} + t_3D^c_{m.n} \tag{4.6.32}$$
$$at(\Delta\Theta)^c_{m.n} = {}_1A_{m.n}atM^c_{m.n} + {}_1B_{m.n}atH^c_{m.n} + {}_1C_{m.n}atV^c_{m.n} - t_1D^c_{m.n} \tag{4.6.33}$$

(4.6.25)～(4.6.33) を $n=1,2,3\cdots6$; $m=0,1,2\cdots n$ について計算する。

4-7. 温度荷重による撓み

$$t_{m+\frac{1}{2}.n} = t_{m.n} + \frac{1}{2}(t_{m+1.n} - t_{m.n}) \tag{4.7.1}$$
$$\omega_{m+\frac{1}{2}.n} = \omega_{m.n} + \frac{1}{2}(\omega_{m+1.n} - \omega_{m.n}) \tag{4.7.2}$$

これを $n=1,2,\cdots t$, $m=0,1,2\cdots n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。

$$t_1D_{m.n} = \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})(\omega_{i.n}t_{i.n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4}.n}t_{i+\frac{1}{4}.n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4}.n}t_{i+\frac{2}{4}.n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4}.n}t_{i+\frac{3}{4}.n} + \omega_{i+1.n}t_{i+1.n}) \tag{4.7.3}$$

$$t_2D_{m,n} = \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(y^{m,n}_{i,n})\cdot r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\cdot r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\cdot r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\cdot r_{i+\frac{3}{8},n} + \omega_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})\cdot r_{i+1,n}\} - \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{t_{i,n}\cdot r_{i,n}\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{1}{4},n}\cdot r_{i+\frac{1}{8},n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{4},n}\cdot r_{i+\frac{2}{8},n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n}\cdot r_{i+\frac{3}{8},n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\} \quad (4.7.4)$$

$$t_3D_{m,n} = \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(x^{m,n}_{i,n})\cdot r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{4},n}(x^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\cdot r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{4},n}(x^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\cdot r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{4},n}(x^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\cdot r_{i+\frac{3}{8},n} + \omega_{i+1,n}(x^{m,n}_{i+1,n})\cdot r_{i+1,n}\} + \frac{c}{12}\sum_{i=m}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{t_{i,n}\cdot r_{i,n}\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{1}{4},n}\cdot r_{i+\frac{1}{8},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{4},n}\cdot r_{i+\frac{2}{8},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n}\cdot r_{i+\frac{3}{8},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\} \quad (4.7.5)$$

$$ta M'_{o,n} = \frac{t_1D_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - t_3D_{o,n}\cdot{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \quad (4.7.6)$$

$$ta H'_{o,n} = \frac{t_3D_{o,n}\cdot{}_1A_{o,n} - t_1D_{o,n}\cdot{}_1B_{o,n}}{{}_1A_{o,n}\cdot{}_3B_{o,n} - ({}_1B_{o,n})^2} \quad (4.7.7)$$

$$ta M'_{m,n} = ta M'_{o,n} + ta H'_{o,n}(x^{o,n}_{m,n}) \quad (4.7.8)$$

$$ta H'_{m,n} = ta H'_{o,n}\cdot\cos\phi_{m,n} \quad (4.7.9)$$

$$ta V'_{m,n} = ta H'_{o,n}\cdot\sin\phi_{m,n} \quad (4.7.10)$$

$$ta(\Delta r)_{m,n} = {}_1C_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} + {}_2B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} + {}_2C_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} - t_2D_{m,n} \quad (4.7.11)$$

$$ta(\Delta\lambda')_{m,n} = -{}_1B_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} - {}_3B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} - {}_2B_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} + t_3D_{m,n} \quad (4.7.12)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n} = {}_1A_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} + {}_1B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} + {}_1C_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} - t_1D_{m,n} \quad (4.7.13)$$

(4.7.3)～(4.7.5) を $n = 1, 2 \cdots 0$, $m = 0, 1, 2 \cdots n$ について (4.7.6), (4.7.7) を $n = 1, 2 \cdots 6$ について (4.7.8)－(4.7.13) を $n = 1, 2 \cdots 6$; $m = 0, 1, 2 \cdots n$ について計算する.

第5節　片持梁の単位撓み

5-1. 片持梁の形状計算

i) $\phi_{m,n} \leq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{c,n} \quad (5.1.1)$$

ii) $\phi_{m,n} > {}_1\phi_{A,n}$ で $T = +1$ のとき

$$T_{m,n} = T_{c,n} + (T_{A,n} - T_{c,n})\frac{vers(\phi_{m,n} - {}_1\phi_{A,n})}{vers(\phi_{A,n} - {}_1\phi_{A,n})} \quad (5.1.2)$$

iii) $\phi_{m,n} > {}_1\phi_{A,n}$ で $T = -1$ のとき

$$T_{m,n} = \frac{1}{vers(\phi_{A,n} - {}_1\phi_{A,n})}\left\{T_{c,n} - T_{A,n}\cdot\cos(\phi_{A,n} - {}_1\phi_{A,n}) + (T_{A,n} - T_{c,n})\frac{\cos(\phi_{A,n} - {}_1\phi_{A,n})}{\cos(\phi_{m,n} - {}_1\phi_{A,n})}\right\} \quad (5.1.3)$$

(5.1.1)～(5.1.3)を $m=0,1,2\cdots6$; $n=m, m+0.5, m+1.0\cdots7.0$ について計算する。

$$c\varepsilon_{m,n} = -(\chi_{m,n}-\chi_{m,7})\sec\phi_{m,n} \quad (5.1.4)$$

$$u\varepsilon_{m,n} = c\varepsilon_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.5)$$

$$u\bar{r}_{m,n} = \bar{r}_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.6)$$

$$A_{m,n} = \frac{T_{m,n}\cdot\bar{r}_{m,n}}{a\bar{r}_{m,n}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,7}) \quad (5.1.7)$$

$$\ell g_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{2}\left(1-\frac{1}{6}\cdot\frac{T_{m,n}}{\bar{r}_{m,n}}\right) \quad (5.1.8)$$

$$I_{m,n} = \frac{T_{m,n}^3}{12}\cdot\frac{\bar{r}_{m,n}}{a\bar{r}_{m,n}}\left\{1-\frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n}}{\bar{r}_{m,n}}\right)^2\right\}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,7}) \quad (5.1.9)$$

(5.1.4)～(5.1.8)を $m=0.1.2\cdots6$; $n=m, m+0.5, m+1.0\cdots+7.0$ について、(5.1.9)を $m=0,1,2,\cdots6$; $n=m, m+1, m+2\cdots6$ について計算する。

5-2 単位荷重による断面諸力

i) $n \geq \ell+1$ のとき

$$cr\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = crM_{m,n}^{m,\ell} = crH_{m,n}^{m,\ell} = cs\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = csM_{m,n}^{m,\ell} = csH_{m,n}^{m,\ell} = ctM_{m,n}^{m,\ell} = cmM_{m,n}^{m,\ell} = 0 \quad (5.2.1)$$

ii) $n=\ell=6$ のとき

$$cr\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = crM_{m,n}^{m,\ell} = crH_{m,n}^{m,\ell} = cs\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = csM_{m,n}^{m,\ell} = csH_{m,n}^{m,\ell} = ctM_{m,n}^{m,\ell} = cmM_{m,n}^{m,\ell} = 0 \quad (5.2.2)$$

iii) $n=\ell \leqq 5$ のとき

$$cr\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1}-Z_\ell)\cdot\frac{u\bar{r}_{m,\ell}}{a\bar{r}_{m,\ell}} \quad (5.2.3)$$

$$crM_{m,n}^{m,\ell} = cr\bar{V}_{m,n}^{m,\ell}\cdot\frac{\ell}{3}(Z_{\ell+1}-Z_\ell) \quad (5.2.4)$$

$$crH_{m,n}^{m,\ell} = 0 \quad (5.2.5)$$

$$cs\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = 0 \quad (5.2.6)$$

$$csM_{m,n}^{m,\ell} = 0 \quad (5.2.7)$$

$$csH_{m,n}^{m,\ell} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1}-Z_\ell)\frac{\bar{r}_{m,\ell}}{a\bar{r}_{m,\ell}} \quad (5.2.8)$$

$$ctM_{m,n}^{m,\ell} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1}-Z_\ell)\frac{\bar{r}_{m,\ell}}{a\bar{r}_{m,\ell}} \quad (5.2.9)$$

$$cmM_{m,n}^{m,\ell} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1}-Z_\ell)\frac{\bar{r}_{m,\ell}}{a\bar{r}_{m,\ell}} \quad (5.2.10)$$

iv) $n \leqq \ell-1$ で $\ell=6$ のとき

$$cr\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = -\frac{1}{2}(Z_6-Z_5)\frac{u\bar{r}_{m,6}}{a\bar{r}_{m,6}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,6}) \quad (5.2.11)$$

$$crM_{m,n}^{m,\ell} = cr\bar{V}_{m,n}^{m,\ell}\left(Z_6-\frac{Z_6-Z_5}{3}-Z_n\right) \quad (5.2.12)$$

$$crH_{m,n}^{m,\ell} = -\frac{1}{2}(Z_6-Z_5)\frac{u\bar{r}_{m,6}}{a\bar{r}_{m,6}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,6}) \quad (5.2.13)$$

$$cs\bar{V}_{m,n}^{m,\ell} = -\frac{1}{2}(Z_6-Z_5)-\frac{\bar{r}_{m,6}}{a\bar{r}_{m,6}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,6}) \quad (5.2.14)$$

$$csM_{m,n}^{m,\ell} = cs\bar{V}_{m,n}^{m,\ell}\left(Z_6-\frac{Z_6-Z_5}{3}-Z_n\right) \quad (5.2.15)$$

$$csH_{m,n}^{m,\ell} = -\frac{1}{2}(Z_6-Z_5)\frac{\bar{r}_{m,6}}{a\bar{r}_{m,6}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,6}) \quad (5.2.16)$$

$$ctM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{r_{m,6}}{a_{r_{m,6}}} \tag{5.2.17}$$

$$cmM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{r_{m,6}}{a_{r_{m,6}}}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,6}) \tag{5.2.18}$$

V) $n \leq \ell - 1$ で $(n+1) \leqq \ell \leqq 5$ のとき

$$cr\nabla^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{u_{r_{m,\ell}}}{a_{r_{m,\ell}}}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \tag{5.2.19}$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = cr\nabla^{m,\ell}_{m,n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \tag{5.2.20}$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{u_{r_{m,\ell}}}{a_{r_{m,\ell}}}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \tag{5.2.21}$$

$$cs\nabla^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m,\ell}}{a_{r_{m,\ell}}}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \tag{5.2.22}$$

$$csM^{m,\ell}_{m,n} = cs\nabla^{m,\ell}_{m,n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \tag{5.2.23}$$

$$csH^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m,\ell}}{a_{r_{m,\ell}}}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \tag{5.2.24}$$

$$ctM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m,\ell}}{a_{r_{m,\ell}}} \tag{5.2.25}$$

$$cmM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m,\ell}}{a_{r_{m,\ell}}}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \tag{5.2.26}$$

$cr\nabla^{m,\ell}_{m,n}$; $crM^{m,\ell}_{m,n}$ $crH^{m,\ell}_{m,n}$, $cmM^{m,\ell}_{m,n}$ については $m = 0, 1, 2 \cdots 6$; $\ell = m, m+1, \cdots 6$, $n = m, m+1 \cdots 7$ について計算を行う。また $cs\nabla^{m,\ell}_{m,n}$, $csM^{m,\ell}_{m,n}$, $csH^{m,\ell}_{m,n}$, $ctM^{m,\ell}_{m,n}$ については $m = 1, 2 \cdots 6$; $\ell = m, m+1 \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について行う。

5-3 単位撓みの計算

$$cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crM^{m,\ell}_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n - Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{crM^{m,\ell}_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n - Z_i)\times\right.$$
$$\left.\cdot\cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})\right\} + \frac{5(1+V_c)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{cr\nabla^{m,\ell}_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{cr\nabla^{m,\ell}_{m,i}}{A_{m,i}}\times\right.$$
$$\left.\cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})\right\} + \frac{1+V_c}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crH^{m,\ell}_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{crH^{m,\ell}_{m,i}}{A_{m,i}}\sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})\right\}$$
$$+ (crM^{m,\ell}_{mm}\cdot c\alpha_m + cr\nabla^{m,\ell}_{m,m}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n - Z_m)\cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) - K^c_m\left\{cr\nabla^{m,\ell}_{m,m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,m} + crH^{m,\ell}_{m,m}\cdot as(\Delta r)^c_{m,m}\right\}\cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) - K^c_m\left\{cr\nabla^{m,\ell}_{m,m}\cdot ar(\Delta s)^c_{mm} + crH^{m,\ell}_{m,m}\cdot as(\Delta s)^c_{m,m}\right\}\times$$
$$\sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \tag{5.3.1}$$

$$cr(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crM^{m,\ell}_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n - Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{crM^{m,\ell}_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n - Z_i)\times\right.$$
$$\left.\sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})\right\} - \frac{5(1+V_c)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{cr\nabla^{m,\ell}_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{cr\nabla^{m,\ell}_{m,i}}{A_{m,i}}\sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})\right\}$$
$$+ \frac{1+V_c}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crH^{m,\ell}_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n}) + \frac{crH^{m,\ell}_{m,i}}{A_{m,i}}\cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})\right\} - (crM^{m,\ell}_{m,m}\cdot c\alpha_m +$$
$$cr\nabla^{m,\ell}_{m,m}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n - Z_m)\sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) + K^c_m\left\{cr\nabla^{m,\ell}_{m,m}\cdot ar(\Delta r)^c_{m,m} + crH^{m,\ell}_{m,m}\cdot as(\Delta r)^c_{m,m}\right\}\sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n})$$
$$- K^c_m\left\{cr\nabla^{m,\ell}_{m,m}\cdot ar(\Delta s)^c_{m,m} + crH^{m,\ell}_{m,m}\cdot as(\Delta s)^c_{m,m}\right\}\cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \tag{5.3.2}$$

$$cr(\Delta\theta)^{m\ell}_{m,n} = -K^c_m\left\{cr\nabla^{m\ell}_{m,m}\cdot or(\Delta\theta)^c_{m,m} + crH^{m\ell}_{m,m}\cdot as(\Delta\theta)^c_{m,m}\right\} \tag{5.3.3}$$

ただし $m = 0$ のとき

$$-K^c_0\cdot cr(\Delta r)^\varepsilon_{0,0} = c\gamma_0 + \frac{crM^{a\ell}_{a,0}}{cr\nabla^{a\ell}_{a,0}}\cdot c\alpha_{z,0} \tag{5.3.4}$$

$$as(\Delta r)^c_{0,0} = ar(\Delta S)^c_{0,0} = as(\Delta S)^c_{0,0} = ar(\Delta\theta)^c_{0,0} = as(\Delta\theta)^c_{0,0} = 0 \tag{5.3.5}$$

とする。これら $or(\Delta r)^{\varepsilon\ell}_{m,n}\cdot cr(\Delta s)^{m\ell}_{m,n}\cdot cr(\Delta\theta)^{m\ell}_{m,n}$ を $m = 0.1.2\cdots 6$; $\ell = m, m+1.\cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 7$ について計算する。

$$\begin{aligned}cs(\Delta r)^{m\ell}_{m,n} = {} & \frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cs\nabla^{m\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{cs\nabla^{m\ell}_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\} \\ & + \frac{5(1+Vc)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cs\nabla^{m\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{cs\nabla^{m\ell}_{m,i}}{Am,i}\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\} + \frac{(1+Vc)}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1} \\ & -Z_i)\left\{\frac{csH^{m\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{csH^{m\ell}_{m,i}}{Am,i}\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\} + (cs\nabla^{m\ell}_{m,m}c\alpha_m + cs\nabla^{m\ell}_{m,m}c\alpha_{z,m})(Z_n \\ & -Z_m)\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) - K^c_m\left\{cs\nabla^{m\ell}_{m,m}ar(\Delta r)^c_{m,m} + csH^{m\ell}_{m,m}as(\Delta r)^c_{m,m}\right\}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) - K^c_m\{ \\ & cs\nabla^{m\ell}_{m,m}ar(\Delta s)^c_{m,m} + csH^{m\ell}_{m,m}as(\Delta s)^c_{m,n}\}\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\end{aligned} \tag{5.3.6}$$

$$\begin{aligned}cs(\Delta s)^{m\ell}_{m,n} = {} & \frac{-1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csM^{m\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{csM^{m\ell}_{m,i}}{Im,n}(Z_n-Z_i)\times\right. \\ & \left.\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\} - \frac{5(1+Vc)}{4Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cs\nabla^{m\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{cs\nabla^{m\ell}_{m,i}}{Am,i}\times\right. \\ & \left.\sin(\phi_{mi}-\phi_{m,n})\right\} + \frac{(1+Vc)}{Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csH^{m\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{csH^{m\ell}_{m,i}}{Am,i}\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\} \\ & -(csM^{m\ell}_{m,m}c\alpha_m + cs\nabla^{m\ell}_{m,m}c\alpha_{z,m})(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) + K^c_m\left\{cs\nabla^{m\ell}_{m,m}ar(\Delta r)^c_{m,m} + csH^{m\ell}_{m,m}\times\right. \\ & \left.as(\Delta r)^c_{m,m}\right\}\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) - K^c_m\left\{cs\nabla^{m\ell}_{m,m}ar(\Delta s)^c_{m,m} + csH^{m\ell}_{m,m}as(\Delta s)^c_{m,m}\right\}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\end{aligned} \tag{5.3.7}$$

$$cs(\Delta\theta)^{m\ell}_{m,n} = -K^c_m\left\{cs\nabla^{m\ell}_{m,m}ar(\Delta\theta)^c_{m,m} + csH^{m\ell}_{m,m}as(\Delta\theta)^c_{m,m}\right\} \tag{5.3.8}$$

$$ct(\Delta r)^{m\ell}_{m,n} = K^c_m ct M^{m\ell}_{m,m}at(\Delta r)^c_{m,m} \tag{5.3.9}$$

$$ct(\Delta s)^{m\ell}_{m,n} = K^c_m ctM^{m\ell}_{m,m}at(\Delta s)^c_{m,m} \tag{5.3.10}$$

$$ct(\Delta\theta)^{m\ell}_{m,n} = -\frac{1+Vc}{2EC}\sum_{i=n}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{ctM^{m\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1} + \frac{ctM^{m\ell}_{m,i}}{Im,i}\right\} + K^c_m ctM^{m\ell}_{m,m}at(\Delta\theta)^c_{m,m} \tag{5.3.11}$$

$$\begin{aligned}cm(\Delta r)^{m\ell}_{m,n} = {} & \frac{1}{2Ec}\sum_{i=n}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cmM^{m\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{cmM^{m\ell}_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\times\right. \\ & \left.\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\} + cmM^{m\ell}_{m,m}c\alpha_m(Z_n-Z_m)\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) + (cmM^{o\ell}_{o,0}c\alpha\ )^*\end{aligned} \tag{5.3.12}$$

$$\begin{aligned}cm(\Delta s)^{m\ell}_{m,n} = {} & -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=n}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cmM^{m\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n}) + \frac{cmM^{m\ell}_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}-\right. \\ & \left.\phi_{m,n})\right\} - cmM^{m\ell}_{m,n}c\alpha_m(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\end{aligned} \tag{5.3.13}$$

$$cm(\Delta\theta)^{m\ell}_{m,n} = 0 \tag{5.3.14}$$

ただし (5.3.12) の * の項は $m = 0$ のときのみ加算するものとする。

$cs(\Delta\Gamma)^{m,\ell}_{m,n}\cdot cs(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}\cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}$ $ct(\Delta\Gamma)^{m,\ell}_{m,n}, ct(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}$ $ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots 6$, $\ell=m, m+1\cdots\cdots 6$, $n=m$ $m+1,\cdots\cdots 7$ について計算する。 また $cm(\Delta\Gamma)^{m,\ell}_{m,n}, cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}, cm(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}$ を $m=0.1,2\cdots 6$, $\ell=m, m+1$ $\cdots 6$. $n=m, m+1\cdots 7$ について計算する。

5-4 自重に対する単位荷重

ダムが標高 N_1, N_2 および天頂と三段階に継目クラウトが行われ、これによる自重に対する三次元的な分担を考慮する場合には次のような単位荷重を片持梁に追加して考える必要がある。すなわち、標高 N_1 にて 1, N_1-1 にて 0 でその間直線的に変化する半径方向単位荷重、接線方向単位荷重、ねじれ単位荷重と、標高 N_2 にて 1, N_2-1 にて 0 で、その間直線的に変化する半径方向単位荷重、接線方向単位荷重、ねじれ単位荷重である。これらの単位荷重による断面諸力を

$cr^1V^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^1H^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^1M^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1V^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1H^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1M^{m,N_1}_{m,n}$, $ct^1M^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^2V^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2H^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2M^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2V^{m,N_2}_{m,n}$ $cs^2H^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2M^{m,N_2}_{m,n}$, $ct^2M^{m,N_2}_{m,n}$,

とし、各方向撓みを

$cr^1(\Delta\Gamma)^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^1(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^1(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1(\Delta\Gamma)^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct^1(\Delta\Gamma)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct^1(\Delta S)^{m,N_1}_{m,n}$, $ct^1(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^2(\Delta\Gamma)^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$, $cr^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta\Gamma)^{m,N_2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$ $cs^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$, $ct^2(\Delta\Gamma)^{m,N_2}_{m,n}$ $ct^2(\Delta S)^{m,N_2}_{m,n}$ $ct^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$

とすれば

i) $n=N_1$ のとき

$$cr^1V^{m,N_1}_{m,n}=cr^1M^{m,N_1}_{m,n}=cr^1H^{m,N_1}_{m,n}=cs^1V^{m,N_1}_{m,n}=cs^1M^{m,N_1}_{m,n}=cs^1H^{m,N_1}_{m,n}=ct^1M^{m,N_1}_{m,n}=0 \quad (5.4.1)$$

ii) $n<N_1$ のとき

$$cr^1V^{m,N_1}_{m,n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{u\bar{r}_{m,N_1}}{a\bar{r}_{m,N_1}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_1}) \quad (5.4.2)$$

$$ct^1M^{m,N_1}_{m,n}=cr^1V^{m,N_1}_{m,n}\left(Z_{N_1}-\frac{Z_{N_1}-Z_{N_1-1}}{3}-Z_n\right) \quad (5.4.3)$$

$$cr^1H^{m,N_1}_{m,n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{u\bar{r}_{m,N_1}}{a\bar{r}_{m,N_1}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_1}) \quad (5.4.4)$$

$$cs^1V^{m,N_1}_{m,n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{\bar{r}_{m,N_1}}{a\bar{r}_{m,N_1}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_1}) \quad (5.4.5)$$

$$cs^1M^{m,N_1}_{m,n}=c^1V^{m,N_1}_{m,n}\left(Z_{N_1}-\frac{Z_{N_1}-Z_{N_1-1}}{3}-Z_n\right) \quad (5.4.6)$$

$$cs^1H^{m,N_1}_{m,n}=\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{\bar{r}_{m,N_1}}{a\bar{r}_{m,N_1}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_1}) \quad (5.4.7)$$

$$ct^1M^{m,N_1}_{m,n}=\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{\bar{r}_{m,N_1}}{a\bar{r}_{m,N_1}} \quad (5.4.8)$$

$cr^1V^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^1M^{m,N_1}_{m,n}$, $cr^1H^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=0.1,\cdots N_1-1$, $n=m, m+1,\cdots N_1$ について、$cs^1V^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1M^{m,N_1}_{m,n}$, $cs^1H^{m,N_1}_{m,n}$, $ct^1M^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=1.2,\cdots N_1-1$, $n=m, m+1,\cdots N_1$ について計算する。

i) $n=N_2$ のとき

$$cr^2V^{m,N_2}_{m,n}=cr^2M^{m,N_2}_{m,n}=cr^2H^{m,N_2}_{m,n}=cs^1V^{m,N_2}_{m,n}=cs^2M^{m,N_2}_{m,n}=cs^2H^{m,N_2}_{m,n}=ct^2M^{m,N_2}_{m,n}=0 \quad (5.4.9)$$

ii) $n<N_2$ のとき

$$cr^2V^{m,N_2}_{m,n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{u\bar{r}_{m,N_2}}{a\bar{r}_{m,N_2}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \quad (5.4.10)$$

$$cr^2M^{m,N_2}_{m,n}=cr^2V^{m,N_2}_{m,n}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \quad (5.4.11)$$

$$cr^2H^{m,N_2}_{m,n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{u\bar{r}_{m,N_2}}{a\bar{r}_{m,N_2}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \quad (5.4.12)$$

$$ {}^{2}_{cs}V^{m,N_2}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{\Gamma_{m,N_2}}{a\Gamma_{m,N_2}}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \qquad (5.4.13) $$

$$ {}^{3}_{cs}M^{m,N_2}_{m,n} = {}^{2}_{cs}V^{m,N_2}_{m,n}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.14) $$

$$ {}^{2}_{cs}H^{m,N_2}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{\gamma_{m,N_2}}{a\Gamma_{m,N_2}}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,N_2}) \qquad (5.4.15) $$

$$ {}^{2}_{ct}M^{m,N_2}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{\gamma_{m,N_2}}{a\Gamma_{m,N_2}} \qquad (5.4.16) $$

${}^{2}_{cr}V^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cr}M^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cr}H^{m,N_2}_{m,n}$, を $m=0,1,2\cdots N_2-1$; $n=m,m+1\cdots N_2$ について また ${}^{2}_{cs}V^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{3}_{cs}M^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cs}H^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{ct}M^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_2-1$; $n=m,m+1\cdots N_2$ について計算する。

${}^{1}_{cr}(\Delta r')^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cr}(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cr}(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ は (5.3.1)～(5.3.3) において $cr M^{m,\ell}_{m,i+1}$ を ${}^{1}_{cr}M^{m,N_1}_{m,i+1}$ に, $cr M^{m,\ell}_{m,i}$ を ${}^{1}_{cr}M^{m,N_1}_{m,i}$ に, $cr M^{m,\ell}_{m,m}$ を ${}^{1}_{cr}M^{m,N_1}_{m,m}$ に, $cr V^{m,\ell}_{m,i+1}$ を $cr V^{m,N_1}_{m,i+1}$ に, $cr V^{m,\ell}_{m,i}$ を ${}^{1}_{cr}V^{m,N_1}_{m,i}$ に, $cr V^{m,\ell}_{m,m}$ を ${}^{1}_{cr}V^{m,N_1}_{m,m}$ に, $cr H^{m,\ell}_{m,i+1}$ を ${}^{1}_{cr}H^{m,N_1}_{m,i+1}$ に, $cr H^{m,\ell}_{m,i}$ を ${}^{1}_{cr}H^{m,N_1}_{m,i}$ に, $cr H^{m,\ell}_{m,m}$ を ${}^{1}_{cr}H^{m,N_1}_{m,m}$ におきかえることにより得られる。また ${}^{1}_{cs}(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cs}(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cs}(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{ct}(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{ct}(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{ct}(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ は (5.3.6)～(5.3.11) において ${}^{1}_{cs}M^{m,\ell}_{m,i+1}$, ${}^{1}_{cs}M^{m,\ell}_{m,i}$ ⋯⋯ ${}^{1}_{ct}M^{m,N_1}_{m,i+1}$, ${}^{1}_{ct}M^{m,\ell}_{m,i}$ を ${}^{1}_{cs}M^{m,N_1}_{m,i+1}$, ${}^{1}_{cs}M^{m,N_1}_{m,i}$ ⋯⋯ ${}^{1}_{ct}M^{m,N_1}_{m,i}$ におきかえることにより得られる。同様に ${}^{2}_{cr}(\Delta r')^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cr}(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cr}(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cs}(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cs}(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cs}(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{ct}(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{ct}(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{ct}(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$, は (5.3.1)～(5.3.11) において $cr M^{m,\ell}_{m,i+1}$, $cr M^{m,\ell}_{m,i}$ ⋯⋯ $ct M^{m,\ell}_{m,i+1}$, $ct M^{m,\ell}_{m,i}$ を ${}^{2}_{cr}M^{m,N_2}_{m,i+1}$, ${}^{2}_{cr}M^{m,N_1}_{m,i}$ ⋯⋯ ${}^{2}_{ct}M^{m,N_2}_{m,i+1}$, ${}^{2}_{ct}M^{m,N_2}_{m,i}$ におきかえて得られる。

${}^{1}_{cr}(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cr}(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cr}(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1$ ⋯⋯ N_1 について.
${}^{1}_{cs}(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cs}(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{cs}(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=1,2$ ⋯⋯ N_1-1, $n=m,m+1$ ⋯⋯ N_1 について.
${}^{1}_{ct}(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{ct}(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$, ${}^{1}_{ct}(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1$ ⋯⋯ N_1 について計算し, また
${}^{2}_{cr}(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cr}(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cr}(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=0,1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1$ ⋯⋯ N_2 について
${}^{2}_{cs}(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cs}(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{cs}(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1$ ⋯⋯ N_2 について
${}^{2}_{ct}(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{ct}(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$, ${}^{2}_{ct}(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$ を $m=1,2,\cdots N_2-1$, $n=m,m+1$ ⋯⋯ N_2 について計算する。

5-5 温度荷重による撓み

$$ tc(\Delta r')_{m,n} = -\frac{c}{2}\sum_{i=n}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\omega_{n,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\omega_{m,i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}+ $$
$$ ta(\Delta r')_{m,m}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+ta(\Delta s')_{m,m}\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \qquad (5.5.1) $$

$$ tc(\Delta s)_{m,n} = \frac{c}{2}\sum_{i=n}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\omega_{m,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\omega_{m,i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}- $$
$$ ta(\Delta r')_{m,m}\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+ta(\Delta s')_{m,m}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \qquad (5.5.2) $$

$$ tc(\Delta\theta')_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,m} \qquad (5.5.3) $$

(5.5.1)～(5.5.3) を $m=0,1,2\cdots 6$; $n=m,m+1,\cdots 7$ について計算する。

第6節　初期撓み

6-1 初期撓みの種類

初期撓みとは荷重分割の便宜上、片持梁またはアーチのいずれか一方に特定の荷重を荷重分割にさきだって載荷した場合の撓みをいう。この初期撓みは荷重分割には加味されるもので荷重分割法では自重以外の鉛直荷重 No.6 のアーチよりも上部の水平荷重および地震時の慣性力を片持梁に載荷する。

6-2 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

i) $Z_{n+1} \leqq H_0$ のとき

$$w_{m.n} = \frac{P_{m.n} + P_{m.n+1}}{2}\,(u e_{m.n} - u e_{m.n+1}) \tag{6.2.1}$$

$$v e_{m.n} = u e_{m.n} - \frac{1}{3}(u e_{m.n} - u e_{m.n+1})\frac{P_{m.n} + 2P_{m.n+1}}{P_{m.n} + P_{m.n+1}} \tag{6.2.2}$$

ii) $Z_n \leqq H_0 < Z_{n+1}$ のとき

$$w_{m.n} = \frac{P_{m.n}}{2}\,(u e_{m.n} - u e_{m.n+1})\frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.3}$$

$$v e_{m.n} = u e_{m.n} - \frac{1}{3}(u e_{m.n} - u e_{m.n+1})\frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.4}$$

iii) $Z_n \geqq H_0$

$$w_{m.n} = v e_{m.n} = 0 \tag{6.2.5}$$

これら $w_{m.n}$, $v e_{m.n}$ を $m = 0.1, 2 \cdots 6$; $n = m, m+1 \cdots 6$ について計算する。
各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは

$$v W_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m.i} \tag{6.2.6}$$

$$v M_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m.i}\,(v e_{m.i} - u e_{m.n} + l_{g\,m.n}) \tag{6.2.7}$$

6-3 水平荷重による半径方向剪断力・接線方向剪断力曲げモーメント

i) $Z_7 \geqq H_0 \geqq Z_6$ のとき

$$h V_{m.n} = -\frac{1}{2} P_{m.6}(H_0 - Z_6)\frac{u r_{m.6}}{a r_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{6.3.1}$$

$$h M_{m.n} = h V_{m.n}\left\{Z_6 + \frac{1}{3}(H_0 - Z_6) - Z_n\right\} \tag{6.3.2}$$

$$h H_{m.n} = -\frac{1}{2} P_{m.6}(H_0 - Z_6)\frac{u r_{m.6}}{a r_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{m.6}) \tag{6.3.3}$$

ii) $H_0 < Z_6$ のとき

$Z_{l+1} > H_0 \geqq Z_l$　（ただし $l \leqq 5$）　とする。

(1) $n > \ell$ のとき

$$ {}_kV_{m,n} = {}_kM_{m,n} = {}_kH_{m,n} = 0 \qquad (6.3.4) $$

(2) $n \leq \ell$ のとき

$$ {}_kV_{m,n} = \frac{1}{2} P_{m,\ell}(Z_{\ell+1} - H_0) \frac{u r_{m,\ell}}{a r_{m,\ell}} \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \qquad (6.3.5) $$

$$ {}_kM_{m,n} = {}_aV_{m,n} \left\{ \frac{1}{3}(Z_{\ell+1} + Z_\ell + H_0) - Z_n \right\} \qquad (6.3.6) $$

$$ {}_kH_{m,n} = \frac{1}{2} P_{m,\ell}(Z_{\ell+1} - H_0) \frac{u r_{m,\ell}}{a r_{m,\ell}} \sin(\phi_{m,n} - \phi_{m,\ell}) \qquad (6.3.7) $$

6-4 地震時慣性による半径方向剪断力 接線方向剪断力 曲げモーメント

$$ {}_sV_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c k_e \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m,i+1} + A_{m,i}) \cos\phi_{m,n} \qquad (6.4.1) $$

$$ {}_sM_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c k_e \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} \{ A_{m,i+1}(Z_{i+1} - Z_n) + A_{m,i}(Z_i - Z_n) \} \cos\phi_{m,n} \qquad (6.4.2) $$

$$ {}_sH_{m,n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c k_e \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m,i+1} + A_{m,i}) \sin\phi_{m,n} \qquad (6.4.3) $$

これらを $m = 0, 1, 2 \cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

6-5 全初期荷重による半径方向剪断力. 接線方向剪断力. 曲げモーメント

$$ {}_IV_{m,n} = {}_sV_{m,n} + {}_kV_{m,n} \qquad (6.5.1) $$

$$ {}_IM_{m,n} = {}_vM_{m,n} + {}_sM_{m,n} + {}_kM_{m,n} \qquad (6.5.2) $$

$$ {}_IH_{m,n} = {}_sH_{m,n} + {}_kH_{m,n} \qquad (6.5.3) $$

$m = 0, 1, 2 \cdots 6$; $n = m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

6-6 初期撓 d_i の計算

$$ c_I(\Delta r)_{m,n} = \sum_{i=m}^{n-1} \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2Ec} \left\{ \frac{{}_IM_{m,i+1}(Z_n - Z_{i+1}) \cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{I_{m,i+1}} + \frac{{}_IM_{m,i}(Z_n - Z_i)\cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{I_{m,i}} \right\} $$

$$ + \frac{5(1+\sqrt{c})}{4Ec} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_IV_{m,i+1}\cos(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_IV_{m,i}\cos(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{A_{m,i}} \right\} + \frac{1+\sqrt{c}}{Ec} \sum_{i=m}^{n-1} (Z_{i+1} - $$

$$ Z_i) \left\{ \frac{{}_IH_{m,i+1}\sin(\phi_{m,i+1} - \phi_{m,n})}{A_{m,i+1}} + \frac{{}_IH_{m,i}\sin(\phi_{m,i} - \phi_{m,n})}{A_{m,i}} \right\} + ({}_IM_{m,m}{}'c\alpha_m + {}_IV_{m,m}{}'c\alpha_{2,m})(Z_n - Z_m) \times $$

$$ \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) - k_m^c \{ {}_IV_{m,m}{}'ar(\Delta r)_{m,m}^c + {}_IH_{m,m}{}'as(\Delta r)_{m,m}^c \} \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) - k_m^c \{ $$

$$ {}_IV_{m,m}{}'or(\Delta S)_{m,m}^c + {}_IH_{m,m}{}'as(\Delta S)_{m,m}^c \} \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \qquad (6.6.1) $$

$$c_I(\Delta S)_{m,n} = -\sum_{i=m}^{n-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{2E_c}\left\{\frac{{}_IM_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_IM_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n-Z_i)\times\right.$$

$$\left.\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}-\frac{5(1+V_c)}{4E_c}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_IV_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_IV_{m,i}}{A_{m,i}}\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}$$

$$+\frac{1+V_c}{E_c}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_IH_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{{}_IH_{m,i}}{A_{m,i}}\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\right\}-({}_IM_{m,m}{}'c\alpha_{m}$$

$$+{}_IV_{m,m}{}'c\alpha_{z,m})(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+K_m^c\left\{{}_IV_{m,m}{}'ar(\Delta S)_{m,m}^c+{}_IH_{m,m}{}'as(\Delta S)_{m,m}^c\right\}\times$$

$$\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})-K_m^c\left\{{}_IV_{m,m}{}'ar(\Delta S)_{m,m}^c+{}_IH_{m,m}{}'as(\Delta S)_{m,m}^c\right\}\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \qquad (6.6.2)$$

$$c_I(\Delta\theta)_{m,n} = -K_m^c\left\{{}_IV_{m,m}{}'ar(\Delta\theta)_{m,m}^c+{}_IH_{m,m}{}'as(\Delta\theta)_{m,m}^c\right\} \qquad (6.6.3)$$

ただし $m=0$ のとき

$$-K_m^c ar(\Delta r)_{m,m}^c = c\bar{v}_0+\frac{{}_IM_{m,m}}{{}_IV_{m,m}}c\alpha_{z,0} \qquad (6.6.4)$$

$$as(\Delta r)_{m,m}^c = ar(\Delta S)_{m,m}^c = as(\Delta S)_{m,m}^c = ar(\Delta\theta)_{m,m}^c = as(\Delta\theta)_{m,m}^c = 0 \qquad (6.6.5)$$

とする.

これら $c_I(\Delta r)_{m,n}$, $c_I(\Delta S)_{m,n}$, $c_I(\Delta\theta)_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots6$, $n=m,m+1\cdots7$ について計算する。

ただし ${}_IM_{m,7}$, ${}_IH_{m,7}$, ${}_IV_{m,7}$ は0とする。 また アーチの初期荷重による撓みは.

$$a_I(\Delta r)_{m,n} = -K_n^c\left\{{}_IV_{n,n}{}'ar(\Delta r)_{m,n}^c+{}_IH_{n,n}{}'as(\Delta r)_{m,n}^c\right\} \qquad (6.6.6)$$

$$a_I(\Delta S)_{m,n} = -K_n^c\left\{{}_IV_{m,n}{}'ar(\Delta S)_{m,n}^c+{}_IH_{n,n}{}'as(\Delta S)_{m,n}^c\right\} \qquad (6.6.7)$$

$$a_I(\Delta\theta)_{m,n} = -K_n^c\left\{{}_IV_{n,n}{}'ar(\Delta\theta)_{m,n}^c+{}_IH_{n,n}{}'as(\Delta\theta)_{m,n}^c\right\} \qquad (6.6.8)$$

(6.6.6)～(6.6.8) を $n=1,2,\cdots6$, $m=0,1,\cdots n$ について計算する.

第7節 自 重

7-1. 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$w_1W_{m,n} = \rho_c\sum_{i=n}^{N_1-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7\cdot1\cdot1)$$

$$w_1M_{m,n} = \rho_c\sum_{i=n}^{N_1-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}\left\{A_{m,i+1}(u\ell_{m,i+1}-\ell g_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+1})+4A_{m,i+0.5}(u\ell_{m,i+0.5}-\ell g_{m,i+0.5})\times\right.$$

$$\left.\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+0.5})+A_{m,i}(u\ell_{m,i}-\ell g_{m,i})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i})\right\}-(u\ell_{m,n}-\ell g_{m,n})w_1W_{m,n} \qquad (7\cdot1\cdot2)$$

$w_1W_{m,n}$, $w_1M_{m,n}$ を $m=0,1,\cdots N_1-1$, $n=m,m+1,\cdots N_1$ について計算する。

$$w_2W_{m,n} = \rho_c\sum_{i=n}^{N_2-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7\cdot1\cdot3)$$

$$w_2M_{m,n} = \rho_c\sum_{i=n}^{N_2-1}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}\left\{A_{m,i+1}(u\ell_{m,i+1}-\ell g_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+1})+4A_{m,i+0.5}(u\ell_{m,i+0.5}-\ell g_{m,i+0.5})\times\right.$$

$$\left.\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+0.5})+A_{m,i}(u\ell_{m,i}-\ell g_{m,i})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i})\right\}-(u\ell_{m,n}-\ell g_{m,n})w_2W_{m,n} \qquad (7\cdot1\cdot4)$$

$w_2W_{m,n}$, $w_2M_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots N_2-1$, $n=m, m+1, \cdots N_2$ について計算する。

$$w_3W_{m,n}=\rho_c\sum_{i=n}^{6}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \tag{7.1.5}$$

$$w_3M_{m,n}=\rho_c\sum_{i=n}^{6}\frac{Z_{i+1}-Z_i}{6}\Big\{A_{m,i+1}(u\varepsilon_{n,i+1}-l g_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+1})+4A_{m,i+0.5}(u\varepsilon_{m,i+0.5}-l g_{m,i+0.5})\times\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i+0.5})+A_{m,i}(u\varepsilon_{m,i}-l g_{m,i})\cos(\phi_{m,n}-\phi_{m,i})\Big\}-(u\varepsilon_{m,n}-l g_{m,n})w_3W_{m,n} \tag{7.1.6}$$

$w_3W_{m,n}$, $w_3M_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$, $n=m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

7-2 自重による撓み

$$w_1(\Delta r)_{m,n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_2M_{m,i+1}-w_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_2M_{m,i}-w_1M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}+(w_2M_{m,m}-w_1M_{m,m})\varepsilon\alpha_m(Z_n-Z_m)\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+\{(w_2M_{a,a}-w_1M_{a,a})\varepsilon\alpha_{2,0}\}^* \tag{7.2.1}$$

$$w_1(\Delta S)_{m,n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_2M_{m,i+1}-w_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_2M_{m,i}-w_1M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}-(w_2M_{m,m}-w_1M_{m,m})\varepsilon\alpha_m(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \tag{7.2.2}$$

$w_1(\Delta r)_{m,n}$, $w_1(\Delta S)_{m,n}$ を $m=0,1,\cdots N_1-1$, $n=m, m+1\cdots N_1$ について計算する。

$$w_2(\Delta r)_{m,n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}+(w_3M_{m,m}-w_2M_{m,m})\varepsilon\alpha_m(Z_n-Z_m)\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})+\{(w_3M_{0,0}-w_2M_{0,0})\varepsilon\alpha_{2,0}\}^* \tag{7.2.3}$$

$$w_2(\Delta S)_{m,n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=m}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}-\phi_{m,n})+\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}\times(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}-\phi_{m,n})\Big\}-(w_3M_{m,m}-w_2M_{m,m})\varepsilon\alpha_m(Z_n-Z_m)\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \tag{7.2.4}$$

$w_2(\Delta r)_{m,n}$, $w_2(\Delta S)_{m,n}$ を $m=0,1,\cdots N_2-1$, $n=m, m+1, \cdots N_2$ について計算する。

ただし (7.2.2), (7.2.4) の * の項は $m=0$ のときのみ加算するものとする。

第8節 荷重分割

8-1 外荷重に対する荷重分割

点 (m,n) の片持梁の半径方向分担荷重, 接線方向分担荷重, ねじれ分担荷重をそれぞれ cr_Pm,n, cs_Pm,n, ct_Pm,n とすれば, 点 (m,n) の片持梁の半径方向撓み, 接線方向撓み, 鉛直軸のまわりの回転角は,

i) $m=0$ のとき

$$\varepsilon(\Delta r)_{a,n}=cr(\Delta r)_{a,n}+\sum_{\ell=0}^{6}cr_{P_{a,\ell}}\cdot cr(\Delta r)_{a,n}^{a,0}+\sum_{\ell=1}^{6}\frac{cm(\Delta r)_{a,n}^{a,\ell}}{S_{1,\ell}}\sum_{i=2}^{6}ct_{P_{i,\ell}}\cdot ct_{M_{1,\ell}^{i,\ell}} \tag{8.1.1}$$

$$c(\Delta S)_{0,n} = 0 \qquad (8.1.2)$$

$$c(\Delta\theta)_{0,n} = 0 \qquad (8.1.3)$$

ii) $m \neq 0$ のとき

$$c(\Delta r)_{m,n} = cI(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} ctP_{n,\ell}\, ct(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + \cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \times \sum_{k=0}^{m}\left\{(P_{k,m}-crP_{k,m})\cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m} - csP_{k,m}\cdot as(\Delta r)_{m,m}^{k,m} - ctP_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m}\right\} + \sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m}\left\{(P_{k,m}-crP_{k,m}) \times ar(\Delta S)_{m,m}^{k,m} - csP_{k,m}\cdot as(\Delta S)_{m,m}^{k,m} - ctP_{k,m}\cdot at(\Delta S)_{m,m}^{k,m}\right\} + \left[\frac{S_{m,m}-S_{m-2,m}}{(S_{m,m}-S_{m-1,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\times ctM_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m}^{m-1,i}\right\} - \frac{S_{m,m}-S_{m-1,m}}{(S_{m,m}-S_{m-2,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}\right\}\right] cm(\Delta r)_{m,m}^{m,m} + \sum_{\ell=m+1}^{6}\left[\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i}\right\} + \frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}\right\}\right] cm(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.1.4)$$

$$c(\Delta S)_{m,n} = cI(\Delta S)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} - \sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \times \sum_{k=0}^{m}\left\{(P_{k,m}-crP_{k,m})\cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m} - csP_{k,m}\cdot as(\Delta r)_{m,m}^{k,m} - ctP_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m}\right\} + \cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m}\left\{(P_{k,m}-crP_{k,m})\cdot ar(\Delta S)_{m,m}^{k,m} - csP_{k,m}\cdot as(\Delta S)_{m,m}^{k,m} - ctP_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m}\right\} + \left[\frac{S_{m,m}-S_{m-2,m}}{(S_{m,m}-S_{m-1,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})} \times \left\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m}^{m-1,i}\right\} - \frac{S_{m,m}-S_{m-1,m}}{(S_{m,m}-S_{m-2,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m}^{m-2,i}\right\}\right] cm(\Delta S)_{m,m}^{m,m} + \sum_{\ell=m+1}^{6}\left[\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i}\right\} + \frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}\right\}\right] \times cm(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.1.5)$$

$$c(\Delta\theta)_{m,n} = cI(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=m}^{6} ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{k=0}^{m}\left\{(P_{k,m}-crP_{k,m})\cdot ar(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m} - csP_{k,m}\cdot as(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m} - ctP_{k,m}\cdot at(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m}\right\} \qquad (8.1.6)$$

(8.1.4)～(8.1.6)において $csP_{k,m}$, $ctP_{k,m}$ は $K=0$ のとき 0 とする.

点$(m.n)$のアーチの各方向撓み, および鉛直軸のまわりの回転角は

$$a(\Delta r)_{m,n} = aI(\Delta r)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n}(P_{k,n}-crP_{k,n})\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} csP_{k,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} ctP_{k,n}\cdot at(\Delta r)_{m,n}^{k,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6}\left[crP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c}\right\} + csP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c}\right\} - ctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell} \times at(\Delta r)_{m,n}^{c}\right] \qquad (8.1.7)$$

$$a(\Delta S)_{m,n} = aI(\Delta S)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n}(P_{k,n}-crP_{k,n})\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} csP_{k,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} ctP_{k,n}\cdot at(\Delta S)_{m,n}^{k,n} - K_n^c \sum_{\ell=n}^{6}\left[crP_{n,\ell}\left\{crV_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c}\right\} + csP_{n,\ell}\left\{csV_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c}\right\} - ctP_{n,\ell}\cdot ctM_{n,n}^{n,\ell}\, at(\Delta S)_{m,n}^{c}\right] \qquad (8.1.8)$$

$$a(\Delta\theta)_{m,n} = a_1(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{k=0}^{n}(P_{k,n} - crP_{k,n})\cdot ot(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} csP_{k,n}\, as(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} ctP_{k,n}\, at(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - K_n^c \sum_{\ell=0}^{6}\{crP_{n,\ell}\{crV_{n,n}^{n,\ell}\, ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,\ell}\, as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\} + csP_{n,\ell}\{csV_{n,n}^{n,\ell}\, ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,\ell}\, as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\} - ctP_{n,\ell}\cdot ctH_{n,n}^{n,\ell}\, at(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\} \qquad (8.1.9)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向撓みは一致しなければならないから

$$c(\Delta r)_{m,n} = a(\Delta r)_{m,n} \qquad (8.1.10)$$

$$c(\Delta s)_{m,n} = a(\Delta s)_{m,n} \qquad (8.1.11)$$

$$c(\Delta\theta)_{m,n} = a(\Delta\theta)_{m,n} \qquad (8.1.12)$$

$(m.n)$ は $n = 0.1.2\cdots 6$. $m = 0.1.\cdots n$ であるから $28\times 3 = 84^{ヶ}$ の未知数 $crP_{m,n}$. $csP_{m,n}$. $ctP_{m,n}$ と $84^{ヶ}$ の方程式が成立する. しかるに

$$csP_{o,n} = ctP_{o,n} = 0 \qquad (8.1.13)$$

とすれば (8.1.11), (8.1.12) は $m=0$ の点で必ず成立する. また $m=n$ なる点では (8.1.10) ~ (8.1.12) は必ず成立するから

$$crP_{m,m} = P_{m,m}\sin^2\chi_m \qquad (8.1.14)$$

$$csP_{m,m} = ctP_{m,m} = 0 \qquad (8.1.15)$$

とし, $m = n. = 0$ の点では

$$crP_{o,o} = P_{o,o} \qquad (8.1.16)$$

とする. したがって (8.1.10) ~ (8.1.12) に (8.1.1) ~ (8.1.9) を代入し (8.1.10) に対しては $n=1,2\cdots 6$. $m = 0,1,\cdots n-1$ の $21^{ヶ}$. (8.1.11). (8.1.12) に対しては $n = 2,3,\cdots 6$. $m = 1,2\cdots(n-1)$ の $15^{ヶ}$づつの点について方程式をたて $crP_{m,n}$ ($n=1,2\cdots 6$, $m=0,1,\cdots n-1$) $csP_{m,n}$. $ctP_{m,n}$ ($n=2,3,\cdots 6$; $m=1,2\cdots(n-1)$) の $51^{ヶ}$の未知数について連立に解けば $crP_{m,n}$. $csP_{m,n}$. $ctP_{m,n}$ が求められる. なおアーチの分担荷重は

$$arP_{m,n} = P_{m,n} - crP_{m,n} \qquad (8.1.17)$$

$$asP_{m,n} = -csP_{m,n} \qquad (8.1.18)$$

$$atP_{m,n} = -ctP_{m,n} \qquad (8.1.19)$$

8-2 温度荷重に対する荷重分割

$(m.n)$ の片持梁の半径方向分担荷重. 接線方向分担荷重. ねじれ分担荷重をそれぞれ $tcrP_{m,n}$, $tcsP_{m,n}$. $tctP_{m,n}$ とすれば $(m.n)$ の片持梁の半径方向撓み. 接線方向撓み. 鉛直軸のまわりの回転角は

i) $m = 0$ のとき

$$tc(\Delta r)_{o,n} = tc(\Delta r)_{o,n} + \sum_{\ell=0}^{6} tcrP_{o,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{o,n}^{o,\ell} + \sum_{k=1}^{6}\frac{cm(\Delta r)_{o,n}^{o,\ell}}{S_{1,\ell}}\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{1,i}\cdot ctM_{1,\ell}^{1,i} \qquad (8.2.1)$$

$$tc(\Delta s)_{o,n} = 0 \qquad (8.2.2)$$

$$tc(\Delta\theta)_{o,n} = 0 \qquad (8.2.3)$$

ii) $m \neq 0$ のとき

$$tc(\Delta r)_{m,n} = tc(\Delta r')_{m,n} + \sum_{g=n}^{6} tcrP_{m,g}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{m,g} + \sum_{g=m}^{6} tcsP_{m,g}\cdot cs(\Delta r)_{m,n}^{m,g} + \sum_{g=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct(\Delta r)_{m,n}^{m,g} - \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \{ tcrP_{k,m}\cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m} + tcsP_{k,m}\cdot as(\Delta r)_{m,m}^{k,m} + tctP_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m} \} - \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \{ tcrP_{k,m}\cdot ar(\Delta s)_{m,m}^{k,m} + tcsP_{k,m}\cdot as(\Delta s)_{m,m}^{k,m} + tctP_{k,m}\cdot at(\Delta s)_{m,m}^{k,m} \} + \{ \frac{S_{m,m} - S_{m-2,m}}{(S_{m,m} - S_{m-1,m})(S_{m-1,m} - S_{m-2,m})} \{ \sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} tctP_{m-1,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m-1,m}^{m-1,i} \} - \frac{S_{m,m} - S_{m-1,m}}{(S_{m,m} - S_{m-2,m})(S_{m-1,m} - S_{m-2,m})} \{ \sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} tctP_{m-2,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m-2,m}^{m-2,i} \} \} cm(\Delta r)_{m,n}^{m,m} + \sum_{g=m+1}^{6} \{ \frac{S_{m+1,g} - S_{m,g}}{(S_{m+1,g} - S_{m-1,g})(S_{m,g} - S_{m-1,g})} \{ \sum_{i=g}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,g}^{m,i} - \sum_{i=g}^{6} tctP_{m-1,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m-1,g}^{m-1,i} \} + \frac{S_{m,g} - S_{m-1,g}}{(S_{m+1,g} - S_{m,g})(S_{m+1,g} - S_{m-1,g})} \{ \sum_{i=g}^{6} tctP_{m+1,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m+1,g}^{m+1,i} - \sum_{i=g}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,g}^{m,i} \} \} \times cm(\Delta r)_{m,n}^{n,g} \quad (8.2.4)$$

$$tc(\Delta s)_{m,n} = tc(\Delta s')_{m,n} + \sum_{g=m}^{6} tcrP_{m,g}\cdot cr(\Delta s)_{m,n}^{m,g} + \sum_{g=m}^{6} tcsP_{m,g}\cdot cs(\Delta s)_{m,n}^{m,g} + \sum_{g=m}^{6} tctP_{m,g}\cdot ct(\Delta s)_{m,n}^{m,g} + \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \{ tcrP_{k,m}\cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m} + tcsP_{k,m}\cdot as(\Delta r)_{m,m}^{k,m} + tctP_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m} \} - \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \{ tcrP_{k,m}\cdot ar(\Delta s)_{m,n}^{k,m} + tcsP_{k,m}\cdot as(\Delta s)_{m,m}^{k,m} + tctP_{k,m}\cdot at(\Delta s)_{m,m}^{k,m} \} + \{ \frac{S_{m,m} - S_{m-2,m}}{(S_{m,m} - S_{m-1,m})(S_{m-1,m} - S_{m-2,m})} \{ \sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} tctP_{m-1,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m-1,m}^{m-1,i} \} - \frac{S_{m,m} - S_{m-1,m}}{(S_{m,m} - S_{m-2,m})(S_{m-1,m} - S_{m-2,m})} \{ \sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,m}^{m,i} - \sum_{i=m}^{6} tctP_{m-2,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m-2,m}^{m-2,i} \} \} cm(\Delta s)_{m,n}^{m,m} + \sum_{g=m+1}^{6} \{ \frac{S_{m+1,g} - S_{m,g}}{(S_{m+1,g} - S_{m-1,g})(S_{m,g} - S_{m-1,g})} \{ \sum_{i=g}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,g}^{m,i} - \sum_{i=g}^{6} tctP_{m-1,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m-1,g}^{m-1,i} \} + \frac{S_{m,g} - S_{m-1,g}}{(S_{m+1,g} - S_{m,g})(S_{m+1,g} - S_{m-1,g})} \{ \sum_{i=g}^{6} tctP_{m+1,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m+1,g}^{m+1,i} - \sum_{i=g}^{6} tctP_{m,i}\cdot ct\mathcal{M}_{m,g}^{m,i} \} \} \times cm(\Delta s)_{m,n}^{m,g} \quad (8.2.5)$$

$$tc(\Delta\theta)_{m,n} = tc(\Delta\theta')_{m,n} + \sum_{g=n}^{6} tcrP_{m,g}\cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,g} + \sum_{g=n}^{6} tcsP_{m,g}\cdot cs(\Delta\theta)_{m,n}^{m,g} + \sum_{g=n}^{6} tctP_{m,g}\cdot ct(\Delta\theta)_{m,n}^{m,g} - \sum_{k=0}^{m} \{ tcrP_{k,m}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m} + tcsP_{k,m}\cdot as(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m} + tctP_{k,m}\cdot at(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m} \} \quad (8.2.6)$$

(m,n) のアーチの半径方向撓み．接線方向撓み．鉛直軸のまわりの回転角は

$$ta(\Delta r)_{m,n} = ta(\Delta r')_{m,n} - \sum_{k=0}^{n} tcrP_{k,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} tcsP_{k,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} tctP_{k,n}\cdot at(\Delta r)_{m,n}^{k,n} - K_n^c \sum_{g=n}^{6} \{ tcrP_{n,g} \{ crV_{n,n}^{n,g}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,g}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c} \} + tcsP_{n,g} \{ csV_{n,n}^{n,g}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,g}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c} \} - tctP_{n,g}\cdot ct\mathcal{M}_{n,n}^{n,g}\cdot at(\Delta r)_{m,n}^{c} \} \quad (8.2.7)$$

$$ta(\Delta s)_{m,n} = ta(\Delta s')_{m,n} - \sum_{k=0}^{n} tcrP_{k,n}\cdot ar(\Delta s)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} tcsP_{k,n}\cdot as(\Delta s)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} tctP_{k,n}\cdot at(\Delta s)_{m,n}^{k,n} - K_n^c \sum_{g=n}^{6} \{ tcrP_{n,g} \{ crV_{n,n}^{n,g}\cdot ar(\Delta s)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,g}\cdot as(\Delta s)_{m,n}^{c} \} + tcsP_{n,g} \{ csV_{n,n}^{n,g}\cdot ar(\Delta s)_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,g}\cdot as(\Delta s)_{m,n}^{c} \} - tctP_{n,g}\cdot ct\mathcal{M}_{n,n}^{n,g}\cdot at(\Delta s)_{m,n}^{c} \} \quad (8.2.8)$$

$$ta(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,n} - \sum_{k=0}^{n} tcrP_{k,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} tcsP_{k,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - \sum_{k=1}^{n} tctP_{k,n}\cdot at(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - K_n^c \sum_{g=n}^{6} \{ tcrP_{n,g} \{ crV_{n,n}^{n,g}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c} + crH_{n,n}^{n,g}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c} \} + tcsP_{n,g} \{ csV_{n,n}^{n,g}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c} + csH_{n,n}^{n,g}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c} \} - tctP_{n,g}\cdot ct\mathcal{M}_{n,n}^{n,g}\cdot at(\Delta\theta)_{m,n}^{c} \} \quad (8.2.9)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向撓みは一致しなければいけないから

$$tc(\Delta r)_{m,n} = ta(\Delta r)_{m,n} \quad (8.2.10)$$

$$tc(\Delta S)_{m,n} = ta(\Delta S)_{m,n} \tag{8.2.11}$$

$$tc(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta)_{m,n} \tag{8.2.12}$$

この場合にも

$$tcs P_{0,n} = tct P_{0,n} = 0 \tag{8.2.13}$$

とすれば $m=0$ のときは (8.2.11), (8.2.12) は必ず成立する。また $m=n$ なる点では (8.2.10)～(8.2.12) は必ず成立するから

$$tcr P_{m,m} = tcs P_{m,m} = tct P_{m,m} = 0 \tag{8.2.14}$$

とする。したがって (8.2.10)～(8.2.12) に (8.2.1)～(8.2.9) を代入して (8.2.10) に対しては、$n=1, 2, \cdots 6$, $m=0, 1, 2 \cdots n-1$ の $21^{ケ}$, (8.2.11), (8.2.12) に対しては $n=2, 3 \cdots 6$, $n=1, 2 \cdots (n-1)$ の $15^{ケ}$ ずつの点について方程式をたて, $tcr P_{m,n}$ ($n=1, 2, \cdots 6$, $m=0, 1, 2 \cdots n-1$), $tcs P_{m,n}, tct P_{m,n}$ ($n=2, 3 \cdots 6$, $m=1, 2 \cdots n-1$) の $51^{ケ}$ の未知数について連立に解けば $tcr P_{m,n}$ $tcs P_{m,n}$, $tct P_{m,n}$ が求められる。なおアーチの分担荷重は,

$$tar P_{m,n} = -tcr P_{m,n} \tag{8.2.15}$$

$$tas P_{m,n} = -tcs P_{m,n} \tag{8.2.16}$$

$$tat P_{m,n} = -tct P_{m,n} \tag{8.2.17}$$

8-3 自重に対する荷重分割

(a) 標高 N_1 まで継目グラウトされ標高 N_2 まで打設されたときの荷重分割

点 (m,n) の片持梁の半径方向分担荷重, 接線方向分担荷重, ねじれ分担荷重をそれぞれ ${}^{wc}P_{m,n}$, ${}^{wc}P_{m,n}$, ${}^{wc}P_{m,n}$ とすれば, (m,n) の片持梁の半径方向撓み, 接線方向撓み, 鉛直軸のまわりの回転角は

i) $m=0$ のとき

$$wc(\Delta r)_{0,n} = w_1(\Delta r)_{0,n} + \sum_{\ell=0}^{N_1-1} wcr P_{0,\ell} \cdot cr(\Delta r)_{0,n}^{0,\ell} + wcr P_{0,N_1} cr(\Delta r)_{0,n}^{0,N_1} + \frac{\sum_{\ell=1}^{N_1-1} cm(\Delta r)_{0,n}^{0,\ell}}{S_{1,1}} \left[\sum_{i=0}^{N_1-1} wct P_{1,i} ct M_{1,\ell}^{1,i} + wct P_{1,N_1} ct M_{1,\ell}^{1,N_1} \right] \tag{8.3.1}$$

$$wc(\Delta S)_{0,n} = 0 \tag{8.3.2}$$

$$wc(\Delta\theta)_{0,n} = 0 \tag{8.3.3}$$

ii) $m \neq 0$ のとき

$$wc(\Delta r)_{m,n} = w_1(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} wcr P_{m,\ell} \cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + wcr P_{m,N_1} cr(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} wcs P_{m,\ell} \cdot cs(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + wcs P_{m,N_1} \times cs(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1} + \sum_{k=n}^{N_1-1} wct P_{m,\ell} \cdot ct(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + wct P_{m,N_1} ct(\Delta S)_{m,n}^{m,N_1} - \cos(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \left[wcr P_{k,m} ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m} + wcs P_{k,m} as(\Delta r)_{m,m}^{k,m} + wct P_{k,m} at(\Delta r)_{m,m}^{k,m} \right] - \sin(\phi_{m,m} - \phi_{m,n}) \sum_{k=0}^{m} \left[wcr P_{k,m} ar(\Delta S)_{m,m}^{k,m} + wcs P_{k,m} \times os(\Delta S)_{m,m}^{k,m} + wct P_{k,m} at(\Delta S)_{m,m}^{k,m} \right] + \left[\frac{S_{m,m} - S_{m-2,m}}{(S_{m,m} - S_{m-1,m})(S_{m-1,m} - S_{m-2,m})} \left\{ \sum_{i=m}^{N_1-1} wct P_{m,i} ct M_{m,m}^{m,i} + wct P_{m,N_1} ct M_{m,m}^{m,N_1} - \sum_{i=m}^{N_1-1} wct P_{m-1,i} ct M_{m-1,m}^{m-1,i} - wct P_{m-1,N_1} ct M_{m-1,m}^{m-1,N_1} \right\} - \frac{S_{m,m} - S_{m-1,m}}{(S_{m,m} - S_{m-2,m})(S_{m-1,m} - S_{m-2,m})} \times \left\{ \sum_{i=m}^{N_1-1} wct P_{m,i} ct M_{m,m}^{m,i} + wct P_{m,N_1} cr M_{m,n}^{m,N_1} - \sum_{i=m}^{N_1-1} wct P_{m-2,i} ct M_{m-2,m}^{m-2,i} - wct P_{m-2,N_1} ct M_{m-2,m}^{m-2,N_1} \right\} \right] cm(\Delta r)_{m,n}^{m,m}$$

$$+\sum_{\ell=m+1}^{N_l-1}\left[\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m,i}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,i}+wct'P_{m,Ni}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,Ni}-\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m-1,i}\cdot ct'M_{m-1,\ell}^{m-1,i}\right.\right.$$
$$\left.-wct'P_{m-1,Ni}\cdot ct'M_{m-1,\ell}^{m-1,Ni}\right\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m+1,i}\cdot ct'M_{m+1,\ell}^{m+1,i}+wct'P_{m+1,Ni}\cdot ct'M_{m+1,\ell}^{m+1,Ni}-\right.$$
$$\left.\left.\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m,i}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,i}-wct'P_{m,Ni}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,Ni}\right\}\right)cm(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.3.4)$$

$$wc'(\Delta S)_{m,n}=w_1(\Delta S)_{m,n}+\sum_{\ell=m}^{N_l-1}wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}+wcr'P_{m,Ni}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,Ni}+\sum_{\ell=m}^{N_l-1}wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}+wcs'P_{m,Ni}\cdot cs(\Delta S)_{m,n}^{m,Ni}+$$
$$\sum_{\ell=m}^{N_l-1}P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}+wct'P_{m,Ni}\cdot ct'(\Delta S)_{m,n}^{m,Ni}+\sin(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{k=0}^{m}\left\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta r)_{m,m}^{k,m}+wcs'P_{k,m}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{k,m}+\right.$$
$$\left.wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta r)_{m,m}^{k,m}\right\}-\cos(\phi_{m,m}-\phi_{m,n})\sum_{k=0}^{m}\left\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta S)_{m,m}^{k,m}+wcs'P_{k,m}\cdot as(\Delta S)_{m,m}^{k,m}+wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta S)_{m,m}^{k,m}\right\}+$$
$$\left[\frac{S_{m,m}-S_{m-2,m}}{(S_{m,m}-S_{m-1,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{N_l-1}wct'P_{m,i}\cdot ct'M_{m,m}^{m,i}+wct'P_{m,Ni}\cdot ct'M_{m,m}^{m,Ni}-\sum_{i=m}^{N_l-1}wct'P_{m-1,i}\cdot ct'M_{m-1,m}^{m-1,i}-\right.\right.$$
$$\left.wct'P_{m-1,Ni}\cdot ct'M_{m-1,m}^{m-1,Ni}\right\}-\frac{S_{m,m}-S_{m-1,m}}{(S_{m,m}-S_{m-2,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\left\{\sum_{i=m}^{N_l-1}wct'P_{m-1,i}\cdot ct'M_{m-1,m}^{m-1,i}+wct'P_{m-1,Ni}\cdot ct'M_{m-1,m}^{m-1,Ni}-\right.$$
$$\left.\left.\sum_{i=m}^{N_l-1}wct'P_{m-2,i}\cdot ct'M_{m-2,m}^{m-2,i}-wct'P_{m-2,Ni}\cdot ct'M_{m-2,m}^{m-2,Ni}\right\}\right]cm(\Delta S)_{m,n}^{m,m}+\sum_{\ell=m+1}^{N_l-1}\left[\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\left\{\right.\right.$$
$$\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m,i}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,i}+wct'P_{m,Ni}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,Ni}-\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m-1,i}\cdot ct'M_{m-1,\ell}^{m-1,i}-wct'P_{m-1,Ni}\cdot ct'M_{m-1,\ell}^{m-1,Ni}\Big\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})}$$
$$\times\left\{\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m+1,i}\cdot ct'M_{m+1,\ell}^{m+1,i}+wct'P_{m+1,Ni}\cdot ct'M_{m+1,\ell}^{m+1,Ni}-\sum_{i=\ell}^{N_l-1}wct'P_{m,i}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,i}-wct'P_{m,Ni}\cdot ct'M_{m,\ell}^{m,Ni}\right\}\Big]cm(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.3.5)$$

$$wc'(\Delta\theta)_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_l-1}wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell}+wcr'P_{m,Ni}\cdot cr'(\Delta\theta)_{m,n}^{m,Ni}+\sum_{\ell=m}^{N_l-1}wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell}+wcs'P_{m,Ni}cs'(\Delta\theta)_{m,n}^{m,Ni}$$
$$+\sum_{\ell=m}^{N_l-1}wct'P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell}+wct'P_{m,Ni}\cdot ct'(\Delta\theta)_{m,n}^{m,Ni}-\sum_{k=0}^{m}\left\{wcr'P_{k,m}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m}+wcs'P_{k,m}\cdot as(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m}+wct'P_{k,m}\cdot at(\Delta\theta)_{m,m}^{k,m}\right\} \qquad (8.3.6)$$

点(m,n)のアーチの半径方向撓み、接線方向撓み、鉛直軸のまわりの回転角は

$$wa'(\Delta r)_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n}wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wcs'P_{k,n}as(\Delta r)_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wct'P_{k,n}at(\Delta r)_{m,n}^{k,n}-K_n^c\sum_{\ell=n}^{N_l-1}\left[wcr'P_{n,\ell}\left\{cr\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c}\right.\right.$$
$$\left.+cr\mathrm{H}_{n,n}^{n,\ell}as(\Delta r)_{m,n}^{c}\right\}+wcs'P_{n,\ell}\left\{cs\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c}+cs\mathrm{H}_{n,n}^{n,\ell}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c}\right\}-wct'P_{n,\ell}\cdot ct\mathrm{M}_{n,n}^{n,\ell}at(\Delta r)_{m,n}^{c}\Big]-$$
$$K_n^c\left[wcr'P_{n,Ni}\left\{cr'\nabla_{n,n}^{n,Ni}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c}+cr'\mathrm{H}_{n,n}^{n,Ni}as(\Delta r)_{m,n}^{c}\right\}+wcs'P_{n,Ni}\left\{cs'\nabla_{n,n}^{n,Ni}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c}+cs'\mathrm{H}_{n,n}^{n,Ni}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c}\right\}-\right.$$
$$\left.wct'P_{n,Ni}\cdot ct'\mathrm{M}_{n,n}^{n,Ni}at(\Delta r)_{m,n}^{c}\right] \qquad (8.3.7)$$

$$wa'(\Delta S)_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n}wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wcs'P_{k,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wct'P_{k,n}\cdot at(\Delta S)_{m,n}^{k,n}-K_n^c\sum_{\ell=n}^{N_l-1}\left[wcr'P_{n,\ell}\left\{\right.\right.$$
$$cr\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c}+cr\mathrm{H}_{n,n}^{n,\ell}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c}\Big\}+wcs'P_{n,\ell}\left\{cs\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c}+cs\mathrm{H}_{n,n}^{n,\ell}as(\Delta S)_{m,n}^{c}\right\}-$$
$$wct'P_{n,\ell}\cdot ct\mathrm{M}_{n,n}^{n,\ell}\cdot at(\Delta S)_{m,n}^{c}\Big]-K_n^c\left[wcr'P_{n,Ni}\left\{cr'\nabla_{n,n}^{n,Ni}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c}+cr'\mathrm{H}_{n,n}^{n,Ni}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c}\right\}+\right.$$
$$\left.wcs'P_{n,Ni}\left\{cs'\nabla_{n,n}^{n,Ni}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c}+cs'\mathrm{H}_{n,n}^{n,Ni}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c}\right\}-wct'P_{n,Ni}\cdot ct'\mathrm{M}_{n,n}^{n,Ni}\cdot at(\Delta S)_{m,n}^{c}\right] \qquad (8.3.8)$$

$$wa'(\Delta\theta)_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n}wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wcs'P_{k,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wct'P_{k,n}\cdot at(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n}-$$
$$K_n^c\sum_{\ell=n}^{N_l-1}\left[wcr'P_{n,\ell}\left\{cr\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c}+cr\mathrm{H}_{n,n}^{n,\ell}as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\right\}+wcs'P_{n,\ell}\left\{cs\nabla_{n,n}^{n,\ell}ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c}+cs\mathrm{H}_{n,n}^{n,\ell}as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\right\}-\right.$$
$$wct'P_{n,\ell}\cdot ct\mathrm{M}_{n,n}^{n,\ell}at(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\Big]-K_n^c\left[wcr'P_{n,Ni}\left\{cr'\nabla_{n,n}^{n,Ni}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c}+cr'\mathrm{H}_{n,n}^{n,Ni}as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\right\}+\right.$$
$$wcs'P_{n,Ni}\left\{cs'\nabla_{n,n}^{n,Ni}ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c}+cs'\mathrm{H}_{n,n}^{n,Ni}as(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\right\}-wct'P_{n,Ni}ct'\mathrm{M}_{n,n}^{n,Ni}at(\Delta\theta)_{m,n}^{c}\Big] \qquad (8.3.9)$$

これらアーチおよび片持梁各方向撓みは一致しなければならないから、

$$wc'(\Delta r)_{m,n}=wa'(\Delta r)_{m,n} \qquad (8.3.10)$$

$$wc'(\Delta S)_{m,n}=wa'(\Delta S)_{m,n} \qquad (8.3.11)$$

$$wc'(\Delta\theta) = wa'(\Delta\theta)_{m,n} \qquad (8.3.11)$$

ただし (8.3.10)～(8.3.12) は $m = 0, 1, \cdots N_1$; $n = m, m+1, \cdots N_1$ にて成立するものとする。また未知数 $wcr'P_{m,n}$, $wcs'P_{m,n}$, $wct'P_{m,n}$ も $m = 0, 1 \cdots N_1$, $n = m, m+1, \cdots N_1$ の範囲でとるものとする。

さて前節と同様

$$wcs'P_{o,n} = wct'P_{o,n} = 0 \qquad (8.3.13)$$

とすれば (8.3.11), (8.3.12) は $m = 0$ の点で必ず成立する。また $m = n$ なる点では (8.3.10)～(8.3.12) は必ず成立するから,

$$wcr'P_{m,m} = wcs'P_{m,m} = wct'P_{m,m} = 0 \qquad (8.3.14)$$

とする。したがって (8.3.10)～(8.3.12) には

	$wcr'P_{m,n}$	$wcs'P_{m,n}$	$wct'P_{m,n}$	計
$N_1 = 0$	0	0	0	0
$N_1 = 1$	1	0	0	1
$N_1 = 2$	3	1	1	5
$N_1 = 3$	6	3	3	12
$N_1 = 4$	10	6	6	32
$N_1 = 5$	15	10	10	35
$N_1 = 6$	21	15	15	51

の未知数を含み,この数と等しい連立方程式が成立することになる。これからこれらの未知数が求められる。

(6) 標高N_2まで継目グラウトされ標高7まで打設されたときの荷重分割

(m,n) の片持梁の半径方向分担荷重, 接線方向分担荷重 ねじれ分担荷重をそれぞれ $wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$ $wct^2P_{m,n}$ とすれば

(m,n) の片持梁の半径方向撓み $wc^2(\Delta r)_{m,n}$ は (8.3.1), (8.3.4) において $w_1(\Delta r)_{m,n}$ $wcr'P_{m,n}$ $wcs'P_{m,n}$ $wct'P_{m,n}$ を $w_2(\Delta r)_{m,n}$, $wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$ $wct^2P_{m,n}$ に置きかえ, $cr'(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1}$, $cs'(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1}$ $ct'(\Delta r)_{m,n}^{m,N_1}$, $ct'M_{m,\ell}^{m,N_1}$, $ct'M_{m-1,\ell}^{m-1,N_1}$, $ct'M_{m+1,\ell}^{m+1,N_1}$, $ct'M_{m,m}^{m,N_1}$, $ct'M_{m-1,m}^{m-1,N_1}$, $ct'M_{m-2,m}^{m-2,N_1}$ をそれぞれ $cr^2(\Delta r)_{m,n}^{m,N_2}$, $cs^2(\Delta r)_{m,n}^{m,N_2}$, $ct^2(\Delta r)_{m,n}^{m,N_2}$, $ct^2M_{m,\ell}^{m,N_2}$, $ct^2M_{m-1,\ell}^{m-1,N_2}$, $ct^2M_{m+1,\ell}^{m+1,N_2}$, $ct^2M_{m,m}^{m,N_2}$, $ct^2M_{m-1,m}^{m-1,N_2}$, $ct^2M_{m-2,m}^{m-2,N_2}$ におきかえ, さらに $\sum_{\ell=m}^{N_1-1}$, $\sum_{\ell=m}^{N_1-1}$, $\sum_{\ell=\ell}^{N_1-1}$, $\sum_{\ell=m+1}^{N_1-1}$ を $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$, $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$, $\sum_{\ell=\ell}^{N_2-1}$, $\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

(m,n) の片持梁の接線方向撓み, $wc^2(\Delta s)_{m,n}$ は (8.3.2), (8.3.5) において $w_1(\Delta s)_{m,n}$, $wct'P_{m,n}$, $wcs'P_{m,n}$ $wct'P_{m,n}$ を $w_2(\Delta s)_{m,n}$, $wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$, $wct^2P_{m,n}$ におきかえ $cr'(\Delta s)_{m,n}^{m,N_1}$, $cs'(\Delta s)_{m,n}^{m,N_1}$, $ct'(\Delta s)_{m,n}^{m,N_1}$, $ct'M_{m,\ell}^{m,N_1}$, $ct'M_{m-1,\ell}^{m-1,N_1}$, $ct'M_{m+1,\ell}^{m+1,N_1}$, $ct'M_{m,m}^{m,N_1}$, $ct'M_{m-1,m}^{m-1,N_1}$, $ct'M_{m-2,m}^{m-2,N_1}$ をそれぞれ $cr^2(\Delta s)_{m,n}^{m,N_2}$, $cs^2(\Delta s)_{m,n}^{m,N_2}$, $ct^2(\Delta s)_{m,n}^{m,N_2}$, $ct^2M_{m,\ell}^{m,N_2}$, $ct^2M_{m-1,\ell}^{m-1,N_2}$, $ct^2M_{m+1,\ell}^{m+1,N_2}$, $ct^2M_{m,m}^{m,N_2}$, $ct^2M_{m-1,m}^{m-1,N_2}$, $ct^2M_{m-2,m}^{m-2,N_2}$ におきかえ, さらに $\sum_{\ell=m}^{N_1-1}$, $\sum_{\ell=m}^{N_1-1}$, $\sum_{\ell=\ell}^{N_1-1}$, $\sum_{\ell=m+1}^{N_1-1}$ を $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$, $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$, $\sum_{\ell=\ell}^{N_2-1}$, $\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

(m,n) の片持梁の鉛直軸のまわりの回転角 $wc^2(\Delta\theta)_{m,n}$ は (8.3.3), (8.3.6) において $w_1(\Delta\theta)_{m,n}$,

$wcr^1P_{m,n}$, $wcs^1P_{m,n}$, $wct^1P_{m,n}$, $cr^1(\Delta\theta)^{m,N1}_{m,n}$, $cs^1(\Delta\theta)^{m,N1}_{m,n}$, $ct^1(\Delta\theta)^{m,N1}_{m,n}$ とそれぞれ $wa^2(\Delta\theta)_{m,n}$, $wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$, $wct^2P_{m,n}$ $cr^2(\Delta\theta)^{m,N2}_{m,n}$, $cs^2(\Delta\theta)^{m,N2}_{m,n}$, $ct^2(\Delta\theta)^{m,N2}_{m,n}$ におきかえ $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$ を $\sum_{\ell=m}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

同様に (m,n) のアーチの半径方向撓み, $wa^2(\Delta r)_{m,n}$, 接線方向撓み $wa^2(\Delta s)_{m,n}$, 鉛直軸のまわりの回転角 $wa^2(\Delta\theta)_{m,n}$ は (8.3.7), (8.3.8), (8.3.9) において $wcr^1P_{m,n}$, $wcs^1P_{m,n}$, $wct^1P_{m,n}$, $cr^1V^{n,N1}_{n,n}$, $cr^1H^{n,N1}_{n,n}$, $cs^1V^{n,N1}_{n,n}$, $cs^1H^{n,N1}_{n,n}$, $ct^1M^{n,N1}_{n,n}$ をそれぞれ $wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$, $wct^2P_{m,n}$, $cr^2V^{n,N2}_{n,n}$, $cr^2H^{n,N2}_{n,n}$ $cs^2V^{n,N2}_{n,n}$, $cs^2H^{n,N2}_{n,n}$, $ct^2M^{n,N2}_{n,n}$ に, $\sum_{\ell=n}^{N_2-1}$ を $\sum_{\ell=n}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。この場合にも,

$$wc^2(\Delta r)_{n,n} = wa^2(\Delta r)_{m,n} \tag{8.3.15}$$

$$wc^2(\Delta s)_{m,n} = wa^2(\Delta s)_{m,n} \tag{8.3.16}$$

$$wc^2(\Delta\theta)_{m,n} = wa^2(\Delta\theta)_{m,n} \tag{8.3.17}$$

(8.3.15) は $m=0,1,\cdots N_2-1$; $n=m+1, m+2, \cdots N_2$ にて成立するものとし, (8.3.16), (8.3.17) は $m=1,2,\cdots N_2-1$; $n=m+1, m+2, \cdots N_2$ にて成立するものとする。

未知数 $wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$, $wct^2P_{m,n}$ は $m=0,1,\cdots N_2$; $n=m, m+1, \cdots N_2$ の範囲でとり, さらに

$$wcs^2P_{0,n} = wct^2P_{0,n} = 0 \tag{8.3.18}$$

$$wcr^2P_{m,m} = wcs^2P_{m,m} = wct^2P_{m,m} = 0 \tag{8.3.19}$$

とすれば N_2 の値に応じて前に示した個数の未知数に対応した連立方程式が成立し, これを解けば, これらの未知数が求められる。

8-4 片持梁およびアーチの撓み, および不静定諸力

片持梁およびアーチの外荷重による各方向撓みは (8.1.1)～(8.1.6) および (8.1.7)～(8.1.9) より求められる。また片持梁およびアーチの温度荷重による各方向撓みは (8.2.1)～(8.2.6) および (8.2.7)～(8.2.9) より求められる。

片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

i) $m=0$ のとき

$$cM_{0,n} = {}_1M_{0,n} + \sum_{\ell=0}^{6} crP_{0,\ell}\cdot crM^{0,\ell}_{0,n} + \sum_{\ell=1}^{6}\frac{cmM^{0,\ell}_{0,n}}{S_{1,\ell}}\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{1,i}\cdot ctM^{1,i}_{1,\ell} \tag{8.4.1}$$

ii) $m\neq 0$ のとき

$$\begin{aligned} cM_{m,n} = {}& {}_1M_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crM^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot csM^{m,\ell}_{m,n} + \Big\{\frac{S_{m,m}-S_{m-2,m}}{(S_{m,m}-S_{m-1,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\Big\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m} \\ & - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,m}\Big\} - \frac{S_{m,m}-S_{m-1,m}}{(S_{m,m}-S_{m-2,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\Big\{\sum_{i=m}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m} - \sum_{i=m}^{6} ctP_{m-2,i}\cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m}\Big\}\Big\} \\ & \times cmM^{m,m}_{m,n} + \sum_{\ell=m+1}^{6}\Big\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m+1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}\Big\} + \\ & \frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell} - \sum_{i=\ell}^{6} ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}\Big\}\Big\}\, cmM^{m,\ell}_{m,n} \end{aligned} \tag{8.4.2}$$

$$cV_{m,n} = {}_1V_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crV^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot csV^{m,\ell}_{m,n}, \tag{8.4.3}$$

$$cH_{m,n} = {}_1H_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=m}^{6} csP_{m,\ell}\cdot csH^{m,\ell}_{m,n} \tag{8.4.4}$$

$$cM_{m,n} = \sum_{\ell=m}^{6} ctP_{m,\ell}\cdot ctM^{m,\ell}_{m,n} \tag{8.4.5}$$

$$aM_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} arP_{k,n}\,arM_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} asP_{k,n}\,asM_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} atP_{k,n}\,atM_{m,n}^{k,n}-K_n^c\{{}_1V_{n,n}\,arM_{m,n}^c+{}_1H_{n,n}\,asM_{m,n}^c\}$$
$$-K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{n,\ell}\{crV_{n,n}^{n,\ell}\,arM_{m,n}^c+crH_{n,n}^{n,\ell}\,asM_{m,n}^c\}+csP_{n,\ell}\{csV_{n,n}^{n,\ell}\,arM_{m,n}^c+csH_{n,n}^{n,\ell}\,asM_{m,n}^c\}-$$
$$ctP_{n,\ell}\,ctM_{n,n}^{n,\ell}\,atM_{m,n}^c\} \qquad (8.4.6)$$

$$aH_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} arP_{k,n}\,arH_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} asP_{k,n}\,asH_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} atP_{k,n}\,atH_{m,n}^{k,n}-K_n^c\{{}_1V_{n,n}\,arH_{m,n}^c+{}_1H_{n,n}\,asH_{m,n}^c\}-$$
$$K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{n,\ell}\{crV_{n,n}^{n,\ell}\,arH_{m,n}^c+crH_{n,n}^{n,\ell}\,asH_{m,n}^c\}+csP_{n,\ell}\{csV_{n,n}^{n,\ell}\,arH_{m,n}^c+csH_{n,n}^{n,\ell}\,asH_{m,n}^c\}-$$
$$ctP_{n,\ell}\,ctM_{n,n}^{n,\ell}\,atH_{m,n}^c\} \qquad (8.4.7)$$

$$aV_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} arP_{k,n}\,arV_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} asP_{k,n}\,asV_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} atP_{k,n}\,atV_{m,n}^{k,n}-K_n^c\{{}_1V_{n,n}\,arV_{m,n}^c+{}_1H_{n,n}\,asV_{m,n}^c\}-$$
$$K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{n,\ell}\{crV_{n,n}^{n,\ell}\,arV_{m,n}^c+crH_{n,n}^{n,\ell}\,asV_{m,n}^c\}+csP_{n,\ell}\{csV_{n,n}^{n,\ell}\,arV_{m,n}^c+csH_{n,n}^{n,\ell}\,asV_{m,n}^c\}-$$
$$ctP_{n,\ell}\,ctM_{n,n}^{n,\ell}\,atV_{m,n}^c\}$$

片持梁およびアーチの温度荷重による不静定諸力は

i) $m=0$ のとき

$$tcM_{0,n}=\sum_{\ell=0}^{6} tcrP_{0,\ell}\,crM_{0,n}^{0,\ell}+\sum_{\ell=1}^{6}\frac{cmM_{0,n}^{0,\ell}}{S_{1,\ell}}\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{1,i}\,ctM_{1,\ell}^{1,i}$$

ii) $m\neq 0$ のとき

$$tcM_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\,crM_{m,n}^{m,\ell}+\sum_{\ell=m}^{6} tcsP_{m,\ell}\,csM_{m,n}^{m,\ell}+\Big\{\frac{S_{m,m}-S_{m-2,m}}{(S_{m,m}-S_{m-1,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\Big\{\sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\,ctM_{m,m}^{m,i}-$$
$$\sum_{i=m}^{6} tctP_{m-1,i}\,ctM_{m-1,m}^{m-1,i}\Big\}-\frac{S_{m,m}-S_{m-1,m}}{(S_{m,m}-S_{m-2,m})(S_{m-1,m}-S_{m-2,m})}\Big\{\sum_{i=m}^{6} tctP_{m,i}\,ctM_{m,m}^{m,i}-\sum_{i=m}^{6} tctP_{m-2,i}\,ctM_{m-2,m}^{m-2,i}\Big\}\Big\}\,cmM_{m,m}^{m,m}$$
$$+\sum_{\ell=m+1}^{6}\Big[\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m,i}\,ctM_{m,\ell}^{m,i}-\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m-1,i}\,ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i}\Big\}+$$
$$\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m+1,i}\,ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i}-\sum_{i=\ell}^{6} tctP_{m,i}\,ctM_{m,\ell}^{m,i}\Big\}\Big]\,cmM_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.10)$$

$$tcV_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\,crV_{m,n}^{m,\ell}+\sum_{\ell=m}^{6} tcsP_{m,\ell}\,csV_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.11)$$

$$tcH_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tcrP_{m,\ell}\,crH_{m,n}^{m,\ell}+\sum_{\ell=m}^{6} tcsP_{m,\ell}\,csH_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.12)$$

$$tcM_{0,n}=\sum_{\ell=m}^{6} tctP_{m,\ell}\,ctM_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.13)$$

$$taM_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\,arM_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tasP_{k,n}\,asM_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tatP_{k,n}\,atM_{m,n}^{k,n}+taM'_{m,n}-K_n\sum_{\ell=n}^{6}\{tcrP_{n,\ell}\{$$
$$crV_{n,n}\,arM_{m,n}^c+crH_{n,n}^{n,\ell}\,asM_{m,n}^c\}+tcsP_{n,\ell}\{csV_{n,n}^{n,\ell}\,arM_{m,n}^c+csH_{n,n}^{n,\ell}\,asM_{m,n}^c\}-tctP_{n,\ell}\,ctM_{n,n}^{n,\ell}\,atM_{m,n}^c\} \qquad (8.4.14)$$

$$taH_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\,arH_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tasP_{k,n}\,asH_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tatP_{k,n}\,atH_{m,n}^{k,n}+taH'_{m,n}-K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\{tcrP_{n,\ell}\{$$
$$crV_{n,n}\,arH_{m,n}^c+crH_{n,n}^{n,\ell}\,asH_{m,n}^c\}+tcsP_{n,\ell}\{csV_{n,n}^{n,\ell}\,arH_{m,n}^c+csH_{n,n}^{n,\ell}\,asH_{m,n}^c\}-tctP_{n,\ell}\,ctM_{n,n}^{n,\ell}\,atH_{m,n}^c\} \qquad (8.4.15)$$

$$taV_{m,n}=\sum_{k=0}^{n} tarP_{k,n}\,arV_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tasP_{k,n}\,asV_{m,n}^{k,n}+\sum_{k=1}^{n} tatP_{k,n}\,atV_{m,n}^{k,n}+taV'_{m,n}-K_n^c\sum_{\ell=n}^{6}\{tcrP_{n,\ell}\{$$
$$crV_{n,n}\,arV_{m,n}^c+crH_{n,n}^{n,\ell}\,asV_{m,n}^c\}+tcsP_{n,\ell}\{csV_{n,n}^{n,\ell}\,arV_{m,n}^c+csH_{n,n}^{n,\ell}\,asV_{m,n}^c\}-tctP_{n,\ell}\,ctM_{n,n}^{n,\ell}\,atV_{m,n}^c\} \qquad (8.4.16)$$

自重による片持梁の不静定諸力は

$$wW_{m,n}=w_3W_{m,n} \qquad (8.4.17)$$

i) $6 \geq n \geq N_2$ のとき

$$wcM_{m,n} = w_3 M_{m,n} \tag{8.4.18}$$

$$wcV_{m,n} = wcH_{m,n} = wcM_{m,n} = 0 \tag{8.4.19}$$

ii) $N_2 > n \geq N_1$ で $m = 0$ のとき

$$wcM_{o,n} = w_3 M_{o,n} + \sum_{\beta=0}^{N_2-1} wa\,{}^2P_{o,\beta}\cdot cr M_{o,n}^{o,\beta} + wcr\,{}^2P_{o,N_2}\cdot cr\,{}^2M_{o,n}^{o,N_2} + \sum_{\beta=1}^{6}\frac{cm M_{o,n}^{o,\beta}}{S_{1,\beta}}\left\{\sum_{i=2}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{1,i}\cdot ct M_{1,\beta}^{1,i} + wct\,{}^2P_{1,N_2}\,{}^2ct\,{}^1M_{1,\beta}^{1,N_2}\right\} \tag{8.4.20}$$

$m \neq 0$ のとき

$$wcM_{m,n} = w_3 M_{m,n} + \sum_{\beta=m}^{N_1-1} wcr\,{}^2P_{m,\beta}\cdot cr M_{m,n}^{m,\beta} + wcr\,{}^2P_{m,N_2}\cdot cr\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} + \sum_{\beta=m}^{N_2-1} wcs\,{}^2P_{m,\beta}\cdot cs M_{m,n}^{m,\beta} + wcs\,{}^2P_{m,N_2}\cdot cs\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} +$$
$$\left[\frac{Sm,n-Sm-2,m}{(Sm,n-Sm-1,n)(Sm-1,n-Sm-2,n)}\left\{\sum_{i=m}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m,i}\cdot ct M_{m,n}^{m,i} + wct\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} - \sum_{i=m}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m-1,i}\cdot ct\,{}^2M_{m-1,n}^{m-1,i} - \right.\right.$$
$$\left.\left. wct\,{}^2P_{m-1,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m-1,n}^{m-1,N_2}\right\} - \frac{Sm,n-Sm-1,n}{(Sm,n-Sm-2,n)(Sm-1,n-Sm-2,n)}\left\{\sum_{i=m}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m,i}\cdot ct M_{m,n}^{m,i} + wct\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} - \right.$$
$$\left.\left.\sum_{i=m}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m-2,i}\cdot ct\,{}^2M_{m-2,n}^{m-2,i} - wct\,{}^2P_{m-2,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m-2,n}^{m-2,N_2}\right\}\right] cm M_{m,n}^{m,n} + \sum_{\beta=n+1}^{N_1-1}\left[\frac{Sn+1,\beta-Sm,\beta}{(Sm,\beta-Sm-1,\beta)(Sm,\beta-Sm-1,\beta)} \times \right.$$
$$\left\{\sum_{i=\beta}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m,i}\cdot ct M_{m,\beta}^{m,i} + wct\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m,\beta}^{m,N_2} - \sum_{i=\beta}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{n-1,i}\cdot ct M_{m+1,\beta}^{m+1,i} - wct\,{}^2P_{m-1,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m-1,\beta}^{m-1,N_2}\right\} +$$
$$\frac{Sm,\beta-Sm-1,\beta}{(Sm+1,\beta-Sm+1,\beta)(Sm+1,\beta-Sm,\beta)}\left\{\sum_{i=\beta}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m+1,i}\cdot ct M_{m+1,\beta}^{m+1,i} + wct\,{}^2P_{m+1,N_2}\cdot ct\,{}^2M_{m+1,\beta}^{m+1,N_2} - \sum_{i=\beta}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m,i}\cdot ct M_{m,\beta}^{m,i} - \right.$$
$$\left.\left. wct\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m,\beta}^{m,N_2}\right\}\right] cm M_{m,n}^{m,\beta} \tag{8.4.21}$$

$$wcV_{m,n} = \sum_{\beta=m}^{N_2-1} wcr\,{}^2P_{m,\beta}\cdot cr V_{m,n}^{m,\beta} + wcr\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2cr V_{m,n}^{m,N_2} + \sum_{\beta=m}^{N_2-1} wcs\,{}^2P_{m,\beta}\,{}^2cs V_{m,n}^{m,\beta} + wcs\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2cs V_{m,n}^{m,N_2} \tag{8.4.22}$$

$$wcH_{m,n} = \sum_{\beta=m}^{N_2-1} wcr\,{}^2P_{m,\beta}\cdot cr H_{m,n}^{m,\beta} + wcr\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2cr H_{m,n}^{m,N_2} + \sum_{\beta=m}^{N_2-1} wcs\,{}^2P_{m,\beta}\,{}^2cs H_{m,n}^{m,\beta} + wcs\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2cs H_{m,n}^{m,N_2} \tag{8.4.23}$$

$$wcM_{m,n} = \sum_{\beta=m}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m,\beta}\cdot ct M_{m,n}^{m,\beta} + wct\,{}^2P_{m,N_2}\cdot ct\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} \tag{8.4.24}$$

iii) $N_1 > n \geq 0$ で $m = 0$ のとき

$$wcM_{o,n} = w_3 M_{o,n} + \sum_{\beta=0}^{N_2-1} wcr\,{}^2P_{o,\beta}\cdot cr M_{o,n}^{o,\beta} + wcr\,{}^2P_{o,N_2}\cdot cr\,{}^2M_{o,n}^{o,N_2} + \sum_{\beta=0}^{N_1-1} wcr\,{}^1P_{o,\beta}\cdot cr M_{o,n}^{o,\beta} + wcr\,{}^1P_{o,N_1}\cdot cr\,{}^1M_{o,n}^{o,N_1} +$$
$$\sum_{\beta=1}^{6}\frac{cm M_{o,n}^{o,\beta}}{S_{1,\beta}}\left\{\sum_{i=\beta}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{1,i}\cdot ct M_{1,\beta}^{1,i} + wct\,{}^2P_{1,N_2}\cdot ct\,{}^2M_{1,\beta}^{1,N_2} + \sum_{i=\beta}^{N_1-1} wct\,{}^1P_{1,i}\cdot ct M_{1,\beta}^{1,i} + wct\,{}^1P_{1,i}\cdot ct\,{}^1M_{1,\beta}^{1,N_1}\right\} \tag{8.4.25}$$

$m \neq 0$ のとき

$$wcM_{m,n} = w_3 M_{m,n} + \sum_{\beta=m}^{N_2-1} wcr\,{}^2P_{m,\beta}\cdot cr M_{m,n}^{m,\beta} + wcr\,{}^2P_{m,N_2}\cdot cr\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} + \sum_{\beta=m}^{N_1-1} wcr\,{}^1P_{m,\beta}\cdot cr M_{m,n}^{m,\beta} + wcr\,{}^1P_{m,N_1}\cdot cr\,{}^1M_{m,n}^{m,N_1} +$$
$$\sum_{\beta=m}^{N_2-1} wcs\,{}^2P_{m,\beta}\,{}^2cs M_{m,n}^{m,\beta} + wcs\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2cs M_{m,n}^{m,N_2} + \sum_{\beta=m}^{N_1-1} wcs\,{}^1P_{m,\beta}\,{}^1cs M_{m,n}^{m,\beta} + wcs\,{}^1P_{m,N_1}\,{}^1cs\,{}^1M_{m,n}^{m,N_1} +$$
$$\left[\frac{Sm,n-Sm-2,m}{(Sm,n-Sm-1,n)(Sm-1,n-Sm-2,n)}\left\{\sum_{i=n}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m,i}\cdot ct M_{m,n}^{m,i} + wct\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} + \sum_{i=n}^{N_1-1} wct\,{}^1P_{m,i}\cdot ct M_{m,n}^{m,i} + \right.\right.$$
$$wct\,{}^1P_{m,N_1}\,{}^1ct\,{}^1M_{m,n}^{m,N_1} - \sum_{i=m}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m-1,i}\cdot ct M_{m-1,n}^{m-1,i} - wct\,{}^2P_{m-1,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m-1,n}^{m-1,N_2} - \sum_{i=m}^{N_1-1} wct\,{}^1P_{m-1,i}\cdot ct\,{}^1M_{m-1,n}^{m-1,i} -$$
$$\left.\left. wct\,{}^1P_{m-1,N_1}\,{}^1ct\,{}^1M_{m-1,n}^{m-1,N_1}\right\} - \frac{Sm,n-Sm-1,n}{(Sm,n-Sm-2,n)(Sm-1,n-Sm-2,n)}\left\{\sum_{i=n}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m,i}\cdot ct M_{m,n}^{m,i} + wct\,{}^2P_{m,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m,n}^{m,N_2} + \right.$$
$$\sum_{i=m}^{N_1-1} wct\,{}^1P_{m,i}\cdot ct M_{m,n}^{m,i} + wct\,{}^1P_{m,N_1}\,{}^1ct\,{}^1M_{m,n}^{m,N_1} - \sum_{i=m}^{N_2-1} wct\,{}^2P_{m-2,i}\cdot ct\,{}^2M_{m-2,n}^{m-2,i} - wct\,{}^2P_{m-2,N_2}\,{}^2ct\,{}^2M_{m-2,n}^{m-2,N_2} - \sum_{i=m}^{N_1-1} wct\,{}^1P_{m-2,i}\,{}^1ct\,{}^1M_{m-2,n}^{m-2,i}$$

$$-wct^{1}P_{m-2,Ni}\,cet^{1}M_{m-2,m}^{m-2,Ni}\Big\}\Big\}cmM_{m,n}^{m,m}+\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}\Big\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct^{2}P_{m,i,c}\,etM_{m,\ell}^{m,i}+$$

$$wct^{2}P_{m,Ni}\,cet^{2}M_{m,\ell}^{m,N_2}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct^{2}P_{m-1,i,c}\,etM_{m-1,\ell}^{m-1,i}-wct^{2}P_{m-1,N_2}\,cet^{2}M_{m-1,\ell}^{m-1,N_2}\Big\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\Big\{$$

$$\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct^{2}P_{m+1,i,c}\,etM_{m+1,\ell}^{m+1,i}+wct^{2}P_{m+1,N_2}\,cet^{2}M_{m+1,\ell}^{m+1,N_2}-\sum_{i=\ell}^{N_2-1}wct^{2}P_{m,i}\,cetM_{m,\ell}^{m,i}-wct^{2}P_{m,N_2}\,cet^{2}M_{m,\ell}^{m,N_2}\Big\}\Big]\,cmM_{m,n}^{m,\ell}+$$

$$\sum_{\ell=m+1}^{N_1-1}\Big\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1}wct^{1}P_{m,i}\,cetM_{m,\ell}^{m,i}+wct^{1}P_{m,Ni}\,cetM_{m,\ell}^{m,Ni}-\sum_{i=\ell}^{N_1-1}wct^{1}P_{m-1,i,c}\,etM_{m-1,\ell}^{m-1,i}$$

$$-wct^{1}P_{m-1,Ni}\,cetM_{m-1,\ell}^{m-1,Ni}\Big\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1}wct^{1}P_{m+1,i,c}\,etM_{m+1,\ell}^{m+1,i}+wct^{1}P_{m+1,Ni}\,cetM_{m+1,\ell}^{m+1,Ni}$$

$$-\sum_{i=\ell}^{N_1-1}wct^{1}P_{m,i,c}\,etM_{m,\ell}^{m,i}-wct^{1}P_{m,Ni}\,cet^{1}M_{m,\ell}^{m,Ni}\Big\}\Big\}cmM_{m,n}^{m,\ell}\qquad(8.4.26)$$

$$wcV_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wcr^{2}P_{m,\ell,cr}\,\nabla_{m,n}^{m,\ell}+wcr^{2}P_{m,N_2,cr}\,{}^{2}\nabla_{m,n}^{m,N_2}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1}wcr^{1}P_{m,\ell,cr}\,\nabla_{m,n}^{m,\ell}+wcr^{1}P_{m,Ni,cr}\,{}^{1}\nabla_{m,n}^{m,Ni}+$$

$$\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wcs^{2}P_{m,\ell,cs}\,\nabla_{m,n}^{m,\ell}+wcs^{2}P_{m,N_2,cs}\,{}^{2}\nabla_{m,n}^{m,N_2}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1}wcs^{1}P_{m,\ell,cs}\,\nabla_{m,n}^{m,\ell}+wcs^{1}P_{m,Ni,cs}\,{}^{1}\nabla_{m,n}^{m,Ni}\qquad(8.4.27)$$

$$wcH_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wcr^{2}P_{m,\ell,cr}\,H_{m,n}^{m,\ell}+wcr^{2}P_{m,N_2,cr}\,{}^{2}H_{m,n}^{m,N_2}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1}wcr^{1}P_{m,\ell,cr}\,H_{m,n}^{m,\ell}+wcr^{1}P_{m,Ni,cr}\,{}^{1}H_{m,n}^{m,Ni}+$$

$$\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wcs^{2}P_{m,\ell,cs}\,H_{m,n}^{m,\ell}+wcs^{2}P_{m,N_2,cs}\,{}^{2}H_{m,n}^{m,N_2}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1}wcs^{1}P_{m,\ell,cs}\,H_{m,n}^{m,\ell}+wcs^{1}P_{m,Ni,cs}\,{}^{1}H_{m,n}^{m,Ni}\qquad(8.4.28)$$

$$wcM_{m,n}=\sum_{\ell=m}^{N_2-1}wct^{2}P_{m,\ell,ct}\,M_{m,n}^{m,\ell}+wct^{2}P_{m,N_2,ct}\,{}^{2}M_{m,n}^{m,N_2}+\sum_{\ell=m}^{N_1-1}wct^{1}P_{m,\ell,ct}\,M_{m,n}^{m,\ell}+wct^{1}P_{m,Ni,ct}\,{}^{1}M_{m,n}^{m,Ni}$$

$$(8.4.29)$$

自重によるアーチの不静定力は

i) $6\geqq n>N_2$ のとき

$$waM_{m,n}=waH_{m,n}=waV_{m,n}=0\qquad(8.4.30)$$

ii) $n=N_2$ のとき

$$waM_{m,N_2}=waH_{m,N_2}=waV_{m,N_2}=0\qquad(8.4.31)$$

$$waM'_{m,N_2}=-\sum_{k=0}^{N_2}wcr^{2}P_{k,N_2,ar}\,M_{m,N_2}^{k,N_2}-\sum_{k=1}^{N_2}wcs^{2}P_{k,N_2,as}\,M_{m,N_2}^{k,N_2}-\sum_{k=1}^{N_2}wct^{2}P_{k,N_2,at}\,M_{m,N_2}^{k,N_2}\qquad(8.4.32)$$

$$waH'_{m,N_2}=-\sum_{k=0}^{N_2}wcr^{2}P_{k,N_2,ar}\,H_{m,N_2}^{k,N_2}-\sum_{k=1}^{N_2}wcs^{2}P_{k,N_2,as}\,H_{m,N_2}^{k,N_2}-\sum_{k=1}^{N_2}wct^{2}P_{k,N_2,at}\,H_{m,N_2}^{k,N_2}\qquad(8.4.33)$$

$$waV'_{m,N_2}=-\sum_{k=0}^{N_2}wcr^{2}P_{k,N_2,ar}\,V_{m,N_2}^{k,N_2}-\sum_{k=1}^{N_2}wcs^{2}P_{k,N_2,as}\,V_{m,N_2}^{k,N_2}-\sum_{k=1}^{N_2}wct^{2}P_{k,N_2,at}\,V_{m,N_2}^{k,N_2}\qquad(8.4.34)$$

iii) $N_2>n>N_1$ のとき

$$waM_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n}wcr^{2}P_{k,n,ar}\,M_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wcs^{2}P_{k,n,as}\,M_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wct^{2}P_{k,n,at}\,M_{m,n}^{k,n}-$$

$$K_n^{c}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^{2}P_{n,\ell}\,(cr\nabla_{n,n}^{n,\ell}\,ar\,M_{m,n}^{c}+crH_{n,n}^{n,\ell}\,asM_{m,n}^{c})+wcs^{2}P_{n,\ell}\,(cs\nabla_{n,n}^{n,\ell}\,ar\,M_{m,n}^{c}+$$

$$csH_{n,n}^{n,\ell}\,asM_{m,n}^{c})-wct^{2}P_{n,\ell}\,cetM_{n,n}^{n,\ell}\,atM_{m,n}^{c}\Big\}+wcr^{2}P_{n,N_2}\,(^{2}cr\nabla_{n,n}^{n,N_2}\,ar\,M_{m,n}^{c}+cr^{2}H_{n,n}^{n,N_2}\,asM_{m,n}^{c})$$

$$+wcs^{2}P_{n,N_2}\,(cs^{2}\nabla_{n,n}^{n,N_2}\,ar\,M_{m,n}^{c}+{}^{2}csH_{n,n}^{n,N_2}\,asM_{m,n}^{c})-wct^{2}P_{n,N_2}\,cetM_{n,n}^{n,N_2}\,atM_{m,n}^{c}\Big)\qquad(8.4.35)$$

$$waH_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n}wcr^{2}P_{k,n,ar}\,H_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wcs^{2}P_{k,n,as}\,H_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wct^{2}P_{k,n,at}\,H_{m,n}^{k,n}-$$

$$K_n^c\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{n,\ell}\,(cr\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c}+crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asH_{n,n}^{c})+wcs^2P_{n,\ell}\,(cs\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c}+csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c})-wct^2P_{n,\ell}\cdot ct\mathcal{M}_{n,n}^{n,\ell}\cdot atH_{m,n}^{c}\Big\}+wcr^2P_{n,N_2}\,(cr\nabla_{n,n}^{n,N_2}\cdot arH_{m,n}^{c}+{}^2crH_{n,n}^{n,N_2}\cdot asH_{m,n}^{c})+wcs^2P_{n,N_2}\,({}^2cs\nabla_{n,n}^{n,N_2}\cdot arH_{m,n}^{c}+{}^2csH_{n,n}^{n,N_2}\cdot asH_{m,n}^{c})-wct^2P_{n,N_2}\cdot ct\mathcal{M}_{n,n}^{n,N_2}\cdot atH_{m,n}^{c}\Big]\qquad(8.4.36)$$

$$waV_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n}wcr^2P_{k,n}\cdot arV_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=n}^{n}wcs^2P_{k,n}\cdot asV_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}wct^2P_{k,n}\cdot atV_{m,n}^{k,n}-K_n^c\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{n,\ell}\,(cr\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot arV_{m,n}^{c}+crH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asV_{m,n}^{c})+wcs^2P_{n,\ell}\,(cs\nabla_{n,n}^{n,\ell}\cdot arV_{m,n}^{c}+csH_{n,n}^{n,\ell}\cdot asV_{m,n}^{c})-wct^2P_{n,\ell}\cdot ct\mathcal{M}_{n,n}^{n,\ell}\cdot atV_{m,n}^{c}\Big\}+wcr^2P_{n,N_2}\,(cr\nabla_{n,n}^{n,N_2}\cdot arV_{m,n}^{c}+{}^2crH_{n,n}^{n,N_2}\cdot asV_{m,n}^{c})+wcs^2P_{n,N_2}\,({}^2cs\nabla_{n,n}^{n,N_2}\cdot arV_{m,n}^{c}+{}^2csH_{n,n}^{n,N_2}\cdot asV_{m,n}^{c})-wct^2P_{n,N_2}\cdot ct\mathcal{M}_{n,n}^{n,N_2}\cdot atV_{m,n}^{c}\Big]\qquad(8\cdot4\cdot37)$$

iv) $n=N_1$ のとき

$$waM_{m,N_1}=-\sum_{k=0}^{N_1}wcr^2P_{k,N_1}\cdot arM_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wcs^2P_{k,N_1}\cdot asM_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wct^2P_{k,N_1}\cdot atM_{m,N_1}^{k,N_1}-K_{N_1}^c\Big[\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{N_1,\ell}\,(cr\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot arM_{m,N_1}^{c}+crH_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot asM_{m,N_1}^{c})+wcs^2P_{N_1,\ell}\,(cs\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot arM_{m,N_1}^{c}+csH_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot asM_{m,N_1}^{c})-wct^2P_{N_1,\ell}\cdot ctM_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot atM_{m,N_1}^{c}\Big\}+wcr^2P_{N_1,N_2}\,(cr^2\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot arM_{m,N_1}^{c}+cr^2H_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot asM_{m,N_1}^{c})+wcs^2P_{N_1,N_2}\,(cs^2\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot arM_{m,N_1}^{c}+cs^2H_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot asM_{m,N_1}^{c})-wct^2P_{N_1,N_2}\cdot ct^2\mathcal{M}_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot atM_{m,N_1}^{c}\Big]\qquad(8\cdot4\cdot38)$$

$$waH_{m,N_1}=-\sum_{k=0}^{N_1}wcr^2P_{k,N_1}\cdot arH_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wcs^2P_{k,N_1}\cdot asH_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wct^2P_{k,N_1}atH_{m,N_1}^{k,N_1}-K_{N_1}^c\Big[\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{N_1,\ell}\,(cr\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot arH_{m,N_1}^{c}+crH_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot asH_{m,N_1}^{c})+wcs^2P_{N_1,\ell}\,(cs\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot arH_{m,N_1}^{c}+csH_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot asH_{m,N_1}^{c})-wct^2P_{N_1,\ell}\cdot ct\mathcal{M}_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot atH_{m,N_1}^{c}\Big\}+wcr^2P_{N_1,N_2}\,(cr^2\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot arH_{m,N_1}^{c}+cr^2H_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot asH_{m,N_1}^{c})+wcs^2P_{N_1,N_2}\,(cs^2\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot arH_{m,N_1}^{c}+cs^2H_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot asH_{m,N_1}^{c})-wct^2P_{N_1,N_2}\cdot ct^2\mathcal{M}_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot atH_{m,N_1}^{c}\Big]\qquad(8\cdot4\cdot39)$$

$$waV_{m,N_1}=-\sum_{k=0}^{N_1}wcr^2P_{k,N_1}\cdot arV_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wcs^2P_{k,N_1}\cdot asV_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wct^2P_{k,N_1}\cdot atV_{m,N_1}^{k,N_1}-K_{N_1}^c\Big[\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\Big\{wcr^2P_{N_1,\ell}\,(cr\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot arV_{m,N_1}^{c}+crH_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot asV_{m,N_1}^{c})+wcs^2P_{N_1,\ell}\,(cs\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot arV_{m,N_1}^{c}+csH_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot asV_{m,N_1}^{c})-wct^2P_{N_1,\ell}\cdot ct\mathcal{M}_{N_1,N_1}^{N_1,\ell}\cdot atV_{m,N_1}^{c}\Big\}+wcr^2P_{N_1,N_2}\,(cr\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot arV_{m,N_1}^{c}+{}^2crH_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot asV_{m,N_1}^{c})+wcs^2P_{N_1,N_2}\,({}^2cs\nabla_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot arV_{m,N_1}^{c}+cs^2H_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot asV_{m,N_1}^{c})-wct^2P_{N_1,N_2}\,ct^2\mathcal{M}_{N_1,N_1}^{N_1,N_2}\cdot atV_{m,N_1}^{c}\Big]\qquad(8.4.40)$$

$$waM'_{m,N_1}=waM_{m,N_1}-\sum_{k=0}^{N_1}wcr'P_{k,N_1}\cdot arM_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wcs'P_{k,N_1}\cdot asM_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wct'P_{k,N_1}\cdot atM_{m,N_1}^{k,N_1}\qquad(8.4.41)$$

$$waH'_{m,N_1}=waH_{m,N_1}-\sum_{k=0}^{N_1}wcr'P_{k,N_1}\cdot arH_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wcs'P_{k,N_1}\cdot asH_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wct'P_{k,N_1}atH_{m,N_1}^{k,N_1}\qquad(8\cdot4\cdot42)$$

$$waV'_{m,N_1}=waV_{m,N_1}-\sum_{k=0}^{N_1}wcr'P_{k,N_1}\cdot arV_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wcs'P_{k,N_1}\cdot asV_{m,N_1}^{k,N_1}-\sum_{k=1}^{N_1}wct'P_{k,N_1}atV_{m,N_1}^{k,N_1}\qquad(8\cdot4\cdot43)$$

v) $N_1>n\geq 0$ のとき

$$waM_{m,n}=-\sum_{k=0}^{n}(wcr^2P_{k,n}+wcr'P_{k,n})\cdot arM_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}(wcs^2P_{k,n}+wcs'P_{k,n})\cdot asM_{m,n}^{k,n}-\sum_{k=1}^{n}(wct^2P_{k,n}+$$

$$wct^{1}P_{k.n}\cdot atM^{k.n}_{m.n} - K^{c}_{n}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^{2}P_{n.\ell}\,(cr\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + crH^{n.\ell}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) + wcs^{2}P_{n.\ell}(cs\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + csH^{n.\ell}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) - wct^{2}P_{n.\ell}\cdot ctM^{n.\ell}_{n.n}\cdot atM^{c}_{m.n}\Big\} + wcr^{2}P_{n.N_2}(cr\nabla^{n.N_2}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + crH^{n.N_2}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) + wcs^{2}P_{n.N_2}(cs\nabla^{n.N_2}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + csH^{n.N_2}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) - wct^{2}P_{n.N_2}\cdot ctM^{n.N_2}_{n.n}\cdot atM^{c}_{m.n} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1}\Big\{wcr^{1}P_{n.\ell}\,(cr\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + crH^{n.\ell}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) + wcs^{1}P_{n.\ell}(cs\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + csH^{n.\ell}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) - wct^{1}P_{n.\ell}\cdot ctM^{n.\ell}_{n.n}\cdot atM^{c}_{m.n}\Big\} + wcr^{1}P_{n.N_1}(cr\nabla^{n.N_1}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + crH^{n.N_1}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) + wcs^{1}P_{n.N_1}(cs\nabla^{n.N_1}_{n.n}\cdot arM^{c}_{m.n} + csH^{n.N_1}_{n.n}\cdot asM^{c}_{m.n}) - wct^{1}P_{n.N_1}\cdot ctM^{n.N_1}_{n.n}\cdot atM^{c}_{m.n}\Big] \qquad (8.4.44)$$

$$waH_{m.n} = -\sum_{k=0}^{n}(wcr^{2}P_{k.n} + wcr^{1}P_{k.n})\cdot arH^{k.n}_{m.n} - \sum_{k=1}^{n}(wcs^{2}P_{k.n} + wcs^{1}P_{k.n})\,asH^{k.n}_{m.n} - \sum_{k=1}^{n}(wct^{2}P_{k.n} + wct^{1}P_{k.n})\,atH^{k.n}_{m.n} - K^{c}_{n}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^{2}P_{n.\ell}\,(cr\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + crH^{n.\ell}_{n.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) + wcs^{2}P_{n.\ell}\,(cs\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + csH^{n.\ell}_{n.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) - wct^{2}P_{n.\ell}\cdot ctM^{n.\ell}_{n.n}\,atH^{c}_{m.n}\Big\} + wcr^{2}P_{n.N_2}(cr\nabla^{n.N_2}_{n.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + crH^{n.N_2}_{n.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) + wcs^{2}P_{n.N_2}(cs\nabla^{n.N_2}_{n.n}\,arHmn + csH^{n.N_2}_{n.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) - wct^{2}P_{n.N_2}\,ctM^{n.N_2}_{n.n}\cdot atH^{c}_{m.n} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1}\Big\{wcr^{1}P_{n.\ell}\,(cr\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + crH^{n.\ell}_{n.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) + wcs^{1}P_{n.\ell}\,(cs\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + csH^{n.\ell}_{m.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) - wct^{1}P_{n.\ell}\cdot ctM^{n.\ell}_{nn}\cdot atH^{c}_{m.n}\Big\} + wcr^{1}P_{n.N_1}(cr\nabla^{n.N_1}_{n.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + crH^{n.N_1}_{n.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) + wcs^{1}P_{n.N_1}(cs\nabla^{n.N_1}_{n.n}\cdot arH^{c}_{m.n} + cs^{1}H^{n.N_1}_{n.n}\cdot asH^{c}_{m.n}) - wct^{1}P_{n.N_1}\,ctM^{n.N_1}_{n.n}\cdot atH^{c}_{m.n}\Big] \qquad (8.4.45)$$

$$wa\nabla_{m.n} = -\sum_{k=0}^{n}(wcr^{2}P_{k.n} + wcr^{1}P_{k.n})\,ar\nabla^{k.n}_{m.n} - \sum_{k=1}^{n}(wcs^{2}P_{k.n} + wcs^{1}P_{k.n})\,as\nabla^{k.n}_{m.n} - \sum_{k=1}^{n}(wct^{2}P_{k.n} + wct^{1}P_{k.n})\times at\nabla^{k.n}_{m.n} - K^{c}_{n}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\Big\{wcr^{2}P_{n.\ell}\,(cr\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + crH^{n.\ell}_{n.n}\cdot as\nabla^{c}_{m.n}) + wcs^{2}P_{n.\ell}\,(cs\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + csH^{n.\ell}_{n.n}\cdot as\nabla^{c}_{n.n}) - wct^{2}P_{n.\ell}\cdot ctM^{n.\ell}_{n.n}\,at\nabla^{c}_{m.n}\Big\} + wcr^{2}P_{n.N_2}(cr\nabla^{n.N_2}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + cr^{2}H^{n.N_2}_{n.n}\,as\nabla^{c}_{m.n}) + wcs^{2}P_{n.N_2}(cs\nabla^{n.N_2}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + cs^{2}H^{n.N_2}_{n.n}\,as\nabla^{c}_{m.n}) - wct^{2}P_{n.N_2}\cdot ctM^{n.N_2}_{n.n}\cdot at\nabla^{c}_{m.n} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1}\Big\{wcr^{1}P_{n.\ell}(cr\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + crH^{n.\ell}_{n.n}\cdot as\nabla^{c}_{m.n}) + wcs^{1}P_{n.\ell}(cs\nabla^{n.\ell}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + csH^{n.\ell}_{n.n}\cdot as\nabla^{c}_{m.n}) - wct^{1}P_{n.\ell}\,ctM^{n.\ell}_{n.n}\cdot at\nabla^{c}_{m.n}\Big\} + wcr^{1}P_{n.N_1}(cr\nabla^{n.N_1}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + cr^{1}H^{n.N_1}_{n.n}\cdot as\nabla^{c}_{m.n}) wcs^{1}P_{n.N_1}(cs\nabla^{n.N_1}_{n.n}\cdot ar\nabla^{c}_{m.n} + csH^{n.N_1}_{n.n}\cdot as\nabla^{c}_{m.n}) - wct^{1}P_{n.N_1}\cdot ct^{1}M^{n.N_1}_{n.n}\cdot at\nabla^{c}_{m.n}\Big]. \qquad (8.4.46)$$

$c(\Delta r)_{m.n}\cdot tc(\Delta r)_{m.n}$ は $m = 0, 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+1 \cdots\cdots 7$ について計算する。

$c(\Delta S)_{m.n}$, $c(\Delta\theta)_{m.n}$, $tc(\Delta S)_{m.n}$, $tc(\Delta\theta)_{m.n}$ は $m = 1, 2, \cdots 6$, $n = m, m+1 \cdots\cdots 7$ について計算する。

$a(\Delta r)_{m.n}$, $a(\Delta S)_{m.n}$, $a(\Delta\theta)_{m.n}$, $ta(\Delta r)_{m.n}$, $ta(\Delta S)_{m.n}$, $ta(\Delta\theta)_{m.n}$ は $n = 1, 2 \cdots\cdots 6$, $m = 0, 1, 2 \cdots n$ について計算する。

$cM_{m.n}, c\nabla_{m.n}, cH_{m.n}, c^{t}M_{m.n}, tcM_{m.n}, tc\nabla_{m.n}, tcH_{m.n}, tc^{t}M_{m.n}, wcM_{m.n}, wc\nabla_{m.n}, wcH_{m.n}, wc^{t}M_{m.n}$ は $m = 0, 1 \cdots\cdots 6$, $n = m, m+1, \cdots\cdots 6$ について計算する。

$aM_{m.n}, a\nabla_{m.n}, aH_{m.n}, taM_{m.n}, ta\nabla_{m.n}, taH_{m.n}, waM_{m.n}, wa\nabla_{m.n}, waH_{m.n}$ は $n = 1, 2 \cdots\cdots 6$, $m = 0, 1, \cdots\cdots n$ について計算する。

第9節　応力計算

9-1.　鉛直水平応力

点(m,n)の外荷重による片持梁応力は

$$c\sigma_{u,m,n} = \frac{vW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} l g_{m,n} \qquad (9.1.1)$$

$$c\sigma_{d,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.2)$$

(m,n)の温度荷重による片持梁応力は

$$t\sigma_{u,m,n} = \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} l g_{m,n} \qquad (9.1.3)$$

$$t\sigma_{d,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.4)$$

(m,n)の自重による片持梁応力は

$$w\sigma_{u,m,n} = \frac{wW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} l g_{m,n} \qquad (9.1.5)$$

$$w\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.6)$$

(m,n)の全片持梁応力は

$$\sigma_{u,m,n} = c\sigma_{u,m,n} + t\sigma_{u,m,n} + w\sigma_{u,m,n} \qquad (9.1.7)$$

$$\sigma_{d,m,n} = c\sigma_{d,m,n} + t\sigma_{d,m,n} + w\sigma_{d,m,n} \qquad (9.1.8)$$

点(m,n)の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma_{E,m,n} = \frac{aH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{aM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.9)$$

$$c\sigma_{I,m,n} = \frac{aH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{aM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.10)$$

(m,n)の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma_{E,m,n} = \frac{taH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{taM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.11)$$

$$t\sigma_{I,m,n} = \frac{taH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{taM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.12)$$

(m,n)の自重によるアーチ応力は

$$w\sigma_{E,m,n} = \frac{waH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{waM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.13)$$

$$w\sigma_{I,m,n} = \frac{waH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{waM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.14)$$

この外 $n=N_1$ および $n=N_2$ にては

$$w\sigma'_{E,m,n} = \frac{waH'_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{waM'_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.15)$$

$$w\sigma'_{I,m,n} = \frac{waH'_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{waM'_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.16)$$

より計算する．(m,n)の全アーチ応力は

$$\sigma_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} + w\sigma_{E,m,n} \qquad (9.1.17)$$

$$\sigma_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} + w\sigma_{I,m,n} \qquad (9.1.18)$$

この外 $n=N_1$, $n=N_2$ にては

$$\sigma'_{\varepsilon,m,n} = c\sigma_{\varepsilon,m,n} + t\sigma_{\varepsilon,m,n} + w\sigma_{\varepsilon,m,n} \quad (9.1.19)$$

$$\sigma'_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} + w\sigma_{I,m,n} \quad (9.1.20)$$

点 (m,n) の外荷重による剪断応力は

$$c\tau_{u,m,n} = -\frac{cH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} l g_{m,n} \quad (9.1.21)$$

$$c\tau_{d,m,n} = c\tau_{u,m,n} + \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \quad (9.1.22)$$

(m,n) の温度荷重による剪断応力は

$$t\tau_{u,m,n} = -\frac{tcH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} l g_{m,n} \quad (9.1.23)$$

$$t\tau_{d,m,n} = t\tau_{u,m,n} + \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \quad (9.1.24)$$

(m,n) の自重による剪断応力は

$$w\tau_{u,m,n} = -\frac{wcH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} l g_{m,n} \quad (9.1.25)$$

$$w\tau_{d,m,n} = w\tau_{u,m,n} + \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \quad (9.1.26)$$

(m,n) の全剪断応力は

$$\tau_{u,m,n} = c\tau_{u,m,n} + t\tau_{u,m,n} + w\tau_{u,m,n} \quad (9.1.27)$$

$$\tau_{d,m,n} = c\tau_{d,m,n} + t\tau_{d,m,n} + w\tau_{d,m,n} \quad (9.1.28)$$

(9.1.1)～(9.1.8) を $m=0,1,\cdots 6$, $n=m, m+1, \cdots 6$ について計算する。

(9.1.9)～(9.1.14), (9.1.17), (9.1.18) を $n=1,2,\cdots 6$, $m=0,1,2,\cdots n$ について計算する。

(9.1.15), (9.1.16), (9.1.19), (9.1.20) を $n=N_1$, $m=0,1,\cdots N_1$ と $n=N_2$, $m=0,1,\cdots N_2$ について計算する。(9.1.21)～(9.1.28) を $m=1,2,\cdots 6$, $n=m, m+1 \cdots 6$ について計算する。

9-2 主応力計算

$$d\varepsilon_{m,n} = c\varepsilon_{m,n} - \frac{T_{m,n}}{2} \quad (9.2.1)$$

i) $6 \geq n \geq m+1$ のとき

$$\tan u\delta_{m,n} = -\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{u\varepsilon_{m,n+1}\sec(\phi_{m,n} - \phi_{m,n+1}) - u\varepsilon_{m,n}}{Z_{n+1} - Z_n} - \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \times \frac{u\varepsilon_{m,n} - u\varepsilon_{m,n-1}\sec(\phi_{m,n-1} - \phi_{m,n})}{Z_n - Z_{n-1}} \quad (9.2.2)$$

$$\tan d\delta_{m,n} = -\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{d\varepsilon_{m,n+1}\sec(\phi_{m,n} - \phi_{m,n+1}) - d\varepsilon_{m,n}}{Z_{n+1} - Z_n} - \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \times \frac{d\varepsilon_{m,n} - d\varepsilon_{m,n-1}\sec(\phi_{m,n-1} - \phi_{m,n})}{Z_n - Z_{n-1}} \quad (9.2.3)$$

ii) $n=m$ のとき

$$\tan u\delta_{m,m} = -\frac{Z_{m+1} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}} \cdot \frac{u\varepsilon_{m,m+0.5}\sec(\phi_{m,m} - \phi_{m,m+0.5}) - u\varepsilon_{m,m}}{Z_{m+0.5} - Z_m} + \frac{Z_{m+0.5} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}} \times \frac{u\varepsilon_{m,m+1}\sec(\phi_{m,m} - \phi_{m,m+1}) - u\varepsilon_{m,m}}{Z_{m+1} - Z_m} \quad (9.2.4)$$

$$\tan d\delta_{m,m} = -\frac{Z_{m+1} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}} \cdot \frac{d\varepsilon_{m,m+0.5}\sec(\phi_{m,m} - \phi_{m,m+0.5}) - d\varepsilon_{m,m}}{Z_{m+0.5} - Z_m} + \frac{Z_{m+0.5} - Z_m}{Z_{m+1} - Z_{m+0.5}}$$

$$\frac{d\ell_{m,m+1}\sec(\phi_{m,m}-\phi_{m,m+1})-d\ell_{m,m}}{z_{m+1}-z_m} \tag{9.2.5}$$

i) $0 \leqq \phi_{m,n} \leqq {}_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\tan u\beta_{m,n}=0 \tag{9.2.6}$$

ii) ${}_1\phi_{A,n}<\phi_{m,n}$ で $T=+1$ のとき

$$\tan u\beta_{m,n}=\frac{T_{A,n}-T_{E,n}}{2\cdot r_{m,n}}\cdot\frac{\sin(\phi_{m,n}-{}_1\phi_{A,n})}{\mathrm{vers}\,\phi_{A,n}} \tag{9.2.7}$$

iii) ${}_1\phi_{A,n}<\phi_{m,n}$ で $T=-1$ のとき

$$\tan u\beta_{m,n}=\frac{(T_{A,n}-T_{E,n})\cos(\phi_{m,n}-{}_1\phi_{A,n})\sin(\phi_{m,n}-{}_1\phi_{A,n})}{2r_{m,n}\cdot\mathrm{vers}(\phi_{A,n}-{}_1\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m,n}-{}_1\phi_{A,n})} \tag{9.2.8}$$

$$\tan d\beta_{m,n}=-\tan u\beta_{m,n} \tag{9.2.9}$$

$$\tan u\alpha'_{m,n}=\tan u\alpha_{m,n}\cdot\cos u\beta_{m,n} \tag{9.2.10}$$

$$\tan d\alpha'_{m,n}=\tan d\alpha_{m,n}\cdot\cos d\beta_{m,n} \tag{9.2.11}$$

$$\sec u\alpha'_{m,n}=\sqrt{1+(\tan u\alpha'_{m,n})^2} \tag{9.2.12}$$

$$\sec d\alpha'_{m,n}=\sqrt{1+(\tan d\alpha'_{m,n})^2} \tag{9.2.13}$$

$$\sec u\beta_{m,n}=\sqrt{1+(\tan u\beta_{m,n})^2} \tag{9.2.14}$$

$$\sec d\beta_{m,n}=\sqrt{1+(\tan d\beta_{m,n})^2} \tag{9.2.15}$$

これら(9.2.1)~(9.2.14)を $m=0,1,2\cdots 6$, $n=m, m+1\cdots 6$ について計算する.

i) $m=0$, $n=0$ のとき

$$z\delta u_{0,0}=\sigma u_{,0,0}\sec^2 u\alpha'_{0,0}-p_{0,0}\tan^2 u\alpha'_{0,0} \tag{9.2.16}$$

$$z\delta d_{,0,0}=\sigma d_{,0,0}\sec^2 d\alpha'_{0,0} \tag{9.2.17}$$

ii) $m=0$ $0<n\leqq 6$ のとき

$$y\delta u_{0,n}=\sigma\varepsilon_{,0,n}\sec^2 u\beta_{0,n}+\sigma u_{,0,n}\tan^2 u\alpha'_{0,n}\tan^2 u\beta_{0,n}-p_{0,n}\sec^2 u\alpha'_{0n}\tan^2 u\beta_{0,n} \tag{9.2.18}$$

$$z\delta u_{,0,n}=\sigma u_{,0,n}\sec^2 u\alpha'_{0,n}-p_{0,n}\tan^2 u\alpha'_{0,n} \tag{9.2.19}$$

$$y\delta d_{,0,n}=\sigma\iota_{,0,n}\sec^2 d\beta_{0,n}+\sigma\lambda_{,0,n}\tan^2 d\alpha'_{0,n}\tan^2 d\beta_{0,n} \tag{9.2.20}$$

$$z\delta\lambda_{,0,n}=\sigma d_{,0,n}\sec^2 d\alpha'_{0,n} \tag{9.2.21}$$

および $n=N_1$ および $n=N_2$ のとき

$$y\delta u'_{0,n}=\sigma\varepsilon_{,0,n}\sec^2 u\beta_{0,n}+\sigma u_{,0,n}\tan^2 u\alpha'_{0,n}\tan^2 u\beta_{0,n}-p_{0,n}\sec^2 u\alpha'_{0,n}\tan^2 u\beta_{0,n} \tag{9.2.22}$$

$$y\delta d'_{0,n}=\sigma\iota_{,0,n}\sec^2 d\beta_{0,n}+\sigma\lambda_{,0,n}\tan^2 d\alpha'_{0,n}\tan^2 d\beta_{0,n} \tag{9.2.23}$$

も計算する.

iii) $0<m\leqq 6$ $m\leqq n\leqq 6$ のとき

$$y\delta u_{,m,n}=\sigma\varepsilon_{,m,n}\sec^2 u\beta_{m,n}+\sigma u_{,m,n}\tan^2 u\alpha'_{m,n}\tan^2 u\beta_{m,n}-p_{m,n}\sec^2 u\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2 u\beta_{m,n}$$
$$+2\tau_{u,m,n}\cdot\tan u\alpha'_{m,n}\cdot\tan u\beta_{m,n}\sec u\beta_{m,n} \tag{9.2.24}$$

$$z\delta u_{,m,n}=\sigma u_{,m,n}\sec^2 u\alpha'_{m,n}-p_{m,n}\tan^2 u\alpha'_{m,n} \tag{9.2.25}$$

$$yz\tau_{u,m,n}=\tau_{u,m,n}\sec u\alpha'_{m,n}\cdot\sec u\beta_{m,n}+(\sigma u_{,m,n}-p_{m,n})\tan u\alpha'_{m,n}\sec u\alpha'_{m,n}\cdot\tan u\beta_{m,n} \tag{9.2.26}$$

$$y\delta d_{,m,n}=\sigma\iota_{,m,n}\sec^2 d\beta_{m,n}+\sigma d_{,m,n}\tan^2 d\alpha'_{m,n}\tan^2 d\beta_{m,n}+2\tau_{d,m,n}\tan d\alpha'_{m,n}\cdot\tan d\beta_{m,n}\sec d\beta_{m,n} \tag{9.2.27}$$

$$z\delta d_{,m,n}=\sigma d_{,m,n}\sec^2 d\alpha'_{m,n} \tag{9.2.28}$$

$$yz\tau_{d,m,n}=\tau_{d,m,n}\sec d\alpha'_{m,n}\sec d\beta_{m,n}+\sigma d_{,m,n}\tan d\alpha'_{m,n}\sec d\alpha'_{m,n}\tan d\beta_{m,n} \tag{9.2.29}$$

なお $n=N_1$ および $n=N_2$ のとき

$$ {}_y\delta u'_{m,n} = \delta\varepsilon_{m,n}\sec^2\beta_{m,n} + \delta u_{m,n}\tan^2 u\alpha'_{m,n}\tan^2\beta_{m,n} - p_{m,n}\sec^2 u\alpha'_{m,n}\tan^2 u\beta_{m,n} + 2\tau_{u,m,n}\tan u\alpha'_{m,n}\tan u\beta_{m,n}\sec u\beta_{m,n} \quad (9.2.30) $$

$$ {}_y\delta d'_{m,n} = \delta\varepsilon_{m,n}\sec^2\beta_{m,n} + \delta d_{m,n}\tan^2\alpha'_{m,n}\tan^2\beta_{m,n} + 2\tau_{d,m,n}\tan\alpha'_{m,n}\tan\beta_{m,n}\sec\beta_{m,n} \quad (9.2.31) $$

も計算する.

${}_z\delta u_{m,n}$, ${}_z\delta d_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots 6$, $n=m, m+1, \cdots 6$ について ${}_y\delta u_{m,n}$, ${}_y\delta d_{m,n}$ を $n=1,2\cdots 6$, $m=0,1,2\cdots n$ について ${}_y z\tau_{um,n}$, ${}_y z\tau_{dm,n}$ を $m=1,2\cdots 6$ $n=m, m+1, \cdots 6$ について, ${}_y\delta'_{m,n}$, ${}_y\delta'_{d,m,n}$ を $n=N_1, m=0,1,2\cdots N_1$ および $n=N_2$, $m=0,1,2\cdots N_2$ について計算する.

i) $m=0$, $n=0$ で

イ) ${}_z\delta u_{0,0} \geq 0$ のとき

$$ {}_1\delta u_{0,0} = {}_z\delta u_{0,0} \quad (9.2.32) $$

$$ {}_2\delta u_{0,0} = 0 \quad (9.2.33) $$

$$ {}_u\theta_{0,0} = 90^\circ \quad (9.2.34) $$

ロ) ${}_z\delta u_{0,0} < 0$ のとき

$$ {}_1\delta u_{0,0} = 0 \quad (9.2.35) $$

$$ {}_2\delta u_{0,0} = {}_z\delta u_{0,0} \quad (9.2.36) $$

$$ {}_u\theta_{0,0} = 0 \quad (9.2.37) $$

$$ {}_1\delta d_{0,0} = {}_z\delta d_{0,0} \quad (9.2.38) $$

$$ {}_2\delta d_{0,0} = 0 \quad (9.2.39) $$

$$ {}_d\theta_{0,0} = 90^\circ \quad (9.2.40) $$

ii) $m=0$, $0<n\leq 6$ で

イ) ${}_y\delta u_{0,n} \geq {}_z\delta u_{0,n}$ のとき

$$ {}_1\delta u_{0,n} = {}_y\delta u_{0,n} \quad (9.2.41) $$

$$ {}_2\delta u_{0,n} = {}_z\delta u_{0,n} \quad (9.2.42) $$

$$ {}_u\theta_{0,n} = 0^\circ \quad (9.2.43) $$

ロ) ${}_y\delta u_{0,n} < {}_z\delta u_{0,n}$ のとき

$$ {}_1\delta u_{0,n} = {}_z\delta u_{0,n} \quad (9.2.44) $$

$$ {}_2\delta u_{0,n} = {}_y\delta u_{0,n} \quad (9.2.45) $$

$$ {}_u\theta_{0,n} = 90^\circ \quad (9.2.46) $$

ハ) ${}_y\delta d_{0,n} \geq {}_z\delta d_{0,n}$ のとき

$$ {}_1\delta d_{0,n} = {}_y\delta d_{0,n} \quad (9.2.47) $$

$$ {}_2\delta d_{0,n} = {}_z\delta d_{0,n} \quad (9.2.48) $$

$$ {}_d\theta_{0,n} = 0 \quad (9.2.49) $$

ニ) ${}_y\delta d_{0,n} < {}_z\delta d_{0,n}$

$$ {}_1\delta d_{0,n} = {}_z\delta d_{0,n} \quad (9.2.50) $$

$$z\delta_{d,o,n} = y\delta_{d,o,n} \tag{9.2.51}$$

$$d\theta_{o,n} = 90^\circ \tag{9.2.52}$$

なお ${}_1\delta'_{u,o,n}$, ${}_z\delta'_{u,o,n}$, ${}_1\delta'_{d,o,n}$, ${}_z\delta'_{d,o,n}$, $u\theta'_{o,n}$, $d\theta'_{o,n}$ を $n=N_1$ のとき および $n=N_2$ のとき (9.2.41) ～ (9.2.52) において $y\delta_{u,o,n}$ $y\delta_{d,o,n}$ を $y\delta'_{u,m,n}$, $y\delta'_{d,m,n}$ におきかえて計算する。

iii) $0 < m \leqq 6$ $m \leqq n \leqq 6$ のとき

$${}_1\delta_{u,m,n} = \frac{y\delta_{u,m,n} + z\delta_{u,m,n}}{2} + \sqrt{\left(\frac{y\delta_{u,m,n} - z\delta_{u,m,n}}{2}\right)^2 + (yz\zeta_{u,m,n})^2} \tag{9.2.53}$$

$${}_z\delta_{u,m,n} = \frac{y\delta_{u,m,n} + z\delta_{u,m,n}}{2} - \sqrt{\left(\frac{y\delta_{u,m,n} - z\delta_{u,m,n}}{2}\right)^2 + (yz\zeta_{u,m,n})^2} \tag{9.2.54}$$

$${}_1\delta_{d,m,n} = \frac{y\delta_{d,m,n} + z\delta_{d,m,n}}{2} + \sqrt{\left(\frac{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}}{2}\right)^2 + (yz\zeta_{d,m,n})^2} \tag{9.2.55}$$

$${}_z\delta_{d,m,n} = \frac{y\delta_{d,m,n} + z\delta_{d,m,n}}{2} - \sqrt{\left(\frac{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}}{2}\right)^2 + (yz\zeta_{d,m,n})^2} \tag{9.2.56}$$

イ) $y\delta_{u,m,n} \geq z\delta_{u,m,n}$ のとき

$$u\theta_{m,n} = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\zeta_{u,m,n}}{y\delta_{u,m,n} - z\delta_{u,m,n}} \tag{9.2.57}$$

ロ) $y\delta_{u,m,n} < z\delta_{u,m,n}$ のとき

$$u\theta_{m,n} = 90^\circ + \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\zeta_{u,m,n}}{y\delta_{u,m,n} - z\delta_{u,m,n}} \tag{9.2.58}$$

ハ) $y\delta_{d,m,n} \geq z\delta_{d,m,n}$ のとき

$$d\theta_{m,n} = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\zeta_{d,m,n}}{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}} \tag{9.2.59}$$

ニ) $x\delta_{d,m,n} < z\delta_{d,m,n}$ のとき

$$d\theta_{m,n} = 90^\circ + \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\zeta_{d,m,n}}{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}} \tag{9.2.60}$$

ここに (9.2.56) ～ (9.2.59) の $\tan^{-1}$ は度で計算し

$$-90^\circ \leq \tan^{-1}\frac{2yz\zeta_{m,n}}{y\delta_{m,n} - z\delta_{m,n}} \leq 90^\circ$$

とする。

これら ${}_1\delta_{u,m,n}$, ${}_z\delta_{u,m,n}$, $u\theta_{m,n}$, ${}_1\delta_{d,m,n}$, ${}_z\delta_{d,m,n}$, $d\theta_{m,n}$ を $m=0,1,2\cdots6$, $n=m, m+1\cdots6$ について計算し、さらに $n=N_1$, $m=0,1,2\cdots N_1$ と $n=N_2$, $m=0,1,2\cdots N_2$ については (9.2.53) ～ (9.2.60) の $y\delta_{u,m,n}$, $y\delta_{d,m,n}$ を $y\delta'_{u,m,n}$, $y\delta'_{d,m,n}$ におきかえ ${}_1\delta'_{u,m,n}$, ${}_z\delta'_{u,m,n}$, $u\theta'_{m,n}$, ${}_1\delta'_{d,m,n}$ ${}_z\delta'_{d,m,n}$ $d\theta'_{m,n}$ をも計算する。

第10節　出力

a) 入力データ

入力データを出力する.

b) 荷　重

$P_{m,n}$. $crP_{m,n}$ $arP_{m,n}$ $csP_{m,n}$. $asP_{m,n}$. $ctP_{m,n}$. $atP_{m,n}$, $tcrP_{m,n}$. $tarP_{m,n}$. $tcsP_{m,n}$ $tasP_{m,n}$. $tctP_{m,n}$ $tatP_{m,n}$ を $m = 0.1.2 \cdots 6$ $n = m.\ m+1 \cdots 6$ について出力する。

$wcr^1P_{m,n}$. $wcs^1P_{m,n}$. $wct^1P_{m,n}$ を $m = 0.1.2 \cdots N_1$, $n = m,\ m+1 \cdots N_1$ について出力する。

$wcr^2P_{m,n}$, $wcs^2P_{m,n}$. $wct^2P_{m,n}$ を $m = 0.1.2 \cdots N_2$, $n = m.\ m+1 \cdots N_2$ について出力する。

出力形式は表-7のごとくである。

c) 撓　み

$c(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}$. $c(\Delta\theta)_{m,n}$ $tc(\Delta r)_{m,n}$. $tc(\Delta S)_{m,n}$. $tc(\Delta\theta)_{m,n}$. $c(\Delta r)_{m,n}$ + $tc(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}$ + $tc(\Delta S)_{m,n}$ $c(\Delta\theta)_{m,n}$ + $tc(\Delta\theta)_{m,n}$ を $m = 0.1.2 \cdots 6$, $n = m.\ m+1 \cdots 7$ について出力する。

$a(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}$. $a(\Delta\theta)_{m,n}$. $ta(\Delta r)_{m,n}$, $ta(\Delta S)_{m,n}$, $ta(\Delta\theta)_{m,n}$, $a(\Delta r)_{m,n}$ + $ta(\Delta r)_{m,n}$. $a(\Delta S)_{m,n}$ + $ta(\Delta S)_{m,n}$ $a(\Delta\theta)_{m,n}$ + $ta(\Delta\theta)_{m,n}$ を $n = 1.2 \cdots 6$. $m = 0.1.2 \cdots n$ について出力する。

$c(\Delta r)_{m,n}$. ---- $c(\Delta\theta)_{m,n}$ + $tc(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-5のごとくである. また $a(\Delta r)_{m,n}$ ----- $a(\Delta\theta)_{m,n}$ + $ta(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-8のごとくである。

d) 不静定諸力

$vW_{m,n}$. $wW_{m,n}$, $cM_{m,n}$. $cV_{m,n}$. $cH_{m,n}$. $cM'_{m,n}$, $tcM_{m,n}$, $tcV_{m,n}$. $tcH_{m,n}$, $tcM'_{m,n}$. $wcM_{m,n}$. $wcV_{m,n}$. $wcH_{m,n}$. $wcM'_{m,n}$ を $m = 0,\ 1.\ 2 \cdots 6$, $n = m.\ m+1 \cdots 6$ について出力する。出力形式は表-7のごとくである。

$aM_{m,n}$, $aH_{m,n}$, $aV_{m,n}$, $taM_{m,n}$, $taH_{m,n}$, $taV_{m,n}$. $waM_{m,n}$. $waH_{m,n}$ $waV_{m,n}$ を $n = 1,\ 2 \cdots 6$. $m = 0.$ $1.\ 2 \cdots n$ について出力し. $waM'_{m,n}$. $waH'_{m,n}$. $waV'_{m,n}$ を $n = N_1$, $m = 0.1 \cdots N_1$ と $n = N_2$, $m = 0.1 \cdots N_2$ について出力する。

$aM_{m,n}$, $aH_{m,n}$ $aV_{m,n}$. $taM_{m,n}$. $taH_{m,n}$. $taV_{m,n}$ の出力形式は表-8のごとくである。

$waM_{m,n}$ と $waM'_{m,n}$, $waH_{m,n}$ と $waH'_{m,n}$. $waV_{m,n}$ と $waV'_{m,n}$ は同時に出力するものとして. 出力形式は. 表-12のごとくである。

e) 応　力

$c\sigma_{u,m,n}$. $c\sigma_{d,m,n}$. $t\sigma_{u,m,n}$. $t\sigma_{d,m,n}$, $w\sigma_{u,m,n}$. $w\sigma_{d,m,n}$. $\sigma_{u,m,n}$. $\sigma_{d,m,n}$ を $m = 0,\ 1.\ 2 \cdots 6$. $n = m.\ m+1, \cdots 6$ について出力し. 出力形式は表-7のごとくである。

$c\varepsilon_{m,n}$. $c\delta_{m,n}$. $t\varepsilon_{m,n}$. $t\delta_{m,n}$ を $n = 1.2 \cdots 6$; $m = 0.1 \cdots n$ について出力し. 出力形式は表-8のごとくである。

$c\tau_{u,m,n}$, $c\tau_{d,m,n}$, $t\tau_{u,m,n}$ $t\tau_{d,m,n}$, $w\tau_{u,m,n}$, $w\tau_{d,m,n}$ を $m = 0.1.2. \cdots 6$; $n = m,\ m+1 \cdots 6$ について出力する 出力形式は表-7の如くである。

$w\varepsilon_{m,n}$. $w\varepsilon'_{m,n}$. $w\delta_{m,n}$. $w\delta'_{m,n}$, $\varepsilon_{m,n}$, $\delta_{m,n}$ について出力し. 出力形式は表-12のごとくである。

$_1\sigma_{u,m,n}$, $_2\sigma_{u,m,n}$, $_1\sigma'_{u,m,n}$, $_2\sigma'_{u,m,n}$, $_1\sigma_{d,m,n}$, $_2\sigma_{d,m,n}$, $_1\sigma'_{d,m,n}$, $_2\sigma'_{d,m,n}$, $u\theta_{m,n}$, $d\theta_{m,n}$. $u\theta'_{m,n}$. $d\theta'_{m,n}$ について出力し. 出力形式は表-12のごとくである。

第5章 非対称三心不等厚アーチ半径方向調整 (NO.5 プログラム)

第1節 入力データの作製方法

入力データは表-14に示すような方式によりI.B.M. 入力データーシートに記入する。即ち第1行目はダム名、タイプ名等をローマ字数字等で記入する。

第2行目から16行目には Z_n, $_{1}Y_n$, $T_{c,n}$, $_{o}X_n$, $_{o}Y_n$, $_{o}\phi_n$, $_{L2}Y_n$ を上から $n=7.0, 6.5, 6.0, 5.5, 5.0, \cdots 0$ の順に記入する。Z_n は1~10欄に, $_{1}Y_n$ は11~20欄に, $T_{c,n}$ は21~30欄に, $_{o}X_n$ は31~40欄に, $_{o}Y_n$ は41~50欄に, $_{o}\phi_n$ は51~60欄に, $_{L2}Y_n$ は61~70欄に記入する。

第17行目から31行目までには $_{LT}A_{,n}$, $_{L1}\phi_{A,n}$, $_{L2}\phi_{A,n}$, $_{R2}Y_n$, $_{RT}A_{,n}$, $_{R1}\phi_{A,n}$, $_{R2}\phi_{A,n}$ を上から $n=7.0, 6.5, 6.0 \cdots 0$ の順に記入する。$_{LT}A_{,n}$ は1~10欄に $_{L1}\phi_{A,n}$ は11~20欄に $_{L2}\phi_{A,n}$ は21~30欄に $_{R2}Y_n$ は31~40欄に, $_{RT}A_{,n}$ は41~50欄に $_{R1}\phi_{A,n}$ は51~60欄に $_{R2}\phi_{A,n}$ は61~70欄に記入する。これらはいづれも固定小数点法により記入する。

第32行目には $H_o, H_d, H_s, f_c, f_c, f_s$, Ce を記入する。$H_o$ は1~10欄に, H_d は11~20欄に, H_s は21~30欄に, f_c は31~40欄に, f_c は41~50欄に, f_s は51~60欄にCeは61~70欄に, 固定小数点法により記入する。

第33行目には E_c, ν_c, ν_R, C を記入する。E_c は1~10欄に, ν_c は11~15欄に ν_R は16~20欄に, C は21~30欄に記入する。E_c, C は浮動小数点法で ν_c, ν_R は固定小数点法で記入する。

第34行目には $_{LE}R_{,n}$ と第35行目には $_{RE}R_{,n}$ を左から順に10欄づつ $n=6, 5, \cdots 0$ の順に浮動小数点法により記入する。

第36行目には $_{LC}C_n$, 第37行目には $_{RC}C_n$ を左から順に10欄づつ $n=6.5, \cdots 0$ の順に浮動小数点法により記入する。

第38行目から43行目には $t_{m,n}$ を記入する。即ち上から $n=6, 5, \cdots 1$ の順で左から6欄づつ, $m=4, 5, \cdots 16$ の順に固定小数点法により記入する。

第44行目から61行目には $\omega_{m,n}$ を記入する。即ち上から $n=7, 6, 5, \cdots 0$ の順で, 左から6欄づつ $m=4, 5, \cdots 16$ の順に固定小数点法により記入する。

実例を示せば表-15の如くである。

第2節 座標および荷重計算

2.1 座標計算

(i) $10 \leqq m \leqq 17$ で

$$_{1}Y_7\left\{\sin\left(_{o}\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A,m-10}+{}_{L2}\phi_{A,m-10}\right)-\sin\left(_{o}\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A,m-10}+{}_{L2}\phi_{A,m-10}-{}_{L1}\phi_{A,7}\right)\right\} \geqq {}_{o}X_{m-10}\cdot\sin\left(_{o}\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A,m-10}+{}_{L2}\phi_{A,m-10}\right)+{}_{o}Y_{m-10}\cdot\cos\left(_{o}\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A,m-10}+{}_{L2}\phi_{A,m-10}\right)+\left({}_{L2}Y_{m-10}-{}_{1}Y_{m-10}\right)\sin{}_{L2}\phi_{A,m-10} \geqq {}_{1}Y_7\left\{\sin\left(_{o}\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A,m-10}+{}_{L2}\phi_{A,m-10}\right)-\sin\left(_{o}\phi_{m-10}+{}_{L1}\phi_{A,m-10}+{}_{L2}\phi_{A,m-10}-{}_{R1}\phi_{A,7}\right)\right\}$$ のとき

表-14 NO.5 プログラム入力データー

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM アーチダムNO.5プログラム(半径方向) WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1											ダム名(ローマ字)																																タイプ名																		

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

| No. | | |

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

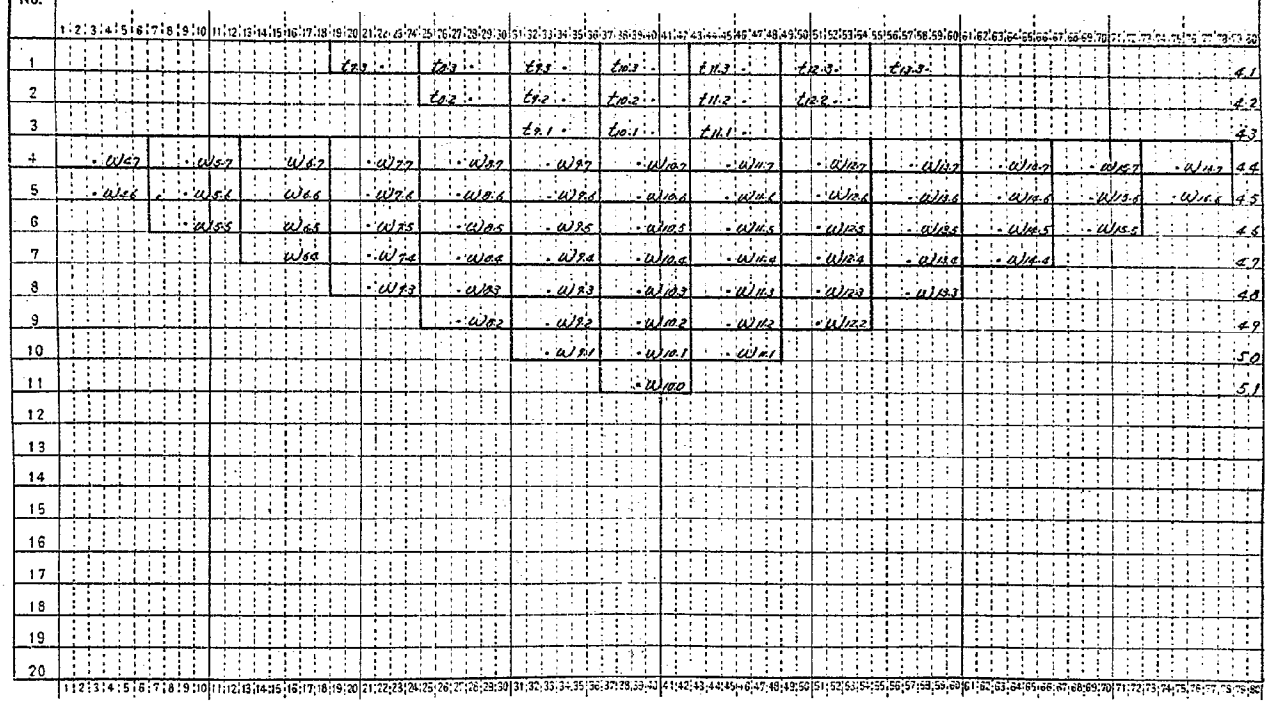


表-15. NO.5 プログラム入力データ実例

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM アーチダムNO.5 プログラム(半径方向) WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

| No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | |
|---|---|---

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

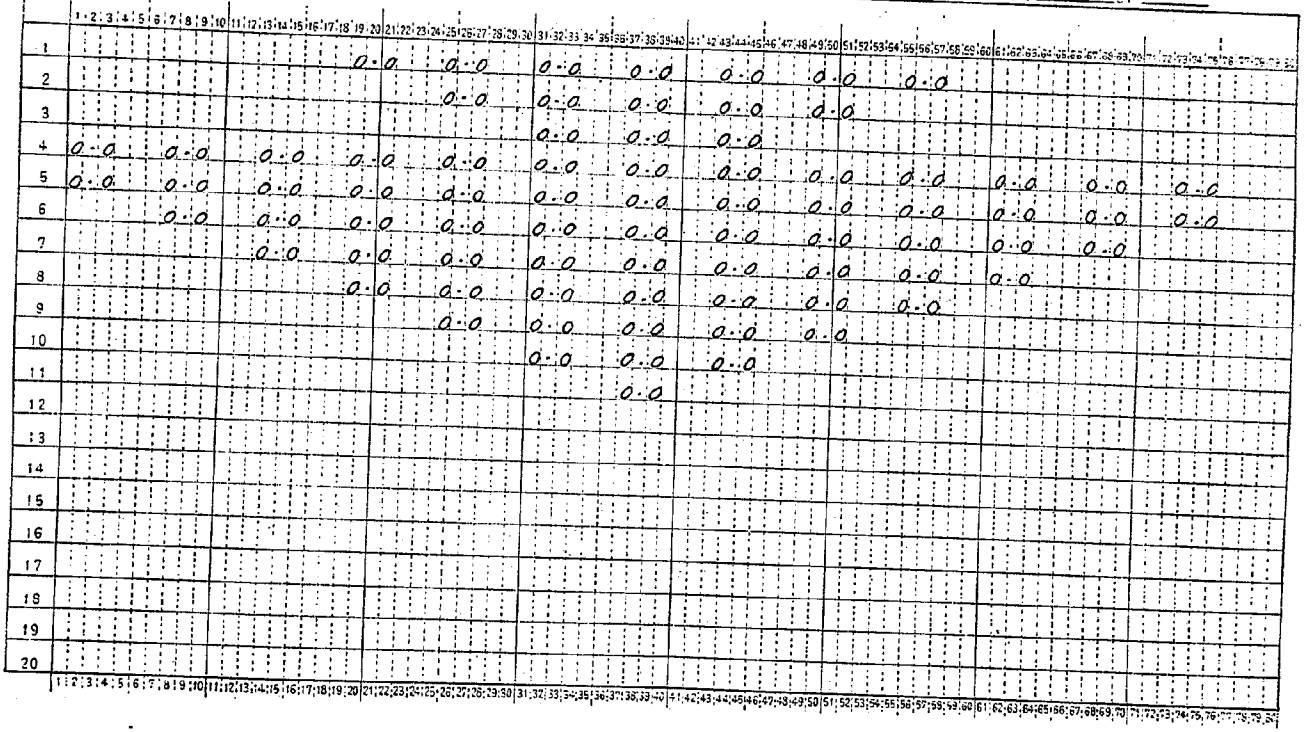
IBMデータ・センター

| No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 |
|---|---|---

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター



$$\phi_{m,7} = {}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10} - Sin^{-1}\frac{1}{{}_1r_7}\{({}_1r_7 - {}_0x_{m-10})\,Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - {}_0y_{m-10}\cdot Cos({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\cdot Sin\,{}_{L2}\phi_{A,m-10}\} \quad (2.1.1)$$

$$x_{m,7} = {}_{L1}r_7\,(1 - Cos\,\phi_{m,7}) \quad (2.1.2)$$

$$y_{m,7} = {}_{L1}r_7\cdot Sin\,\phi_{m,7} \quad (2.1.3)$$

(ii) $10 \leqq m \leqq 17$ で

$${}_1r_7\{Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10} - {}_{L1}\phi_{A,7})\} <$$
$${}_0x_{m-10}\cdot Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) + {}_0y_{m-10}\cdot Cos({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,7}) + ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\,Sin\,{}_{L2}\phi_{A,m-10}$$ のとき

$$\phi_{m,7} = {}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10} - Sin^{-1}\frac{1}{{}_{L2}r_7}\{({}_1r_7 - {}_0x_{m-10})\,Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - {}_0y_{m-10}\cdot Cos({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\,Sin\,{}_{L2}\phi_{A,m-10} + ({}_{L2}r_7 - {}_1r_7)\,Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10} - {}_{L1}\phi_{A,7})\} \quad (2.1.4)$$

$$x_{m,7} = {}_1r_7\,(1 - Cos\,{}_{L1}\phi_{A,7}) + {}_{L2}r_7\,(Cos\,{}_{L1}\phi_{A,7} - Cos\,\phi_{m,7}) \quad (2.1.5)$$

$$y_{m,7} = {}_1r_7\cdot Sin\,{}_{L1}\phi_{A,7} + {}_{L2}r_7\,(Sin\,\phi_{m,7} - Sin\,{}_{L1}\phi_{A,7}) \quad (2.1.6)$$

(iii) $10 \leqq m \leqq 17$ で

$${}_1r_7\{Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10} - {}_{R1}\phi_{A,7})\} >$$
$${}_0x_{m-10}\cdot Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) + {}_0y_{m-10}\cdot Cos({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) + ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\cdot Sin\,{}_{L2}\phi_{A,m-10}$$ のとき

$$\phi_{m,7} = {}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10} - Sin^{-1}\frac{1}{{}_{R2}r_7}\{({}_1r_7 - {}_0x_{m-10})\,Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - {}_0y_{m-10}\cdot Cos({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10}) - ({}_{L2}r_{m-10} - {}_1r_{m-10})\,Sin\,{}_{L2}\phi_{A,m-10} + ({}_{R2}r_7 - {}_1r_7)\,Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_{L1}\phi_{A,m-10} + {}_{L2}\phi_{A,m-10} - {}_{R1}\phi_{A,7})\} \quad (2.1.7)$$

$$x_{m,7} = {}_1r_7\,(1 - Cos\,{}_{R1}\phi_{A,7}) + {}_{R2}r_7\,(Cos\,{}_{R1}\phi_{A,7} - Cos\,\phi_{m,7}) \quad (2.1.8)$$

$$y_{m,7} = {}_1r_7\cdot Sin\,{}_{R1}\phi_{A,7} + {}_{R2}r_7\,(Sin\,\phi_{m,7} - Sin\,{}_{R1}\phi_{A,7}) \quad (2.1.9)$$

(iv) $3 \leqq m < 10$ で

$${}_1r_7\{Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) - Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m} - {}_{R1}\phi_{A,7})\} \leqq$$
$${}_0x_{10-m}\cdot Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) + {}_0y_{10-m}\cdot Cos({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) + ({}_{R2}r_{10-m} - {}_1r_{10-m})\,Sin\,{}_{R2}\phi_{A,10-m} \leqq$$
$${}_1r_7\{Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) - Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m} - {}_{L1}\phi_{A,7})\}$$
のとき

$$\phi_{m,7} = {}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m} - Sin^{-1}\frac{1}{{}_1r_7}\{({}_1r_7 - {}_0x_{10-m})\,Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) - {}_0y_{10-m}\cdot Cos({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) - ({}_{R2}r_{10-m} - {}_1r_{10-m})\cdot Sin\,{}_{R2}\phi_{A,10-m}\} \quad (2.1.10)$$

$$x_{m,7} = {}_1r_7\,(1 - Cos\,\phi_{m,7}) \quad (2.1.11)$$

$$y_{m,7} = {}_1r_7\cdot Sin\,\phi_{m,7} \quad (2.1.12)$$

(v) $3 \leqq m < 10$ で

$${}_1r_7\{Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) - Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m} - {}_{R1}\phi_{A,7})\} >$$
$${}_0x_{10-m}\cdot Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) + {}_0y_{10-m}\cdot Cos({}_0\phi_{10-m} + {}_{R1}\phi_{A,10-m} + {}_{R2}\phi_{A,10-m}) + ({}_{R2}r_{10-m} - {}_1r_{10-m})\,Sin\,{}_{R2}\phi_{A,10-m}$$ のとき

$$\phi_{m,7} = {}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m} - \sin^{-1}\frac{1}{R_2\gamma_7}\{({}_1\gamma_7 - {}_0\chi_{10-m})\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m}) - {}_0y_{10-m}\cdot\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m}) - (R_2\gamma_{10-m} - {}_1\gamma_{10-m})\sin R_2\phi_{A,10-m} + (R_2\gamma_7 - {}_1\gamma_7)\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m} - R_1\phi_{A,7})\} \quad (2.1.13)$$

$$\chi_{m,7} = {}_1\gamma_7(1-\cos R_1\phi_{A,7}) + R_2\gamma_7(\cos R_1\phi_{A,7} - \cos\phi_{m,7}) \quad (2.1.14)$$

$$y_{m,7} = {}_1\gamma_7\cdot\sin R_1\phi_{A,7} + R_2\gamma_7(\sin\phi_{m,7} - \sin R_1\phi_{A,7}) \quad (2.1.15)$$

(vi) $3 \leqq m \leqq 10$ で

${}_1\gamma_7\{\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m}) - \sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m} - L_1\phi_{A,7})\} <$

${}_0\chi_{10-m}\cdot\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m}) + {}_0y_{10-m}\cdot\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m}) + (R_2\gamma_{10-m} - {}_1\gamma_{10-m})\sin R_2\phi_{A,10-m}$ のとき

$$\phi_{m,7} = {}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m} - \sin^{-1}\frac{1}{L_2\gamma_7}\{({}_1\gamma_7 - {}_0\chi_{10-m})\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m}) - {}_0y_{10-m}\cdot\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m}) - (R_2\gamma_{10-m} - {}_1\gamma_{10-m})\sin R_2\phi_{A,10-m} + (L_2\gamma_7 - {}_1\gamma_7)\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A,10-m} + R_2\phi_{A,10-m} - L_1\phi_{A,7})\} \quad (2.1.16)$$

$$\chi_{m,7} = {}_1\gamma_7(1-\cos L_1\phi_{A,7}) + L_2\gamma_7(\cos L_1\phi_{A,7} - \cos\phi_{m,7}) \quad (2.1.17)$$

$$y_{m,7} = {}_1\gamma_7\cdot\sin L_1\phi_{A,7} + L_2\gamma_7(\sin\phi_{m,7} - \sin L_1\phi_{A,7}) \quad (2.1.18)$$

これら $\phi_{m,7}$; $\chi_{m,7}$; $y_{m,7}$ を $m = 3, 4, \cdots 10, 16, 17$ について計算する。

(i) $\tan({}_0\phi_n + L_1\phi_{A,n}) \geqq \frac{y_{m,7} - {}_0y_n}{{}_0\chi_n - \chi_{m,7}} \geqq \tan({}_0\phi_n + R_1\phi_{A,n})$ のとき

$$\phi_{m,n} = -{}_0\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m,7} - {}_0y_n}{{}_0\chi_n - \chi_{m,7}} \quad (2.1.19)$$

$$\chi_{m,n} = {}_0\chi_n - {}_1\gamma_n\cdot\cos({}_0\phi_n + \phi_{m,n}) \quad (2.1.20)$$

$$y_{m,n} = {}_0y_n + {}_1\gamma_n\cdot\sin({}_0\phi_n + \phi_{m,n}) \quad (2.1.21)$$

$$\gamma_{m,n} = {}_1\gamma_n \quad (2.1.22)$$

$$S'_{m,n} = {}_1\gamma_n\cdot\phi_{m,n} \quad (2.1.23)$$

(ii) $\tan({}_0\phi_n + L_1\phi_{A,n}) < \frac{y_{m,7} - {}_0y_n}{{}_0\chi_n - \chi_{m,7}}$ のとき

$$\phi_{m,n} = -{}_0\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m,7} - {}_0y_n + (L_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\sin({}_0\phi_n + L_1\phi_{A,n})}{{}_0\chi_n - \chi_{m,7} + (L_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\cos({}_0\phi_n + L_1\phi_{A,n})} \quad (2.1.24)$$

$$\chi_{m,n} = {}_0\chi_n - L_2\gamma_n\cdot\cos({}_0\phi_n + \phi_{m,n}) + (L_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\cos({}_0\phi_n + L_1\phi_{A,n}) \quad (2.1.25)$$

$$y_{m,n} = {}_0y_n + L_2\gamma_n\cdot\sin({}_0\phi_n + \phi_{m,n}) - (L_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\sin({}_0\phi_n + L_1\phi_{A,n}) \quad (2.1.26)$$

$$\gamma_{m,n} = L_2\gamma_n$$

$$S'_{m,n} = {}_1\gamma_n\cdot L_1\phi_{A,n} + L_2\gamma_n(\phi_{m,n} - L_1\phi_{A,n}) \quad (2.1.27)$$

(iii) $\tan({}_0\phi_n + R_1\phi_{A,n}) > \frac{y_{m,7} - {}_0y_n}{{}_0\chi_n - \chi_{m,7}}$ のとき

$$\phi_{m,n} = -{}_0\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m,7} - {}_0y_n + (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\sin({}_0\phi_n + R_1\phi_{A,n})}{{}_0\chi_n - \chi_{m,7} + (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\cos({}_0\phi_n + R_1\phi_{A,n})} \quad (2.1.29)$$

$$\chi_{m,n} = {}_0\chi_n - R_2\gamma_n\cdot\cos({}_0\phi_n + \phi_{m,n}) + (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\cdot\cos({}_0\phi_n + R_1\phi_{A,n}) \quad (2.1.30)$$

$$y_{m,n} = {}_0y_n + R_2\gamma_n\cdot\sin({}_0\phi_n + \phi_{m,n}) - (R_2\gamma_n - {}_1\gamma_n)\sin({}_0\phi_n + R_1\phi_{A,n}) \quad (2.1.31)$$

$$\gamma_{m,n} = R_2\gamma_n \quad (2.1.32)$$

$$S'_{m,n} = {}_1\gamma_n\cdot R_1\phi_{A,n} + R_2\gamma_n(\phi_{m,n} - R_1\phi_{A,n}) \quad (2.1.33)$$

$$a\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + (\chi_{m,n} - \chi_{m,7})\sec({}_0\phi_n + \phi_{m,n}) \quad (2.1.34)$$

$$S_{m,n} = S'_{m,n} - S'_{10,n} \quad (2.1.35)$$

これら $\phi_{m,n}$; $\chi_{m,n}$; $\gamma_{m,n}$; $_L\gamma_{m,n}$ と $m=10,11,12,\cdots 17$; $n=m-10, m-9.5, \cdots 7.0$ と $m=9,8,7,\cdots 3$; $n=10-m, 10.5-m, 11.0-m \cdots 7.0$ について計算する。
また $S_{m,n}$ を $m=10,11,\cdots 17$; $n=m-10, m-9, \cdots 7$ と $m=9,8,\cdots 3$; $n=10-m, 11-m, \cdots 7$ について計算する。

2.2 荷重計算

(i) $H_0 \leqq Z_n$ のとき $\quad {}_0P_n = 0$ (2.2.1)

(ii) $H_0 > Z_n$ のとき $\quad {}_0P_n = H_0 - Z_n$ (2.2.2)

(i) $H_d \leqq Z_n$ のとき $\quad {}_dP_{m,n} = 0$ (2.2.3)

(ii) $H_d > Z_n$ で $16 \geqq m \geqq 10$ のとき $\quad {}_dP_{m,n} = \frac{7}{8}\rho\sqrt{(H_d - Z_{m-10})(H_d - Z_n)}$ (2.2.4)

(iii) $H_d > Z_n$ で $10 > m \geqq 4$ のとき $\quad {}_dP_{m,n} = \frac{7}{8}\rho\sqrt{(H_d - Z_{10-m})(H_d - Z_n)}$ (2.2.5)

(i) $H_s \leqq Z_n$ のとき

$$ {}_sP_n = 0 \quad (2.2.6)$$

(ii) $H_s > Z_n$ のとき

$$ {}_sP_n = Ce f_s (H_s - Z_n) \quad (2.2.7)$$

$$P_{m,n} = {}_0P_n + {}_dP_{m,n} + {}_sP_n$$

$P_{m,n}$ を $m=10,11,\cdots 16$; $n=m-10, m-9, \cdots 6$ と $m=9,8,7,\cdots 4$; $n=10-m, 11-m, \cdots 6$ について計算する。

第3節 基礎岩盤の変形常数

3.1 基礎の面積係数と傾角

${}_LT_{A,n}$ の最大値を a_L; ${}_RT_{A,n}$ の最大値を a_R とする。

$$b_L = \sum_{n=0}^{6}\sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2+(\chi_{n+11,n+1}-\chi_{n+10,n})^2+(y_{n+11,n+1}-y_{n+10,n})^2} \quad (3.1.1)$$

$$b_R = \sum_{n=0}^{6}\sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2+(\chi_{9-n,n+1}-\chi_{10-n,n})^2+(y_{9-n,n+1}-y_{10-n,n})^2} \quad (3.1.2)$$

面積係数は

$$\zeta_L = b_L / a_L \quad (3.1.3)$$

$$\zeta_R = b_R / a_R \quad (3.1.4)$$

$$\zeta = \frac{2(b_L + b_R)}{a_R + a_L} \quad (3.1.5)$$

傾角は

(i) $6 \leqq n < 1$ のとき

$${}_L\chi_n = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n+11,n+1}-S_{n+10,n}}{Z_{n+1}-Z_n} + \frac{Z_{n+1}-Z_n}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n+10,n}-S_{n+9,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}\right\} \quad (3.1.6)$$

$${}_R\chi_n = -\tan^{-1}\left\{\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{9-n,n+1}-S_{10-n,n}}{Z_{n+1}-Z_n} + \frac{Z_{n+1}-Z_n}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{10-n,n}-S_{11-n,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}\right\} \quad (3.1.7)$$

(ii) $n=1$ のとき

$$ {}_L\chi_1 = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_3-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{12,2}-S_{11,1}}{Z_2-Z_1}-\frac{Z_2-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{13,3}-S_{11,1}}{Z_3-Z_1}\right\} \qquad (3.1.8) $$

$$ {}_R\chi_1 = -\tan^{-1}\left\{\frac{Z_3-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{8,2}-S_{9,1}}{Z_2-Z_1}-\frac{Z_2-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{7,3}-S_{9,1}}{Z_3-Z_1}\right\} \qquad (3.1.9) $$

${}_L\chi_n$, ${}_R\chi_n$ は $n=1,2\cdots\cdots 6$ につき計算する。

3.2 基礎岩盤の変形常数

$$ K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\frac{\sqrt{1+\zeta^2}\,(3-14\zeta^2-2\zeta^4)+15\zeta^3+2\zeta^5-3}{15\zeta}+\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right\} \qquad (3.2.1) $$

$$ {}_LK_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}\right)+\zeta_L\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L}-\frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3-1-\zeta_L^3}{3\zeta_L}\right\} \qquad (3.2.2) $$

$$ {}_RK_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}\right)+\zeta_R\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R}-\frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3-1-\zeta_R^3}{3\zeta_R}\right\} \qquad (3.2.3) $$

$$ K_3 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2}\right)+\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}-\frac{(\sqrt{1+\zeta^2})^3-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\}+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{\sqrt{1+\zeta^2}\,(2\zeta^2-1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right] \qquad (3.2.4) $$

$$ {}_LK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[\left(90-\frac{24}{\zeta_L}+\frac{5}{\zeta_L^2}-\frac{3}{8\zeta_L^4}+\frac{9}{112\zeta_L^6}\right)+\nu_R\left(90-\frac{48}{\zeta_L}+\frac{15}{\zeta_L^2}-\frac{15}{8\zeta_L^4}+\frac{63}{112\zeta_L^6}\right)-\nu_R^2\left(\frac{24}{\zeta_L}-\frac{10}{\zeta_L^2}+\frac{3}{2\zeta_L^4}-\frac{27}{56\zeta_L^6}\right)\right] \qquad (3.2.5) $$

$$ {}_RK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[\left(90-\frac{24}{\zeta_R}+\frac{5}{\zeta_R^2}-\frac{3}{8\zeta_R^4}+\frac{9}{112\zeta_R^6}\right)+\nu_R\left(90-\frac{48}{\zeta_R}+\frac{15}{\zeta_R^2}-\frac{15}{8\zeta_R^4}+\frac{63}{112\zeta_R^6}\right)-\nu_R^2\left(\frac{24}{\zeta_R}-\frac{10}{\zeta_R^2}+\frac{3}{2\zeta_R^4}-\frac{27}{56\zeta_R^6}\right)\right] \qquad (3.2.6) $$

$$ K_5 = (1-\nu_R-2\nu_R^2)\left\{1-\frac{1}{2\pi}\left\{4(1+\zeta^2)\tan^{-1}(1/\zeta)-3\zeta-\zeta^3\log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2}+1/\zeta\log(1+\zeta^2)\right\}\right\} \qquad (3.2.7) $$

$$ {}_LK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L}\right)+1/\zeta_L\log\left(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}\right)-\frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3-1-\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\}+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_L}\log\left(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}\right)-\frac{\sqrt{1+\zeta_L^2}\,(2-\zeta_L^2)-2+\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\}\right] \qquad (3.2.8) $$

$$ {}_RK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R}+1/\zeta_R\log\left(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}\right)-\frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3-1-\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\}+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_R}\log\left(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}\right)-\frac{\sqrt{1+\zeta_R^2}\,(2-\zeta_R^2)-2+\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\}\right] \qquad (3.2.9) $$

$$ {}_L\alpha'_n = K_1/({}_LE_{R,n}\cdot{}_LT_{A,n}^2) \qquad (3.2.10) $$

$$ {}_R\alpha'_n = K_1/({}_RE_{R,n}\cdot{}_RT_{A,n}^2) \qquad (3.2.11) $$

$$ {}_L\beta'_n = {}_LK_2/{}_LE_{R,n} \qquad (3.2.12) $$

$$ {}_R\beta'_n = {}_RK_2/{}_RE_{R,n} \qquad (3.2.13) $$

$$ {}_L\gamma'_n = K_3/{}_LE_{R,n} \qquad (3.2.14) $$

$$ {}_R\gamma'_n = K_3 / {}_RE_{R,n} \qquad (3.2.15) $$

$$ {}_L\delta'_n = {}^LK_4 / ({}_LE_{R,n} \cdot {}_LT_{A,n}^2) \qquad (3.2.16) $$

$$ {}_R\delta'_n = {}^RK_4 / ({}_RE_{R,n} \cdot {}_RT_{A,n}^2) \qquad (3.2.17) $$

$$ {}_L\alpha''_n = K_5 / ({}_LE_{R,n} \cdot {}_LT_{A,n}) \qquad (3.2.18) $$

$$ {}_R\alpha''_n = K_5 / ({}_RE_{R,n} \cdot {}_RT_{A,n}) \qquad (3.2.19) $$

$$ {}_L\textcircled{\scriptsize 1}_n = {}^LK_6 / {}_LE_{R,n} \qquad (3.2.20) $$

$$ {}_R\textcircled{\scriptsize 1}_n = {}^RK_6 / {}_RE_{R,n} \qquad (3.2.21) $$

(3.2.10) ~ (3.2.21) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

3.3 アーチの基礎常数

$$ {}_{La}\alpha_n = {}_L\alpha'_n \cdot \cos^3 {}_L\chi_n + {}_L\delta'_n \cdot \sin^2 {}_L\chi_n \cdot \cos {}_L\chi_n \qquad (3.3.1) $$

$$ {}_{Ra}\alpha_n = {}_R\alpha_n \cdot \cos^3 {}_R\chi_n + {}_R\delta'_n \cdot \sin^2 {}_R\chi_n \cdot \cos {}_R\chi_n \qquad (3.3.2) $$

$$ {}_{La}\alpha_{2,n} = {}_L\alpha''_n \cdot \cos^2 {}_L\chi_n \qquad (3.3.3) $$

$$ {}_{Ra}\alpha_{2,n} = {}_R\alpha''_n \cdot \cos^2 {}_R\chi_n \qquad (3.3.4) $$

$$ {}_{La}\beta_n = {}_L\beta'_n \cdot \cos^3 {}_L\chi_n + {}_L\textcircled{\scriptsize 1}_n \cdot \sin^2 {}_L\chi_n \cdot \cos {}_L\chi_n \qquad (3.3.5) $$

$$ {}_{Ra}\beta_n = {}_R\beta'_n \cdot \cos^3 {}_R\chi_n + {}_R\textcircled{\scriptsize 1}_n \cdot \sin^2 {}_R\chi_n \cdot \cos {}_R\chi_n \qquad (3.3.6) $$

$$ {}_{La}\gamma_n = {}_L\gamma'_n \cdot \cos {}_L\chi_n \qquad (3.3.7) $$

$$ {}_{Ra}\gamma_n = {}_R\gamma'_n \cdot \cos {}_R\chi_n \qquad (3.3.8) $$

(3.3.1) ~ (3.3.8) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

3.4 片持梁の基礎常数

(i) $10 < m \leq 16$ のとき

$$ {}_C\alpha_m = ({}_L\alpha'_{m-10} \cdot \sin^3 {}_L\chi_{m-10} + {}_L\delta'_{m-10} \cdot \cos^2 {}_L\chi_{m-10} \cdot \sin {}_L\chi_{m-10}) \frac{{}_a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \cdot \left(\frac{T_{A,m-10}}{T_{A,m-10} - {}_LC_{m-10}} \right)^2 \qquad (3.4.1) $$

$$ {}_C\alpha_{2,m} = ({}_L\alpha''_{m-10} \cdot \sin^2 {}_L\chi_{m-10}) \frac{{}_a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \cdot \left(\frac{T_{A,m-10}}{T_{A,m-10} - {}_LC_{m-10}} \right) \qquad (3.4.2) $$

(ii) $10 > m \geq 4$ のとき

$$ {}_C\alpha_m = ({}_R\alpha'_{10-m} \cdot \sin^3 {}_R\chi_{10-m} + {}_R\delta'_{10-m} \cdot \cos^2 {}_R\chi_{10-m} \cdot \sin {}_R\chi_{10-m}) \frac{{}_a\gamma_{m,10-m}}{\gamma_{m,10-m}} \left(\frac{T_{A,10-m}}{T_{A,10-m} - {}_RC_{10-m}} \right)^2 \qquad (3.4.3) $$

$$ {}_C\alpha_{2,m} = ({}_R\alpha''_{10-m} \cdot \sin^2 {}_R\chi_{10-m}) \frac{{}_a\gamma_{m,10-m}}{\gamma_{m,10-m}} \cdot \left(\frac{T_{A,10-m}}{T_{A,10-m} - {}_RC_{10-m}} \right) \qquad (3.4.4) $$

(iii) $m = 10$ のとき

$$ {}_C\alpha_{10} = \frac{K_1}{{}_LE_{R,0} \cdot T_{C,0}} \cdot \frac{{}_a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \cdot \left(\frac{T_{C,0}}{T_{C,0} - {}_LC_0} \right)^2 \qquad (3.4.5) $$

$$ {}_C\alpha_{2,10} = \frac{K_5}{{}_LE_{R,0} \cdot T_{C,0}} \cdot \frac{{}_a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \left(\frac{T_{C,0}}{T_{C,0} - {}_LC_0} \right) \qquad (3.4.6) $$

$$c\gamma_{10} = \frac{K_3}{{}_L E_{R,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \tag{3.4.7}$$

$$c\textcircled{1}_{10} = \frac{{}_L K_6 + {}_R K_6}{2{}_L E_{R,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \tag{3.4.8}$$

$$c\delta_{10} = \frac{{}_L K_4 + {}_R K_4}{2{}_L E_{R,0} \cdot T_{c,0}^2} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \cdot \left(\frac{T_{c,0}}{T_{c,0} - {}_L c C_0}\right)^2 \tag{3.4.9}$$

これら $c\alpha_m, c\alpha_{2m}$ と $m = 4, 5, 6, \cdots 10 \cdots 16$ について計算し. $c\gamma_{10}, c\textcircled{1}_{10}, c\delta_{10}$ を計算する.

3.5 集中荷重の係数

(i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき

$$K_m^c = \frac{a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \tan \chi_{m-10} \tag{3.5.1}$$

(ii) $4 \leqq m < 10$ のとき

$$K_m^c = \frac{a\gamma_{m,10-m}}{\gamma_{m,10-m}} \tan {}_R\chi_{10-m} \tag{3.6.2}$$

K_m^c を $m = 4, 5, \cdots 9, 11, 12, \cdots 16$ について計算する.

第4節 アーチの単位撓み

4.1 アーチの形状計算

(i) ${}_{R1}\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} \leqq {}_{L1}\phi_{A,n}$ のとき

$$\psi_{m,n} = \phi_{m,n} \tag{4.1.1}$$

(ii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq {}_{L1}\phi_{A,n} + {}_{L2}\phi_{A,n}$ のとき

$$\psi_{m,n} = {}_{L1}\phi_{A,n} + \frac{{}_{L2}\gamma_n}{{}_1\gamma_n}(\phi_{m,n} - {}_{L1}\phi_{A,n}) \tag{4.1.2}$$

(iii) ${}_{R1}\phi_{A,n} + {}_{R2}\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} < {}_{R1}\phi_{A,n}$ のとき

$$\psi_{m,n} = {}_{R1}\phi_{A,n} + \frac{{}_{R2}\gamma_n}{{}_1\gamma_n}(\phi_{m,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) \tag{4.1.3}$$

$$\psi_{m+\frac{1}{\beta},n} = \psi_{m,n} + \frac{1}{\beta}(\psi_{m+1,n} - \psi_{m,n}) \tag{4.1.4}$$

(I) ${}_{R1}\phi_{A,n} \leqq \psi_{m+\frac{1}{\beta},n} \leqq {}_{L1}\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{1}{\beta},n} = \psi_{m+\frac{1}{\beta},n} \tag{4.1.5}$$

$$T_{m+\frac{1}{\beta},n} = T_{c,n} \tag{4.1.6}$$

$$x'_{m+\frac{1}{\beta},n} = {}_1\gamma_n (1 - \cos\phi_{m+\frac{1}{\beta},n}) \tag{4.1.7}$$

$$y'_{m+\frac{1}{\beta},n} = {}_1\gamma_n \cdot \sin\phi_{m+\frac{1}{\beta},n} \tag{4.1.8}$$

$$ux_{m+\frac{1}{\beta},n} = x'_{m+\frac{1}{\beta},n} - \frac{T_{c,n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{1}{\beta},n} \tag{4.1.9}$$

$$uy_{m+\frac{1}{\beta},n} = y'_{m+\frac{1}{\beta},n} + \frac{T_{c,n}}{2}\sin\phi_{m+\frac{1}{\beta},n} \tag{4.1.10}$$

$$\frac{d}{d\psi}(ux_{m+\frac{1}{\beta},n}) = \left({}_1\gamma_n + \frac{T_{c,n}}{2}\right)\sin\phi_{m+\frac{1}{\beta},n} \tag{4.1.11}$$

$$\frac{d}{d\psi}(u y_{m+1/2,n}) = \left({}_1r_n + \frac{T_{c,n}}{2}\right)\cos\phi_{m+1/2,n} \qquad (4.1.12)$$

(ii) ${}_{L1}\phi_{A,n} < \psi_{m+1/2,n} \leqq {}_{L1}\phi_{A,n} + \frac{{}_{L2}r_n}{{}_1r_n}{}_{L2}\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+1/2,n} = {}_{L1}\phi_{A,n} + \frac{{}_1r_n}{{}_{L2}r_n}(\psi_{m+1/2,n} - {}_{L1}\phi_{A,n}) \qquad (4.1.13)$$

$$T_{m+1/2,n} = T_{c,n} + (_{L}T_{A,n} - T_{c,n})\frac{vers(\phi_{m+1/2,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})}{vers\,{}_{L2}\phi_{A,n}} \qquad (4.1.14)$$

$$x'_{m+1/2,n} = {}_1r_n(1-\cos{}_{L1}\phi_{A,n}) + {}_{L2}r_n(\cos{}_{L1}\phi_{A,n} - \cos\phi_{m+1/2,n}) \qquad (4.1.15)$$

$$y'_{m+1/2,n} = {}_1r_n \cdot \sin{}_{L1}\phi_{A,n} + {}_{L2}r_n(\sin\phi_{m+1/2,n} - \sin{}_{L1}\phi_{A,n}) \qquad (4.1.16)$$

$$u x_{m+1/2,n} = x'_{m+1/2,n} - \frac{T_{m+1/2,n}}{2}\cdot\cos\phi_{m+1/2,n} \qquad (4.1.17)$$

$$u y_{m+1/2,n} = y'_{m+1/2,n} + \frac{T_{m+1/2,n}}{2}\cdot\sin\phi_{m+1/2,n} \qquad (4.1.18)$$

$$\frac{d}{d\psi}(u x_{m+1/2,n}) = \left\{\left({}_{L2}r_n + \frac{T_{c,n}}{2}\right)\sin\phi_{m+1/2,n} + \frac{{}_{L}T_{A,n} - T_{c,n}}{2vers\,{}_{L2}\phi_{A,n}}\left\{\sin\phi_{m+1/2,n} - \sin(2\phi_{m+1/2,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})\right\}\right\}\frac{{}_1r_n}{{}_{L2}r_n} \qquad (4.1.19)$$

$$\frac{d}{d\psi}(u y_{m+1/2,n}) = \left\{\left({}_{L2}r_n + \frac{T_{c,n}}{2}\right)\cos\phi_{m+1/2,n} + \frac{{}_{L}T_{A,n} - T_{c,n}}{2vers\,{}_{L2}\phi_{A,n}}\left\{\cos\phi_{m+1/2,n} - \cos(2\phi_{m+1/2,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})\right\}\right\}\frac{{}_1r_n}{{}_{L2}r_n} \qquad (4.1.20)$$

(iii) ${}_{R1}\phi_{A,n} + \frac{{}_{R2}r_n}{{}_1r_n}{}_{R2}\phi_{A,n} \leqq \psi_{m+1/2,n} < {}_{R1}\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+1/2,n} = {}_{R1}\phi_{A,n} + \frac{{}_1r_n}{{}_{R2}r_n}(\psi_{m+1/2,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) \qquad (4.1.21)$$

$$T_{m+1/2,n} = T_{c,n} + ({}_{R}T_{A,n} - T_{c,n})\frac{vers(\phi_{m+1/2,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})}{vers\,{}_{R2}\phi_{A,n}} \qquad (4.1.22)$$

$$x'_{m+1/2,n} = {}_1r_n(1-\cos{}_{R1}\phi_{A,n}) + {}_{R2}r_n(\cos{}_{R1}\phi_{A,n} - \cos\phi_{m+1/2,n}) \qquad (4.1.23)$$

$$y'_{m+1/2,n} = {}_1r_n \cdot \sin{}_{R1}\phi_{A,n} + {}_{R2}r_n(\sin\phi_{m+1/2,n} - \sin{}_{R1}\phi_{A,n}) \qquad (4.1.24)$$

$$u x_{m+1/2,n} = x'_{m+1/2,n} - \frac{T_{m+1/2,n}}{2}\cos\phi_{m+1/2,n} \qquad (4.1.25)$$

$$u y_{m+1/2,n} = y'_{m+1/2,n} + \frac{T_{m+1/2,n}}{2}\sin\phi_{m+1/2,n} \qquad (4.1.26)$$

$$\frac{d}{d\psi}(u x_{m+1/2,n}) = \left\{\left({}_{R2}r_n + \frac{T_{c,n}}{2}\right)\sin\phi_{m+1/2,n} + \frac{{}_{R}T_{A,n} - T_{c,n}}{2vers\,{}_{R2}\phi_{A,n}}\left\{\sin\phi_{m+1/2,n} - \sin(2\phi_{m+1/2,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})\right\}\right\}\frac{{}_1r_n}{{}_{R2}r_n} \qquad (4.1.27)$$

$$\frac{d}{d\psi}(u y_{m+1/2,n}) = \left\{\left({}_{R2}r_n + \frac{T_{c,n}}{2}\right)\cos\phi_{m+1/2,n} + \frac{{}_{R}T_{A,n} - T_{c,n}}{2vers\,{}_{R2}\phi_{A,n}}\left\{\cos\phi_{m+1/2,n} - \cos(2\phi_{m+1/2,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})\right\}\right\}\frac{{}_1r_n}{{}_{R2}r_n} \qquad (4.1.28)$$

とする。(4.1.1)～(4.1.3) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$ について，(4.1.4)～(4.1.28) は $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$; $j=0,1,2,\cdots 7$ について計算する。ただし $m=10+n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$10 \leqq m \leqq i$ または $10 \geqq m \geqq i$ としたとき (m,n) に原点をおき (m,n) におけるアーチ中心線の法線を x 軸，接線を y 軸としたときの $(i+\frac{1}{2}, n)$ の座標を $(x^{m,n}_{i+1/2,n}), (y^{m,n}_{i+1/2,n})$ とする。

$$(x^{m,n}_{i+1/2,n}) = (x'_{i+1/2,n} - x'_{m,n})\cos\phi_{m,n} - (y'_{i+1/2,n} - y'_{m,n})\sin\phi_{m,n} \qquad (4.1.29)$$

$$(y^{m,n}_{i+1/2,n}) = (x'_{i+1/2,n} - x'_{m,n})\sin\phi_{m,n} + (y'_{i+1/2,n} - y'_{m,n})\cos\phi_{m,n} \qquad (4.1.30)$$

これら $(x^{m,n}_{i+1/2,n}), (y^{m,n}_{i+1/2,n})$ を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,11,\cdots 10+n$; $i=m, m+1, \cdots 10+n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし，$i=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

さらに $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,9,8,\cdots 10-n$; $i=m, m-1, \cdots 10-n$; $j=3,2,1,0$ について

計算する．ただし $m=i=10$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない．

4.2 アーチ常数の計算

$$LIA_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1}{T^3_{i,n}}+\frac{4}{T^3_{i+1/8,n}}+\frac{2}{T^3_{i+2/8,n}}+\frac{4}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{1}{T^3_{i+1,n}}\right\}+L\alpha_n \quad (4.2.1)$$

$$RIA_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1}{T^3_{i,n}}+\frac{4}{T^3_{i+1/8,n}}+\frac{2}{T^3_{i+2/8,n}}+\frac{4}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{1}{T^3_{i+1,n}}\right\}+R\alpha_n \quad (4.2.2)$$

$$LIB_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+1/8,n})}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+2/8,n})}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+L\alpha_n(\chi^{m,n}_{10+n,n})+L\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.3)$$

$$RIB_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+1/8,n})}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+2/8,n})}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+R\alpha_n(\chi^{m,n}_{10-n,n})-R\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.4)$$

$$LIC_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+1/8,n})}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+2/8,n})}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+L\alpha_n(y^{m,n}_{10+n,n})+L\alpha_{2,n}\cdot\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.6)$$

$$RIC_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+1/8,n})}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+2/8,n})}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}$$
$$+R\alpha_n(y^{m,n}_{10-n,n})-R\alpha_{2,n}\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.6)$$

$$LIIB_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+1/8,n})(y^{m,n}_{i+1/8,n})}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+2/8,n})(y^{m,n}_{i+2/8,n})}{T^3_{i+2/8,n}}\right.$$
$$\left.+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+3/8,n})(y^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+\frac{1\gamma_n}{6Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\right.$$
$$\frac{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{\sin(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1/8,n}}+$$
$$2\frac{\sin(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+2/8,n}}+4\frac{\sin(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}$$
$$\left.+\frac{\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}+L\alpha_n(\chi^{m,n}_{10+n,n})(y^{m,n}_{10+n,n})+L\alpha_{2,n}\left[\right.$$
$$(\chi^{m,n}_{10+n,n})\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+(y^{m,n}_{10+n,n})\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\left.\right]+(L\alpha\gamma_n-L\alpha\beta_n)\times$$
$$\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.7)$$

$$RIIB_{m,n}=\frac{1\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+1/8,n})(y^{m,n}_{i+1/8,n})}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+2/8,n})(y^{m,n}_{i+2/8,n})}{T^3_{i+2/8,n}}\right.$$
$$\left.+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+3/8,n})(y^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\}+\frac{1\gamma_n}{6Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{\sin(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1/8,n}}+2\frac{\sin(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+2/8,n}}$$
$$\left.+4\frac{\sin(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}+\frac{\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}$$
$$+R\alpha_n(\chi^{m,n}_{10-n,n})(y^{m,n}_{10-n,n})-R\alpha_{2,n}\left[(\chi^{m,n}_{10-n,n})\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})+(y^{m,n}_{10-n,n})\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\right]$$
$$+(R\alpha\gamma_n-R\alpha\beta_n)\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.2.8)$$

$$
{}_{L2}C_{m,n}=\frac{{}_{1}\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})^2}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+1/8,n})^2}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+2/8,n})^2}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+3/8,n})^2}{T^3_{i+3/8,n}}+\right.
$$

$$
\left.\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})^2}{T^3_{i+1,n}}\right\}+\frac{{}_{1}\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\cos^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1/8,n}}+\right.
$$

$$
2\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+2/8,n}}+4\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}+\left.\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
{}_{L}\alpha_n(y^{m,n}_{10+n,n})^2+{}_{L}\alpha\beta_n\cdot\sin^2(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{L}\alpha\gamma_n\cdot\cos^2(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+
$$

$$
2{}_{L}\alpha\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10+n,n})\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.9)
$$

$$
{}_{R2}C_{m,n}=\frac{{}_{1}\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y^{m,n}_{i,n})^2}{T^3_{i,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+1/8,n})^2}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(y^{m,n}_{i+2/8,n})^2}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(y^{m,n}_{i+3/8,n})^2}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})^2}{T^3_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
\frac{{}_{1}\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\cos^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1/8,n}}+\right.
$$

$$
\left.2\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+2/8,n}}+4\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}+\frac{1+2\cos^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
{}_{R}\alpha_n(y^{m,n}_{10-n,n})^2+{}_{R}\alpha\beta_n\sin^2(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})+{}_{R}\alpha\gamma_n\cos^2(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-
$$

$$
2{}_{R}\alpha\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10-n,n})\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.10)
$$

$$
{}_{L3}B_{m,n}=\frac{{}_{1}\gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})^2}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+1/8,n})^2}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+2/8,n})^2}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+3/8,n})^2}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})^2}{T^3_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
\frac{{}_{1}\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1/8,n}}+\right.
$$

$$
2\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+2/8,n}}+4\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}+\left.\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+1,n}+\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
{}_{L}\alpha_n(\chi^{m,n}_{10+n,n})^2+{}_{L}\alpha\beta_n\cdot\cos^2(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{L}\alpha\gamma_n\sin^2(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+
$$

$$
2{}_{L}\alpha\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n})\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.11)
$$

$$
{}_{R3}B_{m,n}=\frac{{}_{1}\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})^2}{T^3_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+1/8,n})^2}{T^3_{i+1/8,n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+2/8,n})^2}{T^3_{i+2/8,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+3/8,n})^2}{T^3_{i+3/8,n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})^2}{T^3_{i+1,n}}\right\}+
$$

$$
\frac{{}_{1}\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}+4\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+1/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1/8,n}}+\right.
$$

$$
2\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+2/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+2/8,n}}+4\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}+\left.\frac{1+2\sin^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\}
$$

$$
+{}_{R}\alpha_n(\chi^{m,n}_{10-n,n})^2+{}_{R}\alpha\beta_n\cdot\cos^2(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})+{}_{R}\alpha\gamma_n\sin^2(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-
$$

$$
2{}_{R}\alpha\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n})\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.12)
$$

(4.2.1), (4.2.3), (4.2.5), (4.2.7), (4.2.9), (4.2.11) について $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,11,\cdots 10+n$ について計算し (4.2.2), (4.2.4), (4.2.6), (4.2.8), (4.2.10), (4.2.12) は $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,9,\cdots 10-n$ について計算する.

$$
{}_{1}A_{10,n}={}_{L1}A_{10,n}+{}_{R1}A_{10,n} \qquad (4.2.13)
$$

$$
{}_{1}B_{10,n}={}_{L1}B_{10,n}+{}_{R1}B_{10,n} \qquad (4.2.14)
$$

$$
{}_{1}C_{10,n}={}_{L1}C_{10,n}+{}_{R1}C_{10,n} \qquad (4.2.15)
$$

$$
{}_{2}B_{10,n}={}_{L2}B_{10,n}+{}_{R2}B_{10,n} \qquad (4.2.16)
$$

$$
{}_{2}C_{10,n}={}_{L2}C_{10,n}+{}_{R2}C_{10,n} \qquad (4.2.17)
$$

$$
{}_{3}B_{10,n}={}_{L3}B_{10,n}+{}_{R3}B_{10,n} \qquad (4.2.18)
$$

(4.2.13) ~ (4.2.18) を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する.

4.3 単位荷重による M_L, H_L, V_L

$$
\begin{aligned}
{}_LrM(n,K,10,i+\tfrac{3}{8}) = {} & \frac{1}{24}\sum_{s=0}^{P-1}\Big(\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\Big\{\Big\{\big(\chi'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(u\chi_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)+ \\
& \Big\{\big(y'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(uy_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)\Big\}+4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\Big\{\Big\{\big(\chi'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big\}\times \\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\Big\{\big(y'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big\}+\big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\times \\
& \Big\{\Big\{\big(\chi'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)+\Big\{\big(y'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(uy_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\Big) \\
& +\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{8-j}\Big(\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\Big\{\Big\{\big(\chi'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(u\chi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)+\Big\{\big(y'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(uy_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\Big\}\times \\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\Big\}+4\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big\{\Big\{\big(\chi'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\Big\{\big(y'_{i+\frac{3}{8},n}\big)- \\
& \big(uy_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\Big\}+\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\{\Big\{\big(\chi'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big) \\
& +\Big\{\big(y'_{i+\frac{3}{8},n}\big)-\big(uy_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\Big) \qquad (4.3.1)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LrH(n,K,10,i+\tfrac{3}{8}) = {} & \frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{3}{8},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)+4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\times \\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}+\sum_{s=0}^{8-j}\Big\{\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s}{8},n}\big) \\
& +4\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\Big]-\cos\phi_{i+\frac{3}{8},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1} \\
& \Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)+4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}- \\
& \psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}+\sum_{s=0}^{8-j}\Big\{\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)+4\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big) \\
& +\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.2)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LrV(n,K,10,i+\tfrac{3}{8}) = {} & \frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{3}{8},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)+4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}- \\
& \psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}+\sum_{s=0}^{8-j}\Big\{\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\times \\
& \big(u\chi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)+4\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\Big]+ \\
& \cos\phi_{i+\frac{3}{8},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s}{8},n}\big)+4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}\big)+ \\
& \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\psi_{K-1,n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}+\sum_{s=0}^{8-j}\Big\{\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s}{8},n}\big)+4\big(\psi_{K+1,n}- \\
& \psi_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s+1}{8},n}\big)+\big(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\frac{\alpha}{\alpha\psi}\big(uy_{K+\frac{2s+2}{8},n}\big)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.3)
\end{aligned}
$$

(4.3.1) ~ (4.3.3) に現れる $\sum_{s=0}^{P-1}$, $\sum_{s=0}^{8-j}$ は次のようにとるものとする。

(i) $K=i=10$ のとき

$P=0$, $8=j$

即ち $\sum_{s=0}^{P-1}$ は計算しない。

(ii) $K=10$, $11 \le i \le 10+n$ のとき

$P=0$, $8=4$

即ち $\sum_{s=0}^{P-1}$ は計算しない。

(iii) $10 \le i < K-1$ のとき

$P=0$, $8=0$

すなわち $_{LR}M(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta}) = {}_{LR}H(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta}) = {}_{LR}V(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}) = 0$

(IV) $10+n > i = K-1 \geq 10$ のとき

$P = j$, $q = 0$

すなわち $\sum_{s=0}^{q-1}$ は計算しない.

(V) $10+n \geq i = K \geq 11$

$P = 4$, $q = j$

(VI) $10+n \geq i > K \geq 11$

$P = 4$, $q = 4$

以上の P, q を用いて (4.3.1)~(4.3.3) を $n = 1,2,\cdots 6$; $K = 10,11,\cdots 10+n$; $i = 10,11,\cdots 10+n$; $j = 0,1,2,3$ について計算する. ただし, $i = 10+n$ のときは $j = 0$ 以外の j については計算しない.

$$
\begin{aligned}
{}_{RR}M(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\delta}) = {} & \frac{1}{24}\sum_{s=p}^{3}\Big(\{\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n}\}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})+\\
& \{(y'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(uy_{K+\frac{2s}{\delta},n})\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big]+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\}\times\\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big]+(\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\delta},n})\\
& -(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n)}\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]+\\
& \frac{1}{24}\sum_{s=p}^{3}\Big(\{\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n)}\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-\\
& (uy_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big]+4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n)}\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\\
& +\{(y'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n)}\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n)}\Big]+(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n)}\}\times\\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\delta},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n)}\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n)}\Big]\Big)
\end{aligned}
\tag{4.3.4}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{RR}H(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\delta}) = {} & \frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s}{\delta},n})+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\times\\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})+\\
& 4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]-\\
& \cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})+\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+\\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K+1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})+\\
& 4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]\Big)
\end{aligned}
\tag{4.3.5}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{RR}V(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\delta}) = {} & -\frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i-\frac{2j}{\delta},n}\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\times\\
& \frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})+\\
& 4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]+\\
& \cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s}{\delta},n})+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+\\
& (\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})+\\
& 4(\psi_{K+1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})+(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]\Big)
\end{aligned}
\tag{4.3.6}
$$

(4.3.4)～(4.3.6)に表われる $\overset{3}{\underset{s\cdot p}{Z}}$, $\overset{3}{\underset{s\cdot q}{Z}}$ は次のようにとるものとする。

(i) $K=i=10$ のとき

$p=4$, $q=4$

即ち $_{rr}M(n,k,10,i+\frac{j}{8}) = {}_{rr}H(n,k,10,i+\frac{j}{8}) = {}_{rr}V(n,k,10,i+\frac{j}{8}) = 0$

(ii) $K=10$, $i=9$ のとき

$p=4$, $q=j$

即ち $\overset{3}{\underset{s\cdot p}{Z}}$ は計算しない。

(iii) $K=10$, $9>i\geqq 10-n$ のとき

$p=4$, $q=0$

即ち $\overset{3}{\underset{s\cdot p}{Z}}$ は計算しない。

(iv) $10\geqq i\geqq K+1$ のとき

$p=4$, $q=4$

即ち $_{rr}M(n,K,10,i+\frac{j}{8}) = {}_{rr}H(n,k,10,i+\frac{j}{8}) = {}_{rr}V(n,k,10,i+\frac{j}{8}) = 0$

(v) $10-n\leq i=K<10$ のとき

$p=j$, $q=4$

即ち $\overset{3}{\underset{s\cdot q}{Z}}$ は計算しない。

(vi) $10-n\leq i=K-1<9$ のとき

$p=0$, $q=j$

(vii) $10-n\leq i<K-1<9$ のとき

$p=0$, $q=0$

以上の p, q を用いて(4.3.3)～(4.3.6)を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,9,8,\cdots 10-n$, $i=10,9,\cdots 10-n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=0$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$_{lr}M(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = {}_{lr}M(n,k,10,i+\tfrac{j}{8}) - {}_{lr}M(n,k,10,m) + {}_{lr}H(n,k,10,m)(\chi^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}) - {}_{lr}V(n,k,10,m)(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}) \quad (4.3.7)$$

$$_{lr}H(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = {}_{lr}H(n,k,10,i+\tfrac{j}{8}) - {}_{lr}H(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) - {}_{lr}V(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.8)$$

$$_{lr}V(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = {}_{lr}V(n,k,10,i+\tfrac{j}{8}) + {}_{lr}H(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) - {}_{lr}V(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.9)$$

(4.3.7)～(4.3.9)を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,11,\cdots 10+n$, $m=10,11,\cdots 10+n$; $i=m,m+1,\cdots 10+n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=10+n$ のとき, $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$_{rr}M(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = {}_{rr}M(n,k,10,i+\tfrac{j}{8}) - {}_{rr}M(n,k,10,m) + {}_{rr}H(n,k,10,m)(\chi^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}) + {}_{rr}V(n,k,10,m)(y^{m,n}_{i+\frac{j}{8},n}) \quad (4.3.10)$$

$$_{rr}H(n,k,m,i+\tfrac{j}{8}) = {}_{rr}H(n,k,10,i+\tfrac{j}{8}) - {}_{rr}H(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) + {}_{rr}V(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{j}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.11)$$

$$_{R}rV(n,k,m,i+\tfrac{2}{8}) = {}_{R}rV(n,k,10,i+\tfrac{2}{8}) - {}_{R}rH(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) - {}_{R}rV(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.12)$$

(4.3.10)～(4.3.12)を $n=1,2,\cdots 6$；$K=10,9,\cdots 10-n$，$m=10,9,\cdots 10-n$；$i=m,m-1,\cdots 10-n$；$j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=10$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

4.4 荷重常数

$$_{Lr1}D^{K,n}_{m,n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{_{Lr}M(n,K,m,i)}{T^3_{i,n}} + 4\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{2}{8})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 2\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{4}{8})}{T^3_{i+\frac{4}{8},n}} + 4\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{6}{8})}{T^3_{i+\frac{6}{8},n}} + \frac{_{Lr}M(n,K,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right\} + {}_{Lr}M(n,K,m,10+n)\,{}_{La}\alpha_n + {}_{Lr}V(n,K,m,10+n)\,{}_{La}\alpha_{2,n} \quad (4.4.1)$$

$$_{Lr2}D^{K,n}_{m,n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{_{Lr}M(n,K,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{2}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 2\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{4}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})}{T^3_{i+\frac{4}{8},n}} + 4\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{6}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})}{T^3_{i+\frac{6}{8},n}} + \frac{_{Lr}M(n,K,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\} +$$

$$\frac{1r_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{_{Lr}H(n,K,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}} + 4\frac{_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}} + 2\frac{_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,k,m,i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{4}{8},n}} + 4\frac{_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,k,m,i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{6}{8},n}} + \frac{_{Lr}H(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right\} +$$

$${}_{Lr}M(n,k,m,10+n)\left\{{}_{La}\alpha_n(y^{m,n}_{10+n,n}) + {}_{La}\alpha_{2,n}\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right\} + {}_{Lr}H(n,k,m,10+n)\times {}_{La}\beta_n\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) + {}_{Lr}V(n,k,m,10+n)\left\{{}_{La}\gamma_n\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) + {}_{La}\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10+n,n})\right\} \quad (4.4.2)$$

$$_{Lr3}D^{K,n}_{m,n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{_{Lr}M(n,K,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{2}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 2\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{4}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})}{T^3_{i+\frac{4}{8},n}} + 4\frac{_{Lr}M(n,K,m,i+\frac{6}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})}{T^3_{i+\frac{6}{8},n}} + \frac{_{Lr}M(n,K,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right\} +$$

$$\frac{1r_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{-_{Lr}H(n,K,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,K,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}} + 4\frac{-_{Lr}H(n,K,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,K,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}} + 2\frac{-_{Lr}H(n,K,m,i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,K,m,i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{4}{8},n}} + 4\frac{-_{Lr}H(n,K,m,i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n}) + 3_{Lr}V(n,K,m,i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{6}{8},n}}$$

$$+\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big]$$

$$+{}_{LR}M(n,k,m,10+n)\Big[{}_{LA}\alpha_n(\chi^{m,n}_{10+n,n})+{}_{LA}\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\Big]-{}_{LR}H(n,k,m,10+n)\times {}_{LA}\beta_n\cdot\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{LR}V(n,k,m,10+n)\Big[{}_{LA}\gamma_n\cdot\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{LA}\alpha_{2n}(\chi^{m,n}_{10+n,n})\Big]$$

(4.4.3)

(4.4.1)～(4.4.3) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,11,\cdots 10+n$; $m=10,11,\cdots 10+n$ について計算する

$$_{RR}D^{k,n}_{m,n}=\frac{{}_{LR}\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{1}{8})}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}}+2\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{3}{8})}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}+\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\Big]+{}_{RA}\alpha_n\cdot{}_{RR}M(n,k,m,10-n)+{}_{RA}\alpha_{2n}\cdot{}_{RR}V(n,k,m,10-n)$$

(4.4.4)

$$_{RR}E^{k,n}_{m,n}=\frac{{}_{LR}\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{1}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}}+2\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{3}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}+\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\Big]+\frac{{}_{LR}\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}$$

$$+4\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}$$

$$+2\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{4}{8},n}}$$

$$+4\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{6}{8},n}}$$

$$+\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big]$$

$$+{}_{RR}M(n,k,m,10-n)\Big[{}_{RA}\alpha_n(y^{m,n}_{10-n,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\Big]+{}_{RR}H(n,k,m,10-n)\times {}_{RA}\beta_n\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RR}V(n,k,m,10-n)\Big[{}_{RA}\gamma_n\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10-n,n})\Big]$$

(4.4.5)

$$_{RR}D^{k,n}_{m,n}=\frac{{}_{LR}\gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{1}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}}+2\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{3}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}+\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\Big]-\frac{{}_{LR}\gamma_n}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+3{}_{RR}V(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}$$

$$+4\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}$$

$$+2\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{4}{8},n}}$$

$$+4\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{6}{8},n}}$$

$$+\frac{{}_{RR}H(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+3{}_{RR}V(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big]$$

$$+{}_{RR}M(n,k,m,10-n)\Big[{}_{RA}\alpha_n\cdot(\chi^{m,n}_{10-n,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\Big]-{}_{RR}H(n,k,m,10-n)\times {}_{RA}\beta_n\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RR}V(n,k,m,10-n)\Big[{}_{RA}\gamma_n\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n})\Big]$$

(4.4.6)

(4.4.4)~(4.4.6) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,9,\cdots 10-n$; $m=10,9,\cdots 10-n$ について計算する.

(i) $11 \leqq K \leqq 10+n$ のとき

$$r_1D^{K,n}_{10,n} = {}_Lr_1D^{K,n}_{m,n} \tag{4.4.7}$$

$$r_2D^{K,n}_{10,n} = {}_Lr_2D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.8}$$

$$r_3D^{K,n}_{10,n} = {}_Lr_3D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.9}$$

(ii) $K=10$ のとき

$$r_1D^{K,n}_{10,n} = {}_Lr_1D^{K,n}_{10,n} + {}_Rr_1D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.10}$$

$$r_2D^{K,n}_{10,n} = {}_Lr_2D^{K,n}_{10,n} + {}_Rr_2D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.11}$$

$$r_3D^{K,n}_{10,n} = {}_Lr_3D^{K,n}_{10,n} + {}_Rr_3D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.12}$$

(iii) $9 \geqq K \geqq 10-n$ のとき

$$r_1D^{K,n}_{10,n} = {}_Rr_1D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.13}$$

$$r_2D^{K,n}_{10,n} = {}_Rr_2D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.14}$$

$$r_3D^{K,n}_{10,n} = {}_Rr_3D^{K,n}_{10,n} \tag{4.4.15}$$

$r_1D^{K,n}_{10,n}$, $r_2D^{K,n}_{10,n}$, $r_3D^{K,n}_{10,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10-n, 11-n,\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する.

4.5 不静定諸力および単位撓みの計算

$$K_n = {}_1A_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-{}_1B_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-{}_1C_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\} \tag{4.5.1}$$

$$arM^{K,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[r_1D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-r_3D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-r_2D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \tag{4.5.2}$$

$$arH^{K,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-r_1D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+r_3D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+r_2D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \tag{4.5.3}$$

$$arV^{K,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-r_1D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r_3D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r_2D^{K,n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right] \tag{4.5.4}$$

K_n を $n=1,2,\cdots 6$ について計算し, $arM^{K,n}_{10,n}\cdot arH^{K,n}_{10,n}\cdot arV^{K,n}_{10,n}$ については $n=1,2,\cdots 6$, $K=10-n, 11-n,\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する.

(i) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$arM^{K,n}_{m,n} = arM^{K,n}_{10,n} + arH^{K,n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{K,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) - {}_Lr_1M(n,k,10,m) \tag{4.5.5}$$

$$arH^{K,n}_{m,n} = arH^{K,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{K,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + {}_Lr_1H(n,k,10,m) \tag{4.5.6}$$

$$arV^{K,n}_{m,n} = arH^{K,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arV^{K,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - {}_Lr_1V(n,k,10,m) \tag{4.5.7}$$

$$ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = {}_Li_{C_{m,n}}\cdot arM^{K,n}_{m,n} + {}_L2B_{m,n}\cdot arH^{K,n}_{m,n} + {}_L2C_{m,n}\cdot arV^{K,n}_{m,n} - {}_Lr_2D^{K,n}_{m,n} \tag{4.5.8}$$

$$ar(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = -{}_Li_{B_{m,n}}\cdot arM^{K,n}_{m,n} - {}_L3B_{m,n}\cdot arH^{K,n}_{m,n} - {}_L2B_{m,n}\cdot arV^{K,n}_{m,n} + {}_Lr_3D^{K,n}_{m,n} \tag{4.5.9}$$

$$ar(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = {}_Li_{A_{m,n}}\cdot arM^{K,n}_{m,n} + {}_Li_{B_{m,n}}\cdot arH^{K,n}_{m,n} + {}_Li_{C_{m,n}}\cdot arV^{K,n}_{m,n} - {}_Lr_1D^{K,n}_{m,n} \tag{4.5.10}$$

(ii) $9 \geqq m \geqq 10-n$ のとき

$$arM^{K,n}_{m,n} = arM^{K,n}_{10,n} + arH^{K,n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{K,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) - RrM(n,K,10,m) \quad (4.5.11)$$

$$arH^{K,n}_{m,n} = arH^{K,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{K,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arH(n,K,10,m) \quad (4.5.12)$$

$$arV^{K,n}_{m,n} = -arH^{K,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{K,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - RrV(n,K,10,m) \quad (4.5.13)$$

$$ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = -R1C_{m,n}\cdot arM^{K,n}_{m,n} - R2B_{m,n}\cdot arH^{K,n}_{m,n} + R2C_{m,n}\cdot arV^{K,n}_{m,n} + RrzD^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.14)$$

$$ar(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = R1B_{m,n}\cdot arM^{K,n}_{m,n} + R3B_{m,n}\cdot arH^{K,n}_{m,n} - R2B_{m,n}\cdot arV^{K,n}_{m,n} - RrsD^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.15)$$

$$ar(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = -R1A_{m,n}\cdot arM^{K,n}_{m,n} - R1B_{m,n}\cdot arH^{K,n}_{m,n} + R1C_{m,n}\cdot arV^{K,n}_{m,n} + RrlD^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.16)$$

(4.5.5)~(4.5.16) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10-n,11-n,\cdots 10\cdots 10+n$; $m=10-n,11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する，ただし $10-n \leqq K \leqq 9$ のとき

$$LrM(n,K,10,m) = LrH(n,K,10,n) = LrV(n,K,10,m) = Lr1D^{K,n}_{m,n} = Lr2D^{K,n}_{m,n} = Lr3D^{K,n}_{m,n} = 0$$

$10+n \geqq K \geqq 11$ のとき

$$RrM(n,K,10,m) = RrH(n,K,10,m) = RrV(n,K,10,m) = Rr1D^{K,n}_{m,n} = Rr2D^{K,n}_{m,n} = Rr3D^{K,n}_{m,n} = 0$$

とする．

4.6 集中荷重

$$r1D^{C,10+n}_{m,n} = La\alpha_{2,n} \quad (4.6.1)$$

$$r2D^{C,10+n}_{m,n} = La\gamma_n\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) + La\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10+n,n}) \quad (4.6.2)$$

$$r3D^{C,10+n}_{m,n} = La\gamma_n\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) + La\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n}) \quad (4.6.3)$$

$$s1D^{C,10+n}_{m,n} = 0 \quad (4.6.4)$$

$$s2D^{C,10+n}_{m,n} = La\beta_n\cdot\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.5)$$

$$s3D^{C,10+n}_{m,n} = -La\beta_n\cdot\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.6)$$

$$r1D^{C,10-n}_{m,n} = Ra\alpha_{2,n} \quad (4.6.7)$$

$$r2D^{C,10-n}_{m,n} = -Ra\gamma_n\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) + Ra\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10-n,n}) \quad (4.6.8)$$

$$r3D^{C,10-n}_{m,n} = -Ra\gamma_n\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) + Ra\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n}) \quad (4.6.9)$$

$$s1D^{C,10-n}_{m,n} = 0 \quad (4.6.10)$$

$$s2D^{C,10-n}_{m,n} = -Ra\beta_n\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.11)$$

$$s3D^{C,10-n}_{m,n} = +Ra\beta_n\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.12)$$

(4.6.1)~(4.6.6) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,11,\cdots 10+n$ について，(4.6.7)~(4.6.12) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10;9,\cdots 10-n$ について計算する。

$$arM^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left[r1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\} - r3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\} - r2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \quad (4.6.13)$$

$$arH^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left[-r1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\} + r3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\} + r2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \quad (4.6.14)$$

$$arV^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left[-r1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\} + r3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\} + r2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right] \quad (4.6.15)$$

$$asM^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{s_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-s_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-s_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.16)$$

$$asH^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+s_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.17)$$

$$asV^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \quad (4.6.18)$$

$$arM^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{r_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-r_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-r_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.19)$$

$$arH^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-r_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+r_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+r_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.20)$$

$$arV^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-r_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \quad (4.6.21)$$

$$asM^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{s_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-s_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-s_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.22)$$

$$asH^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+s_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.23)$$

$$asV^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \quad (4.6.24)$$

(4.6.13)～(4.6.24) を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する.

(i) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$arM^{C,10+n}_{m,n} = arM^{C,10+n}_{10,n} + arH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.25)$$

$$arH^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.26)$$

$$arV^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.27)$$

$$asM^{C,10+n}_{m,n} = asM^{C,10+n}_{10,n} + asH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.28)$$

$$asH^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.29)$$

$$asV^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.30)$$

$$arM^{C,10-n}_{m,n} = arM^{C,10-n}_{10,n} + arH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.31)$$

$$arH^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.32)$$

$$arV^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.33)$$

$$asM^{C,10-n}_{m,n} = asM^{C,10-n}_{10,n} + asH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.34)$$

$$asH^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.36)$$

$$asV^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.36)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = {}_{L1}C_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + {}_{L2}B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + {}_{L2}C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} - r_2D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.37)$$

$$ar(\Delta S)^{C,10+n}_{m,n} = -L_1B_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} - L_3B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} - L_2B_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} + r_3D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.38)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = L_1A_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + L_1B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + L_1C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} - r_1D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.39)$$

$$as(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = L_1C_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + L_2B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + L_2C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} - s_2D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.40)$$

$$as(\Delta S)^{C,10+n}_{m,n} = -L_1B_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} - L_3B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} - L_2B_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} + s_3D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.41)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = L_1A_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + L_1B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + L_1C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} - s_1D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.42)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = L_1C_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + L_2B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + L_2C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.43)$$

$$ar(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = -L_1B_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} - L_3B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} - L_2B_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.44)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = L_1A_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + L_1B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + L_1C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.45)$$

$$as(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = L_1C_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + L_2B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + L_2C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.46)$$

$$as(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = -L_1B_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} - L_3B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} - L_2B_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.47)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = L_1A_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + L_1B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + L_1C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.48)$$

(ii) $9 \geqq m \geqq 10-n$ のとき

$$arM^{C,10+n}_{m,n} = arM^{C,10+n}_{10,n} + arH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.49)$$

$$arH^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.50)$$

$$arV^{C,10+n}_{m,n} = -arH^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.51)$$

$$asM^{C,10+n}_{m,n} = asM^{C,10+n}_{10,n} + asH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.52)$$

$$asH^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.53)$$

$$asV^{C,10+n}_{m,n} = -asH^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.54)$$

$$arM^{C,10-n}_{m,n} = arM^{C,10-n}_{m,n} + arH^{C,10-n}_{m,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.55)$$

$$arH^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.56)$$

$$arV^{C,10-n}_{m,n} = -arH^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.57)$$

$$asM^{C,10-n}_{m,n} = asM^{C,10-n}_{m,n} + asH^{C,10-n}_{m,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10-n}_{m,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.58)$$

$$asH^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{m,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{m,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.59)$$

$$asV^{C,10-n}_{m,n} = -asH^{C,10-n}_{m,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{m,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.60)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1C_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + R_2C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.61)$$

$$ar(\Delta S)^{C,10+n}_{m,n} = R_1B_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + R_3B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.62)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1A_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} - R_1B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + R_1C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.63)$$

$$as(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1C_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + R_2C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.64)$$

$$as(\Delta S)^{C,10+n}_{m,n} = R_1B_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + R_3B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.65)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1A_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} - R_1B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + R_1C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.66)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1C_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + R_2C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} + r_2D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.67)$$

$$ar(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = R_1B_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + R_3B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} - r_3D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.68)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1A_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} - R_1B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + R_1C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} + r_1D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.69)$$

$$as(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1C_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + R_2C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} + s_2D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.70)$$

$$as(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = R_1B_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + R_3B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} - s_3D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.71)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1A_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} - R_1B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + R_1C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} + s_1D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.72)$$

(4.6.25)～(4.6.72) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について計算する.

4.7 温度荷重による撓み

$$t_{m+\frac{1}{2},n} = t_{m,n} + \frac{1}{4}(t_{m+1,n} - t_{m,n}) \tag{4.7.1}$$

$$\omega_{m+\frac{1}{2},n} = \omega_{m,n} + \frac{1}{4}(\omega_{m+1,n} - \omega_{m,n}) \tag{4.7.2}$$

(4.7.1)～(4.7.2) を $n=1,2\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$; $j=0,1,2,3$ について計算する. ただし. $m=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j は計算しない.

$$_{Lt1}D_{m,n} = \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=m}^{q=n}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{\omega_{t,n}+4\omega_{t+\frac{1}{8},n}+2\omega_{t+\frac{2}{8},n}+4\omega_{t+\frac{3}{8},n}+\omega_{t+1,n}\right\} \tag{4.7.3}$$

$$_{Lt2}D_{m,n} = \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=m}^{q=n}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{\omega_{t,n}(y^{m,n}_{t,n})+4\omega_{t+\frac{1}{8},n}(y^{m,n}_{t+\frac{1}{8},n})+2\omega_{t+\frac{2}{8},n}(y^{m,n}_{t+\frac{2}{8},n})+4\omega_{t+\frac{3}{8},n}(y^{m,n}_{t+\frac{3}{8},n})+\omega_{t+1,n}(y^{m,n}_{t+1,n})\right\}-\frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=m}^{q=n}\left[t_{t,n}\cdot sin(\phi_{t,n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{1}{8},n}\cdot sin(\phi_{t+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+2t_{t+\frac{2}{8},n}\cdot sin(\phi_{t+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{3}{8},n}\cdot sin(\phi_{t+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{t+1,n}\cdot sin(\phi_{t+1,n}-\phi_{m,n})\right](\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n}) \tag{4.7.4}$$

$$_{Lt3}D_{m,n} = \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=m}^{q=n}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{\omega_{t,n}(\chi^{m,n}_{t,n})+4\omega_{t+\frac{1}{8},n}(\chi^{m,n}_{t+\frac{1}{8},n})+2\omega_{t+\frac{2}{8},n}(\chi^{m,n}_{t+\frac{2}{8},n})+4\omega_{t+\frac{3}{8},n}(\chi^{m,n}_{t+\frac{3}{8},n})+\omega_{t+1,n}(\chi^{m,n}_{t+1,n})\right\}+\frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=m}^{q=n}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{t_{t,n}\cdot cos(\phi_{t,n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{1}{8},n}\cdot cos(\phi_{t+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+2t_{t+\frac{2}{8},n}\cdot cos(\phi_{t+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{3}{8},n}\cdot cos(\phi_{t+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{t+1,n}\cdot cos(\phi_{t+1,n}-\phi_{m,n})\right\} \tag{4.7.5}$$

$$_{Rt1}D_{m,n} = \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=10-n}^{m-1}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{\omega_{t,n}+4\omega_{t+\frac{1}{8},n}+2\omega_{t+\frac{2}{8},n}+4\omega_{t+\frac{3}{8},n}+\omega_{t+1,n}\right\} \tag{4.7.6}$$

$$_{Rt2}D_{m,n} = \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=10-n}^{m-1}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{\omega_{t,n}(y^{m,n}_{t,n})+4\omega_{t+\frac{1}{8},n}(y^{m,n}_{t+\frac{1}{8},n})+2\omega_{t+\frac{2}{8},n}(y^{m,n}_{t+\frac{2}{8},n})+4\omega_{t+\frac{3}{8},n}(y^{m,n}_{t+\frac{3}{8},n})+\omega_{t+1,n}(y^{m,n}_{t+1,n})\right\}-\frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=10-n}^{m-1}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{t_{t,n}\cdot sin(\phi_{t,n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{1}{8},n}\cdot sin(\phi_{t+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+2t_{t+\frac{2}{8},n}\cdot sin(\phi_{t+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{3}{8},n}\cdot sin(\phi_{t+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{t+1,n}\cdot sin(\phi_{t+1,n}-\phi_{m,n})\right\} \tag{4.7.7}$$

$$_{Rt3}D_{m,n} = \frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=10-n}^{m-1}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{\omega_{t,n}\cdot(\chi^{m,n}_{t,n})+4\omega_{t+\frac{1}{8},n}(\chi^{m,n}_{t+\frac{1}{8},n})+2\omega_{t+\frac{2}{8},n}(\chi^{m,n}_{t+\frac{2}{8},n})+4\omega_{t+\frac{3}{8},n}(\chi^{m,n}_{t+\frac{3}{8},n})+\omega_{t+1,n}(\chi^{m,n}_{t+1,n})\right\}+\frac{C\cdot{}_1\gamma_n}{12}\sum_{t=10-n}^{m-1}(\psi_{t+1,n}-\psi_{t,n})\left\{t_{t,n}\cdot cos(\phi_{t,n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{1}{8},n}\cdot cos(\phi_{t+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+2t_{t+\frac{2}{8},n}\cdot cos(\phi_{t+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+4t_{t+\frac{3}{8},n}\cdot cos(\phi_{t+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{t+1,n}\cdot cos(\phi_{t+1,n}-\phi_{m,n})\right\} \tag{4.7.8}$$

(4.7.3)～(4.7.5) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,11,\cdots 10+n$ について計算し, (4.7.6)～(4.7.8) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n; 11-n,\cdots 10$ について計算する.

$$_{t1}D_{10,n} = {}_{Lt1}D_{10,n} + {}_{Rt1}D_{10,n} \tag{4.7.9}$$

$$_{t2}D_{10,n} = {}_{Lt2}D_{10,n} + {}_{Rt2}D_{10,n} \tag{4.7.10}$$

$$_{t3}D_{10,n} = {}_{Lt3}D_{10,n} + {}_{Rt3}D_{10,n} \tag{4.7.11}$$

$$_{ta}M_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left\{{}_{t1}D_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-{}_{t3}D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-{}_{t2}D_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \tag{4.7.12}$$

$$_{ta}H_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left\{-{}_{t1}D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+{}_{t3}D_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+{}_{t2}D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \tag{4.7.13}$$

$$taV'_{10,n} = \frac{1}{K_n}\{-{}_{t1}D_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}+{}_{t3}D_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}+{}_{t2}D_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\}\} \quad (4.7.14)$$

(4.7.9) ~ (4.7.14) を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する。

(i) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$taM'_{m,n} = taM'_{10,n} + taH'_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + taV'_{10,n}(y'^{10,n}_{m,n}) \quad (4.7.15)$$

$$taH'_{m,n} = taH'_{10,n}\cdot COS(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - taV'_{10,n}\cdot Sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.16)$$

$$taV'_{m,n} = taH'_{10,n}\cdot Sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + taV'_{10,n}\cdot COS(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.17)$$

$$ta(\Delta r')_{m,n} = {}_{L1}C_{m,n}\cdot taM'_{m,n} + {}_{L2}B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + {}_{L2}C_{m,n}\cdot taV'_{m,n} - {}_{Lt2}D_{m,n} \quad (4.7.18)$$

$$ta(\Delta s')_{m,n} = -{}_{L1}B_{m,n}\cdot taM'_{m,n} - {}_{L3}B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} - {}_{L2}B_{m,n}\cdot taV'_{m,n} + {}_{Lt3}D_{m,n} \quad (4.7.19)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n} = {}_{L1}A_{m,n}\cdot taM'_{m,n} + {}_{L1}B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + {}_{L1}C_{m,n}\cdot taV'_{m,n} - {}_{Lt1}D_{m,n} \quad (4.7.20)$$

(ii) $9 \geqq m \geqq 10-n$ のとき

$$taM'_{m,n} = taM'_{10,n} + taH'_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + taV'_{10,n}(y'^{10,n}_{m,n}) \quad (4.7.21)$$

$$taH'_{m,n} = taH'_{10,n}\cdot COS(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - taV'_{10,n}\cdot Sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.22)$$

$$taV'_{m,n} = -taH'_{10,n}\cdot Sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - taV'_{10,n}\cdot COS(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.23)$$

$$ta(\Delta r')_{m,n} = -{}_{R1}C_{m,n}\cdot taM'_{m,n} - {}_{R2}B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + {}_{R2}C_{m,n}\cdot taV'_{m,n} + {}_{Rt2}D_{m,n} \quad (4.7.24)$$

$$ta(\Delta s')_{m,n} = {}_{R1}B_{m,n}\cdot taM'_{m,n} + {}_{R3}B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} - {}_{R2}B_{m,n}\cdot taV'_{m,n} - {}_{Rt3}D_{m,n} \quad (4.7.25)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n} = -{}_{R1}A_{m,n}\cdot taM'_{m,n} - {}_{R1}B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + {}_{R1}C_{m,n}\cdot taV'_{m,n} + {}_{Rt1}D_{m,n} \quad (4.7.26)$$

(4.7.15) ~ (4.7.26) と $n=1,2,\cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

第5節 片持梁の単位撓み

5.1 片持梁の形状計算

(I) ${}_{R1}\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} \leqq {}_{L1}\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} \quad (5.1.1)$$

(II) ${}_{L1}\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq {}_{L1}\phi_{A,n} + {}_{L2}\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} + ({}_{L}T_{A,n} - T_{C,n})\frac{vers(\phi_{m,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})}{vers\ {}_{L2}\phi_{A,n}} \quad (5.1.2)$$

(III) ${}_{R1}\phi_{A,n} + {}_{R2}\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} < {}_{R1}\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} + ({}_{R}T_{A,n} - T_{C,n})\frac{vers(\phi_{m,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})}{vers\ {}_{R2}\phi_{A,n}} \quad (5.1.3)$$

(5.1.1) ~ (5.1.3) と $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9.5, m-9.0 \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 4$, $n = 10-m, 10.5-m, 11-m, \cdots 7.0$ について計算する。

$$ce_{m,n} = -(X_{m,n} - X_{m,7})\sec\phi_{m,n} \quad (5.1.4)$$

(i) $10 \leqq m \leqq 17$ で $n > m-10$ または $10 > m \geqq 3$ で $n > 10-m$ のとき

$$ue_{m,n} = ce_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.5)$$

$$uY_{m,n} = Y_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.6)$$

$$A_{m,n} = \frac{T_{m,n} \cdot \gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}} \cdot \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7} + {}_0\phi_n) \quad (5.1.7)$$

$$lg_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{2}\left[1 - \frac{1}{6}\left(\frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}}\right)\right] \quad (5.1.8)$$

$$I_{m,n} = \frac{T^3_{m,n}}{12} \cdot \frac{\gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}}\left[1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}}\right)^2\right]\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7} + {}_0\phi_n) \quad (5.1.9)$$

(ii) $10 \leqq m \leqq 17$ で $n = m-10$ のとき

$$ue_{m,n} = e_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - {}_{LC}C_n \quad (5.1.10)$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - {}_{LC}C_n \quad (5.1.11)$$

$$A_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{LC}C_n)(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_n)}{a\gamma_{m,n}} \cdot \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7} + {}_0\phi_n) \quad (5.1.12)$$

$$lg_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{LC}C_n)}{2} \cdot \left[1 - \frac{1}{6}\left(\frac{T_{m,n} - {}_{LC}C_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_n}\right)\right] \quad (5.1.13)$$

$$I_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{LC}C_n)^3}{12} \times \frac{(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_n)}{a\gamma_{m,n}}\left[1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n} - {}_{LC}C_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_n}\right)^2\right]\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7} + {}_0\phi_n) \quad (5.1.14)$$

(iii) $10 > m \geqq 4$ で $n = 10-m$

$$ue_{m,n} = e_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - {}_{RC}C_n \quad (5.1.15)$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - {}_{RC}C_n \quad (5.1.16)$$

$$A_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{RC}C_n)(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{RC}C_n)}{a\gamma_{m,n}} \cdot \cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7} + {}_0\phi_n) \quad (5.1.17)$$

$$lg_{m,n} = \frac{T_{m,n} - {}_{RC}C_n}{2} \cdot \left[1 - \frac{1}{6}\left(\frac{T_{m,n} - {}_{RC}C_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{RC}C_n}\right)\right] \quad (5.1.18)$$

$$I_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{RC}C_n)^3}{12} \cdot \frac{(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{RC}C_n)}{a\gamma_{m,n}}\left[1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n} - {}_{RC}C_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{RC}C_n}\right)^2\right]\cos(\phi_{m,n} - \phi_{m,7} + {}_0\phi_n) \quad (5.1.19)$$

${}_{c}e_{m,n}$; ${}_{u}e_{m,n}$; ${}_{u}\gamma_{m,n}$; $A_{m,n}$; $lg_{m,n}$ を $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9.5, m-9.0, \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 4$, $n = 10-m$, $10.5-m$, $11-m, \cdots 7.0$ について計算し, $I_{m,n}$ については $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 4$, $n = 10-m$, $11-m, \cdots 7.0$ について計算する.

5.2 半径方向単位荷重による断面諸力

半径方向単位荷重 (m, l) による半径方向剪断力 $crV^{m,l}_{m,n}$, 曲げモーメント $crM^{m,l}_{m,n}$, 接線方向剪断力 $crH^{m,l}_{m,n}$ は次の様に求める.

(i) $n \geqq l+1$ のとき

$$crV^{m,l}_{m,n} = crM^{m,l}_{m,n} = crH^{m,l}_{m,n} = 0 \quad (5.2.1)$$

(ii) $n = l = 6$ のとき

$$crV^{m,l}_{m,n} = crM^{m,l}_{m,n} = crH^{m,l}_{m,n} = 0 \quad (5.2.2)$$

(iii) $n = l \leqq 5$ のとき

$$crV^{m,l}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{l+1} - Z_l)\frac{u\gamma_{m,l}}{a\gamma_{m,l}} \quad (5.2.3)$$

$$crM^{m,l}_{m,n} = crV^{m,l}_{m,n} \cdot \frac{1}{3}(Z_{l+1} - Z_l) \quad (5.2.4)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = 0 \qquad (5.2.5)$$

(iv) $n \leqq \ell-1$ で $\ell = 6$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n - \phi_{m.6} - {}_0\phi_6) \qquad (5.2.6)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \qquad (5.2.7)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n - \phi_{m.6} - {}_0\phi_6) \qquad (5.2.8)$$

(v) $n \leqq \ell-1$ で $(n+1) \leqq \ell \leqq 5$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_0\phi_\ell) \qquad (5.2.9)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \qquad (5.2.10)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\sin(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_0\phi_\ell) \qquad (5.2.11)$$

これら $crV^{m.\ell}_{m.n}$; $crM^{m.\ell}_{m.n}$; $crH^{m.\ell}_{m.n}$ を $m = 10, 11, \cdots 16$; $\ell = m-10, m-9, \cdots 6$; $n = m-10, m-9, \cdots 7$ と $m = 9, 8, 7, \cdots 4$; $\ell = 10-m, 11-m, \cdots 6$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 7$ について計算する。

5.3 単位撓みの計算

(i) $m = 10$ のとき

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n - Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n - Z_i)\cos(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n)\right\} + \frac{1.6}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n)\right\} + \frac{1.2}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n)\right\} + (crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{10} + crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha'_{2.10})(Z_n - Z_0)\cos(\phi_{m.0} + {}_0\phi_0 - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + (crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{2.10} + crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\beta_{10})\cos(\phi_{m.0} + {}_0\phi_0 - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + crH^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\varepsilon_{10}\cdot\sin(\phi_{m.0} + {}_0\phi_0 - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \qquad (5.3.1)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n - Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n - Z_i)\sin(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n)\right\} - \frac{1.6}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n)\right\} + \frac{1.2}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n)\right\} - (crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{10} + crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{2.10})(Z_n - Z_0)\sin(\phi_{m.0} + {}_0\phi_0 - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) - (crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{2.10} + crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\beta_{10})\sin(\phi_{m.0} + {}_0\phi_0 - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + crH^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\varepsilon_{10}\cdot\cos(\phi_{m.0} + {}_0\phi_0 - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \qquad (5.3.2)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = 0 \qquad (5.3.3)$$

(ii) $10 < m \leqq 16$ および $9 > m \geqq 4$ のとき

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n - Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) +$$

$$\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2m})(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta\gamma)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta\gamma)^{c.m}_{m.p}\Big\}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta S)^{c.m}_{m.p}\Big\}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\quad(5.3.4)$$

$$cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}=-\frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]-\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]-(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+K^c_m\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta S)^{c.m}_{m.p}\Big\}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta S)^{c.m}_{m.p}\Big\}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\quad(5.3.5)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}=-K^c_m\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}\Big\}\quad(5.3.6)$$

$$cr(\Delta\gamma)^{20-m.\ell}_{m.n}=-K^c_{20-m}\Big\{crV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta\gamma)^{c.20-m}_{m.p}+crH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta\gamma)^{c.20-m}_{m.p}\Big\}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_{20-m}\Big\{crV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p}+crH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p}\Big\}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\quad(5.3.7)$$

$$cr(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n}=+K^c_{20-m}\Big\{crV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta\gamma)^{c.20-m}_{m.p}+crH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta\gamma)^{c.20-m}_{m.p}\Big\}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_{20-m}\Big\{crV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p}+crH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p}\Big\}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\quad(5.3.8)$$

$$cr(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}=-K^c_{20-m}\Big\{crV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.p}+crH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.p}\Big\}\quad(5.3.9)$$

ここに $\sum_{i=p}^{n-1}$, $crM^{m.\ell}_{m.p}$, $crV^{m.\ell}_{m.p}$, $crH^{m.\ell}_{m.p}$, Z_p, $\phi_{m.p}$, ${}_o\phi_p$ の p は次のようによるものとする。

(i) $10<m\leqq 16$ のとき

$$p=m-10$$

(ii) $10>m\geqq 4$ のとき

$$p=10-m$$

(5.3.1)～(5.3.9)を $m=10,11,\cdots 16$; $n=m-10,m-9,\cdots 7$; $\ell=m-10,m-9,\cdots 6$ と $m=9,8,\cdots 4$; $n=10-m,11-m,\cdots 7$; $\ell=10-m,11-m,\cdots 6$ について計算する。

5.4 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta\gamma')_{m.n}=-\frac{c}{2}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\omega_{m.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\omega_{m.i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]\quad(5.4.1)$$

$$tc(\Delta S')_{m.n}=\frac{c}{2}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\omega_{m.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\omega_{m.i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]\quad(5.4.2)$$

ここに$\sum_{i=p}^{n-1}$のpは次のようにとるものとする。

(i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき

$$p = m-10$$

(ii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$$p = 10-m$$

(5.4.1), (5.4.2) を $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 7$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 7$ について計算する。

第6節 初期撓み

6.1 初期撓み

初期撓みとは荷重分割の便宜上,片持梁またはアーチのいづれか一方に特定の荷重を荷重分割に先立って載荷した場合の撓みをいう。

この初期撓みは荷重分割には加味されるもので荷重分割法では自重以外の鉛直荷重,NO.6のアーチよりも上部の水圧荷重および地震時の慣性力を片持梁に載荷する。

6.2 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

(i) $Z_{n+1} \leqq H_0$ のとき

$$W_{m,n} = \frac{1}{2}(P_{m,n}+P_{m,n+1})(uC_{m,n}-uC_{m,n+1}) \qquad (6.2.1)$$

$$vC_{m,n} = uC_{m,n}-\frac{1}{3}(uC_{m,n}-uC_{m,n+1})\frac{P_{m,n}+2P_{m,n+1}}{P_{m,n}+P_{m,n+1}} \qquad (6.2.2)$$

(ii) $Z_n \leqq H_0 < Z_{n+1}$ のとき

$$W_{m,n} = \frac{1}{2}P_{m,n}(uC_{m,n}-uC_{m,n+1})\frac{H_0-Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \qquad (6.2.3)$$

$$uC_{m,n} = uC_{m,n}-\frac{1}{3}(uC_{m,n}-uC_{m,n+1})\frac{H_0-Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \qquad (6.2.4)$$

(iii) $Z_n > H_0$ のとき

$$W_{m,n} = vC_{m,n} = 0 \qquad (6.2.5)$$

これら $W_{m,n}$, $vC_{m,n}$ を $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 6$ について計算する。各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは

$$vW_{m,n} = \sum_{i=n}^{6} W_{m,i} \qquad (6.2.6)$$

$$vM_{m,n} = \sum_{i=n}^{6} W_{m,i}(vC_{m,i}-uC_{m,n}+lg_{m,n}) \qquad (6.2.7)$$

6.3 水平荷重による半径方向剪断力,接線方向剪断力,曲げモーメント

(i) $Z_7 \geqq H_0 \geqq Z_6$ のとき

$$hV_{m,n} = -\frac{1}{2}P_{m,6}(H_0-Z_6)\frac{uY_{m,6}}{aY_{m,6}}\cos(\phi_{m,n}+{}_0\phi_n-\phi_{m,6}-{}_0\phi_6) \qquad (6.3.1)$$

$$ {}_hM_{m,n} = {}_hV_{m,n}\left[Z_6 + \frac{1}{3}(H_0 - Z_6) - Z_n\right] \quad (6.3.2) $$

$$ {}_hH_{m,n} = -\frac{1}{2}P_{m,6}(H_0 - Z_6)\frac{{}_uV_{m,6}}{{}_aV_{m,6}} Sin(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,6} - {}_o\phi_6) \quad (6.3.3) $$

(ii) $H_0 < Z_6$ のとき

$Z_{\ell+1} > H_0 \geqq Z_\ell$ ただし $\ell \leqq 5$ とする。

(a) $n > \ell$ のとき

$$ {}_hV_{m,n} = {}_hM_{m,n} = {}_hH_{m,n} = 0 \quad (6.3.4) $$

(b) $n \leqq \ell$ のとき

$$ {}_hV_{m,n} = \frac{1}{2}P_{m,\ell}(Z_{\ell+1} - H_0)\frac{{}_uV_{m,\ell}}{{}_aV_{m,\ell}} COS(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (6.3.5) $$

$$ {}_hM_{m,n} = {}_hV_{m,n}\left[\frac{1}{3}(Z_{\ell+1} + Z_\ell + H_0) - Z_n\right] \quad (6.3.6) $$

$$ {}_hH_{m,n} = \frac{1}{2}P_{m,\ell}(Z_{\ell+1} - H_0)\frac{{}_uV_{m,\ell}}{{}_aV_{m,\ell}} Sin(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (6.3.7) $$

これら ${}_hV_{m,n}$, ${}_hM_{m,n}$, ${}_hH_{m,n}$ と $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6.4 地震時慣性力による半径方向剪断力,接線方向剪断力,曲げモーメント,

$$ {}_sV_{m,n} = -\frac{\kappa}{\ell=n}\sum f_c \cdot \beta \frac{Z_{\ell+1} - Z_\ell}{2}(A_{m,\ell+1} + A_{m,\ell}) COS(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n) \quad (6.4.1) $$

$$ {}_sM_{m,n} = -\frac{\kappa}{\ell=n}\sum f_c \cdot \beta \frac{Z_{\ell+1} - Z_\ell}{2}\left\{A_{m,\ell+1}(Z_{\ell+1} - Z_n) + A_{m,\ell}(Z_\ell - Z_n)\right\} COS(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n) \quad (6.4.2) $$

$$ {}_sH_{m,n} = -\frac{\kappa}{\ell=n}\sum f_c \cdot \beta \frac{Z_{\ell+1} - Z_\ell}{2}(A_{m,\ell+1} + A_{m,\ell}) Sin(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n) \quad (6.4.3) $$

これらを $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 6$ について計算する。

6.5 全初期荷重による半径方向剪断力,接線方向剪断力,曲げモーメント

$$ {}_IV_{m,n} = {}_sV_{m,n} + {}_hV_{m,n} \quad (6.5.1) $$

$$ {}_IM_{m,n} = {}_uM_{m,n} + {}_sM_{m,n} + {}_hM_{m,n} \quad (6.5.2) $$

$$ {}_IH_{m,n} = {}_sH_{m,n} + {}_hH_{m,n} \quad (6.5.3) $$

これらも $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6.6 初期撓みの計算

$$ {}_cI(\Delta\gamma)_{m,n} = \frac{1}{2Ec}\frac{n-1}{\ell=p}\sum (Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{{}_IM_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n - Z_{i+1}) COS(\phi_{m,i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m,n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IM_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n - Z_i) COS(\phi_{m,i} + {}_o\phi_i - \phi_{m,n} - {}_o\phi_n)\right\} + \frac{16}{Ec}\frac{n-1}{\ell=p}\sum (Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{{}_IV_{m,i+1}}{A_{m,i+1}} COS(\phi_{m,i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m,n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IV_{m,i}}{A_{m,i}} COS(\phi_{m,i} + {}_o\phi_i - \phi_{m,n} - {}_o\phi_n)\right\} + \frac{12}{Ec}\frac{n-1}{\ell=p}\sum (Z_{i+1} - Z_i)\left\{\frac{{}_IH_{m,i+1}}{A_{m,i+1}} Sin(\phi_{m,i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m,n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IH_{m,i}}{A_{m,i}} Sin(\phi_{m,i} + {}_o\phi_i - \phi_{m,n} - {}_o\phi_n)\right\} + ({}_IM_{m,p} \cdot c\alpha_m + {}_IV_{m,p} \cdot c\alpha_{2,m})(Z_n - Z_p) COS(\phi_{m,p} + {}_o\phi_p - \phi_{m,n} - {}_o\phi_n) - \left\{K^c_m\left\{{}_IV_{m,p} \cdot ar(\Delta\gamma)^{c,n}_{m,p} + {}_IH_{m,p} \cdot as(\Delta\gamma)^{c,n}_{(n,p)}\right\} + K^c_{20-m}\left\{{}_IV_{20-m,p} \cdot ar(\Delta\gamma)^{c,20-m}_{m,p} + {}_IH_{20-m,p} \cdot as(\Delta\gamma)^{c,20-m}_{m,p}\right.\right. $$

$$\left.\right]\times\cos(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)-\left[K_m^c\left\{{}_1\bar{V}_{m,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{c,m}+{}_1H_{m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,m}\right\}+K_{20-m}^c\left\{{}_1\bar{V}_{20-m,p}\times ar(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}+{}_1H_{20-m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}\right\}\right]\sin(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)+\left[(_1M_{10,0}\cdot c\alpha_{2,10}+\bar{V}_{10,0}\cdot c\beta_{10})\cdot\cos(\phi_{10,0}+{}_0\phi_0-\phi_{10,n}-{}_0\phi_n)+{}_1H_{10,0}\cdot c\textcircled{x}_{10}\sin(\phi_{10,0}+{}_0\phi_0-\phi_{10,n}-{}_0\phi_n)\right]^* \quad (6.6.1)$$

$$cI(\Delta S)_{m,n}=-\frac{1}{2E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)+\frac{{}_1M_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}+{}_0\phi_i-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\right\}-\frac{1.5}{E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_1\bar{V}_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\sin(\phi_{m,i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)+\frac{{}_1\bar{V}_{m,i}}{A_{m,i}}\sin(\phi_{m,i}+{}_0\phi_i-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\right\}+\frac{1.2}{E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_1H_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\cos(\phi_{m,i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)+\frac{{}_1H_{m,i}}{A_{m,i}}\cos(\phi_{m,i}+{}_0\phi_i-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\right\}-(_1M_{m,p}\cdot c\alpha_m+{}_1\bar{V}_{m,p}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)+\left[K_m^c\left\{{}_1\bar{V}_{m,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{c,m}+{}_1H_{m,p}\cdot as(\Delta r)_{m,p}^{c,m}\right\}+K_{20-m}^c\left\{{}_1\bar{V}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{c,20-m}+{}_1H_{20-m,p}\cdot as(\Delta r)_{m,p}^{c,20-m}\right\}\right]\times\sin(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)-\left[K_m^c\left\{{}_1\bar{V}_{m,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{c,m}+{}_1H_{m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,m}\right\}+K_{20-m}^c\left\{{}_1\bar{V}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}+{}_1H_{20-m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}\right\}\right]\cos(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)-\left[(_1M_{10,0}\cdot c\alpha_{2,10}+{}_1\bar{V}_{10,0}\cdot c\beta_{10})\sin(\phi_{10,0}+{}_0\phi_0-\phi_{10,n}-{}_0\phi_n)-{}_1H_{10,0}\cdot c\textcircled{x}_{10}\cos(\phi_{10,0}+{}_0\phi_0-\phi_{10,n}-{}_0\phi_n)\right]^* \quad (6.6.2)$$

$$cI(\Delta\theta)_{m,n}=-K_m^c\left[{}_1\bar{V}_{m,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,p}^{c,m}+{}_1H_{m,p}\cdot as(\Delta\theta)_{m,p}^{c,m}\right]-K_{20-m}^c\left[{}_1\bar{V}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,p}^{c,20-m}+{}_1H_{20-m,p}\cdot as(\Delta\theta)_{m,p}^{c,20-m}\right] \quad (6.6.3)$$

ただし (6.6.1), (6.6.2) の [ ]* の項は $m=10$ のときにのみ加算し, $\sum_{i=p}^{n-1}$; ${}_1M_{m,p}$; ${}_1\bar{V}_{m,p}$; ${}_1H_{m,p}$; $\bar{V}_{20-m,p}$; ${}_1H_{20-m,p}$; Z_p; $\phi_{m,p}$; ${}_0\phi_p$ にあらわれる p は次のようにとるものとする。

(i) $m=10$ のとき

$p=0$　このとき $K_m^c=K_{20-m}^c=0$ とする。

(ii) $10<m\leq 16$ のとき

$p=m-10$

(iii) $10>m\geq 4$ のとき

$p=10-m$

(6.6.1)~(6.6.3) を $m=10,11,\cdots16$; $n=m-10, m-9,\cdots7$ と $m=9,8,\cdots4$; $n=10-m, 11-m,\cdots7$ について計算する。但し ${}_1M_{m,7}={}_1H_{m,7}={}_1\bar{V}_{m,7}=0$ $(m=4\sim16)$ とする。

またアーチの初期荷重による撓みは

$$ar(\Delta r)_{m,n}=-K_{10+n}^c\left[{}_1\bar{V}_{10+n,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n}+{}_1H_{10+n,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n}\right]-K_{10-n}^c\left[{}_1\bar{V}_{10-n,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n}+{}_1H_{10-n,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n}\right] \quad (6.6.4)$$

$$ar(\Delta S)_{m,n}=-K_{10+n}^c\left[{}_1\bar{V}_{10+n,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}+{}_1H_{10+n,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}\right]-K_{10-n}^c\left[{}_1\bar{V}_{10-n,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}+{}_1H_{10-n,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}\right] \quad (6.6.5)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m,n}=-K_{10+n}^c\left[{}_1\bar{V}_{10+n,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}+{}_1H_{10+n,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}\right]-K_{10-n}^c\left[{}_1\bar{V}_{10-n,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}+{}_1H_{10-n,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}\right] \quad (6.6.6)$$

(6.6.4)~(6.6.6) を $n=1,2,\cdots6$; $m=10-n, 11-n,\cdots10\cdots10+n$ について計算する。

第7節 荷重分割

7.1 外荷重に対する荷重分割

(m,n)の片持梁の分担荷重を$crP_{m,n}$とすれば(m,n)の片持梁の半径方向撓みは

$$cr(\Delta r)_{m,n} = cI(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=p}^{6} crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + \sum_{\ell=p}^{6} crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n} + \cos(\phi_{m,p} + {}_0\phi_p - \phi_{m,n} - {}_0\phi_n)\sum_{k=g}^{s}(P_{k,p} - crP_{k,p})\,ar(\Delta r)^{k,p}_{m,p} + \sin(\phi_{m,p} + {}_0\phi_p - \phi_{m,n} - {}_0\phi_n)\sum_{k=g}^{s}(P_{k,p} - crP_{k,p})\,ar(\Delta s)^{k,p}_{m,p} \qquad (7.1.1)$$

こゝに$\sum_{\ell=p}^{6}$; $P_{k,p}$; $crP_{k,p}$; $\phi_{m,p}$; ${}_0\phi_p$ にあらわれるpおよび$\sum_{k=g}^{s}$にあらわれるs,gは次のようにとるものとする。

(i) $m=10$のとき

$p=0$, $s=10$, $g=10$ とし $ar(\Delta r)^{k,p}_{m,p} = ar(\Delta s)^{k,p}_{m,p} = 0$ とする。

(ii) $10<m\leqq 16$のとき

$p=m-10$, $g=20-m$, $s=m$

(iii) $10>m\geqq 4$のとき

$p=10-m$, $g=m$, $s=20-m$

また$cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}$は(5.3.1)または(5.3.4)より求めたものを用い、$cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}$は(5.3.7)より求めたものを用いるが、$m=10$のとき両者は記号として一致するが、$cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}$は(5.3.1)より求めたものを、$cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}$は0として計算するものとする。

(m,n)のアーチの半径方向撓みは

$$ar(\Delta r)_{m,n} = aI(\Delta r)_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{10+n}(P_{k,n} - crP_{k,n})\cdot ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n} - K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left[crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10-n}_{m,n} + crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10-n}_{m,n}\right] - K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left[crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10+n}_{m,n} + crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10+n}_{m,n}\right] \qquad (7.1.2)$$

両者の半径方向撓みは一致しなければならないので

$$cr(\Delta r)_{m,n} = ar(\Delta r)_{m,n} \qquad (7.1.3)$$

点(m,n)は$n=0,1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$であるから$49^{\gamma}$の未知数$crP_{m,n}$と$49^{\gamma}$の方程式が成立する。しかし$m=10+n$および$m=10-n$なる点では(7.1.1)と(7.1.2)の値は必ず等しくなるから

$$crP_{m,m-10} = P_{m,m-10}\cdot sin^2{}_L\chi_{m-10} \quad (10<m\leqq 16\text{のとき}) \qquad (7.1.4)$$

$$crP_{m,10-m} = P_{m,10-m}\cdot sin^2{}_k\chi_{10-m} \quad (10>m\geqq 4\text{のとき}) \qquad (7.1.5)$$

$$crP_{10,0} = P_{10,0} \qquad (7.1.6)$$

とする。したがって(7.1.1), (7.1.2)に(7.1.4)~(7.1.6)を代入した上で$n=1,2,\cdots 6$, $m=11-n, 12-n, \cdots 10\cdots n+9$, なる点で(7.1.3)を満足するように$crP_{m,n}$の36元連立方程式を解けば$crP_{m,n}$が求められる。

なお、アーチの分担荷重は

$$arP_{m,n} = P_{m,n} - crP_{m,n} \qquad (7.1.7)$$

7.2 温度荷重に対する荷重分割

(m,n)の片持梁の分担荷重を$tcrP_{m,n}$とすれば，(m,n)の片持梁の半径方向撓みは

$$tcr(\Delta r)_{m,n} = tc(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{20-m,\ell} + \cos(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\left[ta(\Delta r')_{m,p} - \sum_{k=g}^{8} tcrP_{k,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{k,p}\right] + \sin(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\left[ta(\Delta S')_{m,p} - \sum_{k=g}^{8} tcrP_{k,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{k,p}\right] \quad (7.2.1)$$

こゝにサフィックス P, g, S および $cr(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell}, cr(\Delta r)_{m,n}^{20-m,\ell}$ は前節の(7.1.1)と同様にとるものとする．

(m,n)のアーチの半径方向撓みは

$$tar(\Delta r)_{m,n} = ta(\Delta r')_{m,n} - \sum_{k=10-n}^{10+n} tcrP_{k,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left[crV_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n}\right] - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left[crV_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n}\right] \quad (7.2.2)$$

として与えられる両者の撓みは一致しなければならないので

$$tcr(\Delta r)_{m,n} = tar(\Delta r)_{m,n} \quad (7.2.3)$$

前節と同様に $m=10+n$ および $m=10-n$ なる点では(7.2.1)と(7.2.2)の値は必ず等しいから

$$tcrP_{m,m-10} = 0 \qquad (10 \leqq m \leqq 16 \text{ のとき}) \quad (7.2.4)$$

$$tcrP_{m,10-m} = 0 \qquad (10 > m \geqq 4 \text{ のとき}) \quad (7.2.5)$$

とする．したがって(7.2.1),(7.2.2)に(7.2.4),(7.2.5)を代入した上で $n=1,2,\cdots 6$; $m=11-n, 12-n, \cdots 10\cdots n+9$ なる点で(7.2.3)を満足するように$tcrP_{m,n}$の36元連立方程式を解けば $tcrP_{m,n}$ が求められる．

$$tarP_{m,n} = -tcrP_{m,n} \quad (7.2.6)$$

7.3 片持梁およびアーチの撓みおよび不静定諸力

片持梁およびアーチの外荷重による半径方向撓みは(7.1.1)および(7.1.2)により求められる．接線方向撓み，およびねじれ角は

$$cr(\Delta S)_{m,n} = cr(\Delta S)_{m,n} + \sum_{\ell=p}^{6} crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=p}^{6} crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell} - \sin(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{k=g}^{8} arP_{k,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{k,p} + \cos(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{k=g}^{8} arP_{k,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{k,p} \quad (7.3.1)$$

$$cr(\Delta\theta)_{m,n} = c_1(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{\ell=p}^{6} crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{\ell=p}^{6} crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{20-m,\ell} + \sum_{k=g}^{8} arP_{k,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{k,p} \quad (7.3.2)$$

$$ar(\Delta S)_{m,n} = a_1(\Delta S)_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left[crV_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}\right] - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left[crV_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}\right] \quad (7.3.3)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m.n} = a1(\Delta\theta)_{m.n} + \sum_{K=10-n}^{10+n} arP_{K.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n} - K^{c}_{10-n} \sum_{\ell=n}^{\delta} crP_{10-n.\ell} \left[crV^{10-n.\ell}_{10-n.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.\ell}_{10-n.n} \cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} \right] - K^{c}_{10+n} \sum_{\ell=n}^{\delta} crP_{10+n.\ell} \left[crV^{10+n.\ell}_{10+n.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.\ell}_{10+n.n} \cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} \right] \quad (7.3.4)$$

(7.3.1), (7.3.2) の $\sum_{\ell=p}^{\delta}$, $crP_{K.P}$, $arP_{K.P}$, $\phi_{m.P}$, $_o\phi_P$ にあらわれる P および $\sum_{K=g}^{\delta}$ にあらわれる S, g は次のようにとるものとする。

(i) $m = 10$ のとき

$P = 0$, $S = 10$, $g = 10$ とし $ar(\Delta\gamma)^{K.P}_{m.P} = ar(\Delta S)^{K.P}_{m.P} = ar(\Delta\theta)^{K.P}_{m.P} = 0$ とする。

(ii) $10 < m \leq 16$ のとき

$P = m-10$, $g = 20-m$, $S = m$

(iii) $10 > m \geq 4$ のとき

$P = 10-m$, $g = m$, $S = 20-m$

$cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}$, $cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$ は (5.3.2), (5.3.3) または (5.3.5), (5.3.6) より求めたものを用い, $cr(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n}$, $cr(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}$ は (5.3.8), (5.3.9) より求めたものを用いるが, $m=10$ のとき両者は記号として一致するが, $cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}$, $cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}$ は (5.32.), (5.3.3) より求めたものを用い, $cr(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n}$, $cr(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}$ は 0 として計算するものとする。

片持梁およびアーチの温度荷重による半径方向撓みは (7.2.1), (7.2.2) により求められる。また接線方向撓み, およびねじれ角は

$$tcr(\Delta S)_{m.n} = tc(\Delta S')_{m.n} + \sum_{\ell=p}^{\delta} tcrP_{m.\ell} \cdot cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n} + \sum_{\ell=p}^{\delta} tcrP_{20-m.\ell} \cdot cr(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n} - S\ell n(\phi_{m.p} + {}_o\phi_P - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \sum_{K=g}^{\delta} tarP_{K.P} \cdot ar(\Delta\gamma)^{K.P}_{m.P} + \cos(\phi_{m.p} + {}_o\phi_P - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \sum_{K=g}^{\delta} tarP_{K.P} \cdot ar(\Delta S)^{K.P}_{m.P} - ta(\Delta\gamma')_{m.P} \cdot S\ell n(\phi_{m.P} + {}_o\phi_P - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + ta(\Delta S')_{m.P} \cdot \cos(\phi_{m.P} + {}_o\phi_P - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \quad (7.3.5)$$

$$tcr(\Delta\theta)_{m.n} = ta(\Delta\theta')_{m.P} + \sum_{\ell=p}^{\delta} tcrP_{m.\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} + \sum_{\ell=p}^{\delta} tcrP_{20-m.\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n} + \sum_{K=g}^{\delta} tarP_{K.P} \cdot ar(\Delta\theta)^{K.P}_{m.P} \quad (7.3.6)$$

$$tar(\Delta S)_{m.n} = ta(\Delta S')_{m.n} + \sum_{K=10-n}^{10+n} tarP_{K.n} \cdot ar(\Delta S)^{K.n}_{m.n} - K^{c}_{10-n} \sum_{\ell=n}^{\delta} tcrP_{10-n.\ell} \left[crV^{10-n.\ell}_{10-n.n} \cdot ar(\Delta S)^{c.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.\ell}_{10-n.n} \cdot as(\Delta S)^{c.10-n}_{m.n} \right] - K^{c}_{10+n} \sum_{\ell=n}^{\delta} tcrP_{10+n.\ell} \left[crV^{10+n.\ell}_{10+n.n} \cdot ar(\Delta S)^{c.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.\ell}_{10+n.n} \cdot as(\Delta S)^{c.10+n}_{m.n} \right] \quad (7.3.7)$$

$$tar(\Delta\theta)_{m.n} = ta(\Delta\theta')_{m.n} + \sum_{K=10-n}^{10+n} tarP_{K.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n} - K^{c}_{10-n} \sum_{\ell=n}^{\delta} tcrP_{10-n.\ell} \left[crV^{10-n.\ell}_{10-n.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.\ell}_{10-n.n} \cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} \right] - K^{c}_{10+n} \sum_{\ell=n}^{\delta} tcrP_{10+n.\ell} \left[crV^{10+n.\ell}_{10+n.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.\ell}_{10+n.n} \times as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} \right] \quad (7.3.8)$$

(7.3.5), (7.3.6) にあらわれる P, S, g なるサフィックスおよび $cr(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n}$, $cr(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}$ は (7.3.1), (7.3.2) の場合と同様にとりあつかうものとする。

片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

$$crM_{m.n} = {}_1M_{m.n} + \sum_{\ell=p}^{\delta} crP_{m.\ell} \cdot crM^{m.\ell}_{m.n} \quad (7.3.9)$$

$$crV_{m.n} = {}_1V_{m.n} + \sum_{\ell=p}^{\delta} crP_{m.\ell} \cdot crV^{m.\ell}_{m.n} \quad (7.3.10)$$

$$crH_{m.n} = {}_1H_{m.n} + \sum_{\ell=p}^{\delta} crP_{m.\ell} \cdot crH^{m.\ell}_{m.n} \quad (7.3.11)$$

$$arM_{m,n}=\sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k,n}\cdot arM^{K,n}_{m,n}-K^{C}_{10-n}\left\{{}_{I}V_{10-n,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n}+{}_{I}H_{10-n,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n}+\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n}\right\}\right\}-K^{C}_{10+n}\left\{{}_{I}V_{10+n,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n}+{}_{I}H_{10+n,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n}+\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n}\right\}\right\} \qquad (7.3.12)$$

$$arH_{m,n}=\sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k,n}\cdot arH^{K,n}_{m,n}-K^{C}_{10-n}\left\{{}_{I}V_{10-n,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n}+{}_{I}H_{10-n,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n}+\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n}\right\}\right\}-K^{C}_{10+n}\left\{{}_{I}V_{10+n,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n}+{}_{I}H_{10+n,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n}+\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n}\right\}\right\} \qquad (7.3.13)$$

$$arV_{m,n}=\sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k,n}\cdot arV^{K,n}_{m,n}-K^{C}_{10-n}\left\{{}_{I}V_{10-n,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n}+{}_{I}H_{10-n,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n}+\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n}\right\}\right\}-K^{C}_{10+n}\left\{{}_{I}V_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}+{}_{I}H_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n}+\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n}\right\}\right\} \qquad (7.3.14)$$

片持梁およびアーチの温度荷重による不静定諸力は

$$tcrM_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crM^{m,\ell}_{m,n} \qquad (7.3.15)$$

$$tcrV_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crV^{m,\ell}_{m,n} \qquad (7.3.16)$$

$$tcrH_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n} \qquad (7.3.17)$$

$$tarM_{m,n}=taM'_{m,n}+\sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot arM^{K,n}_{m,n}-K^{C}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n}\right\}-K^{C}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.18)$$

$$tarH_{m,n}=taH'_{m,n}+\sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot arH^{K,n}_{m,n}-K^{C}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n}\right\}-K^{C}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.19)$$

$$tarV_{m,n}=taV'_{m,n}+\sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot arV^{K,n}_{m,n}-K^{C}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n}\right\}-K^{C}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n}\right\} \qquad (7.3.20)$$

(7.3.9)～(7.3.11)および(7.3.15)～(7.3.17)の$\sum_{\ell=p}^{6}$にあらわれるpは次のようにとるものとする。

(i) $m=10$ のとき

$p=0$

(ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$p=m-10$

(iii) $10>m\geqq 4$ のとき

$p=10-m$

(7.1.1),(7.2.1),(7.3.1),(7.3.2),(7.3.5),(7.3.6)を $n=0,1,2,\cdots 7$；$m=10-n,10-n\cdots 10\cdots n+10$ について計算し，(7.3.9)～(7.3.11)および(7.3.15)～(7.3.17)を $n=0,1,2,\cdots 6$；$m=10-n,11-n,\cdots 10\cdots 10+n$ について計算し，(7.1.2),(7.2.2),(7.3.3)(7.3.4)(7.3.7),(7.3.8)と(7.3.12)～(7.3.14)，および(7.3.18)～(7.3.20)を $n=1,2,\cdots 6$；$m=10-n,11-n,\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

第8節 自重応力

8.1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$wW_{m,n} = \int_C \sum_{i=n}^{6} \frac{1}{6}(Z_{i+1}-Z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (8.1.1)$$

$$wM_{m,n} = \int_C \sum_{i=n}^{6} \frac{1}{6}(Z_{i+1}-Z_i)\{A_{m,i+1}(ue_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}+{}_o\phi_n-\phi_{m,i+1}-{}_o\phi_{i+1})$$
$$+4A_{m,i+0.5}(ue_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n}+{}_o\phi_n-\phi_{m,i+0.5}-{}_o\phi_{i+0.5})$$
$$+A_{m,i}(ue_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}+{}_o\phi_n-\phi_{m,i}-{}_o\phi_i)\}-(ue_{m,n}-lg_{m,n})wW_{m,n} \qquad (8.1.2)$$

8.2 自重による鉛直応力

$$w\sigma_{u,m,n} = \frac{wW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{wM_{m,n}\cdot lg_{m,n}}{I_{m,n}} \qquad (8.2.1)$$

(i) $10 \leqq m \leqq 16$ で $n > m-10$ または $10 > m \geqq 4$ で $n > 10-m$ のとき

$$w\sigma_{\alpha,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}\cdot T_{m,n}}{I_{m,n}} \qquad (8.2.2)$$

(ii) $10 \leqq m \leqq 16$ で $n = m-10$ の時

$$w\sigma_{\alpha,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n}-{}_{LC}C_n) \qquad (8.2.3)$$

(iii) $10 > m \geqq 4$ で $n = 10-m$ の時

$$w\sigma_{\alpha,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n}-{}_{RC}C_n) \qquad (8.2.4)$$

(8.1.1), (8.1.2), (8.2.1), (8.2.2), (8.2.3), (8.2.4) を $n = 0, 1, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する.

第9節 応力計算

9.1 片持梁応力

$$c\sigma_{u,m,n} = \frac{wW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}\cdot lg_{m,n} \qquad (9.1.1)$$

$$t\sigma_{u,m,n} = \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}\cdot lg_{m,n} \qquad (9.1.2)$$

(i) $10 \leqq m \leqq 16$ で $n > m-10$ または $10 > m \geqq 4$ で $n > 10-m$ のとき

$$c\sigma_{\alpha,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}\cdot T_{m,n} \qquad (9.1.3)$$

$$t\sigma_{\alpha,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}\cdot T_{m,n} \qquad (9.1.4)$$

(ii) $10 \leqq m \leqq 16$ で $n = m-10$ のとき

$$c\sigma_{\alpha,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n}-{}_{LC}C_n) \qquad (9.1.5)$$

$$t\sigma_{\alpha,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n}-{}_{LC}C_n) \qquad (9.1.6)$$

(iii) $10 > m \geq 4$ で $n = 10 - m$ のとき

$$c\sigma_{\alpha,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - RcC_n) \qquad (9.1.7)$$

$$t\sigma_{\alpha,m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - RcC_n)$$

(m,n) の全片持梁応力は

$$\sigma_{u,m,n} = w\sigma_{u,m,n} + c\sigma_{u,m,n} + t\sigma_{u,m,n} \qquad (9.1.9)$$

$$\sigma_{\alpha,m,n} = w\sigma_{\alpha,m,n} + c\sigma_{\alpha,m,n} + t\sigma_{\alpha,m,n} \qquad (9.1.10)$$

(9.1.1)～(9.1.10) を $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ と $m = 4, 5, \cdots 9$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 6$ について計算する。

9.2 アーチの応力

(m,n) の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma_{E,m,n} = \frac{arH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{arM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.1)$$

$$c\sigma_{I,m,n} = \frac{arH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{arM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.2)$$

(m,n) の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma_{E,m,n} = \frac{tarH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{tarM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.3)$$

$$t\sigma_{I,m,n} = \frac{tarH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{tarM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.2.4)$$

(m,n) の全アーチ応力は

$$\sigma_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} \qquad (9.2.5)$$

$$\sigma_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} \qquad (9.2.6)$$

(9.2.1)～(9.2.6) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

第10節 出力

(a) 入力

入力データを出力する。

(b) 形状

$T_{m,n}$, $uC_{m,n}$, $A_{m,n}$, $\ell g_{m,n}$, $I_{m,n}$, $\rho_{m,n}$, $x_{m,n}$, $y_{m,n}$, $s_{m,n}$

これらを $n = 0, 1, 2, \cdots 7$, $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する。

出力の形式は表-16のごとくである。

(c) 基礎岩盤の変形常数

$c\alpha_m$, $c\alpha_{2,m}$, $c\gamma_m$, $\tan\chi_m$, K^c_m , $m = 4, 5, \cdots 10 \cdots 16$

出力の形式は表-17のごとくである.

$_{La}\alpha_n$, $_{Ra}\alpha_n$, $_{La}\alpha_{2,n}$, $_{Ra}\alpha_{2,n}$, $_{La}\beta_n$, $_{Ra}\beta_n$, $_{La}\gamma_n$, $_{Ra}\gamma_n$ $\quad n = 1, 2, \cdots 6$

出力の形式は表-18のごとくである.

(d) 荷重

$P_{m,n}$, $crP_{m,n}$, $arP_{m,n}$, $tcrP_{m,n}$, $tarP_{m,n}$, $crP_{m,n}+tcrP_{m,n}$, $arP_{m,n}+tarP_{m,n}$

$n = 0, 1, \cdots 0$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する.

出力の形式は表-19のごとくである.

(e) 撓み

$cr(\Delta r)_{m,n}$, $cr(\Delta S)_{m,n}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}$, $tcr(\Delta r)_{m,n}$, $tcr(\Delta S)_{m,n}$, $tcr(\Delta\theta)_{m,n}$

$cr(\Delta r)_{m,n}+tcr(\Delta r)_{m,n}$, $cr(\Delta S)_{m,n}+tcr(\Delta S)_{m,n}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}+tcr(\Delta\theta)_{m,n}$

$n = 0, 1, \cdots 7$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する.

出力形式は表-16のごとくである.

$ar(\Delta r)_{m,n}$, $ar(\Delta S)_{m,n}$, $ar(\Delta\theta)_{m,n}$, $tar(\Delta r)_{m,n}$, $tar(\Delta S)_{m,n}$, $tar(\Delta\theta)_{m,n}$,

$ar(\Delta r)_{m,n}+tar(\Delta r)_{m,n}$, $ar(\Delta S)_{m,n}+tar(\Delta S)_{m,n}$, $ar(\Delta\theta)_{m,n}+tar(\Delta\theta)_{m,n}$

$n = 1, 2, \cdots 6$, $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する.

出力の形式は表-20のごとくである.

(f) 不静定諸力

$wW_{m,n}$, $w\overline{W}_{m,n}$, $crM_{m,n}$, $crV_{m,n}$, $crH_{m,n}$, $tcrM_{m,n}$, $tcrV_{m,n}$, $tcrH_{m,n}$, $wM_{m,n}$,

$n = 0, 1, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する.

出力形式は表-19のごとくである.

$arM_{m,n}$, $arH_{m,n}$, $arV_{m,n}$, $tarM_{m,n}$, $tarH_{m,n}$, $tarV_{m,n}$

$n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する.

出力形式は表-20のごとくである.

(g) 応力

$c\sigma_{u,m,n}$, $c\sigma_{d,m,n}$, $t\sigma_{u,m,n}$, $t\sigma_{d,m,n}$, $w\sigma_{u,m,n}$, $w\sigma_{d,m,n}$, $\sigma_{u,m,n}$, $\sigma_{d,m,n}$

$n = 0, 1, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する.

出力形式は表-19のごとくである.

$c\sigma_{E,m,n}$, $c\sigma_{I,m,n}$, $t\sigma_{E,m,n}$, $t\sigma_{I,m,n}$, $\sigma_{E,m,n}$, $\sigma_{I,m,n}$

$n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する.

出力形式は表-20のごとくである.

表-16　$T_{m.n}$ を例とした出力形式

T

n \ m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	$T_{4.7}$	$T_{5.7}$	$T_{6.7}$	$T_{7.7}$	$T_{8.7}$	$T_{9.7}$	$T_{10.7}$	$T_{11.7}$	$T_{12.7}$	$T_{13.7}$	$T_{14.7}$	$T_{15.7}$	$T_{16.7}$
6	$T_{4.6}$	$T_{5.6}$	$T_{6.6}$	$T_{7.6}$	$T_{8.6}$	$T_{9.6}$	$T_{10.6}$	$T_{11.6}$	$T_{12.6}$	$T_{13.6}$	$T_{14.6}$	$T_{15.6}$	$T_{16.6}$
5		$T_{5.5}$	$T_{6.5}$	$T_{7.5}$	$T_{8.5}$	$T_{9.5}$	$T_{10.5}$	$T_{11.5}$	$T_{12.5}$	$T_{13.5}$	$T_{14.5}$	$T_{15.5}$	
4			$T_{6.4}$	$T_{7.4}$	$T_{8.4}$	$T_{9.4}$	$T_{10.4}$	$T_{11.4}$	$T_{12.4}$	$T_{13.4}$	$T_{14.4}$		
3				$T_{7.3}$	$T_{8.3}$	$T_{9.3}$	$T_{10.3}$	$T_{11.3}$	$T_{12.3}$	$T_{13.3}$			
2					$T_{8.2}$	$T_{9.2}$	$T_{10.2}$	$T_{11.2}$	$T_{12.2}$				
1						$T_{9.1}$	$T_{10.1}$	$T_{11.1}$					
0							$T_{10.0}$						

表-17　$c\alpha_m$, $c\alpha_{2.m}$ …… の出力形式

m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$c\alpha$	$c\alpha_4$	$c\alpha_5$	$c\alpha_6$	$c\alpha_7$	$c\alpha_8$	$c\alpha_9$	$c\alpha_{10}$	$c\alpha_{11}$	$c\alpha_{12}$	$c\alpha_{13}$	$c\alpha_{14}$	$c\alpha_{15}$	$c\alpha_{16}$
$c\alpha_2$	$c\alpha_{2.4}$	$c\alpha_{2.5}$	$c\alpha_{2.6}$	$c\alpha_{2.7}$	$c\alpha_{2.8}$	$c\alpha_{2.9}$	$c\alpha_{2.10}$	$c\alpha_{2.11}$	$c\alpha_{2.12}$	$c\alpha_{2.13}$	$c\alpha_{2.14}$	$c\alpha_{2.15}$	$c\alpha_{2.16}$
$c\beta$	$c\beta_4$	$c\beta_5$	$c\beta_6$	$c\beta_7$	$c\beta_8$	$c\beta_9$	$c\beta_{10}$	$c\beta_{11}$	$c\beta_{12}$	$c\beta_{13}$	$c\beta_{14}$	$c\beta_{15}$	$c\beta_{16}$
$\tan\chi$	$\tan\chi_4$	$\tan\chi_5$	$\tan\chi_6$	$\tan\chi_7$	$\tan\chi_8$	$\tan\chi_9$	$\tan\chi_{10}$	$\tan\chi_{11}$	$\tan\chi_{12}$	$\tan\chi_{13}$	$\tan\chi_{14}$	$\tan\chi_{15}$	$\tan\chi_{16}$
K°	K^c_4	K^c_5	K^c_6	K^c_7	K^c_8	K^c_9	K^c_{10}	K^c_{11}	K^c_{12}	K^c_{13}	K^c_{14}	K^c_{15}	K^c_{16}

表-18　$La\alpha_n$, $Ra\alpha_n$ …… の出力形式

n	1	2	3	4	5	6
$La\alpha_n$	$La\alpha_1$	$La\alpha_2$	$La\alpha_3$	$La\alpha_4$	$La\alpha_5$	$La\alpha_6$
$Ra\alpha_n$	$Ra\alpha_1$	$Ra\alpha_2$	$Ra\alpha_3$	$Ra\alpha_4$	$Ra\alpha_5$	$Ra\alpha_6$
$La\alpha_{2.n}$	$La\alpha_{2.1}$	$La\alpha_{2.2}$	$La\alpha_{2.3}$	$La\alpha_{2.4}$	$La\alpha_{2.5}$	$La\alpha_{2.6}$
$Ra\alpha_{2.n}$	$Ra\alpha_{2.1}$	$Ra\alpha_{2.2}$	$Ra\alpha_{2.3}$	$Ra\alpha_{2.4}$	$Ra\alpha_{2.5}$	$Ra\alpha_{2.6}$
$La\beta_n$	$La\beta_1$	$La\beta_2$	$La\beta_3$	$La\beta_4$	$La\beta_5$	$La\beta_6$
$Ra\beta_n$	$Ra\beta_1$	$Ra\beta_2$	$Ra\beta_3$	$Ra\beta_4$	$Ra\beta_5$	$Ra\beta_6$
$La\gamma_n$	$La\gamma_1$	$La\gamma_2$	$La\gamma_3$	$La\gamma_4$	$La\gamma_5$	$La\gamma_6$
$Ra\gamma_n$	$Ra\gamma_1$	$Ra\gamma_2$	$Ra\gamma_3$	$Ra\gamma_4$	$Ra\gamma_5$	$Ra\gamma_6$

表-19　$P_{m,n}$ を例とした出力方程式

P

n \ m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	$P_{4,6}$	$P_{5,6}$	$P_{6,6}$	$P_{7,6}$	$P_{8,6}$	$P_{9,6}$	$P_{10,6}$	$P_{11,6}$	$P_{12,6}$	$P_{13,6}$	$P_{14,6}$	$P_{15,6}$	$P_{16,6}$
5		$P_{5,5}$	$P_{6,5}$	$P_{7,5}$	$P_{8,5}$	$P_{9,5}$	$P_{10,5}$	$P_{11,5}$	$P_{12,5}$	$P_{13,5}$	$P_{14,5}$	$P_{15,5}$	
4			$P_{6,4}$	$P_{7,4}$	$P_{8,4}$	$P_{9,4}$	$P_{10,4}$	$P_{11,4}$	$P_{12,4}$	$P_{13,4}$	$P_{14,4}$		
3				$P_{7,3}$	$P_{8,3}$	$P_{9,3}$	$P_{10,3}$	$P_{11,3}$	$P_{12,3}$	$P_{13,3}$			
2					$P_{8,2}$	$P_{9,2}$	$P_{10,2}$	$P_{11,2}$	$P_{12,2}$				
1						$P_{9,1}$	$P_{10,1}$	$P_{11,1}$					
0							$P_{10,0}$						

表-20　$ar(\Delta r)_{m,n}$ を例とした出力形式

$ar(\Delta r)$

n \ m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	$ar(\Delta r)_{4,6}$	$ar(\Delta r)_{5,6}$	$ar(\Delta r)_{6,6}$	$ar(\Delta r)_{7,6}$	$ar(\Delta r)_{8,6}$	$ar(\Delta r)_{9,6}$	$ar(\Delta r)_{10,6}$	$ar(\Delta r)_{11,6}$	$ar(\Delta r)_{12,6}$	$ar(\Delta r)_{13,6}$	$ar(\Delta r)_{14,6}$	$ar(\Delta r)_{15,6}$	$a(\Delta r)_{16,6}$
5		$ar(\Delta r)_{5,5}$	$ar(\Delta r)_{6,5}$	$ar(\Delta r)_{7,5}$	$ar(\Delta r)_{8,5}$	$ar(\Delta r)_{9,5}$	$ar(\Delta r)_{10,5}$	$ar(\Delta r)_{11,5}$	$ar(\Delta r)_{12,5}$	$ar(\Delta r)_{13,5}$	$ar(\Delta r)_{14,5}$	$ar(\Delta r)_{15,5}$	
4			$ar(\Delta r)_{6,4}$	$ar(\Delta r)_{7,4}$	$ar(\Delta r)_{8,4}$	$ar(\Delta r)_{9,4}$	$ar(\Delta r)_{10,4}$	$ar(\Delta r)_{11,4}$	$ar(\Delta r)_{12,4}$	$ar(\Delta r)_{13,4}$	$ar(\Delta r)_{14,4}$		
3				$ar(\Delta r)_{7,3}$	$ar(\Delta r)_{8,3}$	$ar(\Delta r)_{9,3}$	$ar(\Delta r)_{10,3}$	$ar(\Delta r)_{11,3}$	$ar(\Delta r)_{12,3}$	$ar(\Delta r)_{13,3}$			
2					$ar(\Delta r)_{8,2}$	$ar(\Delta r)_{9,2}$	$ar(\Delta r)_{10,2}$	$ar(\Delta r)_{11,2}$	$ar(\Delta r)_{12,2}$				
1						$ar(\Delta r)_{9,1}$	$ar(\Delta r)_{10,1}$	$ar(\Delta r)_{11,1}$					

第6章 非対称変半径不等厚アーチ半径方向調整(No. 6プログラム)

第1節 入力データの作製方法

入力データは表-21に示すような方式によりI.B.M.入力データーシートに記入する。即ちダム名、タイプ名をローマ字、数字で記入する。

第2行目から第16行目には Z_{n}, $2l_{n}$, $T_{c.n}$, $x_{c.n}$, $y_{c.n}$, $_{0}\phi_{n}$ を上から $n=7.0, 6.5, 6.0 \cdots\cdots 0$ の順で記入する。Z_{n} は1~10欄に $2l_{n}$ は11~20欄に $T_{c.n}$ は21~30欄に、$x_{c.n}$ は31~40欄に、$y_{c.n}$ は41~50欄に $_{0}\phi_{n}$ は51~60欄に記入する。

第17行目から第31行目には $\angle T_{A.n}$, $\angle_{1}\phi_{A.n}$, $\angle\phi_{A.n_2}$ $R\,T_{A.n}$, $R_{1}\phi_{A.n}$, $R\phi_{A.n}$ を上から $n=7.0, 6.5, 6.0 \cdots\cdots 0$ の順で記入する。$\angle T_{A.n}$ は1~10欄に $\angle_{1}\phi_{A.n}$ は11~20欄に、$\angle\phi_{A.n}$ は21~30欄に、$RT_{A.n}$ は31~40欄に、$R_{1}\phi_{A.n}$ は41~50欄に、$R\phi_{A.n}$ は51~60欄に記入する。これらはいづれも固定小数点法により記入する。

第32行目には入、T, H_{0}, H_{α}, H_{s}, f_{c}, f_{s}, C_{e} を記入する。入は1~6欄に T は7~12欄に、H_{0} は13~22欄に、H_{α} は23~32欄に、H_{s} は33~42欄に f_{c} は43~49欄に f_{c} は50~56欄に f_{s} は57~63欄に、C_{e} は64~70欄に固定小数点法により記入する。

第33行目以降は非対称三心不等厚アーチ半径方向調整の場合と全く同一である。

第2節 座標および荷重の計算

2.1 座標計算

$$R_{n}=192(2l_{n})\left[\left\{\angle\phi_{A.n}\sum_{\delta=0}^{31}\left(\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2\delta}{64}\angle\phi_{A.n}\right)+4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2\delta+1}{64}\angle\phi_{A.n}\right)+\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2\delta+2}{64}\angle\phi_{A.n}\right)\right)-R\phi_{A.n}\sum_{\delta=0}^{31}\left(\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2\delta}{64}R\phi_{A.n}\right)+4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2\delta+1}{64}R\phi_{A.n}\right)+\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2\delta+2}{64}R\phi_{A.n}\right)\right)\right\}^{2}+\left\{\angle\phi_{A.n}\sum_{\delta=0}^{31}\left(\sin\left(\frac{2\delta}{64}\angle\phi_{A.n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta}{64}\angle\phi_{A.n}\right)+4\sin\left(\frac{2\delta+1}{64}\angle\phi_{A.n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta+1}{64}\angle\phi_{A.n}\right)+\sin\left(\frac{2\delta+2}{64}\angle\phi_{A.n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta+2}{64}\angle\phi_{A.n}\right)\right)-R\phi_{A.n}\sum_{\delta=0}^{31}\left(\sin\left(\frac{2\delta}{64}R\phi_{A.n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta}{64}R\phi_{A.n}\right)+4\sin\left(\frac{2\delta+1}{64}R\phi_{A.n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta+1}{64}R\phi_{A.n}\right)+\sin\left(\frac{2\delta+2}{64}R\phi_{A.n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta+2}{64}R\phi_{A.n}\right)\right)\right\}^{2}\right]^{-\frac{1}{2}} \tag{2.1.1}$$

R_{n} を $0.5, 1.0, 1.5 \cdots\cdots 7.0$ について計算する。

$$R_{0}=R_{0.5}\frac{Z_{1.0}\cdot Z_{1.5}}{(Z_{1.0}-Z_{0.5})(Z_{1.5}-Z_{0.5})}-R_{1.0}\frac{Z_{0.5}\cdot Z_{1.5}}{(Z_{1.5}-Z_{1.0})(Z_{1.0}-Z_{0.5})}+R_{1.5}\frac{Z_{1.0}\cdot Z_{0.5}}{(Z_{1.5}-Z_{1.0})(Z_{1.5}-Z_{0.5})} \tag{2.1.2}$$

とする。

i) $10\leq m\leq 17$ のとき

$$x_{m.m-10}=x_{c.m-10}+\frac{R_{m-10}\cdot\angle\phi_{A.m-10}}{192}\sum_{i=0}^{31}\left(\sin\left({}_{0}\phi_{m-10}+\frac{2\delta}{64}\angle\phi_{A.m-10}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta}{64}\angle\phi_{A.m-10}\right)+4\sin\left({}_{0}\phi_{m-10}+\frac{2\delta+1}{64}\angle\phi_{A.m-10}\right)\cdot\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta+1}{64}\angle\phi_{A.m-10}\right)+\sin\left({}_{0}\phi_{m-10}+\frac{2\delta+2}{64}\angle\phi_{A.m-10}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2\delta+2}{64}\angle\phi_{A.m-10}\right)\right) \tag{2.1.3}$$

表-21 NO.6 プログラム入力データ

IBM DATA SHEET

IBMデータ・センター

PROBLEM アーチダム NO.6 プログラム WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

No.	1:2:3:4:5:6:7:8:9:10	11:12:13:14:15:16:17:18:19:20	21:22:23:24:25:26:27:28:29:30	31:32:33:34:35:36:37:38:39:40	41:42:43:44:45:46:47:48:49:50	51:52:53:54:55:56:57:58:59:60	61:62:63:64:65:66:67:68:69:70	71:72:73:74:75:76:77:78:79:80
1	ダム名(ローマ字)			ダイプ名				1
2							n=7.0	2
3							n=6.5	3
4							n=6.0	4
5							n=5.5	5
6							n=5.0	6
7							n=4.5	7
8							n=4.0	8
9	ξ_n	α_{ln}	T_{an}	X_{an}	y_{an}	ϕ_n	n=3.5	9
10							n=3.0	10
11							n=2.5	11
12							n=2.0	12
13							n=1.5	13
14							n=1.0	14
15							n=0.5	15
16							n=0	16
17							n=7.0	17
18							n=6.5	18
19	$\angle T_{an}$	$\angle\phi_{an}$	$\angle\phi_{an}$	RT_{an}	$R\phi_{an}$	$R\phi_{an}$	n=6.0	19
20							n=5.5	20

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

| No. | | |

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
1																					t_{23}				t_{13}				t_{03}				t_{23}				t_{13}				t_{03}				t_{23}				t_{123}																		

$$y_{m,m-10} = y_{C,m-10} + \frac{R_{m-10}\cdot {}_L\phi_{A,m-10}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos({}_0\phi_{m-10}+\frac{2j}{64}{}_L\phi_{A,m-10})\cos^{\lambda}(\frac{2j}{64}{}_L\phi_{A,m-10}) + 4\cos({}_0\phi_{m-10}+\frac{2j+1}{64}{}_L\phi_{A,m-10})\cos^{\lambda}(\frac{2j+1}{64}{}_L\phi_{A,m-10}) + \cos({}_0\phi_{m-10}+\frac{2j+2}{64}{}_L\phi_{A,m-10})\cos^{\lambda}(\frac{2j+2}{64}{}_L\phi_{A,m-10})\right] \quad (2.1.4)$$

(ii) $3 \leqq m < 10$ のとき

$$x_{m,10-m} = x_{C,10-m} + \frac{R_{10-m}\cdot {}_R\phi_{A,10-m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin({}_0\phi_{10-m}+\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,10-m})\cos^{\lambda}(\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,10-m}) + 4\sin({}_0\phi_{10-m}+\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,10-m})\cos^{\lambda}(\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,10-m}) + \sin({}_0\phi_{10-m}+\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,10-m})\cos^{\lambda}(\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,10-m})\right] \quad (2.1.5)$$

$$y_{m,10-m} = y_{C,10-m} + \frac{R_{10-m}\cdot {}_R\phi_{A,10-m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos({}_0\phi_{10-m}+\frac{2j}{64}{}_R\phi_{10-m})\cos^{\lambda}(\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,10-m}) + 4\cos({}_0\phi_{10-m}+\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,10-m})\cos^{\lambda}(\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,10-m}) + \cos({}_0\phi_{10-m}+\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{10-m})\cos^{\lambda}(\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,10-m})\right] \quad (2.1.6)$$

これら $x_{m,m-10}$, $y_{m,m-10}$ を $m=10,11,\cdots 17$ について $x_{m,10-m}$, $y_{m,10-m}$ を $m=9,8,\cdots 3$ について計算する.

(i) $10 \leqq m \leqq 17$ で $x_{m,m-10}\cdot\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cdot\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}) \geqq 0$ のとき

$$K_{m,k} = \frac{R_7\cdot {}_L\phi_{A,7}}{192}\sum_{j=0}^{k-1}\left[\cos\left\{{}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j}{64}{}_L\phi_{A,7}\right\}\cos^{\lambda}(\frac{2j}{64}{}_L\phi_{A,7}) + 4\cos\left\{{}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j+1}{64}{}_L\phi_{A,7}\right\}\cos^{\lambda}(\frac{2j+1}{64}{}_L\phi_{A,7}) + \cos\left({}_0\phi+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j+2}{64}{}_L\phi_{A,7}\right)\cos^{\lambda}(\frac{2j+2}{64}{}_L\phi_{A,7})\right] - \left[x_{m,m-10}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10})\right] \quad (2.1.7)$$

(2.1.7) で $k=1$ より計算し, $K_{m,k}<0$ のときは $K_{m,k+1}$ の計算を行い, 初めて $K_{m,k}\geqq 0$ となったときの k の値を k_0 とする.

$$D_m = \sin\left[{}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A,7}\right]\cos^{\lambda}(\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A,7}) - \lambda\cos\left[{}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A,7}\right]\sin(\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A,7})\cos^{\lambda-1}(\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A,7}) \quad (2.1.8)$$

として

(a) $D_m \geqq 0$ のとき

$${}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A,7} \quad (2.1.9)$$

$${}_sK_m = \frac{R_7\cdot {}_s\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j}{64}{}_s\phi_{m,7})\cos^{\lambda}(\frac{2j}{64}{}_s\phi_{m,7}) + 4\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m,7})\cos^{\lambda}(\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m,7}) + \cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m,7})\cos^{\lambda}(\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m,7})\right] - \left[x_{m,m-10}\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cdot\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10})\right] \quad (2.1.10)$$

$${}_{s+1}\phi_{m,7} = {}_s\phi_{m,7} - \frac{{}_sK_m}{R_7\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-{}_s\phi_{m,7})\cos^{\lambda}{}_s\phi_{m,7}} \quad (2.1.11)$$

(2.1.10), (2.1.11) によって $s=1, s=2$ と計算し

$|{}_{s-1}\phi_{m,7} - {}_s\phi_{m,7}| < 0.000000.1$

となったとき

$$ {}_S\phi_{m,7} = \phi_{m,7} \qquad (2.1.12) $$

とする。

(a) $Dm < 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0-1}{32} {}_L\phi_{A,7} \qquad (2.1.13) $$

とし (a) と同様に $\phi_{m,7}$ を求める。

(ii) $10 \leqq m \leqq 7$ で $X_{m,m-10} \cdot Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) + Y_{m,m-10} \cdot COS({}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) < 0$ のとき

$$ K_{m,k} = \frac{R_7 \cdot {}_R\phi_{A,7}}{192} \sum_{j=0}^{k-1} \left[COS\left\{ {}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j}{64} {}_R\phi_{A,7} \right\} COS^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) + 4 COS\left({}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j+1}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) \times COS^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) + COS\left({}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j+2}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) COS^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) \right] - \left[X_{m,m-10} \cdot Sin({}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) + Y_{m,m-10} \cdot COS({}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) \right] \qquad (2.1.14) $$

(2.1.14) で $k=1$ より計算し $K_{m,k} > 0$ のときは $K_{m,k+1}$ を計算し，初めて $K_{m,k} \leqq 0$ となったときの k の値を k_0 とする。

$$ Dm = Sin\left[{}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right] COS^{\lambda}\left(\frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right) - \lambda COS\left({}_0\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right) Sin\left(\frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right) COS^{\lambda-1}\left(\frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right) \qquad (2.1.15) $$

として

(a) $Dm \leqq 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \qquad (2.1.16) $$

とし，以下 (i) の (a) と同様に計算する。

(b) $Dm > 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0-1}{32} {}_R\phi_{A,7} \qquad (2.1.17) $$

とし，以下 (i) の (b) と同様に計算する。

(iii) $10 > m \geqq 3$ で $X_{m,10-m} \cdot Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m}) + Y_{m,10-m} \cdot COS({}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m}) \leqq 0$ のとき

$$ K_{m,k} = \frac{R_7 \cdot {}_R\phi_{A,7}}{192} \sum_{j=0}^{k-1} \left[COS\left\{ {}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m} - \frac{2j}{64} {}_R\phi_{A,7} \right\} COS^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) + 4 COS\left\{ {}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m} - \frac{2j+1}{64} {}_R\phi_{A,7} \right\} \times COS^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) + COS\left({}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m} - \frac{2j+2}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) COS^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} {}_R\phi_{A,7} \right) \right] - \left[X_{m,10-m} \cdot Sin({}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m}) + Y_{m,10-m} \cdot COS({}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m}) \right] \qquad (2.1.18) $$

(2.1.18) で $k=1$ より計算し，$K_{m,k} > 0$ のときは $K_{m,k+1}$ の計算を行い初めて $K_{m,k} \leqq 0$ となったときの k の値を k_0 とする。

$$ Dm = Sin\left[{}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m} - \frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right] COS^{\lambda}\left(\frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right) - \lambda COS\left[{}_0\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A,10-m} - \frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right] \times Sin\left(\frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right) COS^{\lambda-1}\left(\frac{k_0}{32} {}_R\phi_{A,7} \right) \qquad (2.1.19) $$

として

(a) $Dm \leqq 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32}\,{}_R\phi_{A,7} \qquad (2.1.20) $$

$$ {}_sK_m = \frac{R_7 \cdot {}_s\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\Big\{\cos\Big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{2j}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\Big) + 4\cos\Big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{2j+1}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\Big) + \cos\Big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{2j+2}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\Big)\Big\} $$
$$ - \Big[\chi_{m,10\text{-}m}\cdot \sin\big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m}\big) + y_{m,10\text{-}m}\cdot\cos\big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m}\big)\Big] \qquad (2.1.21) $$

$$ {}_{s+1}\phi_{m,7} = {}_s\phi_m - \frac{{}_sK_m}{R_7\cdot\cos\big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - {}_s\phi_{m,7}\big)\cos^{\lambda}{}_s\phi_{m,7}} \qquad (2.1.22) $$

(2.3.21), (2.3.22) によって $s=1, s=2 \cdots$ と計算し

$$ |{}_{s-1}\phi_{m,7} - {}_s\phi_{m,7}| < 0.000.000.1 $$

となったとき

$$ {}_s\phi_{m,7} = \phi_{m,7} \qquad (2.1.23) $$

とする.

(b) $Dm > 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0 - 1}{32}\,{}_R\phi_{A,7} \qquad (2.1.24) $$

として (a) の場合と同様に $\phi_{m,7}$ を求める.

(IV) $10 > m \geqq 3$ で $\chi_{m,10\text{-}m}\cdot\sin\big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}n}\big) + y_{m,10\text{-}m}\cdot\cos\big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m}\big) > 0$ のとき

$$ K_{m,k} = \frac{R_7 \cdot {}_L\phi_{A,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\Big[\cos\Big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\Big) + 4\cos\Big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\Big)\times $$
$$ \cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\Big) + \cos\Big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\Big)\Big] $$
$$ - \Big[\chi_{m,10\text{-}m}\cdot\sin\big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m}\big) + y_{m,10\text{-}m}\cdot\cos\big({}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m}\big)\Big] \qquad (2.1.25) $$

(2.1.25) で $k=1$ より計算し $K_{m,k} < 0$ のときは $K_{m,k+1}$ を計算し, 初めて $K_{m,k} \geqq 0$ となったときの k の値を k_0 とする.

$$ Dm = \sin\Big[{}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\Big]\cos^{\lambda}\Big(\frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\Big) - \lambda\cos\Big[{}_0\phi_{10\text{-}m} + {}_R\phi_{A,10\text{-}m} - \frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\Big] $$
$$ \sin\Big(\frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda-1}\Big(\frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\Big) \qquad (2.1.26) $$

として

(a) $Dm \geqq 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7} \qquad (2.1.27) $$

として以下 (iii) の (a) と同様に計算する.

(b) $Dm < 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0 - 1}{32}\,{}_L\phi_{A,7} \qquad (2.1.28) $$

として以下 (iii) の (b) と同様に計算する.

$$ \chi_{m,7} = \frac{R_7\cdot\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\Big[\sin\Big(\frac{2j}{64}\,\phi_{m,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}\,\phi_{m,7}\Big) + 4\sin\Big(\frac{2j+1}{64}\,\phi_{m7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}\,\phi_{m,7}\Big) + $$
$$ \sin\Big(\frac{2j+2}{64}\,\phi_{m,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}\,\phi_{m,7}\Big)\Big] \qquad (2.1.29) $$

$$ y_{m,7} = \frac{R_7\cdot\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\Big[\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j}{64}\,\phi_{m,7}\Big) + 4\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j+1}{64}\,\phi_{m,7}\Big) + \cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j+2}{64}\,\phi_{m,7}\Big)\Big] \qquad (2.1.30) $$

これら $\phi_{m,7}$; $\chi_{m,7}$; $y_{m,7}$ を $m=3,4,\cdots 10\cdots 17$ について計算する。

(i) $(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\sin{}_0\phi_n+(y_{m,7}-y_{c,n})\cos{}_0\phi_n \geqq 0$ のとき

$$G_{m,n,k}=\frac{R_n\cdot{}_L\phi_{A,n}}{192}\sum_{j=0}^{k-1}\left[\cos\left\{\frac{2(k-j)}{64}{}_L\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}{}_L\phi_{A,n}\right)+4\cos\left\{\frac{2k-2j-1}{64}{}_L\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}{}_L\phi_{A,n}\right)+\cos\left\{\frac{2(k-j-1)}{64}{}_L\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}{}_L\phi_{A,n}\right)\right]-\left[(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\sin\left({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_L\phi_{A,n}\right)+(y_{m,7}-y_{c,n})\cos\left({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_L\phi_{A,n}\right)\right] \quad (2.1.31)$$

(2.1.31)式で $k=1$ から計算を行い、$G_{m,n,k}<0$ のときは $G_{m,n,k+1}$ を計算してはじめて $G_{m,n,k}\geqq 0$ となったときの k の値を k_0 とする。

(a) $G_{m,n,k_0-1}+G_{m,n,k_0+1}-2G_{m,n,k_0}\geqq 0$ のとき ($G_{m,n,0}=(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\sin{}_0\phi_n+(y_{m,7}-y_{c,n})\cos{}_0\phi_n$ とする)

$$ {}_0\phi_{m,n}=\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A,n} \quad (2.1.32)$$

とし、

$$ {}_sG_{m,n}=\frac{R_n\cdot{}_s\phi_{m,n}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos\left(\frac{64-2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)+4\cos\left(\frac{63-2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)+\cos\left(\frac{62-2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\right]-\left[(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\sin\left({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m,n}\right)+(y_{m,7}-y_{c,n})\cos\left({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m,n}\right)\right] \quad (2.1.33)$$

$$ {}_sL_{m,n}=R_n\cdot\cos^{\lambda}{}_s\phi_{m,n}-\frac{R_n\cdot{}_s\phi_{m,n}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{64-2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)+4\sin\left(\frac{63-2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)+\sin\left(\frac{62-2j}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m,n}\right)\right]-\left[(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\cos\left({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m,n}\right)-(y_{m,7}-y_{c,n})\sin\left({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m,n}\right)\right] \quad (2.1.34)$$

$$ {}_{s+1}\phi_{m,n}={}_s\phi_{m,n}-\frac{{}_sG_{m,n}}{6L_{m,n}} \quad (2.1.35)$$

(2.1.33)~(2.1.35)を $s=0$ より $s=1,2,\cdots$ と計算し

$|{}_{s+1}\phi_{m,n}-{}_s\phi_{m,n}|<0.0000001$

となったとき

$$ {}_s\phi_{m,n}=\phi_{m,n} \quad (2.1.36)$$

とする。

(b) $G_{m,n,k_0-1}+G_{m,n,k_0+1}-2G_{m,n,k_0}<0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,n}=\frac{k_0-1}{32}{}_L\phi_{A,n} \quad (2.1.37)$$

とし、以下(a)の場合と同様に $\phi_{m,n}$ を求める。

(ii) $(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\sin{}_0\phi_n+(y_{m,7}-y_{c,n})\cos{}_0\phi_n<0$ のとき

$$G_{m,n,k}=\frac{R_n\cdot{}_R\phi_{A,n}}{192}\sum_{j=0}^{k-1}\left[\cos\left\{\frac{2(k-j)}{64}{}_R\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,n}\right)+4\cos\left\{\frac{2k-2j-1}{64}{}_R\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,n}\right)+\cos\left\{\frac{2(k-j-1)}{64}{}_R\phi_{A,n}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,n}\right)\right]-\left[(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\sin\left({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_R\phi_{A,n}\right)+(y_{m,7}-y_{c,n})\cos\left({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_R\phi_{A,n}\right)\right] \quad (2.1.38)$$

(2.1.38)で $k=1$ から計算を行い、$G_{m,n,k}>0$ のときは $G_{m,n,k+1}$ を計算して初めて $G_{m,n,k}<0$ となったときの k の値を k_0 とする。

(a) $G_{m,n,k_0-1}+G_{m,n,k_0+1}-2G_{m,n,k_0}\leqq 0$ ($G_{m,n,0}=(\chi_{m,7}-\chi_{c,n})\sin{}_0\phi_n+(y_{m,7}-y_{c,n})\cos{}_0\phi_n$ とする)の時

$$ {}_0\phi_{m,n}=\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,n} \quad (2.1.39)$$

$$sGm.n = \frac{Rn \cdot s\phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos\left(\frac{64-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} s\phi_{m.n}\right) + 4\cos\left(\frac{63-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} s\phi_{A.n}\right) + \cos\left(\frac{62-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} s\phi_{m.n}\right) \right] - \left[(x_{m.7} - x_{c.n}) \sin(o\phi_n + s\phi_{m.n}) + (y_{m.7} - y_{c.n}) \cos(o\phi_n + s\phi_{m.n}) \right] \quad (2.1.40)$$

$$sLm.n = R_n \cos^{\lambda} s\phi_{m.n} - \frac{Rn \cdot s\phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left(\frac{64-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} s\phi_{m.n}\right) + 4\sin\left(\frac{63-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \times \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} s\phi_{m.n}\right) + \sin\left(\frac{62-2j}{64} s\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} s\phi_{m.n}\right) \right] - \left[(x_{m.7} - x_{c.n}) \cos(o\phi_n + s\phi_{m.n}) - (y_{m.7} - y_{c.n}) \sin(o\phi_n + s\phi_{m.n}) \right] \quad (2.1.41)$$

$$s+1\phi_{m.n} = s\phi_{m.n} - \frac{sGm.n}{sLm.n} \quad (2.1.42)$$

(2.1.40)～(2.1.42) を $s=0$ から $s=1, s=2, \cdots$ と計算し

$|s+1\phi_{m.n} - s\phi_{m.n}| < 0.000000,1$

となったとき

$$s\phi_{m.n} = \phi_{m.n} \quad (2.1.43)$$

とする.

(ｲ) $G_{m.n,k_0-1} + G_{m.n,k_0+1} - 2G_{m.n.k_0} > 0$ のとき

$$o\phi_{m.n} = \frac{k_0 - 1}{32} R\phi_{A.n} \quad (2.1.44)$$

として以下(ロ)と同様に $\phi_{m.n}$ を求める. なお $\phi_{10.0} = 0$ とする.

$$x_{m.n} = x_{c.n} + \frac{R_n \cdot \phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left(o\phi_n + \frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) + 4\sin\left(o\phi_n + \frac{2j+1}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} \times \phi_{m.n}\right) + \sin\left(o\phi_n + \frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \right] \quad (2.1.45)$$

$$y_{m.n} = y_{c.n} + \frac{R_n \cdot \phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos\left(o\phi_n + \frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) + 4\cos\left(o\phi_n + \frac{2j+1}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} \times \phi_{m.n}\right) + \cos\left(o\phi_n + \frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \right] \quad (2.1.46)$$

$$S'_{m.n} = \frac{R_n \cdot \phi_{m.n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\phi_{m.n}\right) + 4\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m.n}\right) + \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m.n}\right) \right] \quad (2.1.47)$$

$$S_{m.n} = S'_{m.n} - S'_{10.n} \quad (2.1.48)$$

$$r_{m.n} = R_n \cos^{\lambda}\phi_{m.n} \quad (2.1.49)$$

$$ar_{m.n} = r_{m.n} + (x_{m.n} - x_{m.7}) \sec(\phi_{m.n} + o\phi_n) \quad (2.1.50)$$

$x_{m.n}, y_{m.n}, r_{m.n}, ar_{m.n}$ を $m = 10, 11 \cdots 17$; $n = m-10, m-9.5, \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 3$; $n = 10-m, 10.5-m, \cdots 7.0$ について計算する.

また $S_{m.n}$ を $m = 10, 11, \cdots 17$; $n = m-10, m-9.0 \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 3$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 7.0$ について計算する.

2.2 荷重計算

(i) $H_0 \leq Z_n$ のとき

$$oP_n = 0 \quad (2.2.1)$$

(ii) $H_0 > Z_n$ のとき

$$ {}_oP_n = H_0 - Z_n \qquad (2.2.2) $$

(i) $H_\alpha \leqq Z_n$ のとき

$$ {}_\alpha P_{m.n} = 0 \qquad (2.2.3) $$

(ii) $H_\alpha > Z_n$ で $16 \geqq m \geqq 10$ のとき

$$ {}_\alpha P_{m.n} = 7/8\, k \sqrt{(H_\alpha - Z_{m-10})(H_\alpha - Z_n)} \qquad (2.2.4) $$

(iii) $H_\alpha > Z_n$ で $10 > m \geqq 4$ のとき

$$ {}_\alpha P_{m.n} = 7/8\, k \sqrt{(H_\alpha - Z_{10-m})(H_\alpha - Z_n)} \qquad (2.2.5) $$

(i) $H_s \leqq Z_n$ のとき

$$ {}_sP_n = 0 \qquad (2.2.6) $$

(ii) $H_s > Z_n$ のとき

$$ {}_sP_n = C_e \cdot f_s (H_s - Z_n) \qquad (2.2.7) $$

$$ P_{m.n} = {}_oP_o + {}_\alpha P_{m.n} + {}_sP_n \qquad (2.2.8) $$

$P_{m.n}$ と $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ と $m = 9, 8, 7, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 6$ について計算する。

第3節 基礎岩盤の変形常数

3.1 基礎の面積係数と傾角

${}_LT_{A.n}$ の最大値を a_L; ${}_RT_{A.n}$ の最大値を a_R とする。

$$ b_L = \sum_{n=0}^{6} \sqrt{(Z_{n+1} - Z_n)^2 + (\chi_{n+11,n+1} - \chi_{n+10,n})^2 + (y_{n+11,n+1} - y_{n+10,n})^2} \qquad (3.1.1) $$

$$ b_R = \sum_{n=0}^{6} \sqrt{(Z_{n+1} - Z_n)^2 + (\chi_{9-n,n+1} - \chi_{10-n,n})^2 + (y_{9-n,n+1} - y_{10-n,n})^2} \qquad (3.1.2) $$

面積係数は

$$ \zeta_L = b_L / a_L \qquad (3.1.3) $$

$$ \zeta_R = b_R / a_R \qquad (3.1.4) $$

$$ \zeta = \frac{2(b_L + b_R)}{a_R + a_L} \qquad (3.1.5) $$

傾角は

(i) $6 \leqq n < 1$ のとき

$$ {}_L\chi_n = \tan^{-1}\left\{ \frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{n+11,n+1} - S_{n+10,n}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{n+10,n} - S_{n+9,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}} \right\} \qquad (3.1.6) $$

$$ {}_R\chi_n = -\tan^{-1}\left\{ \frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{9-n,n+1} - S_{10-n,n}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{10-n,n} - S_{11-n,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}} \right\} \qquad (3.1.7) $$

(ii) $n = 1$ のとき

$$ {}_L\chi_1 = \tan^{-1}\left\{ \frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{12,2} - S_{11,1}}{Z_2 - Z_1} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{13,3} - S_{11,1}}{Z_3 - Z_1} \right\} \qquad (3.1.8) $$

$$ {}_R\chi_1 = -\tan^{-1}\left\{ \frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{8,2} - S_{9,1}}{Z_2 - Z_1} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{7,3} - S_{9,1}}{Z_3 - Z_1} \right\} \qquad (3.1.9) $$

${}_L\chi_n$, ${}_R\chi_n$ は $n=1,2\cdots\cdots6$ につき計算する。

3.2 基礎岩盤の変形常数

$$K_1=\frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\frac{\sqrt{1+\zeta^2}(3-14\zeta^2-2\zeta^4)+15\zeta^3+2\zeta^5-3}{15\zeta}+\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right\} \quad (3.2.1)$$

$${}_LK_2=\frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2})+\zeta_L\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L}-\frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3-1-\zeta_L^3}{3\zeta_L}\right\} \quad (3.2.2)$$

$${}_RK_2=\frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2})+\zeta_R\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R}-\frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3-1-\zeta_R^3}{3\zeta_R}\right\} \quad (3.2.3)$$

$$K_3=\frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2})+\zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}-\frac{(\sqrt{1+\zeta^2})^3-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\}+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right)-\frac{\sqrt{1+\zeta^2}(2\zeta^2-1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right] \quad (3.2.4)$$

$${}_LK_4=\frac{1}{5\pi}\left[\left(90-\frac{24}{\zeta_L}+\frac{5}{\zeta_L^2}-\frac{3}{8\zeta_L^4}+\frac{9}{112\zeta_L^6}\right)+\nu_R\left(90-\frac{48}{\zeta_L}+\frac{15}{\zeta_L^2}-\frac{15}{8\zeta_L^4}+\frac{63}{112\zeta_L^6}\right)-\nu_R^2\left(\frac{24}{\zeta_L}-\frac{10}{\zeta_L^2}+\frac{3}{2\zeta_L^4}-\frac{27}{56\zeta_L^6}\right)\right] \quad (3.2.5)$$

$${}_RK_4=\frac{1}{5\pi}\left[\left(90-\frac{24}{\zeta_R}+\frac{5}{\zeta_R^2}-\frac{3}{8\zeta_R^4}+\frac{9}{112\zeta_R^6}\right)+\nu_R\left(90-\frac{48}{\zeta_R}+\frac{15}{\zeta_R^2}-\frac{15}{8\zeta_R^4}+\frac{63}{112\zeta_R^6}\right)-\nu_R^2\left(\frac{24}{\zeta_R}-\frac{10}{\zeta_R^2}+\frac{3}{2\zeta_R^4}-\frac{27}{56\zeta_R^6}\right)\right] \quad (3.2.6)$$

$$K_5=(1-\nu_R-2\nu_R^2)\left\{1-\frac{1}{2\pi}\left[4(1+\zeta^2)\tan^{-1}\left(\frac{1}{\zeta}\right)-3\zeta-\zeta^3\log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2}+\frac{1}{\zeta}-\log(1+\zeta^2)\right]\right\} \quad (3.2.7)$$

$${}_LK_6=\frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L}\right)+\frac{1}{\zeta_L}\log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2})-\frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3-1-\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\}+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_L}\log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2})-\frac{\sqrt{1+\zeta_L^2}(2-\zeta_L^2)-2+\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\}\right] \quad (3.2.8)$$

$${}_RK_6=\frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R}+\frac{1}{\zeta_R}\log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2})-\frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3-1-\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\}+(\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_R}\log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2})-\frac{\sqrt{1+\zeta_R^2}(2-\zeta_R^2)-2+\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\}\right] \quad (3.2.9)$$

$${}_L\alpha'_n=K_5/({}_LE_{R,n}\cdot{}_LT_{A,n}^2) \quad (3.2.10)$$

$${}_R\alpha'_n=K_1/({}_RE_{R,n}\cdot{}_RT_{A,n}^2) \quad (3.2.11)$$

$${}_L\beta'_n={}_LK_2/{}_LE_{R,n} \quad (3.2.12)$$

$${}_R\beta'_n={}_RK_2/{}_RE_{R,n} \quad (3.2.13)$$

$${}_L\gamma'_n=K_3/{}_LE_{R,n} \quad (3.2.14)$$

$${}_R\gamma'_n=K_3/{}_RE_{R,n} \quad (3.2.15)$$

$${}_L\delta'_n={}_LK_4/({}_LE_{R,n}\cdot{}_LT_{A,n}^2) \quad (3.2.16)$$

$${}_R\delta'_n={}_RK_4/({}_RE_{R,n}\cdot{}_RT_{A,n}^2) \quad (3.2.17)$$

$${}_L\alpha''_n=K_5/({}_LE_{R,n}\cdot{}_LT_{A,n}) \quad (3.2.18)$$

$${}_R\alpha''_n=K_5/({}_RE_{R,n}\cdot{}_RT_{A,n}) \quad (3.2.19)$$

$${}_L\textcircled{Y}_n={}_LK_5/{}_LE_{R,n} \quad (3.2.20)$$

$${}_R\textcircled{f}_n = {}^RK_6/{}_RE_{R,n} \qquad (3.2.21)$$

(3.2.10) ~ (3.2.21) を $n = 1,2,\cdots 6$ について計算する。

3.3 アーチの基礎常数

$${}_La\alpha_n = {}_L\alpha'_n \cos^3{}_L\chi_n + {}_L\delta'_n \sin^2{}_L\chi_n \cos{}_L\chi_n \qquad (3.3.1)$$

$${}_Ra\alpha_n = {}_R\alpha'_n \cos^3{}_R\chi_n + {}_R\delta'_n \sin^2{}_R\chi_n \cos{}_R\chi_n \qquad (3.3.2)$$

$${}_La\alpha_{2,n} = {}_L\alpha''_n \cos^2{}_L\chi_n \qquad (3.3.3)$$

$${}_Ra\alpha_{2,n} = {}_R\alpha''_n \cos^2{}_R\chi_n \qquad (3.3.4)$$

$${}_La\beta_n = {}_L\beta'_n \cos^3{}_L\chi_n + {}_L\textcircled{f}_n \sin^2{}_L\chi_n \cos{}_L\chi_n \qquad (3.3.5)$$

$${}_Ra\beta_n = {}_R\beta'_n \cos^3{}_R\chi_n + {}_R\textcircled{f}_n \sin^2{}_R\chi_n \cos{}_R\chi_n \qquad (3.3.6)$$

$${}_La\gamma_n = {}_L\gamma'_n \cos{}_L\chi_n \qquad (3.3.7)$$

$${}_Ra\gamma_n = {}_R\gamma'_n \cos{}_R\chi_n \qquad (3.3.8)$$

(3.3.1) ~ (3.3.8) を $n = 1,2,\cdots 6$ について計算する。

3.4 片持梁の基礎常数

(i) $10 < m \leqq 16$ のとき

$$c\alpha_m = ({}_L\alpha'_{m-10} \sin^3{}_L\chi_{m-10} + {}_L\delta'_{m-10} \cdot \cos^2{}_L\chi_{m-10} \cdot \sin{}_L\chi_{m-10}) \frac{a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \left(\frac{T_{A,m-10}}{T_{A,m-10} - {}_LcC_{m-10}}\right)^2 \qquad (3.4.1)$$

$$c\alpha_{2,m} = ({}_L\alpha''_{m-10} \cdot \sin^2{}_L\chi_{m-10}) \frac{a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \left(\frac{T_{A,m-10}}{T_{A,m-10} - {}_LcC_{m-10}}\right) \qquad (3.4.2)$$

(ii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$$c\alpha_m = ({}_R\alpha'_{10-m} \cdot \sin^3{}_R\chi_{10-m} + {}_R\delta'_{10-m} \cdot \cos^2{}_R\chi_{10-m} \cdot \sin{}_R\chi_{10-m}) \frac{a\gamma_{m,10-m}}{\gamma_{m,10-m}} \left(\frac{T_{A,10-m}}{T_{A,10-m} - {}_RcC_{10-m}}\right)^2 \qquad (3.4.3)$$

$$c\alpha_{2,m} = ({}_R\alpha''_{10-m} \sin^2{}_R\chi_{10-m}) \frac{a\gamma_{m,10-m}}{m,10-m} \cdot \left(\frac{T_{A,10-m}}{T_{A,10-m} - {}_RcC_{10-m}}\right) \qquad (3.4.4)$$

(iii) $m = 10$ のとき

$$c\alpha_{10} = \frac{K_1}{{}_LE_{R,0} \cdot T_{C,0}^2} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \cdot \left(\frac{T_{C,0}}{T_{C,0} - {}_LcC_0}\right)^2 \qquad (3.4.5)$$

$$c\alpha_{2,10} = \frac{K_5}{{}_LE_{R,0} \cdot T_{C,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \left(\frac{T_{C,0}}{T_{C,0} - {}_LcC_0}\right) \qquad (3.4.6)$$

$$c\gamma_{10} = \frac{K_3}{{}_LE_{R,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \qquad (3.4.7)$$

$$c\textcircled{f}_{10} = \frac{{}_LK_6 + {}_RK_6}{2{}_LE_{R,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \qquad (3.4.8)$$

$$c\delta_{10} = \frac{{}_LK_4 + {}_RK_4}{2{}_LE_{R,0} \cdot T_{C,0}^2} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \left(\frac{T_{C,0}}{T_{C,0} - {}_LcC_0}\right)^2 \qquad (3.4.9)$$

これら $c\alpha_m, c\alpha_{2,m}$ を $m = 4,5,6,\cdots 10 \cdots 16$ について計算し $c\gamma_{10}, c\textcircled{f}_{10}, c\delta_{10}$ を計算する。

3.5 集中荷重の係数

(i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき

$$K^c_m = \frac{a\gamma_{m.m-10}}{\gamma_{m.m-10}} \tan \chi_{m-10} \tag{3.5.1}$$

(ii) $4 \leqq m < 10$ のとき

$$K^c_m = \frac{a\gamma_{m.10-m}}{\gamma_{m.10-m}} \tan_2 \chi_{10-m} \tag{3.5.2}$$

K^c_m を $m = 4.5, \cdots 9, 11, 12, \cdots 16$ について計算する.

第4節 アーチの単位挽み

4.1 アーチの形状計算

$$\phi_{m+\frac{1}{8},n} = \phi_{m,n} + \frac{1}{8}(\phi_{m+1,n} - \phi_{m,n}) \tag{4.1.1}$$

$$\gamma_{m+\frac{1}{8},n} = Rn \cdot \cos^{\lambda} \phi_{m+\frac{1}{8},n} \tag{4.1.2}$$

$$x_{m+\frac{1}{8},n} = \frac{Rn}{192}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\sum_{S=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{2S}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2S}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + 4\sin\left(\frac{2S+1}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2S+1}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + \sin\left(\frac{2S+2}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2S+2}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\right] \tag{4.1.3}$$

$$y_{m+\frac{1}{8},n} = \frac{Rn}{192}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\sum_{S=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2S}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + 4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2S+1}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + \cos^{\lambda+1}\left(\frac{2S+2}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\right] \tag{4.1.4}$$

(i) $R_1\phi_{A,n} \leqq \phi_{m+\frac{1}{8},n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m+\frac{1}{8},n} = T_{C,n}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(ux_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} \tag{4.1.5}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} \tag{4.1.6}$$

(ii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m+\frac{1}{8},n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ で $T = +1$ のとき

$$T_{m+\frac{1}{8},n} = T_{C,n} + ({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\frac{vers(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{vers({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})} \tag{4.1.8}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(ux_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} - \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{2\,vers({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} \tag{4.1.9}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{2\,vers({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} \tag{4.1.10}$$

(iii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m+\frac{1}{8},n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ で $T = -1$ のとき

$$T_{m+\frac{1}{8},n} = \frac{1}{vers({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}\left[T_{C,n} - {}_LT_{A,n}\cdot\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n}) + ({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\frac{\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}{\cos(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}\right] \tag{4.1.11}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(ux_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} - \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n}}{2\,vers({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})} \tag{4.1.12}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n}}{2\,vers({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})} \tag{4.1.13}$$

(IV) ${}_{R1}\phi_{A,n} > \phi_{m+\frac{j}{8},n} \geqq {}_{R}\phi_{A,n}$ で $T=+1$ のとき

$$T_{m+\frac{j}{8},n} = T_{C,n} + (rT_{A,n} - T_{C,n}) \frac{vers(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n})}{vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \tag{4.1.14}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{m+\frac{j}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{j}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n}) sin\phi_{m+\frac{j}{8},n} - \frac{(rT_{A,n} - T_{C,n}) sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n})}{2\,vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} cos\phi_{m+\frac{j}{8},n} \tag{4.1.15}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{m+\frac{j}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{j}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n}) cos\phi_{m+\frac{j}{8},n} + \frac{(rT_{A,n} - T_{C,n}) sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n})}{2\,vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} sin\phi_{m+\frac{j}{8},n} \tag{4.1.16}$$

(V) ${}_{R1}\phi_{A,n} > \phi_{m+\frac{j}{8},n} \geqq {}_{R}\phi_{A,n}$ で $T=-1$ のとき

$$T_{m+\frac{j}{8},n} = \frac{1}{vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \left[T_{C,n} - {}_{R}T_{A,n} \cdot cos({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) + (rT_{A,n} - T_{C,n}) \frac{cos({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})}{cos(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \right] \tag{4.1.17}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{m+\frac{j}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{j}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n}) sin\phi_{m+\frac{j}{8},n} - \frac{(rT_{A,n} - T_{C,n}) cos({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) cos\phi_{m+\frac{j}{8},n}}{2\,vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) cos^2(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \tag{4.1.18}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{m+\frac{j}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{j}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n}) cos\phi_{m+\frac{j}{8},n} + \frac{(rT_{A,n} - T_{C,n}) cos({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) sin(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) sin\phi_{m+\frac{j}{8},n}}{2\,vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) cos^2(\phi_{m+\frac{j}{8},n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \tag{4.1.19}$$

$$u\chi_{m+\frac{j}{8},n} = \chi'_{m+\frac{j}{8},n} - \frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n} \cdot cos\phi_{m+\frac{j}{8},n} \tag{4.1.20}$$

$$uy_{m+\frac{j}{8},n} = y'_{m+\frac{j}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{j}{8},n} \cdot sin\phi_{m+\frac{j}{8},n} \tag{4.1.21}$$

(4.1.1)~(4.1.21) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$; $j=0,1,2,\cdots 7$ について計算する。ただし $m=10+n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$10 \leqq m \leqq i$ または $10 \geqq m \geqq i$ としたとき (m,n) に原点をおき，(m,n) におけるアーチ中心線の法線を χ 軸，接線を y 軸としたときの $(i+\frac{2j}{8},n)$ の座標を $(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}), (y^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n})$ とする。

$$(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) = (\chi'_{i+\frac{2j}{8},n} - \chi'_{m,n}) cos\phi_{m,n} - (y'_{i+\frac{2j}{8},n} - y'_{m,n}) sin\phi_{m,n} \tag{4.1.22}$$

$$(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) = (\chi'_{i+\frac{2j}{8},n} - \chi'_{m,n}) sin\phi_{m,n} + (y'_{i+\frac{2j}{8},n} - y'_{m,n}) cos\phi_{m,n} \tag{4.1.23}$$

(4.1.22), (4.1.23) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10, 11, \cdots 10+n$; $i=m, m+1, \cdots 10+n$; $j=0,1,2,3$ と $n=1,2,\cdots 6$; $m=10, 9, 8, \cdots 10-n$; $i=m, m-1, \cdots 10-n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし前者の場合の $i=10+n$ のとき，および後者の場合の $m=i=10$ のとき，$j=0$ 以外の j については計算しない。

4.2 アーチ常数の計算

$$_{Li}A_{m,n} = \frac{1}{Ec} \sum_{i=m}^{9+n} (\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n}) \left\{ \frac{\gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{\gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}} \right\} + {}_{La}\alpha_n \tag{4.2.1}$$

$$_{Ri}A_{m,n} = \frac{1}{Ec} \sum_{i=10-n}^{m-1} (\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n}) \left\{ \frac{\gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{\gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}} \right\} + {}_{Ra}\alpha_n \tag{4.2.2}$$

$$_{Li}B_{m,n} = \frac{1}{Ec} \sum_{i=m}^{9+n} (\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n}) \left\{ \frac{(\chi^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}} \right\} + {}_{La}\alpha_n (\chi^{m,n}_{10+n,n}) + {}_{La}\alpha_{2,n} \cdot sin(\phi_{10+n,n} - \phi_{m,n}) \tag{4.2.3}$$

$$_{Ri}B_{m,n} = \frac{1}{Ec} \sum_{i=10-n}^{m-1} (\phi_{i+1,n} - \phi_{i,n}) \left\{ \frac{(\chi^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}} + \frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}} \right\} + {}_{Ra}\alpha_n (\chi^{m,n}_{10-n,n}) - {}_{Ra}\alpha_{2,n} \cdot sin(\phi_{10-n,n} - \phi_{m,n}) \tag{4.2.4}$$

$$ {}_{11}C_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q_{2,n}}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\left[\frac{(y_{i,n}^{m,n})\gamma_{i,n}}{T_{i,n}^{2}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+2\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+\frac{(y_{i+1,n}^{m,n})\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}^{2}}\right]+{}_{1a}\alpha_{n}\left(y_{i0+n,n}^{m,n}\right)+{}_{1a}\alpha_{2,n}\cos\left(\phi_{i0+n,n}-\phi_{m,n}\right) \qquad (4.2.5) $$

$$ {}_{R1}C_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=i0-n}^{q_{2,n}-1}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\left[\frac{(y_{i,n}^{m,n})\gamma_{i,n}}{T_{i,n}^{2}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+2\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+\frac{(y_{i+1,n}^{m,n})\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}^{2}}\right]+{}_{Ra}\alpha_{n}\left(y_{i0-n,n}^{m,n}\right)-{}_{Ra}\alpha_{2,n}\cos\left(\phi_{i0-n,n}-\phi_{m,n}\right) \qquad (4.2.6) $$

$$ {}_{12}B_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q_{2,n}}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\left[\frac{(\chi_{i,n}^{m,n})(y_{i,n}^{n,n})\gamma_{i,n}}{T_{i,n}^{2}}+4\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+2\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+4\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+\frac{(\chi_{i+1,n}^{m,n})(y_{i+1,n}^{m,n})\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}^{2}}\right]+\frac{1}{6Ec}\sum_{i=m}^{q_{2,n}}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\Big[$$
$$ \frac{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\gamma_{i,n}}{T_{i,n}}+4\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+$$
$$ 2\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+$$
$$ \frac{\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\Big]+{}_{1a}\alpha_{n}(\chi_{i0+n,n}^{m,n})(y_{i0+n,n}^{m,n})+{}_{1a}\alpha_{2,n}\Big[(\chi_{i0+n,n}^{m,n})\cos(\phi_{i0+n,n}$$
$$ -\phi_{m,n})+(y_{i0+n,n}^{m,n})\sin(\phi_{i0+n,n}-\phi_{m,n})\Big]+({}_{1a}\gamma_{n}-{}_{1a}\beta_{n})\sin(\phi_{i0+n,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i0+n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.7) $$

$$ {}_{R2}B_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=i0-n}^{m-1}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\left[\frac{(\chi_{i,n}^{m,n})(y_{i,n}^{m,n})\gamma_{i,n}}{T_{i,n}^{2}}+4\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+2\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+4\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+\frac{(\chi_{i+1,n}^{m,n})(y_{i+1,n}^{m,n})\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}^{2}}\right]+\frac{1}{6Ec}\sum_{i=i0-n}^{m-1}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\Big[$$
$$ \frac{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\gamma_{i,n}}{T_{i,n}}+4\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+$$
$$ 2\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}}+$$
$$ \frac{\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\Big]+{}_{Ra}\alpha_{n}(\chi_{i0-n,n}^{m,n})(y_{i0-n,n}^{m,n})-{}_{Ra}\alpha_{2,n}\Big[(\chi_{i0-n,n}^{m,n})\cos(\phi_{i0-n,n}$$
$$ -\phi_{m,n})+(y_{i0-n,n}^{m,n})\sin(\phi_{i0-n,n}-\phi_{m,n})\Big]+({}_{Ra}\gamma_{n}-{}_{Ra}\beta_{n})\sin(\phi_{i0-n,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i0-n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.8) $$

$$ {}_{12}C_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q_{2,n}}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\left[\frac{(y_{i,n}^{m,n})^{2}\gamma_{i,n}}{T_{i,n}^{3}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^{2}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{3}}+2\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^{2}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{3}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+\frac{(y_{i+1,n}^{m,n})^{2}\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}^{3}}\right]+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{q_{2,n}}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\Big[\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\gamma_{i,n}+4\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}$$
$$ +2\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}+4\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}+\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\Big]$$
$$ +{}_{1a}\alpha_{n}(y_{i0+n,n}^{m,n})^{2}+{}_{1a}\beta_{n}\sin^{2}(\phi_{i0+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{1a}\gamma_{n}\cos^{2}(\phi_{i0+n,n}-\phi_{m,n})+2{}_{1a}\alpha_{2,n}(y_{i0+n,n}^{m,n})\cos(\phi_{i0+n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.9) $$

$$ {}_{R2}C_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=i0-n}^{m-1}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\left[\frac{(y_{i,n}^{m,n})^{2}\gamma_{i,n}}{T_{i,n}^{3}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^{2}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{3}}+2\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^{2}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{3}}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T_{i+\frac{1}{2},n}^{2}}+\frac{(y_{i+1,n}^{m,n})^{2}\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}^{3}}\right]+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=i0-n}^{m-1}\left(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n}\right)\Big[\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\gamma_{i,n}+4\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}$$
$$ +2\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}+4\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}+\frac{1+2\cos^{2}(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\Big]$$
$$ +{}_{Ra}\alpha_{n}(y_{i0-n,n}^{m,n})^{2}+{}_{Ra}\beta_{n}\sin^{2}(\phi_{i0-n,n}-\phi_{m,n})+{}_{Ra}\gamma_{n}\cos^{2}(\phi_{i0-n,n}-\phi_{m,n})-2{}_{Ra}\alpha_{2,n}(y_{i0-n,n}^{m,n})\cos(\phi_{i0-n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.10) $$

$$L3Bm,n=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})^2\gamma_{i,n}}{T^1_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})^2\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^1_{i+\frac{1}{8},n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})^2\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^1_{i+\frac{2}{8},n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})^2\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^1_{i+\frac{3}{8},n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})^2\gamma_{i+1,n}}{T^1_{i+1,n}}\Big]+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{1+2Sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T^1_{i,n}}\gamma_{i,n}+4\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{8},n}}\gamma_{i+\frac{1}{8},n}+2\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}+4\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{3}{8},n}}\gamma_{i+\frac{3}{8},n}+\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\Big]+L\alpha'n(\chi^{m,n}_{10+n,n})^2+R\alpha\beta_n COS^2(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+R\alpha'\gamma_n Sin^2(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+2R\alpha'_{2,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n})Sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\qquad(4.2.11)$$

$$R3Bm,n=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(\chi^{m,n}_{i,n})^2\gamma_{i,n}}{T^1_{i,n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})^2\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^1_{i+\frac{1}{8},n}}+2\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})^2\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^1_{i+\frac{2}{8},n}}+4\frac{(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})^2\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^1_{i+\frac{3}{8},n}}+\frac{(\chi^{m,n}_{i+1,n})^2\gamma_{i+1}}{T^1_{i+1,n}}\Big]+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{1+2Sin^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\gamma_{i,n}+4\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{8},n}}\gamma_{i+\frac{1}{8},n}+2\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}+4\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{3}{8},n}}\gamma_{i+\frac{3}{8},n}+\frac{1+2Sin^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\Big]+R\alpha'_n(\chi^{m,n}_{10-n,n})^2+R\alpha\beta_n COS^2(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})+R\alpha'\gamma_n Sin^2(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-2R\alpha'_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n})Sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\qquad(4.2.12)$$

(4.2.1), (4.2.3), (4.2.5), (4.2.7), (4.2.9), (4.2.11) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,11,\cdots 10+n$, について (4.2.2), (4.2.4), (4.2.6), (4.2.8), (4.2.10), (4.2.12) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,9,\cdots 10-n$ について計算する。

$$1A_{10,n}=L1A_{i0,n}+R1A_{10,n}\qquad(4.2.13)$$

$$1B_{10,n}=L1B_{10,n}+R1B_{10,n}\qquad(4.2.14)$$

$$1C_{10,n}=L1C_{10,n}+R1C_{10,n}\qquad(4.2.15)$$

$$2B_{10,n}=L2B_{10,n}+R2B_{10,n}\qquad(4.2.16)$$

$$2C_{10,n}=L2C_{10,n}+R2C_{10,n}\qquad(4.2.17)$$

$$3B_{10,n}=L3B_{10,n}+R3B_{10,n}\qquad(4.2.18)$$

(4.2.13)~(4.2.18) を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する。

4.3 単位荷重による M_L, H_L, ∇_L

$$LrM(n,k,10,i+\tfrac{s}{8})=\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{p-1}\Big(\Big[(\phi_{K-1+\frac{s}{8},n}-\phi_{K-1,n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{s}{8},n})-(u\chi_{K-1+\frac{s}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{K-1+\frac{s}{8},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{s}{8},n})-(uy_{K-1+\frac{s}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(uy_{K-1+\frac{s}{8},n})\Big\}+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}-\phi_{K-1,n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{s}{8},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\times\frac{d}{d\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{s}{8},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\phi_{K-1,n})\times\Big[\Big\{(\chi'_{i+\frac{s}{8},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{s}{8},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{8},n})\Big]\Big)+\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{p-1}\Big(\Big[(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{s}{8},n})\Big[\Big\{(\chi'_{i+\frac{s}{8},n})-(u\chi_{K+\frac{s}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{K+\frac{s}{8},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{s}{8},n})-(uy_{K+\frac{s}{8},n})\Big\}\times\frac{d}{d\phi}(uy_{K+\frac{s}{8},n})\Big]+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{8},n})\Big[\Big\{(\chi'_{i+\frac{s}{8},n})-(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{s}{8},n})-(uy_{K+\frac{2s+1}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(uy_{K+\frac{2s+1}{8},n})\Big]+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{s}{8},n})-(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{s}{8},n})-(uy_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\frac{d}{d\phi}(uy_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\Big)\qquad(4.3.1)$$

$$LrH(n,k,10,i+\tfrac{s}{8})=\frac{1}{24}\Big(Sin\phi_{i+\frac{s}{8},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{s}{8},n}-\phi_{K-1,n})\frac{d}{d\phi}(uy_{K-1+\frac{s}{8},n})+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8},n}-\phi_{K-1,n})\frac{d}{d\phi}\times(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8},n})+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8},n}-\phi_{K-1,n})\frac{d}{d\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}+\sum_{s=0}^{p-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{s}{8},n})\frac{d}{d\phi}(uy_{K+\frac{s}{8},n})+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{8},n})\frac{d}{d\phi}(uy_{K+\frac{2s+1}{8},n})+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{8},n})\frac{d}{d\phi}(uy_{K+\frac{2s+2}{8},n})\Big\}\Big]-COS\phi_{i+\frac{s}{8},n}\Big[\sum_{s=0}^{p-1}$$

$$\left\{\left(\phi_{K+\frac{13}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{5}{8}j,n}\right)+4\left(\phi_{K-1+\frac{13}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{25}{8}j,n}\right)+\left(\phi_{K+\frac{25}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{33}{8}j,n}\right)\right\}+\sum_{s=0}^{\frac{3}{2}j}\left\{\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)+4\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\times\left(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)+\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\right\}\Big)\qquad(4.3.2)$$

$$\mathrm{LrV}(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8})=\frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{8},n}\Big\{\sum_{s=0}^{\frac{3}{2}j}\Big\{\left(\phi_{K-1+\frac{s}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{s}{8}j,n}\right)+4\left(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\times\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)+\left(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\Big\}+\sum_{s=0}^{\frac{3}{2}j}\Big\{\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)+4\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)+\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\Big\}+\cos\phi_{i+\frac{2j}{8},n}\Big\{\sum_{s=0}^{\frac{3}{2}j}\Big\{\left(\phi_{K-1+\frac{s}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{s}{8}j,n}\right)+4\left(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)+\left(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8}j,n}-\phi_{K-1,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\Big\}+\sum_{s=0}^{\frac{3}{2}j}\Big\{\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)+4\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)+\left(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\Big\}\Big\}\Big)\qquad(4.3.3)$$

(4.3.1)～(4.3.3)にあらわれる $\sum_{s=0}^{\frac{p}{2}j}$, $\sum_{s=0}^{\frac{g}{2}j}$ は次のようにとるものとする。

(i) $K=i=10$ のとき

$p=0$, $g=j$

すなわち $\sum_{s=0}^{\frac{p}{2}j}$ は計算しない.

(ii) $K=10$, $11\leqq i\leqq 10+n$ のとき

$p=0$, $g=4$

すなわち $\sum_{s=0}^{\frac{p}{2}j}$ は計算しない.

(iii) $10\leqq i<K-1$ のとき

$p=0$, $g=0$

すなわち $\mathrm{LrM}(n,k,10,i+\frac{2j}{8})=\mathrm{LrH}(n,k,10,i+\frac{2j}{8})=\mathrm{LrV}(n,k,10,i+\frac{2j}{8})=0$

(iv) $10+n>i=K-1\geqq 10$ のとき

$p=j$, $g=0$

すなわち $\sum_{s=0}^{\frac{g}{2}j}$ は計算しない.

(v) $10+n\geqq i=K\geqq 11$ のとき

$p=4$, $g=j$

(vi) $10+n>i>K\geqq 11$ のとき

$p=4$, $g=4$

以上の p, g を用いて (4.3.1)～(4.3.3) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,11,\cdots 10+n$; $i=10,11,\cdots 10+n$; $j=0,1,2,3$ について計算する. ただし $i=10+n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない.

$$\mathrm{RrM}(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8})=+\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{\frac{3}{2}j}\Big(\left(\phi_{K+\frac{s}{8}j,n}-\phi_{K+1,n}\right)\Big\{\left|\left(\chi'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(u\chi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)\right|\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(uy_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)\right\}\frac{d}{d\phi}\left(uy_{K+\frac{s}{8}j,n}\right)\Big\}+4\left(\phi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}-\phi_{K+1,n}\right)\Big\{\left|\left(\chi'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\right|\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(uy_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\right\}\frac{d}{d\phi}\left(uy_{K+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\Big\}+\left(\phi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}-\phi_{K+1,n}\right)\Big\{\left|\left(\chi'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\right|\frac{d}{d\phi}\times\left(u\chi_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(uy_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\right\}\frac{d}{d\phi}\left(uy_{K+\frac{2s+2}{8}j,n}\right)\Big\}\Big)+\frac{1}{24}\sum_{s=1}^{\frac{3}{2}j}\Big(\left(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{s}{8}j,n}\right)\Big\{\left|\left(\chi'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(u\chi_{K-1+\frac{s}{8}j,n}\right)\right|\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{s}{8}j,n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(uy_{K-1+\frac{s}{8}j,n}\right)\right\}\cdot\frac{d}{d\phi}\left(uy_{K-1+\frac{s}{8}j,n}\right)\Big\}+4\left(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\cdot\left|\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\right\}\frac{d}{d\phi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{8},n}\right)-\left(uy_{K-1+\frac{2s+1}{8}j,n}\right)\right|$$

$$\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)\Big\}+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big[\Big\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\delta}},n)-(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)$$
$$+\Big\{(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n)-(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big]\Big) \qquad (4.3.4)$$

$$rrH(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\delta})=\frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2S}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S}{\delta}},n)+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\times$$
$$\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n)+(\phi_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)+$$
$$4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}\Big]-$$
$$\cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2S}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S}{\delta}},n)+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\times\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n)+$$
$$(\phi_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}\times(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)+4(\phi_{K-1,n}-$$
$$\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.5)$$

$$rrV(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\delta})=-\frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big\{\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2S}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S}{\delta}},n)+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\times$$
$$\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n)+(\phi_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)$$
$$+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}\Big\}+$$
$$\cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2S}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S}{\delta}},n)+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+1}{\delta}},n)+$$
$$(\phi_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n-\phi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S}{\delta}},n)+$$
$$4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\delta}},n)+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\delta}},n)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.6)$$

(4.3.4)～(4.3.6) に表わされる $\sum_{s=p}^{3}$, $\sum_{s=q}^{3}$ は次のようにとるものとする.

(i) $K=i=10$ のとき. $j=0$ 以外の j については計算せずに

$p=4$, $q=4$

すなわち $rrM(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta})=rrH(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta})=rrV(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta})=0$

(ii) $K=10$, $i=9$ のとき

$p=4$, $q=j$

すなわち $\sum_{s=p}^{3}$ は計算しない.

(iii) $K=10$, $9>i\geq 10-n$ のとき

$p=4$, $q=0$

すなわち $\sum_{s=p}^{3}$ は計算しない.

(iv) $10\geq i\geq K+1$ のとき

$p=4$, $q=4$

すなわち $rrM(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta})=rrH(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta})=rrV(n,k,10,i+\frac{2j}{\delta})=0$

(v) $10-n\leq i=K<10$ のとき

$p=j$, $q=4$

すなわち $\sum_{s=q}^{3}$ は計算しない.

(vi) $10-n\leq i=K-1<9$ のとき

$p=0$, $q=j$

(vii) $10-n\leq i<K-1<9$ のとき

$p=0$, $q=0$

以上の p, q を用いて (4.3.3)～(4.3.6) と $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,9,8,\cdots 10-n$; $i=10,$

9,⋯10-n, j = 0, 1, 2, 3 について計算する。ただし i=10 のときは j=0 以外のjについては計算しない。

$$_{LR}M(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = {}_{LR}M(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8}) - {}_{LR}M(n,k,10,m) + {}_{LR}H(n,k,10,m)(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) - {}_{LR}V(n,k,10,m)(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) \quad (4.3.7)$$

$$_{LR}H(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = {}_{LR}H(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8}) - {}_{LR}H(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) - {}_{LR}V(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.8)$$

$$_{LR}V(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = {}_{LR}V(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8}) + {}_{LR}H(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) - {}_{LR}V(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.9)$$

(4.3.7)~(4.3.9)を n=1,2,⋯6; k=10,11,⋯10+n; m=10,11,⋯10+n; i=m, m+1, ⋯10+n; j=0,1,2,3 について計算する。ただし i=10+n のとき j=0 以外のjについては計算しない。

$$_{RR}M(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = {}_{RR}M(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8}) - {}_{RR}M(n,k,10,m) + {}_{RR}H(n,k,10,m)(\chi^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) + {}_{RR}V(n,k,10,m)(y^{m,n}_{i+\frac{2j}{8},n}) \quad (4.3.10)$$

$$_{RR}H(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = {}_{RR}H(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8}) - {}_{RR}H(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) + {}_{RR}V(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.11)$$

$$_{RR}V(n,k,m,i+\tfrac{2j}{8}) = {}_{RR}V(n,k,10,i+\tfrac{2j}{8}) - {}_{RR}H(n,k,10,m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) - {}_{RR}V(n,k,10,m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8},n}-\phi_{m,n}) \quad (4.3.12)$$

(4.3.10)~(4.3.12)を n=1,2,⋯6; k=10,9,⋯10-n, m=10,9,⋯10-n; i=m, m-1, ⋯10-n; j=0,1,2,3 について計算する。ただし i=10 のとき j=0 以外のjについては計算しない。

4.4 荷重常数

$$_{LR1}D^{k,n}_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}\gamma_{i,n} + 4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{1}{8})}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}}\gamma_{i+\frac{1}{8},n} + 2\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}\times\gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{3}{8})}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}\gamma_{i+\frac{3}{8},n} + \frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\right\} + {}_{LR}M(n,k,m,10+n)\,{}_{LR}\alpha_n + {}_{LR}V(n,k,m,10+n)\,{}_{LR}\alpha_{2,n} \quad (4.4.1)$$

$$_{LR2}D^{k,n}_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}\gamma_{i,n} + 4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{1}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}}\gamma_{i+\frac{1}{8},n} + 2\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{3}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}\gamma_{i+\frac{3}{8},n} + \frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\right\}$$
$$+\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\gamma_{i,n}\right.$$
$$+4\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{1}{8})\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+\frac{1}{8})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{8},n}}\gamma_{i+\frac{1}{8},n}$$
$$+2\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}$$
$$+4\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{3}{8})\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+\frac{3}{8})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{3}{8},n}}\gamma_{i+\frac{3}{8},n}$$
$$\left.+\frac{{}_{LR}H(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\right\}$$
$$+{}_{LR}M(n,k,m,10+n)\left\{{}_{La}\alpha_n(y^{m,n}_{10+n,n}) + {}_{La}\alpha_{2,n}\cdot\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right\} + {}_{LR}H(n,k,m,10+n)\,{}_{La}\beta_n$$

$$\times \sin(\phi_{10+m,n}-\phi_{m,n})+{}_{LR}V(n,k,m,10+n)\left\{{}_{La}\gamma_n\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{La}\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10+n,n})\right\} \quad (4.4.2)$$

$${}_{LR3}D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}\gamma_{i,n}+4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{4}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})}{T^3_{i+\frac{4}{8},n}}\gamma_{i+\frac{4}{8},n}\right.$$
$$+2\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}+4\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+\frac{6}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})}{T^3_{i+\frac{6}{8},n}}\gamma_{i+\frac{6}{8},n}+$$
$$\left.\frac{{}_{LR}M(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\right\}+\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\times$$
$$\left\{\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\gamma_{i,n}\right.$$
$$+4\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}$$
$$+2\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{4}{8},n}}\gamma_{i+\frac{4}{8},n}$$
$$+4\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{6}{8},n}}\gamma_{i+\frac{6}{8},n}$$
$$\left.+\frac{-{}_{LR}H(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+3{}_{LR}V(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\right\}$$
$$+{}_{LR}M(n,k,m,10+n)\left\{{}_{La}\alpha_n(\chi^{m,n}_{10+n,n})+{}_{La}\alpha_{2,n}\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right\}-{}_{LR}H(n,k,m,10+n)\times$$
$${}_{La}\beta_n\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{LR}V(n,k,m,10+n)\left\{{}_{La}\gamma_n\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{La}\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n})\right\} \quad (4.4.3)$$

(4.4.1)～(4.4.3)で $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,11,\cdots 10+n$; $m=10,11,\cdots 10+n$ について計算する。

$${}_{RT1}D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}\gamma_{i,n}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}+2\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{4}{8})}{T^3_{i+\frac{4}{8},n}}\gamma_{i+\frac{4}{8},n}\right.$$
$$\left.+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{6}{8})}{T^3_{i+\frac{6}{8},n}}\gamma_{i+\frac{6}{8},n}+\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\right\}+{}_{Ra}\alpha_n\cdot{}_{RR}M(n,k,m,10-n)$$
$$+{}_{Ra}\alpha_{2,n}\cdot{}_{RR}V(n,k,m,10-n) \quad (4.4.4)$$

$${}_{RT2}D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}\gamma_{i,n}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{2}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}+\right.$$
$$2\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{4}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})}{T^3_{i+\frac{4}{8},n}}\gamma_{i+\frac{4}{8},n}+4\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+\frac{6}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})}{T^3_{i+\frac{6}{8},n}}\gamma_{i+\frac{6}{8},n}+\frac{{}_{RR}M(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\left.\right\}$$
$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left\{\left\{{}_{RR}H(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i)\cdot\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i,n}}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\left\{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T_{i+\frac{2}{8},n}}$$
$$+2\left\{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{4}{8},n}}{T_{i+\frac{4}{8},n}}$$
$$+4\left\{{}_{RR}H(n,k,m,i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+\frac{6}{8},n}}{T_{i+\frac{6}{8},n}}$$
$$\left.+\left\{{}_{RR}H(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})-3{}_{RR}V(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\}\frac{\gamma_{i+1,n}}{T_{i+1,n}}\right\}$$
$$+{}_{RR}M(n,k,m,10-n)\left\{{}_{Ra}\alpha_n(y^{m,n}_{10-n,n})-{}_{Ra}\alpha_{2,n}\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\right\}+{}_{RR}H(n,k,m,10-n){}_{Ra}\beta_n\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RR}V(n,k,m,10-n)\left\{{}_{Ra}\gamma_n\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{Ra}\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10-n,n})\right\}$$
$$(4.4.5)$$

$$rr3D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\{rrM(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})\}\frac{r_{i,n}}{T^3_{i,n}}+4\{rrM(n,k,m,i+\tfrac{1}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\}\frac{r_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}}+$$
$$2\{rrM(n,k,m,i+\tfrac{2}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\}\frac{r_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}}+4\{rrM(n,k,m,i+\tfrac{3}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\}\frac{r_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}+$$
$$\{rrM(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})\}\frac{r_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big]-\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\{rrH(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+$$
$$3rrV(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\}\frac{r_{i,n}}{T_{i,n}}+4\{rrH(n,k,m,i+\tfrac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+$$
$$3rrV(n,k,m,i+\tfrac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\}\frac{r_{i+\frac{2}{8},n}}{T_{i+\frac{2}{8},n}}+$$
$$2\frac{rrH(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+3rrV(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}r_{i+\frac{2}{8},n}+$$
$$4\frac{rrH(n,k,m,i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})+3rrV(n,k,m,i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{4}{8},n}}r_{i+\frac{4}{8},n}+$$
$$\frac{rrH(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+3rrV(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}r_{i+1,n}\Big]+$$
$$rrM(n,k,m,10-n)\{ra\alpha_n(\chi^{m,n}_{10-n,n})-ra\alpha_{2,n}\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\}-rrH(n,k,m,10-n)\times$$
$$ra\beta_n\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-rrV(n,k,m,10-n)\{ra\gamma_n\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-ra\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n})\}$$

(4.4.6)

(4.4.4)~(4.4.6)を $n=1,2,\cdots 6$; $k=10,9,\cdots 10-n$; $m=10,9,\cdots 10-n$ について計算する。

(i) $11\leqq K\leqq 10+n$ のとき

$$r1D^{k,n}_{10,n}=lr1D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.7)$$
$$r2D^{k,n}_{10,n}=lr2D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.8)$$
$$r3D^{k,n}_{10,n}=lr3D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.9)$$

(ii) $K=10$ のとき

$$r1D^{k,n}_{10,n}=lr1D^{k,n}_{10,n}+rr1D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.10)$$
$$r2D^{k,n}_{10,n}=lr2D^{k,n}_{10,n}+rr2D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.11)$$
$$r3D^{k,n}_{10,n}=lr3D^{k,n}_{10,n}+rr3D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.12)$$

(iii) $9\geqq K\geqq 10-n$ のとき

$$r1D^{k,n}_{10,n}=rr1D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.13)$$
$$r2D^{k,n}_{10,n}=rr2D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.14)$$
$$r3D^{k,n}_{10,n}=rr3D^{k,n}_{10,n} \quad (4.4.15)$$

$r1D^{k,n}_{10,n}$, $r2D^{k,n}_{10,n}$, $r3D^{k,n}_{10,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$; $k=10-n, 11-n,\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

4.5 不静定諸力および単位撓みの計算

$$Kn={}_1A_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\}-{}_1B_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}-{}_1C_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} \quad (4.5.1)$$

$$arM^{k,n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\Big[r1D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\}-r3D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}-r2D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\Big] \quad (4.5.2)$$

$$arH^{k,n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left[-r1D^{k,n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+r3D^{k,n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+r2D^{k,n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \quad (4.5.3)$$

$$arV^{k,n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left[-r1D^{k,n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r3D^{k,n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r2D^{k,n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right] \quad (4.5.4)$$

Kn を $n=1,2,\cdots 6$ について計算し. $arM^{k,n}_{10,n}$; $arH^{k,n}_{10,n}$; $arV^{k,n}_{10,n}$ については $n=1,2,\cdots 6$; $k=10-n$, $11-n\cdots 10\cdots 10-n$ について計算する。

(I) $10\leqq m\leqq 10+n$ のとき

$$arM^{k,n}_{m,n}=arM^{k,n}_{10,n}+arH^{k,n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n})+arV^{k,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n})-{}_LrM(n,k,10,m) \quad (4.5.5)$$

$$arH^{k,n}_{m,n}=arH^{k,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-arV^{k,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})+\upsilon H(n,k,10,m) \quad (4.5.6)$$

$$arV^{k,n}_{m,n}=arH^{k,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})+arV^{k,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-{}_LrV(n,k,10,m) \quad (4.5.7)$$

$$ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n}={}_1Cm,n\cdot arM^{k,n}_{m,n}+{}_2Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n}+{}_2Cm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n}-{}_Lr2D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.8)$$

$$ar(\Delta S)^{k,n}_{m,n}=-{}_1Bm,n\cdot arM^{k,n}_{m,n}-{}_3Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n}-{}_2Bm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n}+{}_Lr3D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.9)$$

$$ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}={}_1Am,n\cdot arM^{k,n}_{m,n}+{}_1Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n}+{}_1Cm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n}-{}_Lr1D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.10)$$

(II) $9\geqq m\geqq 10-n$ のとき

$$arM^{k,n}_{m,n}=arM^{k,n}_{10,n}+arH^{k,n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n})+arV^{k,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n})-{}_RrM(n,k,10,m) \quad (4.5.11)$$

$$arH^{k,n}_{m,n}=arH^{k,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-arV^{k,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})+{}_RrH(n,k,10,m) \quad (4.5.12)$$

$$arV^{k,n}_{m,n}=-arH^{k,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-arV^{k,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-{}_RrV(n,k,10,m) \quad (4.5.13)$$

$$ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n}=-{}_R1Cm,n\cdot arM^{k,n}_{m,n}-{}_R2Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n}+{}_R2Cm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n}+{}_Rr2D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.14)$$

$$ar(\Delta S)^{k,n}_{m,n}={}_R1Bm,n\cdot arM_{m,n}+{}_R3Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n}-{}_R2Bm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n}-{}_Rr3D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.15)$$

$$ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n}=-{}_R1Am,n\cdot arM^{k,n}_{m,n}-{}_R1Bm,n\cdot arH^{k,n}_{m,n}+{}_R1Cm,n\cdot arV^{k,n}_{m,n}+{}_Rr1D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.16)$$

(4.5.5)~(4.5.16) を $n=1,2,\cdots 6$; $k=10-n,11-n,\cdots 10\cdots 10+n$; $m=10-n,11-n,\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。ただし $10-n\leqq K\leqq 9$ のとき

$${}_LrM(n,k,10,m)={}_LrH(n,k,10,n)={}_LrV(n,k,10,m)={}_Lr1D^{k,n}_{m,n}={}_Lr2D^{k,n}_{m,n}={}_Lr3D^{k,n}_{m,n}=0$$

$10-n\geqq K\geqq 11$ のとき

$${}_RrM(n,k,10,m)={}_RrH(n,k,10,m)={}_RrV(n,k,10,m)={}_Rr1D^{k,n}_{m,n}={}_Rr2D^{k,n}_{m,n}={}_Rr3D^{k,n}_{m,n}=0$$

とする。

4.6 集中荷重

$$r1D^{C,10+n}_{m,n}={}_La\alpha_{2,n} \quad (4.6.1)$$

$$r2D^{C,10+n}_{m,n}={}_La\beta_n\cos(\phi_{10+n}-\phi_{m,n})+{}_La\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10+n,n}) \quad (4.6.2)$$

$$r3D^{C,10+n}_{m,n}={}_La\beta_n\cdot\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_La\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n}) \quad (4.6.3)$$

$$s1D^{C,10+n}_{m,n}=0 \quad (4.6.4)$$

$$s2D^{C,10+n}_{m,n}={}_La\beta_n\cdot\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.5)$$

$$s3D^{C,10+n}_{m,n}=-{}_La\beta_n\cdot\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.6)$$

$$r1D^{C,10-n}_{m,n}={}_Ra\alpha_{2,n} \quad (4.6.7)$$

$$r2D^{C,10-n}_{m,n}=-{}_Ra\beta_n\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})+{}_Ra\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10-n,n}) \quad (4.6.8)$$

$$r3D^{C,10-n}_{m,n}=-{}_Ra\beta_n\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})+{}_Ra\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n}) \quad (4.6.9)$$

$$s1D^{C,10-n}_{m,n} = 0$$

$$s2D^{C,10-n}_{m,n} = -\kappa_{\alpha\beta n}\cdot St\,n(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.10)$$

$$s3D^{C,10-n}_{m,n} = +\kappa_{\alpha\beta n}\cdot COS(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.11)$$

(4.6.12)

(4.6.1)~(4.6.6) を $n = 1,2,\cdots 6$; $m = 10, 11, \cdots 10+n$ について, (4.6.7)~(4.6.12) を $n = 1,2,\cdots 6$; $m = 10,9,\cdots 10-n$ について計算する。

$$arM^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{r1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_2B_{10,n})^2\right\}-r3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-r2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\}$$

$$arH^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-r1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+r3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_1C_{10,n})^2\right\}+r2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.13)$$

$$arV^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-r1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot 3B_{10,n}-(_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \quad (4.6.14)$$

$$asM^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{s1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_2B_{10,n})^2\right\}-s3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-s2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.15)$$

$$asH^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+s3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_1C_{10,n})^2\right\}+s2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.16)$$

$$asV^{C,10+n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot 3B_{10,n}-(_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \quad (4.6.17)$$

$$arM^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{r1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_2B_{10,n})^2\right\}-r3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-r2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.18)$$

$$arH^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-r1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+r3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_1C_{10,n})^2\right\}+r2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.19)$$

$$arV^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-r1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot 3B_{10,n}-(_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \quad (4.6.20)$$

$$asM^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{s1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_2B_{10,n})^2\right\}-s3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-s2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.21)$$

$$asH^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+s3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(_1C_{10,n})^2\right\}+s2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \quad (4.6.22)$$

$$asV^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left\{-s1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot 3B_{10,n}-(_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \quad (4.6.23)$$

(4.6.24)

(4.6.13)~(4.6.24) を $n = 1,2,\cdots 6$ について計算する。

(1) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$arM^{C,10+n}_{m,n} = arM^{C,10+n}_{10,n} + arH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.25)$$

$$arH^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cdot COS(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\cdot St\,n(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.26)$$

$$arV^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cdot St\,n(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}\cdot COS(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.27)$$

$$asM^{C,10+n}_{m,n} = asM^{C,10+n}_{10,n} + asH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{m,n}_{m,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}(y^{m,n}_{m,n}) \quad (4.6.28)$$

$$asH^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cdot COS(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\cdot St\,n(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.29)$$

$$asV^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.30)$$

$$arM^{C,10-n}_{m,n} = arM^{C,10-n}_{10,n} + arH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{r0,n}_{m,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}(y^{r0,n}_{m,n}) \quad (4.6.31)$$

$$arH^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.32)$$

$$arV^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.33)$$

$$asM^{C,10-n}_{m,n} = asM^{C,10-n}_{10,n} + asH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{r0,n}_{m,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}(y^{r0,n}_{m,n}) \quad (4.6.34)$$

$$asH^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.35)$$

$$asV^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.36)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} - r_2 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.37)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} + r_3 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.38)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} - r_1 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.39)$$

$$as(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} - s_2 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.40)$$

$$as(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} + s_3 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.41)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} - s_1 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.42)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.43)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10-n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.44)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.45)$$

$$as(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.46)$$

$$as(\Delta s)^{C,10-n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.47)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.48)$$

(iii) $9 \geqq m \geqq 10-n$ のとき

$$arM^{C,10+n}_{m,n} = arM^{C,10+n}_{10,n} + arH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.49)$$

$$arH^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.50)$$

$$arV^{C,10+n}_{m,n} = -arH^{C,10+n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.51)$$

$$asM^{C,10+n}_{m,n} = asM^{C,10+n}_{10,n} + asH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.52)$$

$$asH^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.53)$$

$$asV^{C,10+n}_{m,n} = -asH^{C,10+n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.54)$$

$$arM^{C,10-n}_{m,n} = arM^{C,10-n}_{m,n} + arH^{C,10-n}_{m,n}(\chi^{r0,n}_{m,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.55)$$

$$arH^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.56)$$

$$arV^{C,10-n}_{m,n} = -arH^{C,10-n}_{10,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.57)$$

$$asM^{C,10-n}_{m,n} = asM^{C,10-n}_{m,n} + asH^{C,10-n}_{m,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10-n}_{m,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.58)$$

$$asH^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{m,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{m,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.59)$$

$$asV^{C,10-n}_{m,n} = -asH^{C,10-n}_{m,n}\cdot sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{m,n}\cdot cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.60)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.61)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.62)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.63)$$

$$as(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = -r_{1}C_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} - r_{2}B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + r_{2}C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.64)$$

$$as(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = r_{1}B_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + r_{3}B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} - r_{2}B_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.65)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -r_{1}A_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} - r_{1}B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + r_{1}C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.66)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = -r_{1}C_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} - r_{2}B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + r_{2}C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} + r_{2}D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.67)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10-n}_{m,n} = r_{1}B_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + r_{3}B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} - r_{2}B_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} - r_{3}D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.68)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -r_{1}A_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} - r_{1}B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + r_{1}C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} + r_{1}D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.69)$$

$$as(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = -r_{1}C_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} - r_{2}B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + r_{2}C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} + s_{2}D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.70)$$

$$as(\Delta s)^{C,10n}_{m,n} = r_{1}B_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + r_{3}B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} - r_{2}B_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} - s_{3}D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.71)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -r_{1}A_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} - r_{1}B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + r_{1}C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} + s_{1}D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.72)$$

(4.6.25)~(4.6.72) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$ について計算する.

4.7 温度荷重による撓み.

$$t_{m+\frac{j}{4},n} = t_{m,n} + \frac{j}{4}(t_{m+1,n} - t_{m,n}) \quad (4.7.1)$$

$$\omega_{m+\frac{j}{4},n} = \omega_{m,n} + \frac{j}{4}(\omega_{m+1,n} - \omega_{m,n}) \quad (4.7.2)$$

(4.7.1)~(4.7.72) を $n=1,2,\cdots 6$; $n=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$; $j=0,1,2,3$ について計算する. ただし $m=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j は計算しない.

$$Lt1D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}\cdot r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{8},n}\cdot r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{8},n}\cdot r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{8},n}\cdot r_{i+\frac{3}{8},n} + \omega_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\} \quad (4.7.3)$$

$$Lt2D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(y^{m,n}_{i,n})r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{8},n}(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{8},n}(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{8},n}(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})r_{i+\frac{3}{8},n} + \omega_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}\} - \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{t_{i,n}r_{i,n}\cdot sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{1}{8},n}r_{i+\frac{1}{8},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{8},n}r_{i+\frac{2}{8},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{8},n}r_{i+\frac{3}{8},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\cdot sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\} \quad (4.7.4)$$

$$Lt3D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(\chi^{m,n}_{i,n})r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{8},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{8},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{8},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})r_{i+\frac{3}{8},n} + \omega_{i+1,n}(\chi^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}\} + \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{t_{i,n}\cdot r_{i,n}\cdot cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{1}{8},n}\cdot r_{i+\frac{1}{8},n}\cdot cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{8},n}\cdot r_{i+\frac{2}{8},n}\cdot cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{8},n}\cdot r_{i+\frac{3}{8},n}\cdot cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\cdot cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\} \quad (4.7.5)$$

$$Rt1D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{i=10-n}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}\cdot r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{8},n}\cdot r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{8},n}\cdot r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{8},n}\cdot r_{i+\frac{3}{8},n} + \omega_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\} \quad (4.7.6)$$

$$Rt2D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(y^{m,n}_{i,n})r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{8},n}(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{8},n}(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{8},n}(y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})r_{i+\frac{3}{8},n} + \omega_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}\} - \frac{C}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{t_{i,n}\cdot r_{i,n}\cdot sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{1}{8},n}r_{i+\frac{1}{8},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{8},n}\cdot r_{i+\frac{2}{8},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{8},n}r_{i+\frac{3}{8},n}\cdot sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\cdot sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\} \quad (4.7.7)$$

$$Rt3D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{\omega_{i,n}(\chi^{m,n}_{i,n})r_{i,n} + 4\omega_{i+\frac{1}{8},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})r_{i+\frac{1}{8},n} + 2\omega_{i+\frac{2}{8},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})r_{i+\frac{2}{8},n} + 4\omega_{i+\frac{3}{8},n}(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})r_{i+\frac{3}{8},n} - \omega_{i+1,n}(\chi^{m,n}_{i+1,n})r_{i+1,n}\} + \frac{C}{12}\sum_{i=10-n}^{n-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\{t_{i,n}\cdot r_{i,n}\cdot cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n}) +$$

$$4t_{i+\frac{1}{3},n}\cdot r_{i+\frac{1}{3},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})+2t_{i+\frac{2}{3},n}\cdot r_{i+\frac{2}{3},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+4t_{i+\frac{3}{3},n}\cdot r_{i+\frac{3}{3},n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{3}{3},n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\}\quad(4.7.8)$$

(4.7.3)~(4.7.5) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10,11,\cdots 10+n$ について，(4.7.6)~(4.7.8) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n,\ 11-n\cdots 10$ について計算する。

$$t_1D_{10,n}=L t_1D_{10,n}+R t_1D_{10,n}\quad(4.7.9)$$

$$t_2D_{10,n}=L t_2D_{10,n}+R t_2D_{10,n}\quad(4.7.10)$$

$$t_3D_{10,n}=L t_3D_{10,n}+R t_3D_{10,n}\quad(4.7.11)$$

$$ta M'_{10,n}=\frac{1}{Kn}\{t_1D_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\}-t_3D_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}-t_2D_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\}\quad(4.7.12)$$

$$ta H'_{10,n}=\frac{1}{Kn}\{-t_1D_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\}+t_3D_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\}+t_2D_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\}\quad(4.7.13)$$

$$ta\nabla'_{10,n}=\frac{1}{Kn}\{-t_1D_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}+t_3D_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}+t_2D_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\}\}\quad(4.7.14)$$

(4.7.9)~(4.7.14) を $n=1,2,\cdots 6$ について計算する。

(i) $10\leqq m\leqq 10+n$ のとき

$$ta M'_{m,n}=ta M'_{10,n}+ta H'_{10,n}(x^{10,n}_{m,n})+ta\nabla'_{10,n}(y^{10,n}_{m,n})\quad(4.7.15)$$

$$ta H'_{m,n}=ta H'_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta\nabla'_{m,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})\quad(4.7.16)$$

$$ta\nabla'_{m,n}=ta H'_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})+ta\nabla'_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})\quad(4.7.17)$$

$$ta(\Delta r')_{m,n}={}_{L1}C_{m,n}\cdot ta M'_{m,n}+{}_{L2}B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n}+{}_{L2}C_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}-Lt_2D_{m,n}\quad(4.7.18)$$

$$ta(\Delta S')_{m,n}=-{}_{L1}B_{m,n}\cdot ta M'_{m,n}-{}_{L3}B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n}-{}_{L2}B_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}+Lt_3D_{m,n}\quad(4.7.19)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n}={}_{L1}A_{m,n}\cdot ta M'_{m,n}+{}_{L1}B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n}+{}_{L1}C_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}-Lt_1D_{m,n}\quad(4.7.20)$$

(ii) $9\geqq m\geqq 10-n$ のとき

$$ta M'_{m,n}=ta M'_{10,n}+ta H'_{10,n}(x^{10,n}_{m,n})+ta\nabla'_{10,n}(y^{10,n}_{m,n})\quad(4.7.21)$$

$$ta H'_{m,n}=ta H'_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta\nabla'_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})\quad(4.7.22)$$

$$ta\nabla'_{m,n}=-ta H'_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta\nabla'_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})\quad(4.7.23)$$

$$ta(\Delta r')_{m,n}=-{}_{R1}C_{m,n}\cdot ta M'_{m,n}-{}_{R2}B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n}+{}_{R2}C_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}+Rt_2D_{m,n}\quad(4.7.24)$$

$$ta(\Delta S')_{m,n}={}_{R1}B_{m,n}\cdot ta M'_{m,n}+{}_{R3}B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n}-{}_{R2}B_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}-Rt_3D_{m,n}\quad(4.7.25)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n}=-{}_{R1}A_{m,n}\cdot ta M'_{m,n}-{}_{R1}B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n}+{}_{R1}C_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}+Rt_1D_{m,n}\quad(4.7.26)$$

(4.7.15)~(4.7.26) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n,\ 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

第5節　片持梁の単位撓み

5.1 片持梁の形状計算

(i) ${}_{R1}\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} \leqq {}_{L1}\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n}$$

(ii) ${}_{L1}\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq {}_{L}\phi_{A,n}$ で $T = +1$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} + ({}_{L}T_{A,n} - T_{C,n}) \frac{vers(\phi_{m,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})}{vers({}_{L}\phi_{A,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})} \qquad (5.1.2)$$

(iii) ${}_{L1}\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq {}_{L}\phi_{A,n}$ で $T = -1$ のとき

$$T_{m,n} = \frac{1}{vers({}_{L}\phi_{A,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})} \left\{ T_{C,n} - {}_{L}T_{A,n} \cdot COS({}_{L}\phi_{A,n} - {}_{L1}\phi_{A,n}) + ({}_{L}T_{A,n} - T_{C,n}) \times \frac{COS({}_{L}\phi_{A,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})}{COS(\phi_{m,n} - {}_{L1}\phi_{A,n})} \right\} \qquad (5.1.3)$$

(iv) ${}_{R}\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} < {}_{R1}\phi_{A,n}$ で $T = +1$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} + ({}_{R}T_{A,n} - T_{C,n}) \frac{vers(\phi_{m,n} - {}_{R1}\phi_{m,n})}{vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \qquad (5.1.4)$$

(v) ${}_{R}\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} < {}_{R1}\phi_{A,n}$ で $T = -1$ のとき

$$T_{m,n} = \frac{1}{vers({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \left\{ T_{C,n} - {}_{R}T_{A,n} \cdot COS({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n}) + ({}_{R}T_{A,n} - T_{C,n}) \frac{COS({}_{R}\phi_{A,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})}{COS(\phi_{m,n} - {}_{R1}\phi_{A,n})} \right\} \qquad (5.1.5)$$

$T_{m,n}$ を $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9.5, m-9.0 \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 10.5-m, 11-m \cdots 7.0$ について計算する。

$$ce_{m,n} = -(x_{m,n} - x_{m,7}) \sec(\phi_{m,n} + {}_{0}\phi_{n}) \qquad (5.1.6)$$

(i) $10 \leqq m \leqq 17$ で $n > m-10$ または $10 > m \geqq 3$ で $n > 10-m$ のとき

$$ue_{m,n} = ce_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \qquad (5.1.7)$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \qquad (5.1.8)$$

$$A_{m,n} = \frac{T_{m,n} \cdot \gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}} \cdot COS(\phi_{m,n} + {}_{0}\phi_{n} - \phi_{m,7}) \qquad (5.1.9)$$

$$lg_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{2} \left[1 - \frac{1}{6} \cdot \frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}} \right] \qquad (5.1.10)$$

$$I_{m,n} = \frac{T^{3}_{m,n}}{12} \cdot \frac{\gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}} \left\{ 1 - \frac{1}{12} \left(\frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}} \right)^{2} \right\} COS(\phi_{m,n} + {}_{0}\phi_{n} - \phi_{m,7}) \qquad (5.1.11)$$

(ii) $10 \leqq m \leqq 17$ で $n = m-10$ のとき

$$ue_{m,n} = ce_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - {}_{LC}C_{n} \qquad (5.1.12)$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - {}_{LC}C_{n} \qquad (5.1.13)$$

$$A_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{LC}C_{n})(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_{n})}{a\gamma_{m,n}} COS(\phi_{m,n} + {}_{0}\phi_{n} - \phi_{m,7}) \qquad (5.1.14)$$

$$lg_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{LC}C_{n})}{2} \cdot \left[1 - \frac{1}{6} \left(\frac{T_{m,n} - {}_{LC}C_{n}}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_{n}} \right) \right] \qquad (5.1.15)$$

$$I_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - {}_{LC}C_{n})^{3}}{12} \times \frac{(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_{n})}{a\gamma_{m,n}} \left\{ 1 - \frac{1}{12} \left(\frac{T_{m,n} - {}_{LC}C_{n}}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}{}_{LC}C_{n}} \right)^{2} \right\} COS(\phi_{m,n} + {}_{0}\phi_{n} - \phi_{m,7}) \qquad (5.1.16)$$

(iii) $10 > m \geq 4$ で $n = 10 - m$

$$ue_{m,n} = ce_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - RcC_n \tag{5.1.17}$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} - RcC_n \tag{5.1.18}$$

$$A_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - RcC_n)(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}RcC_n)}{a\gamma_{m,n}} \cdot \cos(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,7}) \tag{5.1.19}$$

$$l_{g\,m,n} = \frac{(T_{m,n} - RcC_n)}{2} \cdot \left[1 - \frac{1}{6}\left(\frac{T_{m,n} - RcC_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}RcC_n}\right)\right] \tag{5.1.20}$$

$$I_{m,n} = \frac{(T_{m,n} - RcC_n)^3}{12} \cdot \frac{(\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}RcC_n)}{a\gamma_{m,n}} \left\{1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n} - RcC_n}{\gamma_{m,n} - \frac{1}{2}RcC_n}\right)^2\right\} \times \cos(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,7}) \tag{5.1.21}$$

$ce_{m,n}$; $ue_{m,n}$; $u\gamma_{m,n}$; $A_{m,n}$; $l_{g\,m,n}$ を $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9.5, m-9.0, \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 10.5-m, 11-m, \cdots 7.0$ について計算し，$I_{m,n}$ については $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 7.0$ について計算する。

5.2 半径方向単位荷重による断面諸力

半径方向単位荷重 (m,ℓ) による半径方向剪断力 $crV^{m,\ell}_{m,n}$，曲げモーメント $crM^{m,\ell}_{m,n}$，接線方向剪断力 $crH^{m,\ell}_{m,n}$ は次の様に求める。

(i) $n \geq \ell + 1$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = crM^{m,\ell}_{m,n} = crH^{m,\ell}_{m,n} = 0 \tag{5.2.1}$$

(ii) $n = \ell = 6$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = crM^{m,\ell}_{m,n} = crH^{m,\ell}_{m,n} = 0 \tag{5.2.2}$$

(iii) $n = \ell \leq 5$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{u\gamma_{m,\ell}}{a\gamma_{m,\ell}} \tag{5.2.3}$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n} \cdot \frac{1}{3}(Z_{\ell+1} - Z_\ell) \tag{5.2.4}$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = 0 \tag{5.2.5}$$

(iv) $n \leq \ell - 1$ で $\ell = 6$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{u\gamma_{m,6}}{a\gamma_{m,6}} \cdot \cos(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,6} - {}_o\phi_6) \tag{5.2.6}$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \tag{5.2.7}$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{u\gamma_{m,6}}{a\gamma_{m,6}} \sin(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,6} - {}_o\phi_6) \tag{5.2.8}$$

(V) $n \leq \ell - 1$ で $(n+1) \leqq \ell \leqq 5$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{u\gamma_{m,\ell}}{a\gamma_{m,\ell}} \cos(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n - \phi_{m,\ell} - {}_o\phi_\ell) \tag{5.2.9}$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{Z_{\ell+1}+Z_\ell+Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \qquad (5.2.10)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1}-Z_{\ell-1})\frac{\partial r_{m.n}}{\partial r_{m.\ell}} sin(\phi_{m.n}+{}_o\phi_n-\phi_{m.\ell}-{}_o\phi_\ell) \qquad (5.2.11)$$

これら $crV^{m.\ell}_{m.n}$, $crM^{m.\ell}_{m.n}$, $crH^{m.\ell}_{m.n}$ を $m=10,11,\cdots16$; $\ell=m-10, m-9,\cdots6$; $n=m-10, m-9, \cdots7$ と $m=9,8,7,\cdots4$; $\ell=10-m, 11-m,\cdots6$; $n=10-m, 11-m,\cdots7$ について計算する。

5.3 単位撓みの計算

(i) $m=10$ のとき

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+(crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{10}+crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{2,10})(Z_n-Z_0)cos(\phi_{m.0}+{}_o\phi_0-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+(crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{2,10}+crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\gamma_{10})cos(\phi_{m.0}+{}_o\phi_0-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+crH^{m.\ell}_{m.0}\cdot c①_{10}\cdot sin(\phi_{m.0}+{}_o\phi_0-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \qquad (5.3.1)$$

$$cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]-\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]-(crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{10}+crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{2.10})(Z_n-Z_0)sin(\phi_{m.0}+{}_o\phi_0-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-(crM^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\alpha_{2,m}+crV^{m.\ell}_{m.0}\cdot c\gamma_{10})sin(\phi_{m.0}+{}_o\phi_0-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+crH^{m.\ell}_{m.0}\cdot c①_{10}\cdot cos(\phi_{m.0}+{}_o\phi_0-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \qquad (5.3.2)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.0} = 0 \qquad (5.3.3)$$

(ii) $10<m\leqq16$ および $9>m\geqq4$ のとき

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n-Z_p)cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.p}\right]cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta S)^{c.m}_{m.p}\right]sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \qquad (5.3.4)$$

$$cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]-\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right]-(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n-Z_p)sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+K^c_m\left[crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.p}\right]sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-$$

$$K^{c}_{m}\left[crV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,m}_{m,p}+crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,m}_{m,p}\right]\cos(\phi_{m,p}+{}_{0}\phi_{p}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n}) \quad (5.3.5)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}=-K^{c}_{m}\left[crV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c,m}_{m,p}+crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta\theta)^{c,m}_{m,p}\right] \quad (5.3.6)$$

$$cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}=-K^{c}_{20-m}\left[crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}\right]\cos(\phi_{m,p}+{}_{0}\phi_{p}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n})$$
$$-K^{c}_{20-m}\left[crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}\right]\sin(\phi_{m,p}+{}_{0}\phi_{p}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n}) \quad (5.3.7)$$

$$cr(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n}=+K^{c}_{20-m}\left[crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}\right]\sin(\phi_{m,p}+{}_{0}\phi_{p}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n})$$
$$-K^{c}_{20-m}\left[crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}\right]\cos(\phi_{m,p}+{}_{0}\phi_{p}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n}) \quad (5.3.8)$$

$$cr(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}=-K^{c}_{20-m}\left[crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta\theta)^{c,20-m}_{m,p}\right] \quad (5.3.9)$$

ここに $\sum_{\ell=p}^{n-1}$, $crM^{m,\ell}_{m,p}$, $crV^{m,\ell}_{m,p}$, $crH^{m,\ell}_{m,p}$, Z_p, $\phi_{m,p}$, ${}_{0}\phi_{p}$ の p は次のようによるものとする。

(i) $10<m\leqq 16$ のとき

$$p=m-10$$

(ii) $10>m\geqq 4$ のとき

$$p=10-m$$

(5.3.1)～(5.3.9) を $m=10,11,\cdots 16$; $n=m-10,m-9,\cdots 7$; $\ell=m-10,m-9,\cdots 6$ と $m=9,8,\cdots 4$; $n=10-m,11-m,\cdots 7$; $\ell=10-m,11-m\cdots 6$ について計算する。

5.4 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta r')_{m,n}=-\frac{c}{2}\sum_{\ell=p}^{n-1}(Z_{\ell+1}-Z_{\ell})\left\{\omega_{m,\ell+1}(Z_n-Z_{\ell+1})\cos(\phi_{m,\ell+1}+{}_{0}\phi_{\ell+1}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n})+\right.$$
$$\left.\omega_{m,\ell}(Z_n-Z_{\ell})\cos(\phi_{m,\ell}+{}_{0}\phi_{\ell}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n})\right] \quad (5.4.1)$$

$$tc(\Delta S')_{m,n}=\frac{c}{2}\sum_{\ell=p}^{n-1}(Z_{\ell+1}-Z_{\ell})\left\{\omega_{m,\ell+1}(Z_n-Z_{\ell+1})\sin(\phi_{m,\ell+1}+{}_{0}\phi_{\ell+1}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n})+\right.$$
$$\left.\omega_{m,\ell}(Z_n-Z_{\ell})\sin(\phi_{m,\ell}+{}_{0}\phi_{\ell}-\phi_{m,n}-{}_{0}\phi_{n})\right] \quad (5.4.2)$$

ここに $\sum_{\ell=p}^{n-1}$ の p は次のようにとるものとする。

(i) $10\leqq m\leqq 16$ のとき

$$p=m-10$$

(ii) $10>m\geqq 4$ のとき

$$p=10-m$$

(5.4.1), (5.4.2) を $m=10,11,\cdots 16$; $n=m-10,m-9,\cdots 7$ と $m=9,8,\cdots 4$; $n=10-m,11-m,\cdots 7$ について計算する。

第6節　初期撓み

6-1 初期撓み

初期撓みとは荷重分割の便宜上片持梁またはアーチのいづれか一方に特定の荷重を荷重分割に先立って載荷した場合の撓みをいう。

この初期撓みは荷重分割には加味されるもので，荷重分割法では自重以外の鉛直荷重，NO.6のアーチよりも上部の水圧荷重および地震時の慣性力を片持梁に載荷する。

6-2 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

i) $Z_{n+1} \leqq H_0$ のとき

$$w_{m,n} = \frac{1}{2}(P_{m,n} + P_{m,n+1})(u e_{m,n} - u e_{m,n+1}) \tag{6.2.1}$$

$$v e_{m,n} = u e_{m,n} - \frac{1}{3}(u e_{m,n} - u e_{m,n+1}) \frac{P_{m,n} + 2P_{m,n+1}}{P_{m,n} + P_{m,n+1}} \tag{6.2.2}$$

ii) $Z_n \leqq H_0 < Z_{n+1}$ のとき

$$w_{m,n} = \frac{1}{2} P_{m,n}(u e_{m,n} - u e_{m,n+1}) \frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.3}$$

$$v e_{m,n} = u e_{m,n} - \frac{1}{3}(u e_{m,n} - u e_{m,n+1}) \frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.4}$$

iii) $Z_n > H_0$ のとき

$$w_{m,n} = v e_{m,n} = 0 \tag{6.2.5}$$

これら $w_{m,n}$, $v e_{m,n}$ を $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9, 8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 6$ について計算する。各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは

$$v W_{m,n} = \sum_{i=m}^{16} w_{m,i} \tag{6.2.6}$$

$$v M_{m,n} = \sum_{i=m}^{16} w_{m,i}(v e_{m,i} - u e_{m,n} + l g_{m,n}) \tag{6.2.7}$$

6-3 水平荷重による半径方向剪断力接線方向逆断力曲げモーメント

i) $Z_7 \geqq H_0 \geqq Z_6$ のとき

$$_R V_{m,n} = -\frac{1}{2} P_{m,6}(H_0 - Z_6) \frac{u r_{m,6}}{a r_{m,6}} \cos(\phi_{m,n} + {}_0\phi_n - \phi_{m,6} - {}_0\phi_6) \tag{6.3.1}$$

$$_R M_{m,n} = {}_R V_{m,n}\left[Z_6 + \frac{1}{3}(H_0 - Z_6) - Z_n\right] \tag{6.3.2}$$

$$_R H_{m,n} = -\frac{1}{2} P_{m,6}(H_0 - Z_6) \frac{u r_{m,6}}{a r_{m,6}} \sin(\phi_{m,n} + {}_0\phi_n - \phi_{m,6} - {}_0\phi_6) \tag{6.3.3}$$

ii) $H_0 < Z_6$ のとき

$Z_{\ell+1} > H_0 \geqq Z_\ell$ ただし $\ell \leqq 5$ とする。

(a) $n > \ell$ のとき

$$_R V_{m,n} = {}_R M_{m,n} = {}_R H_{m,n} = 0 \tag{6.3.4}$$

(b) $n \leqq \ell$ のとき

$$_R V_{m,n} = \frac{1}{2} P_{m,\ell}(Z_{\ell+1} - H_0) \frac{u r_{m,\ell}}{a r_{m,\ell}} \cos(\phi_{m,n} + {}_0\phi_n - \phi_{m,\ell} - {}_0\phi_\ell) \tag{6.3.5}$$

$$_R M_{m,n} = {}_R V_{m,n}\left[\frac{1}{3}(Z_{\ell+1} + Z_\ell + H_0) - Z_n\right] \tag{6.3.6}$$

$$ {}_kH_{m.n} = \frac{1}{2} P_{m.\ell} (Z_{\ell+1} - H_\ell) \frac{u\overline{V}_{m.\ell}}{a\overline{V}_{m.\ell}} \sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \qquad (6.3.7) $$

これら ${}_k\overline{V}_{m.n}$, ${}_kM_{m.n}$, ${}_kH_{m.n}$ を $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する.

6-4 地震時慣性力による半径方向剪断力, 接線方向剪断力, 曲げモーメント

$$ {}_s\overline{V}_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c \cdot k \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m.i+1} + A_{m.i}) \cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n) \qquad (6.4.1) $$

$$ {}_sM_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c \cdot k \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} [A_{m.i+1}(Z_{i+1} - Z_n) + A_{m.i}(Z_i - Z_n)] \cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n) \qquad (6.4.2) $$

$$ {}_sH_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c \cdot k \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m.i+1} + A_{m.i}) \sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n) \qquad (6.4.3) $$

これらを $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots 6$ について計算する.

6-5 全初期荷重による半径方向剪断力, 接線方向剪断力, 曲げモーメント

$$ {}_I\overline{V}_{m.n} = {}_s\overline{V}_{m.n} + {}_k\overline{V}_{m.n} \qquad (6.5.1) $$

$$ {}_IM_{m.n} = {}_vM_{m.n} + {}_sM_{m.n} + {}_kM_{m.n} \qquad (6.5.2) $$

$$ {}_IH_{m.n} = {}_sH_{m.n} + {}_kH_{m.n} \qquad (6.5.3) $$

これらを $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する.

6-6 初期撓みの計算.

$$ c_I(\Delta\gamma)_{m.n} = \frac{1}{2Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \Big[\frac{{}_IM_{m.i+1}}{I_{m.i+1}} (Z_n - Z_{i+1}) \cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IM_{m.i}}{I_{m.i}} (Z_n - Z_i) \cos(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \Big] + \frac{1.5}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \Big[\frac{{}_I\overline{V}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_I\overline{V}_{m.i}}{A_{m.i}} \cos(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \Big] + \frac{1.2}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \Big[\frac{{}_IH_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \sin(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IH_{m.i}}{A_{m.i}} \sin(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \Big] + ({}_IM_{m.p} \cdot c\alpha_m + {}_I\overline{V}_{m.p} \cdot c\alpha_{a.m})(Z_n - Z_p) \cos(\phi_{m.p} + {}_o\phi_p - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) - \Big[K_m^c \Big\{ {}_I\overline{V}_{m.p} \cdot ar(\Delta\Gamma)_{m.p}^{c.m} + {}_IH_{m.p} as(\Delta\Gamma)_{m.p}^{c.m} \Big\} + K_{20\text{-}m}^c \Big\{ {}_I\overline{V}_{20\text{-}m.p} ar(\Delta\Gamma)_{m.p}^{c.20\text{-}m} + {}_IH_{20\text{-}m.p} as(\Delta\Gamma)_{m.p}^{c.20\text{-}m} \Big\} \Big] \times \cos(\phi_{m.p} + {}_o\phi_p - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) - \Big[K_m^c \Big\{ {}_I\overline{V}_{m.p} \cdot ar(\Delta S)_{m.p}^{c.m} + {}_IH_{m.p} as(\Delta S)_{m.p}^{c.m} \Big\} + K_{20\text{-}m}^c \Big\{ {}_I\overline{V}_{20\text{-}m.p} ar(\Delta S)_{m.p}^{c.20\text{-}m} + {}_IH_{20\text{-}m.p} as(\Delta S)_{m.p}^{c.20\text{-}m} \Big\} \Big] \sin(\phi_{m.p} + {}_o\phi_p - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \Big[({}_IM_{10.o} \cdot c\alpha_{z.10} + \overline{V}_{10.o} \cdot c\gamma_{10}) \cos(\phi_{10.o} + {}_o\phi_o - \phi_{10.n} - {}_o\phi_n) + {}_IH_{10.o} \cdot c\textcircled{I}_{10} \sin(\phi_{10.o} + {}_o\phi_o - \phi_{10.n} - {}_o\phi_n) \Big] \Big]^* \qquad (6.6.1) $$

$$ c_I(\Delta S)_{m.n} = -\frac{1}{2E} c \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \Big[\frac{{}_IM_{m.i+1}}{I_{m.i+1}} (Z_n - Z_{i+1}) \sin(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IM_{m.i}}{I_{m.i}} (Z_n - Z_i) \sin(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \Big] - \frac{1.5}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \Big[\frac{{}_I\overline{V}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \sin(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_I\overline{V}_{m.i}}{A_{m.i}} \sin(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \Big] + \frac{1.2}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \Big[\frac{{}_IH_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + $$

$$\frac{{}_1H_{m,i}}{A_{m,i}}\cos(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n))-({}_1M_{m,p}\cdot c\alpha_m+{}_1\nabla_{m,p}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m,p}+o\phi_p-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\{K_m^c\{{}_1\nabla_{m,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{c,m}+{}_1H_{m,p}\cdot as(\Delta r)_{m,p}^{c,m}\}+K_{20\cdot m}^c\{{}_1\nabla_{20\cdot m,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{c,20-m}+{}_1H_{20\cdot m,p}\cdot as(\Delta r)_{m,p}^{c,20-m}\}\}\times\sin(\phi_{m,p}+o\phi_p-\phi_{m,n}-o\phi_n)-\{K_m^c\{{}_1\nabla_{m,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{c,m}+{}_1H_{m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,m}\}+K_{20-m}^c\{{}_1\nabla_{20\cdot m,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}+{}_1H_{20\cdot m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}\}\}\cos(\phi_{m,p}+o\phi_p-\phi_{m,n}-o\phi_n)-\{({}_1M_{10,0}\cdot c\alpha_{2,10}+{}_1\nabla_{10,0}\cdot c\alpha_0)\sin(\phi_{10,0}+o\phi_0-\phi_{0,n}-o\phi_n)-{}_1H_{10,0}\cdot c\textcircled{1}_{10}\cos(\phi_{10,0}+o\phi_0-\phi_{10,n}-o\phi_n)\}^* \tag{6.6.2}$$

$$c_1(\Delta\theta)_{m,n}=-K_m^c\{{}_1\nabla_{m,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,p}^{c,m}+{}_1H_{m,p}\cdot as(\Delta\theta)_{m,p}^{c,m}\}-K_{20\cdot m}^c\{{}_1\nabla_{20\cdot m,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,p}^{c,20-m}+{}_1H_{20\cdot m,p}\cdot as(\Delta\theta)_{m,p}^{c,20-m}\} \tag{6.6.3}$$

ただし (6.6.1), (6.6.2) の $[\quad]^*$ の項は $m=10$ のときにのみ加算し、符号 ${}_1M_{m,p}\cdot{}_1\nabla_{m,p}\cdot{}_1H_{m,p}$ ${}_1\nabla_{20\cdot m,p}$, ${}_1H_{20\cdot m,p}$, Z_p, $\phi_{m,p}$, $o\phi_p$ にあらわれる p は次のように とるものとする。

i) $m=10$ のとき

$p=0$ このとき $K_m^c=K_{20\cdot m}^c=0$ とする。

ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$p=m-10$

iii) $10>m\geqq 4$ のとき

$p=10-m$

(6.6.1)~(6.6.3) を $m=10, 11, \cdots 16$, $n=m-10, m-9\cdots 7$ と $m=9, 8\cdots 4$; $n=10-m$, $11-m\cdots 7$ について計算する。但し、${}_1M_{m,7}={}_1H_{m,7}={}_1\nabla_{m,7}=0$ $(m=4\sim 16)$ とする。

またアーチの初期荷重による撓みは

$$a_1(\Delta r)_{m,n}=-K_{10+n}^c\{{}_1\nabla_{10+m,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n}+{}_1H_{10+m,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n}\}-K_{10-n}^c\{{}_1\nabla_{10-n,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n}+{}_1H_{10-n,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n}\} \tag{6.6.4}$$

$$a_1(\Delta S)_{m,n}=-K_{10+n}^c\{{}_1\nabla_{10+n,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}+{}_1H_{10+n,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}\}-K_{10-n}^c\{{}_1\nabla_{10-n,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}+{}_1H_{10-n,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}\} \tag{6.6.5}$$

$$a_1(\Delta\theta)_{m,n}=-K_{10+n}\{{}_1\nabla_{10+m,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}+{}_1H_{10+m,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}\}-K_{10-n}^c\{{}_1\nabla_{10-n,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}+{}_1H_{10-n,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}\} \tag{6.6.6}$$

(6.6.4)~(6.6.6) を $n=1, 2\cdots 6$; $m=10-n, 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

第7節　荷重分割

7-1. 外荷重に対する荷重分割

$(m.n)$ の片持梁の分担荷重を $cr_{P_{m,n}}$ とすれば、(m,n) の片持梁の半径方向撓みは

$$cr(\Delta r)_{m,n}=c_1(\Delta r)_{m,n}+\sum_{p=0}^{6}cr_{P_{m,p}}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{m,p}+\sum_{p=0}^{6}cr_{P_{20-m,p}}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{20-m,p}+\cos(\phi_{m,p}+o\phi_p-\phi_{m,n}-$$

$$\phi_{m,n})\sum_{k=\beta}^{\delta}(P_{k,p}-crP_{k,p})ar(\Delta\gamma)_{m,p}^{k,p}+\sin(\phi_{m,p}+\phi_0-\phi_{m,n}-\phi_n)\sum_{k=\beta}^{\delta}(P_{k,p}-crP_{k,p})ar(\Delta S)_{m,p}^{k,p} \tag{7.1.1}$$

ここに $\sum_{k=p}^{\delta}$; $P_{k,p}$; $crP_{k,p}$; $\phi_{m,p}$; ϕ_0 にあらわれる p および $\sum_{k=\beta}^{\delta}$ にあらわれる δ, β は次のようにとるものとする。

i) $m=10$ のとき

$p=0$, $\delta=10$; $\beta=10$ とし, $ar(\Delta\gamma)_{m,p}^{k,p}=ar(\Delta S)_{m,p}^{k,p}=0$ とする.

ii) $10<m\leq 16$ のとき

$p=m-10$, $\beta=20-m$, $\delta=m$

iii) $10>m\geq 4$ のとき

$p=10-m$, $\beta=m$, $\delta=20-m$

また $cr(\Delta\gamma)_{m,n}^{m,\ell}$ は (5.3.1) または (5.3.4) より求めたものを用い, $cr(\Delta\gamma)_{m,n}^{20-m,\ell}$ は (5.3.7) より求めたものを用いるが, $m=10$ のとき両者は記号として一致するが $cr(\Delta\gamma)_{m,n}^{m,\ell}$ は (5.3.1) より求めたものを, $cr(\Delta\gamma)_{m,n}^{20-m,\ell}$ は 0 として計算するものとする.

(m,n) のアーチの半径方向撓みは

$$ar(\Delta\gamma)_{m,n}=a_I(\Delta\gamma)_{m,n}+\sum_{k=10-n}^{10+n}(P_{k,n}-crP_{k,n})\cdot ar(\Delta\gamma)_{m,n}^{k,n}-$$
$$K_{10-n}^{c}\sum_{n}^{\delta}crP_{10-n,\ell}\left[crV_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar(\Delta\gamma)_{m,n}^{c,10-n}+crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\,a_S(\Delta\gamma)_{m,n}^{c,10-n}\right]-$$
$$K_{10+n}^{c}\sum_{n}^{\delta}crP_{10+n,\ell}\left[crV_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar(\Delta\gamma)_{m,n}^{c,10+n}+crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\,a_S(\Delta\gamma)_{m,n}^{c,10+n}\right] \tag{7.1.2}$$

両者の半径方向撓みは一致しなければならないので

$$cr(\Delta\gamma)_{m,n}=ar(\Delta\gamma)_{m,n} \tag{7.1.3}$$

点(m,n) は $n=0,1,2\cdots 6$; $m=10-n, 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ であるから $49^{\text{ヶ}}$の未知数 $crP_{m,n}$ と $49^{\text{ヶ}}$の方程式が成立する. しかし $m=10+n$ および $m=10-n$ なる点では (7.1.1) と (7.1.2) の値は必ず等しくなるから.

$$crP_{m,m-10}=P_{m,m-10}\sin^2\chi_{m-10} \quad (10<m\leq 16\text{ のとき}) \tag{7.1.4}$$
$$crP_{m,10-m}=P_{m,10-m}\cdot\sin^2\chi_{10-m} \quad (10>m\geq 4\text{ のとき}) \tag{7.1.5}$$
$$crP_{10,0}=P_{10,0} \tag{7.1.6}$$

とする. したがって (7.1.1), (7.1.2) に (7.1.4)～(7.1.6) を代入した上で, $n=1,2\cdots 6$ $m=11-n, 12-n\cdots 10\cdots n+9$ なる点で (7.1.3) を満足するように $crP_{m,n}$ の 36 元連立方程式を解けば $crP_{m,n}$ が求められる.

なおアーチの分担荷重は

$$arP_{m,n}=P_{m,n}-crP_{m,n} \tag{7.1.7}$$

7-2. 温度荷重に対する荷重分割

(m,n) の片持梁の分担荷重を $tcrP_{m,n}$ とすれば (m,n) の片持梁の半径方向撓みは.

$$tcr(\Delta r)_{m.n} = tc(\Delta r')_{m.n} + \sum_{p=p}^{6} tcrP_{m.p}\cdot cr(\Delta r)^{m.p}_{m.n} + \sum_{p=p}^{6} tcrP_{20-m.p}\cdot cr(\Delta r)^{20-m.p}_{m.n} + \cos(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)\{ta(\Delta r')_{m.p} - \sum_{k=p}^{5} tcrP_{k.p}\cdot ar(\Delta r)^{k.p}_{m.p}\} + \sin(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)\{ta(\Delta s')_{m.p} - \sum_{k=p}^{5} tcrP_{k.p}\cdot ar(\Delta s)^{k.p}_{m.p}\} \quad (7.2.1)$$

ここにサフィックス 中. 8.5 および $cr(\Delta r)^{m.p}_{m.n}$, $cr(\Delta r)^{20-m.p}_{m.n}$ は前節の (7.1.1) と同様にとるものとする.

$(m.n)$ のアーチの半径方向撓みは

$$tar(\Delta r)_{m.n} = ta(\Delta r')_{m.n} - \sum_{k=10-n}^{10+n} tcrP_{k.n}\cdot ar(\Delta r)^{k.n}_{m.n} - K^{c}_{10-n}\sum_{p=n}^{6} tcrP_{10-n.p}\{cr\nabla^{10-n.p}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n} + cr H^{10-n.p}_{10-n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\} - K^{c}_{10+n}\sum_{p=n}^{6} tcrP_{10+n.p}\{cr\nabla^{10+n.p}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n} + cr H^{10+n.p}_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} \quad (7.2.2)$$

として与えられる. 両者の撓みは一致しなければならないので

$$tcr(\Delta r)_{m.n} = tar(\Delta r)_{m.n} \quad (7.2.3)$$

前節と同様に $m=10+n$ および $m=10-n$ なる点では (7.2.1) と (7.2.2) の値は必ず等しいから.

$$tcrP_{m.m-10} = 0 \qquad (10 \leqq m \leqq 16 \text{ のとき}) \quad (7.2.4)$$

$$tcrP_{m.10-m} = 0 \qquad (10 > m \geqq 4 \text{ のとき}) \quad (7.2.5)$$

とする. したがって (7.2.1), (7.2.2) に (7.2.4), (7.2.5) を代入した上で $n=1, 2, \cdots\cdots 6$, $m=11-n.\ 12-n \cdots\cdots 10 \cdots\cdots n+9$ なる点で (7.2.3) を満足するように $tcrP_{m.n}$ の 36元連立方程式を解けば $tcrP_{m.n}$ が求められる.

$$tarP_{m.n} = -tcrP_{m.n} \quad (7.2.6)$$

7-3 片持梁およびアーチの撓みおよび不静定諸力

片持梁およびアーチの外荷重による半径方向撓みは (7.1.1) および (7.1.2) により求められる. 接線方向撓みおよびねじれ角は

$$cr(\Delta s)_{m.n} = cs(\Delta s)_{m.n} + \sum_{p=p}^{6} crP_{m.p}\cdot cr(\Delta s)^{m.p}_{m.n} + \sum_{p=p}^{6} crP_{20-m.p}\cdot cr(\Delta s)^{20-m.p}_{m.n} - \sin(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=p}^{5} arP_{k.p}\cdot ar(\Delta r)^{k.p}_{m.p} + \cos(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=p}^{5} arP_{k.p}\cdot ar(\Delta s)^{k.p}_{m.p} \quad (7.3.1)$$

$$cr(\Delta\theta)_{m.n} = cs(\Delta\theta)_{m.n} + \sum_{p=p}^{5} crP_{m.p}\cdot cr(\Delta\theta)^{m.p}_{m.n} + \sum_{p=p}^{6} crP_{20-m.p}\cdot cr(\Delta\theta)^{20-m.p}_{m.n} + \sum_{k=p}^{5} arP_{k.p}\cdot ar(\Delta\theta)^{k.p}_{m.p} \quad (7.3.2)$$

$$ar(\Delta s)_{m.n} = as(\Delta s)_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k.n}\cdot ar(\Delta s)^{k.n}_{m.n} - K^{c}_{10+n}\sum_{p=n}^{6} crP_{10-n.p}\{cr\nabla^{10-n.p}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n} + cr H^{10-n.p}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\} - K^{c}_{10+n}\sum_{p=n}^{6} crP_{10+n.p}\{cr\nabla^{10+n.p}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n} + cr H^{10+n.p}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} \quad (7.3.3)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m,n} = as(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{20+n} arP_{k,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left\{crV_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}\right\} - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left\{crV_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}\right\} \quad (7.3.4)$$

(7.3.1), (7.3.2) の $\sum_{p}^{6}$, $crP_{k,p}$, $arP_{k,p}$, $\phi_{m,p}$, $o\phi_p$ にあらわれる p および $\sum_{k=g}^{s}$ にあらわれる s, g は次のようにとるものとする.

i) $m=10$ のとき

$p=0$, $s=10$, $g=10$ とし $ar(\Delta r)_{m,p}^{k,p} = ar(\Delta s)_{m,p}^{k,p} = ar(\Delta\theta)_{m,p}^{k,p} = 0$ とする.

ii) $10 < m \leq 16$ のとき

$p=m-10$, $g=20-m$. $s=m$

iii) $10 > m \geq 4$ のとき

$p=10-m$, $g=m$, $s=20-m$

$cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell}$ は (5.3.2), (5.3.3) または (5.3.5), (5.3.6) より求めたものを用い. $cr(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}^{20-m,\ell}$ は (5.3.8), (5.3.9) より求めたものを用いるが, $m=10$ のとき, 両者は記号として一致するが, $cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell}$ は (5.3.2), (5.3.3) より求めたものを用い $cr(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}^{20-m,\ell}$ は 0 として計算するものとする!

片持梁およびアーチの温度荷重による半径方向撓みは (7.2.1), (7.2.2) により求められる. また接線方向撓み, およびねじれ角は

$$tcr(\Delta S)_{m,n} = tc(\Delta S')_{m,n} + \sum_{k=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{k=p}^{6} tcrP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell} - \sin(\phi_{m,p} + o\phi_p - \phi_{m,n} - o\phi_n)\sum_{k=g}^{s} tarP_{k,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{k,p} + \cos(\phi_{m,p} + o\phi_p - \phi_{m,n} - o\phi_n)\sum_{k=g}^{s} tarP_{k,p}\cdot ar(\Delta s)_{m,p}^{k,p} - ta(\Delta r')_{mp}\sin(\phi_{m,p} + o\phi_p - \phi_{m,n} - \phi_n) + ta(\Delta s')_{mp}\cos(\phi_{m,p} + o\phi_p - \phi_{m,n} - \phi_n) \quad (7.3.5)$$

$$tcr(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,p} + \sum_{k=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{m,\ell} + \sum_{k=p}^{6} tcrP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)_{m,n}^{20-m,\ell} + \sum_{k=g}^{s} tarP_{k,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,p}^{k,p} \quad (7.3.6)$$

$$tar(\Delta S)_{m,n} = ta(\Delta S')_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left\{crV_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}\right\} - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left\{crV_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}\right\} \quad (7.3.7)$$

$$tar(\Delta\theta)_{m,n} = ta(\Delta\theta')_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left\{crV_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}\right\} - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left\{crV_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}\right\} \quad (7.3.8)$$

(7.3.5), (7.3.6) にあらわれる p, s, g なるサフィックスおよび $cr(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}^{20-m,\ell}$ は (7.3.1), (7.3.2) の場合と同様にとりあつかうものとする.

片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

$$crM_{m,n} = {}_1M_{m,n} + \sum_{k=p}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.9)$$

$$crV_{m,n} = {}_1V_{m,n} + \sum_{k=p}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crV_{m,n}^{m,\ell} \quad (7.3.10)$$

$$crH_{m,n} = {}_1H_{m,n} + \sum_{\ell=p}^{6} crP_{m,\ell}\cdot crH_{m,n}^{m,\ell} \tag{7.3.11}$$

$$arM_{m,n} = \sum_{k=10-n}^{k+n} arP_{k,n}\cdot arM_{m,n}^{k,n} - K_{10\cdot n}^{c}\left[{}_1\nabla_{10-n,n}\cdot arM_{m,n}^{c,10-n} + {}_1H_{10-n,n}\cdot asM_{m,n}^{c,10-n} + \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left\{cr\nabla_{10-n,\ell}^{10-n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c,10-n}\right\}\right] - K_{10+n}^{c}\left[{}_1\nabla_{10+n,n}\cdot arM_{m,n}^{c,10+n} + {}_1H_{10+n,n}\cdot asM_{m,n}^{c,10+n} + \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left\{cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c,10+n}\right\}\right] \tag{7.3.12}$$

$$arH_{m,n} = \sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k,n}\cdot arH_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\left[{}_1\nabla_{10-n,n}\cdot arH_{m,n}^{c,10-n} + {}_1H_{10-n,n}\cdot asH_{m,n}^{c,10-n} + \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left\{cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c,10-n}\right\}\right] - K_{10+n}^{c}\left[{}_1\nabla_{10+n,n}\cdot arH_{m,n}^{c,10+n} + {}_1H_{10+n,n}\cdot asH_{m,n}^{c,10+n} + \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left\{cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c,10+n}\right\}\right] \tag{7.3.13}$$

$$ar\nabla_{m,n} = \sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\left[{}_1\nabla_{10-n,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n} + {}_1H_{10-n,n}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n} + \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n,\ell}\left\{cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n}\right\}\right] - K_{10+n}^{c}\left[{}_1\nabla_{10+n,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + {}_1H_{10+n,n}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n} + \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n,\ell}\left\{cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}\right\}\right] \tag{7.3.14}$$

片持梁およびアーチの温度荷重による不静定諸力は

$$tcrM_{m,n} = \sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell} \tag{7.3.15}$$

$$tcr\nabla_{m,n} = \sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot cr\nabla_{m,n}^{m,\ell} \tag{7.3.16}$$

$$tcrH_{m,n} = \sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m,\ell}\cdot crH_{m,n}^{m,\ell} \tag{7.3.17}$$

$$tarM_{m,n} = taM'_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot arM_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left[cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c,10-n}\right] - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left[cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c,10+n}\right] \tag{7.3.18}$$

$$tarH_{m,n} = taH'_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot arH_{m,n}^{k,n} - K_{10-n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left[cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c,10-n}\right] - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left[cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c,10+n}\right] \tag{7.3.19}$$

$$tar\nabla_{m,n} = ta\nabla'_{m,n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{k,n} - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10-n,\ell}\left[cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n} + crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n}\right] - K_{10+n}^{c}\sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n,\ell}\left[cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}\right] \tag{7.3.20}$$

(7.3.9)~(7.3.11) および (7.3.15)~(7.3.17) の $\sum_{\ell=p}^{6}$ にあらわれる p は次のようにとるものとする.

i) $m=10$ のとき

$p=0$

ii) $10<m\leq 16$ のとき

$p=m-10$

iii) $10>m\geq 4$ のとき

$p=10-m$

(7.1.1),(7.2.1),(7.3.1),(7.3.2),(7.3.5),(7.3.6) を $n=0,1,2\cdots 7$; $m=10-n,11-n\cdots 10\cdots n+10$ について計算し, (7.3.9)~(7.3.11) および (7.3.15)~(7.3.17) を $n=0,1,2\cdots 6$; $m=10-n,11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について計算し, (7.1.2),(7.2.2),(7.3.3),(7.3.4),(7.3.7),(7.3.8) と (7.3.12)~(7.3.14) および (7.3.18)~(7.3.20) を $n=1,2\cdots 6$; $m=10-n,11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する.

第8節　自重応力

8-1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$wW_{m,n} = \rho_c \sum_{i=n}^{6} \frac{1}{6}(z_{i+1}-z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (8.1.1)$$

$$wM_{m,n} = \rho_c \sum_{i=n}^{6} \frac{1}{6}(z_{i+1}-z_i)\{A_{m,i+1}(ue_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+1}-o\phi_{i+1})$$
$$+4A_{m,i+0.5}(ue_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+0.5}-o\phi_{i+0.5})$$
$$+A_{m,i}(ue_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i}-o\phi_i)\}-(ue_{m,n}-lg_{m,n})wW_{m,n} \qquad (8.1.2)$$

8-2 自重による鉛直応力

$$w\sigma_{u,m,n} = \frac{wW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{wM_{m,n}\cdot lg_{m,n}}{I_{m,n}} \qquad (8.2.1)$$

(i) $10 \leq m \leq 16$ で $n > m-10$ または $10 > m \geq 4$ で $n > 10-m$ のとき

$$w\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}\cdot T_{m,n}}{I_{m,n}} \qquad (8.2.2)$$

(ii) $10 \leq m \leq 16$ で　$n = m-10$ の時

$$w\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n}-{}_cC_n) \qquad (8.2.3)$$

(iii) $10 > m \geq 4$ で $n = 10-m$ の時

$$w\sigma_{d,m,n} = w\sigma_{u,m,n} - \frac{wM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n}-R_cC_n) \qquad (8.2.4)$$

(8.1.1), (8.1.2), (8.2.1), (8.2.2), (8.2.3), (8.2.4) を
$n = 0, 1 \cdots\cdots 6$, $m = 10-n,\ 11-n \cdots\cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

第9節　応力計算

9-1. 片持梁応力

$$c\sigma_{u,m,n} = \frac{vW_{m,n}}{A_{m,n}} + \frac{crM_{mn}}{I_{m,n}} lg_{m,n} \qquad (9.1.1)$$

$$t\sigma_{u,m,n} = \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}} \cdot lg_{m,n} \qquad (9.1.2)$$

i) $10 \leq m \leq 16$ で $n > m-10$ または $10 > m \geq 4$ で $n > 10-m$ のとき

$$c\sigma_{d,m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{mn}}{I_{mn}} \cdot T_{mn} \qquad (9.1.3)$$

$$t\sigma_{dmn} = t\sigma_{umn} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}} \cdot T_{m,n} \qquad (9.1.4)$$

ii) $10 \leqq m \leqq 16$ で $n = m-10$ のとき

$$c\sigma_{\alpha m,n} = c\sigma_{um,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - {}_{L}C_{n}) \qquad (9.1.5)$$

$$t\sigma_{\alpha m,n} = t\sigma_{um,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - {}_{L}C_{n}) \qquad (9.1.6)$$

iii) $10 > m \geqq 4$ で $n = 10-m$ のとき

$$c\sigma_{\alpha m,n} = c\sigma_{u,m,n} - \frac{crM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - {}_{R}C_{n}) \qquad (9.1.7)$$

$$t\sigma_{\alpha m,n} = t\sigma_{u,m,n} - \frac{tcrM_{m,n}}{I_{m,n}}(T_{m,n} - {}_{R}C_{n}) \qquad (9.1.8)$$

$(m.n)$ の全片持梁応力は

$$\sigma_{um,n} = w\sigma_{u,m,n} + c\sigma_{u,m,n} + t\sigma_{u,m,n} \qquad (9.1.9)$$

$$\sigma_{\alpha,m,n} = w\sigma_{\alpha,m,n} + c\sigma_{\alpha,m,n} + t\sigma_{\alpha,m,n} \qquad (8.1.10)$$

(9.1.1)～(9.1.10)を $m = 10, 11, 12 \cdots\cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots\cdots 6$ と $m = 4, 5 \cdots 9$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

9-2 アーチの応力.

$(m.n)$ の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma_{\varepsilon,m,n} = \frac{arH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{arM_{m,n}}{T^{2}_{m,n}} \qquad (9.2.1)$$

$$c\sigma_{\iota m,n} = \frac{arH_{mn}}{T_{m,n}} - 6\frac{arM_{mn}}{T^{2}_{m,n}} \qquad (9.2.2)$$

$(m.n)$ の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma_{\varepsilon mn} = \frac{tarH_{mn}}{T_{m,n}} + 6\frac{tarM_{m,n}}{T^{2}_{mn}} \qquad (9.2.3)$$

$$t\sigma_{\iota m,n} = \frac{tarH_{mn}}{T_{m,n}} - 6\frac{tarM_{mn}}{T^{2}_{m,n}} \qquad (9.2.4)$$

$(m.n)$ の全アーチ応力は

$$\sigma_{\varepsilon m,n} = c\sigma_{\varepsilon m,n} + t\sigma_{\varepsilon;m,n} \qquad (9.2.5)$$

$$\sigma_{\iota,m,n} = c\sigma_{\iota,m,n} + t\sigma_{\iota,m,n} \qquad (9.2.6)$$

(9.2.1)～(9.2.6)を $n = 1, 2 \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

第10節 出力

a) 入力データー

入力データーを出力する。

c) 形 状

$T_{m,n}$. $ue_{m,n}$, $A_{m,n}$. $lg_{m,n}$. $I_{m,n}$. $\phi_{m,n}$. $x_{m,n}$. $y_{m,n}$. $S_{m,n}$

これらを $n=0,1,2\cdots 7$. $m=10-n, 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。

出力の形式は表-16のごとくである。

c) 基礎岩盤の変形常数

$c\alpha_m$. $c\alpha_{2,m}$, $c\beta_m$, $\tan\chi_m$. K_m^e $m=4,5\cdots 10\cdots 16$

出力の形式は表-17のごとくである。

$La\alpha_n$. $Ra\alpha_n$, $La\alpha_{2,n}$, $Ra\alpha_{2,n}$, $La\beta_n$. $Ra\beta_n$ $La\gamma_n$, $Ra\gamma_n$ $n=1,2\cdots 6$

出力の形式は表-18のごとくである。

d) 荷 重

$P_{m,n}$, $cr P_{m,n}$. $ar P_{m,n}$, $tcr P_{m,n}$. $tar P_{m,n}$, $cr P_{m,n}+tcr P_{m,n}$. $ar P_{m,n}+tar P_{m,n}$

$n=0,1\cdots 6$; $m=10-n$ $11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。

出力の形式は表-19ごとくである。

e) 撓 み

$cr(\Delta r)_{m,n}$, $cr(\Delta S)_{m,n}$. $cr(\Delta\theta)_{m,n}$, $tcr(\Delta r)_{m,n}$. $tcr(\Delta S)_{m,n}$. $tcr(\Delta\theta)_{m,n}$, $cr(\Delta r)_{m,n}+tcr(\Delta r)_{m,n}$

$cr(\Delta S)_{m,n}+tcr(\Delta S)_{m,n}$, $cr(\Delta\theta)_{m,n}+tcr(\Delta\theta)_{m,n}$

$n=0,1\cdots 7$, $m=10-n$. $11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。出力形式は表-16のごとくである。

$ar(\Delta r)_{m,n}$, $ar(\Delta S)_{m,n}$. $ar(\Delta\theta)_{m,n}$, $tar(\Delta r)_{m,n}$, $tar(\Delta S)_{m,n}$. $tar(\Delta\theta)_{m,n}$. $ar(\Delta r)_{m,n}+tar(\Delta r)_{m,n}$

$ar(\Delta S)_{m,n}+tar(\Delta S)_{m,n}$, $ar(\Delta\theta)_{m,n}+tar(\Delta\theta)_{m,n}$

$n=1,2\cdots 6$, $m=10-n, 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。

出力の形式は表-20のごとくである。

f) 不静定諸力

$wW_{m,n}$, $wW_{m,n}$, $crM_{m,n}$, $cr\nabla_{m,n}$, $crH_{m,n}$, $tcrM_{m,n}$. $tcr\nabla_{m,n}$, $tcrH_{m,n}$, $wM_{m,n}$

$n=0,1\cdots 6$; $m=10-n$, $11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。出力形式は表-19のごとくである。

$arM_{m,n}$, $arH_{m,n}$, $ar\nabla_{m,n}$, $tarM_{m,n}$, $tarH_{m,n}$, $tar\nabla_{m,n}$

$n=1,2\cdots 6$; $m=10-n$, $11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。

出力形式は表-20のごとくである。

g) 応 力

$c\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $c\bar{\sigma}_{\alpha,m,n}$, $t\bar{\sigma}_{\alpha,m,n}$, $t\bar{\sigma}_{\alpha,m,n}$, $w\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $w\bar{\sigma}_{\alpha,m,n}$, $\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $\bar{\sigma}_{\alpha,m,n}$

$n=0,1\cdots 6$, $m=10-n, 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。出力形式は表-19のごとくである。

$c\bar{\sigma}_{\varepsilon,m,n}$. $c\bar{\sigma}_{I,m,n}$. $t\bar{\sigma}_{\varepsilon,m,n}$, $t\bar{\sigma}_{I,m,n}$, $\bar{\sigma}_{\varepsilon,m,n}$, $\bar{\sigma}_{I,m,n}$

$n=1,2\cdots 6$, $m=10-n, 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について出力する。

出力形式は表-20のごとくである。

第7章 非対稱三心不等厚アーチ完全調整 (NO.7 プログラム)

第1節 入力データの作製方法

入力データは表-22に示すような方式により I.B.M. 入力データーシートに記入する。
即ち非対稱三心不等厚アーチの半径方向調整の場合とほとんど同じであるが、第33行目の E_c. V_c. V_R. C の後に N_1, N_2 を記入する。N_1 は 31~35 欄に N_2 は 36~40 欄に記入する。
これら N_1, N_2 はいづれも標高ナンバーで記入し、0~6の正整数でなければならない。また前述したように、このプログラムではキレツ片持梁法の記算を行わないので 36, 37 行目の LC_n. RC_n にはすべて0を記入する。

第2節 座標および荷重計算

2-1 座標計算

i) $10 \leqq m \leqq 17$ で

$$\gamma_7\left[\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)-\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}-\angle_1\phi_{A.7}\right)\right] \geqq$$

$${}_0x_{m-10}\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)+{}_0y_{m-10}\cos\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)$$

$$+\left(\angle_2\gamma_{m-10}-\gamma_{m-10}\right)\sin\angle_2\phi_{A.m-10}$$

$$\geqq \gamma_7\left[\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)-\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}-{}_R\phi_{A.7}\right)\right] \text{のとき}$$

$$\phi_{m.7}={}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}-\sin^{-1}\frac{1}{\gamma_7}\left\{\left(\gamma_7-{}_0x_{m-10}\right)\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)\right.$$

$$\left.-{}_0y_{m-10}\cos\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)-\left(\angle_2\gamma_{m-10}-\gamma_{m-10}\right)\sin\angle_2\phi_{A.m-10}\right\} \quad \cdots\cdots (2.1.1)$$

$$x_{m.7}=\angle_1\gamma_7\left(1-\cos\phi_{m.7}\right) \quad \cdots\cdots (2.1.2)$$

$$y_{m.7}=\angle_1\gamma_7\sin\phi_{m.7} \quad \cdots\cdots (2.1.3)$$

ii) $10 \leqq m \leqq 17$ で

$$\gamma_7\left[\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)-\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}-\angle_1\phi_{A.7}\right)\right] <$$

$${}_0x_{m-10}\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)+{}_0y_{m-10}\cos\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)$$

$$+\left(\angle_2\gamma_{m-10}-\gamma_{m-10}\right)\sin\angle_2\phi_{A.m-10} \text{ のとき}$$

$$\phi_{m.7}={}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}-\sin^{-1}\frac{1}{\angle_2\gamma_7}\left\{\left(\gamma_7-{}_0x_{m-10}\right)\sin\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\right.\right.$$

$$\left.\left.\angle_2\phi_{A.m-10}\right)-{}_0y_{m-10}\cos\left({}_0\phi_{m-10}+\angle_1\phi_{A.m-10}+\angle_2\phi_{A.m-10}\right)-\left(\angle_2\gamma_{m-10}-\gamma_{m-10}\right)\sin\angle_2\phi_{A.m-10}\right.$$

表-22 NO.7 プログラム入力データー表

IBM DATA SHEET

PROBLEM アーチダムNO.7 プログラム（半径方向） WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____ IBMデータ・センター

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
1		

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.										
1		±	±			±	±			
2										
3	$\angle T_{A,n}$	$\angle 1\,\phi_{A,n}$	$\angle 2\,\phi_{A,n}$	$R_2 T_n$	$R T_{A,n}$	$R_1 \phi_{A,n}$	$R_2 \phi_{A,n}$			
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12	H_o	H_d	H_s	k	ρ_c	ρ_s	C_e			
13	E_c E±x.x	V_e V_c	C x.x E±x.x	N_1 N_2 ±x.x						
14	$\angle E_{R6}$ x.x E±x.x	$\angle E_{R5}$ x.x E±x.x	$\angle E_{R4}$ x.x E±x.x	$\angle E_{R3}$ x.x E±x.x	$\angle E_{R2}$ x.x E±x.x	$\angle E_{R1}$ x.x E±x.x	$\angle E_{R0}$ x.x E±x.x			
15	$R E_{R6}$ x.x E±x.x	$R E_{R5}$ x.x E±x.x	$R E_{R4}$ x.x E±x.x	$R E_{R3}$ x.x E±x.x	$R E_{R2}$ x.x E±x.x	$R E_{R1}$ x.x E±x.x	$R E_{R0}$ x.x E±x.x			
16	$\angle c C_6$	$\angle c C_5$	$\angle c C_4$	$\angle c C_3$	$\angle c C_2$	$\angle c C_1$	$\angle c C_0$			
17	$R c C_6$	$R c C_5$	$R c C_4$	$R c C_3$	$R c C_2$	$R c C_1$	$R c C_0$			
18	t_{A6}	t_{A5}	t_{A6}	t_{T6}	t_{A6}	$t_{T_{A6}}$	$t_{T_{A6}}$	t_{A5}	t_{A4}	$t_{T_{A4}}$
19	t_{S5}	t_{A5}	t_{T5}	t_{A5}	$t_{T_{A5}}$	$t_{T_{A5}}$	t_{A5}	t_{S5}	$t_{T_{A4}}$	
20	t_{A4}	t_{T4}	t_{A4}	$t_{T_{A4}}$	$t_{T_{A4}}$	$t_{T_{A4}}$	t_{A4}	$t_{T_{A4}}$		

n=50	21
n=45	22
n=40	23
n=35	24
n=30	25
n=25	26
n=20	27
n=15	28
n=10	29
n=05	30
n=0	31
	32
	33
	34
	35
	36
	37
	38
	39
	40

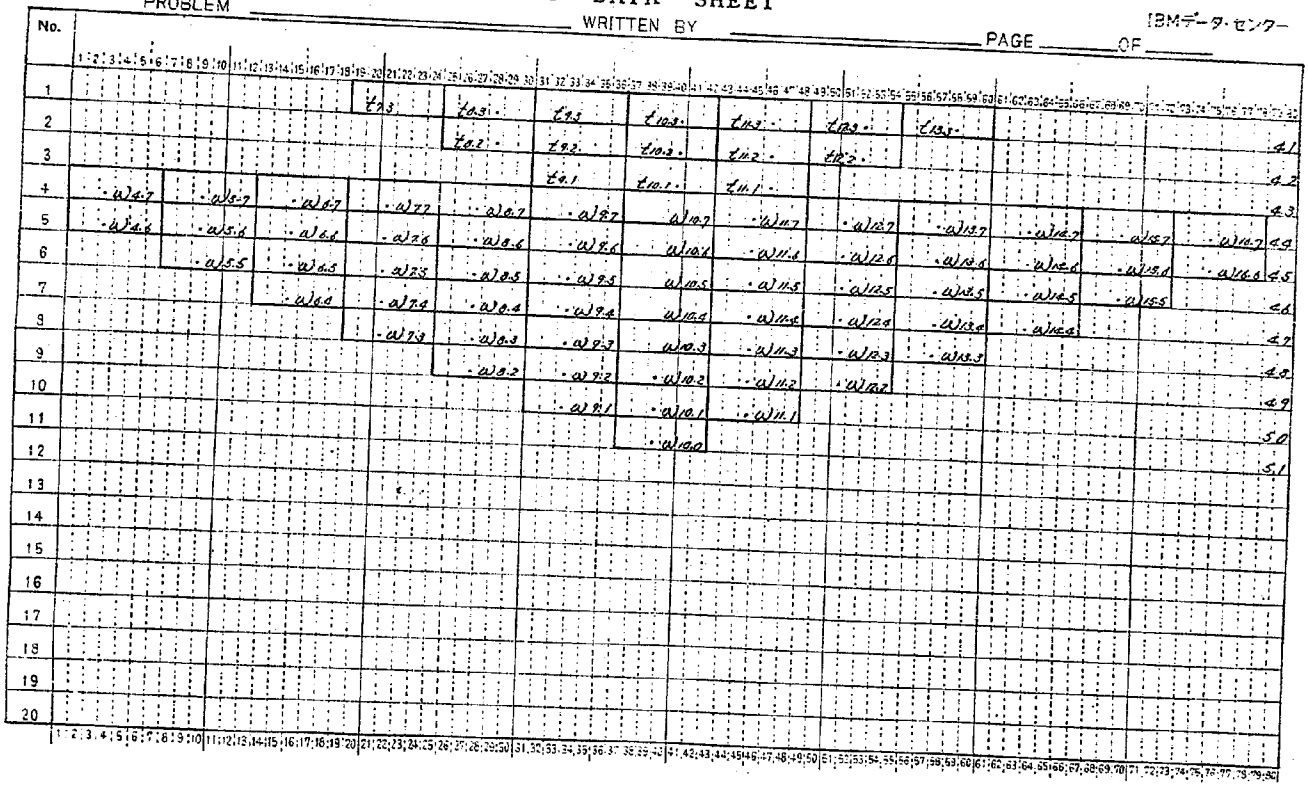
PROBLEM

IBM DATA SHEET

WRITTEN BY

PAGE OF

IBMデータ・センター



$$+(L_2\gamma_7 - {}_1r_7)\sin({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10} - L_1\phi_{A.n})] \quad (2.1.4)$$

$$x_{m.7} = {}_1r_7(1-\cos L_1\phi_{A.7}) + L_2\gamma_7(\cos L_1\phi_{A.7} - \cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.5)$$

$$y_{m.7} = {}_1r_7\sin L_1\phi_{A.7} + L_2\gamma_7(\sin\phi_{m.7} - \sin L_1\phi_{A.7}) \quad (2.1.6)$$

iii) $10 \leqq m \leqq 17$ で

$${}_1r_7[\sin({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10}) - \sin({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10} - R_1\phi_{A.7})] >$$
$${}_0x_{m-10}\sin({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10}) + {}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10}) +$$
$$(L_2\gamma_{m-10} - {}_1r_{m-10})\sin L_2\phi_{A.m-10} \quad のとき$$

$$\phi_{m.7} = {}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10} - \sin^{-1}\frac{1}{R_2\gamma_7}[({}_1r_7 - {}_0x_{m-10})\sin({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10})$$
$$- {}_0y_{m-10}\cos({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10}) - (L_2\gamma_{m-10} - {}_1r_{m-10})\sin L_2\phi_{A.m-10} +$$
$$(R_2\gamma_7 - {}_1r_7)\sin({}_0\phi_{m-10} + L_1\phi_{A.m-10} + L_2\phi_{A.m-10} - R_1\phi_{A.7})] \quad (2.1.7)$$

$$x_{m.7} = {}_1r_7(1-\cos R_1\phi_{A.7}) + R_2\gamma_7(\cos R_1\phi_{A.7} - \cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.8)$$

$$y_{m.7} = {}_1r_7\sin R_1\phi_{A.7} + R_2\gamma_7(\sin\phi_{m.7} - \sin R_1\phi_{A.7}) \quad (2.1.9)$$

iv) $3 \leqq m < 10$ で

$${}_1r_7[\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) - \sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - R_1\phi_{A.7})] \leqq$$
$${}_0x_{10-m}\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) + {}_0y_{10-m}\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m})$$
$$+ (R_2\gamma_{10-m} - {}_1r_{10-m})\sin R_2\phi_{A.10-m}$$
$$\leqq {}_1r_7[\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) - \sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - L_1\phi_{A.7})]$$
$$のとき$$

$$\phi_{m.7} = {}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - \sin^{-1}\frac{1}{{}_1r_7}[({}_1r_7 - {}_0x_{10-m})\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m})$$
$$- {}_0y_{10-m}\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) - (R_2\gamma_{10-m} - {}_1r_{10-m})\sin R_2\phi_{A.10-m}] \quad (2.1.10)$$

$$x_{m.7} = {}_1r_7(1-\cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.11)$$

$$y_{m.7} = {}_1r_7\sin\phi_{m.7} \quad (2.1.12)$$

v) $3 \leqq m < 10$ で

$${}_1r_7[\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) - \sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - R_1\phi_{A.7})] >$$
$${}_0x_{10-m}\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) + {}_0y_{10-m}\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m})$$
$$+ (R_2\gamma_{10-m} - {}_1r_{10-m})\sin R_2\phi_{A.10-m} \quad のとき$$

$$\phi_{m.7} = {}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - \sin^{-1}\frac{1}{R_2\gamma_7}[({}_1r_7 - {}_0x_{10-m})\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m})$$
$$- {}_0y_{10-m}\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) - (R_2\gamma_{10-m} - {}_1r_{10-m})\sin R_2\phi_{A.10-m}$$
$$+ (R_2\gamma_7 - {}_1r_7)\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - R_1\phi_{A.7})] \quad (2.1.13)$$

$$x_{m.7} = {}_1r_7(1-\cos R_1\phi_{A.7}) + R_2\gamma_7(\cos R_1\phi_{A.7} - \cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.14)$$

$$y_{m.7} = {}_1r_7\sin R_1\phi_{A.7} + R_2\gamma_7(\sin\phi_{m.7} - \sin R_1\phi_{A.7}) \quad (2.1.15)$$

vi) $3 \leqq m \leqq 10$ で

$${}_1r_7[\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) - \sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - L_1\phi_{A.7})] <$$
$${}_0x_{10-m}\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) + {}_0y_{10-m}\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m})$$
$$+ (R_2\gamma_{10-m} - {}_1r_{10-m})\sin R_2\phi_{A.10-m} \quad のとき$$

$$\phi_{m.7} = {}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - \sin^{-1}\frac{1}{L_2\gamma_7}[({}_1r_7 - {}_0x_{10-m})\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m})$$
$$- {}_0y_{10-m}\cos({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m}) - (R_2\gamma_{10-m} - {}_1r_{10-m})\sin R_2\phi_{A.10-m}$$
$$+ (L_2\gamma_7 - {}_1r_7)\sin({}_0\phi_{10-m} + R_1\phi_{A.10-m} + R_2\phi_{A.10-m} - L_1\phi_{A.7})] \quad (2.1.16)$$

$$x_{m.7} = {}_1r_7(1-\cos {}_1\phi_{A.7}) + {}_2r_7(\cos {}_1\phi_{A.7} - \cos \phi_{m.7}) \quad (2.1.17)$$

$$y_{m.7} = {}_1r_7 \sin {}_1\phi_{A.7} + {}_2r_7(\sin \phi_{m.7} - \sin {}_1\phi_{A.7}) \quad (2.1.18)$$

これら $\phi_{m.7}$; $x_{m.7}$; $y_{m.7}$ を $m = 3, 4 \cdots 10 \cdots 16, 17$ について計算する。

i) $\tan({}_o\phi_n + {}_1\phi_{A.n}) \geqq \frac{y_{m.7} - {}_oy_n}{{}_ox_n - x_{m.7}} \geqq \tan({}_o\phi_n + {}_R1\phi_{A.n})$ のとき

$$\phi_{m.n} = -{}_o\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m.7} - {}_oy_n}{{}_ox_n - x_{m.7}} \quad (2.1.19)$$

$$x_{m.n} = {}_ox_n - {}_1r_n \cos({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) \quad (2.1.20)$$

$$y_{m.n} = {}_oy_n + {}_1r_n \sin({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) \quad (2.1.21)$$

$$r_{m.n} = {}_1r_n \quad (2.1.22)$$

$$S'_{m.n} = {}_1r_n \cdot \phi_{m.n} \quad (2.1.23)$$

ii) $\tan({}_o\phi_n + {}_1\phi_{A.n}) < \frac{y_{m.7} - {}_oy_n}{{}_ox_n - x_{m.7}}$ のとき

$$\phi_{m.n} = -{}_o\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m.7} - {}_oy_n + ({}_2r_n - {}_1r_n)\sin({}_o\phi_n + {}_1\phi_{A.n})}{{}_ox_n - x_{m.7} + ({}_2r_n - {}_1r_n)\cos({}_o\phi_n + {}_1\phi_{A.n})} \quad (2.1.24)$$

$$x_{m.n} = {}_ox_n - {}_2r_n \cos({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) + ({}_2r_n - {}_1r_n)\cos({}_o\phi_n + {}_1\phi_{A.n}) \quad (2.1.25)$$

$$y_{m.n} = {}_oy_n + {}_2r_n \sin({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) - ({}_2r_n - {}_1r_n)\sin({}_o\phi_n + {}_1\phi_{A.n}) \quad (2.1.26)$$

$$r_{m.n} = {}_2r_n \quad (2.1.27)$$

$$S'_{m.n} = {}_1r_n \cdot {}_1\phi_{A.n} + {}_2r_n(\phi_{m.n} - {}_1\phi_{A.n})$$

iii) $\tan({}_o\phi_n + {}_R1\phi_{A.n}) > \frac{y_{m.7} - {}_oy_n}{{}_ox_n - x_{m.7}}$ のとき

$$\phi_{m.n} = -{}_o\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m.7} - {}_oy_n + ({}_R2r_n - {}_1r_n)\sin({}_o\phi_n + {}_R1\phi_{A.n})}{{}_ox_n - x_{m.7} + ({}_R2r_n - {}_1r_n)\cos({}_o\phi_n + {}_R1\phi_{A.n})} \quad (2.1.29)$$

$$x_{m.n} = {}_ox_n - {}_R2r_n \cos({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) + ({}_R2r_n - {}_1r_n)\cos({}_o\phi_n + {}_R1\phi_{A.n}) \quad (2.1.30)$$

$$y_{m.n} = {}_oy_n + {}_R2r_n \sin({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) - ({}_R2r_n - {}_1r_n)\sin({}_o\phi_n + {}_R1\phi_{A.n}) \quad (2.1.31)$$

$$r_{m.n} = {}_R2r_n \quad (2.1.32)$$

$$S'_{m.n} = {}_1r_n \cdot {}_R1\phi_{A.n} + {}_R2r_n(\phi_{m.n} - {}_R1\phi_{A.n}) \quad (2.1.33)$$

$$ar_{m.n} = r_{m.n} + (x_{m.n} - x_{m.7})\sec({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) \quad (2.1.34)$$

$$S_{m.n} = S'_{m.n} - S'_{10.n} \quad (2.1.35)$$

これら $\phi_{m.n}$; $x_{m.n}$; $y_{m.n}$; $r_{m.n}$; $ar_{m.n}$ を $m = 10, 11, 12 \cdots 17$; $n = m-10, m-9.5 \cdots 7.0$ と $m = 9, 8, 7 \cdots 3$; $n = 10-m$; $10.5-m$, $11.0-m \cdots\cdots 7.0$ について計算する。

また $S_{m.n}$ を $m = 10, 11 \cdots 17$; $n = m-10$; $m-9 \cdots 7$ と $m = 9, 8 \cdots 3$; $n = 10-m$, $11-m \cdots 7$ について計算する。

2-2 荷重計算

i) $H_o \leqq Z_n$ のとき $\quad {}_oP_n = 0 \quad (2.2.1)$

ii) $H_o > Z_n$ のとき $\quad {}_oP_n = H_o - Z_n \quad (2.2.2)$

i) $H_d \leqq Z_n$ のとき $\quad {}_dP_{m.n} = 0 \quad (2.2.3)$

ii) $H_d > Z_n$ で $16 \geqq m \geqq 10$ のとき $\quad {}_dP_{m.n} = \frac{7}{8}k\sqrt{(H_d - Z_{m-10})(H_d - Z_n)} \quad (2.2.4)$

iii) $H_d > Z_n$ で $10 > m \geqq 4$ のとき $\quad {}_dP_{m.n} = \frac{7}{8}k\sqrt{(H_d - Z_{10-m})(H_d - Z_n)} \quad (2.2.5)$

i) $Hs \leqq Zn$ のとき

$$sPn = 0 \qquad (2.2.6)$$

ii) $Hs > Zn$ のとき

$$sPn = Ce\rho s(Hs - Zn) \qquad (2.2.7)$$

$Pm.n = \sigma Pn + \alpha Pm.n + sPn$

$Pm.n$ を $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10,\ m-9 \cdots 6$ と

$m = 9.8.7 \cdots 4$; $n = 10-m.\ 11-m \cdots 6$ について計算する。

第3節　基礎岩盤の変形常数

3-1 基礎の面積係数と傾角

$LTAn$ の最大値を a_L ; $RTAn$ の最大値を a_R とする。

$$b_L = \sum_{n=0}^{6}\sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2+(X_{n+11.n+1}-X_{n+10.n})^2+(y_{n+11.n+1}-y_{n+10.n})^2} \qquad (3.1.1)$$

$$b_R = \sum_{n=0}^{6}\sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2+(X_{9-n.n+1}-X_{10-n.n})^2+(y_{9-n.n+1}-y_{10-n.n})^2} \qquad (3.1.2)$$

面積係数は

$$\zeta_L = b_L/a_L \qquad (3.1.3)$$

$$\zeta_R = b_R/a_R \qquad (3.1.4)$$

$$\zeta = \frac{2(b_L+b_R)}{a_R+a_L} \qquad (3.1.5)$$

傾角は

i) $6 \leqq n < 1$ のとき

$$L\chi_n = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_n-Z_{n-1}}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n+11.n+1}-S_{n+10.n}}{Z_{n+1}-Z_n}+\frac{Z_{n+1}-Z_n}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{n+10n}-S_{n+9.n-1}}{Z_n-Z_{n-1}}\right\} \qquad (3.1.6)$$

$$R\chi_n = -\tan^{-1}\left\{\frac{Z_n-Z_{n-1}}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{9-n.n+1}-S_{10-n.n}}{Z_{n+1}-Z_n}+\frac{Z_{n+1}-Z_n}{Z_{n+1}-Z_{n-1}}\cdot\frac{S_{10-n.n}-S_{11-n.n-1}}{Z_n-Z_{n-1}}\right\} \qquad (3.1.7)$$

ii) $n = 1$ のとき

$$L\chi_1 = \tan^{-1}\left\{\frac{Z_3-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{12.2}-S_{11.1}}{Z_2-Z_1}-\frac{Z_2-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{13.3}-S_{11.1}}{Z_3-Z_1}\right\} \qquad (3.1.8)$$

$$R\chi_1 = -\tan^{-1}\left\{\frac{Z_3-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{8.2}-S_{9.1}}{Z_2-Z_1}-\frac{Z_2-Z_1}{Z_3-Z_2}\cdot\frac{S_{7.3}-S_{8.1}}{Z_3-Z_1}\right\} \qquad (3.1.9)$$

$L\chi_n$. $R\chi_n$ は $n = 1, 2 \cdots\cdots 6$ につき計算する。

3-2 基礎岩盤の変形常数

$$K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\frac{\sqrt{1+\xi^2}\ (3-14\xi^2-2\xi^4)+15\xi^3+2\xi^5-3}{15\xi} + \xi\log\frac{1+\sqrt{1+\xi^2}}{\xi}\right\} \quad (3.2.1)$$

$$_LK_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log(\xi_L+\sqrt{1+\xi_L^2}) + \xi_L\log\frac{1+\sqrt{1+\xi_L^2}}{\xi_L} - \frac{(\sqrt{1+\xi_L^2})^3-1-\xi_L^3}{3\xi_L}\right\} \quad (3.2.2)$$

$$_RK_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left\{\log(\xi_R+\sqrt{1+\xi_R^2}) + \xi_R\log\frac{1+\sqrt{1+\xi_R^2}}{\xi_R} - \frac{(\sqrt{1+\xi_R^2})^3-1-\xi_R^3}{3\xi_R}\right\} \quad (3.2.3)$$

$$K_3 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log(\xi+\sqrt{1+\xi^2}) + \xi\log\frac{1+\sqrt{1+\xi^2}}{\xi} - \frac{(\sqrt{1+\xi^2})^3-1-\xi^3}{3\xi}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\xi\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\xi^2}}{\xi}\right) - \frac{\sqrt{1+\xi^2}\,(2\xi^2-1)-2\xi^3+1}{3\xi}\right\}\right] \quad (3.2.4)$$

$$_LK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[\left(90-\frac{24}{\xi_L}+\frac{5}{\xi_L^2}-\frac{3}{8\xi_L^4}+\frac{9}{112\xi_L^6}\right)+\nu_R\left(90-\frac{48}{\xi_L}+\frac{15}{\xi_L^2}-\frac{15}{8\xi_L^4}+\frac{63}{112\xi_L^6}\right) - \nu_R^2\left(\frac{24}{\xi_L}-\frac{10}{\xi_L^2}+\frac{3}{2\xi_L^4}-\frac{27}{56\xi_L^6}\right)\right] \quad (3.2.5)$$

$$_RK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[\left(90-\frac{24}{\xi_R}+\frac{5}{\xi_R^2}-\frac{3}{8\xi_R^4}+\frac{9}{112\xi_R^6}\right)+\nu_R\left(90-\frac{48}{\xi_R}+\frac{15}{\xi_R^2}-\frac{15}{8\xi_R^4}+\frac{63}{112\xi_R^6}\right) - \nu_R^2\left(\frac{24}{\xi_R}-\frac{10}{\xi_R^2}+\frac{3}{2\xi_R^4}-\frac{27}{56\xi_R^6}\right)\right] \quad (3.2.6)$$

$$K_5 = (1-\nu_R-2\nu_R^2)\left[1-\frac{1}{2\pi}\left\{4(1+\xi^2)\tan^{-1}(1/\xi)-3\xi-\xi^3\log\frac{1+\xi^2}{\xi^2}+1/\xi\log(1+\xi^2)\right\}\right] \quad (3.2.7)$$

$$_LK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\xi_L^2}}{\xi_L}\right)+1/\xi_L\log(\xi_L+\sqrt{1+\xi_L^2}) - \frac{(\sqrt{1+\xi_L^2})^3-1-\xi_L^3}{3\xi_L^2}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\xi_L}\log(\xi_L+\sqrt{1+\xi_L^2}) - \frac{\sqrt{1+\xi_L^2}\,(2-\xi_L^2)-2+\xi_L^3}{3\xi_L^2}\right\}\right] \quad (3.2.8)$$

$$_RK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\frac{1+\sqrt{1+\xi_R^2}}{\xi_R}+1/\xi_R\log(\xi_R+\sqrt{1+\xi_R^2}) - \frac{(\sqrt{1+\xi_R^2})^3-1-\xi_R^3}{3\xi_R^2}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\xi_R}\log(\xi_R+\sqrt{1+\xi_R^2}) - \frac{\sqrt{1+\xi_R^2}\,(2-\xi_R^2)-2+\xi_R^3}{3\xi_R^2}\right\}\right] \quad (3.2.9)$$

$$_L\alpha'_n = {}^{K_1}/_{(_LE_{R.n}\,,\,_LT_{A.n}^2)} \quad (3.2.10)$$

$$_R\alpha'_n = {}^{K_1}/_{(_RE_R\,,\,_RT_{A.n}^2)} \quad (3.2.11)$$

$$_L\beta'_n = {}^{_LK_2}/_{_LE_{R.n}} \quad (3.2.12)$$

$$_R\beta'_n = {}^{_RK_2}/_{_RE_{R.n}} \quad (3.2.13)$$

$$_L\gamma'_n = {}^{K_3}/_{_LE_{R.n}} \quad (3.2.14)$$

$$_R\gamma'_n = {}^{K_3}/_{_RE_{R.n}} \quad (3.2.15)$$

$$_L\delta'_n = {}^{_LK_4}/_{(_LE_{R.n}\,,\,_LT_{A.n}^2)} \quad (3.2.16)$$

$$_R\delta'_n = {}^{_RK_4}/_{(_RE_{R.n}\,,\,_RT_{A.n}^2)} \quad (3.2.17)$$

$$_L\alpha''_n = {}^{K_5}/_{(_LE_{R.n}\,,\,_LT_{A.n})} \quad (3.2.18)$$

$$_R\alpha''_n = {}^{K_5}/_{(_RE_{R.n}\,,\,_RT_{A.n})} \quad (3.2.19)$$

$$_L\textcircled{1}_n = {}^{_LK_6}/_{_LE_{R.n}} \quad (3.2.20)$$

$$_R\textcircled{1}_n = {}^{_RK_6}/_{_RE_{R.n}} \quad (3.2.21)$$

(3.2.10) ～ (3.2.21) を $n = 1.2$ -------6 について計算する.

3－3 アーチの基礎常数

$$_{L}a\alpha_n = {}_{L}\alpha'_n \cos^3{}_{L}\chi_n + {}_{L}\delta'_n \sin^2{}_{L}\chi_n \cos{}_{L}\chi_n \quad (3.3.1)$$

$$_{R}a\alpha_n = {}_{R}\alpha'_n \cos^3{}_{R}\chi_n + {}_{R}\delta'_n \sin^2{}_{R}\chi_n \cos{}_{R}\chi_n \quad (3.3.2)$$

$$_{L}a\alpha_{2n} = {}_{L}\alpha''_n \cos^2{}_{L}\chi_n \quad (3.3.3)$$

$$_{R}a\alpha_{2n} = {}_{R}\alpha''_n \cos^2{}_{R}\chi_n \quad (3.3.4)$$

$$_{L}a\beta_n = {}_{L}\beta'_n \cos^3{}_{L}\chi_n + {}_{L}\textcircled{\gamma}_n \sin^2{}_{L}\chi_n \cos{}_{L}\chi_n \quad (3.3.5)$$

$$_{R}a\beta_n = {}_{R}\beta'_n \cos^3{}_{R}\chi_n + {}_{R}\textcircled{\gamma}_n \sin^2{}_{R}\chi_n \cos{}_{R}\chi_n \quad (3.3.6)$$

$$_{L}a\gamma_n = {}_{L}\gamma'_n \cos{}_{L}\chi_n \quad (3.3.7)$$

$$_{R}a\gamma_n = {}_{R}\gamma'_n \cos{}_{R}\chi_n \quad (3.3.8)$$

(3.3.1) ～ (3.3.8) を $n = 1.2\cdots\cdots 6$ について計算する。

3－4 片持梁の基礎常数

i) $10 < m \leqq 16$ のとき

$$c\alpha_m = ({}_{L}\alpha'_{m-10} \sin^3{}_{L}\chi_{m-10} + {}_{L}\delta'_{m-10} \cos^2{}_{L}\chi_{m-10} \sin{}_{L}\chi_{m-10}) \frac{a r_{m.m-10}}{r_{m.m-10}} \quad (3.4.1)$$

$$c\alpha_{2.m} = ({}_{L}\alpha''_{m-10} \sin^2{}_{L}\chi_{m-10}) \frac{a r_{m.m-10}}{r_{m.m-10}} \quad (3.4.2)$$

ii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$$c\alpha_m = ({}_{R}\alpha'_{10-m} \cdot \sin^3{}_{R}\chi_{10-m} + {}_{R}\delta'_{10-m} \cdot \cos^2{}_{R}\chi_{10-m} \cdot \sin{}_{R}\chi_{10-m}) \frac{a r_{m.10-m}}{r_{m.10-m}} \quad (3.4.3)$$

$$c\alpha_{2.m} = ({}_{R}\alpha''_{10-m} \cdot \sin^2{}_{R}\chi_{10-m}) \frac{a r_{m.10-m}}{r_{m.10-m}} \quad (3.4.4)$$

iii) $m = 10$ のとき

$$c\alpha_{10} = \frac{K_1}{{}_{L}E_{R.0} \cdot r^2_{c.0}} \cdot \frac{a r_{10.0}}{r_{10.0}} \quad (3.4.5)$$

$$c\alpha_{2.10} = \frac{K_5}{{}_{L}E_{R.0} \cdot r_{c.0}} \cdot \frac{a r_{10.0}}{r_{10.0}} \quad (3.4.6)$$

$$c\gamma_{10} = \frac{K_3}{{}_{L}E_{R.0}} \cdot \frac{a r_{10.0}}{r_{10.0}} \quad (3.4.7)$$

$$c\textcircled{\gamma}_{10} = \frac{{}_{L}K_6 + {}_{R}K_6}{2{}_{L}E_{R.0}} \cdot \frac{a r_{10.0}}{r_{10.0}} \quad (3.4.8)$$

$$c\delta_{10} = \frac{{}_{L}K_4 + {}_{R}K_4}{2{}_{L}E_{R.0}\, r^2_{c.0}} \cdot \frac{a r_{10.0}}{r_{10.0}} \quad (3.4.9)$$

これら $c\alpha_m$. $c\alpha_{2.m}$ を $m = 4.5.6\cdots\cdots 10\cdots\cdots 16$ について計算し. $c\gamma_{10}$. $c\textcircled{\gamma}_{10}$ $c\delta_{10}$ を計算する。

3－5. 集中荷重の係数

i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき

$$K^{\varepsilon}_m = \frac{a r_{m.m-10}}{r_{m.m-10}} \tan{}_{L}\chi_{m-10} \quad (3.5.1)$$

ii) $4 \leqq m < 10$ のとき

$$K^{\varepsilon}_m = \frac{a r_{m.10-m}}{r_{m.10-m}} \tan{}_{R}\chi_{10-m} \quad (3.5.2)$$

K^{ε}_m を $m = 4.5\cdots\cdots 9; 11.12\cdots\cdots 16$ について計算する。

第4節　アーチの単位撓み

4-1 アーチの形状計算

i) $R1\phi_{A.n} \leqq \phi_{m.n} \leqq L1\phi_{A.n}$ のとき

$$\psi_{m.n} = \phi_{m.n} \tag{4.1.1}$$

ii) $L1\phi_{A.n} < \phi_{m.n} \leqq L1\phi_{A.n} + L2\phi_{A.n}$ のとき

$$\psi_{m.n} = L1\phi_{A.n} + \frac{L2r_n}{1r_n}(\phi_{m.n} - L1\phi_{A.n}) \tag{4.1.2}$$

iii) $R1\phi_{A.n} + R2\phi_{A.n} \leqq \phi_{m.n} < R1\phi_{A.n}$ のとき

$$\psi_{m.n} = R1\phi_{A.n} + \frac{R2r_n}{1r_n}(\phi_{m.n} - R1\phi_{A.n}) \tag{4.1.3}$$

$$\psi_{m+\frac{i}{\theta}.n} = \psi_{m.n} + i/\theta\ (\psi_{m+1.n} - \psi_{m.n}) \tag{4.1.4}$$

i) $R1\phi_{A.n} \leqq \psi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \leqq L1\phi_{A.n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} = \psi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.1.5}$$

$$T_{m+\frac{i}{\theta}.n} = T_{c.n} \tag{4.1.6}$$

$$x'_{m+\frac{i}{\theta}.n} = 1r_n(1 - \cos\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n}) \tag{4.1.7}$$

$$y'_{m+\frac{i}{\theta}.n} = 1r_n \sin\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.1.8}$$

$$ux_{m+\frac{i}{\theta}.n} = x'_{m+\frac{i}{\theta}.n} - \frac{T_{c.n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.1.9}$$

$$uy_{m+\frac{i}{\theta}.n} = y'_{m+\frac{i}{\theta}.n} + \frac{T_{c.n}}{2}\sin\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.1.10}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}(ux_{m+\frac{i}{\theta}.n}) = (1r_n + \frac{T_{c.n}}{2})\sin\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.1.11}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}(uy_{m+\frac{i}{\theta}.n}) = (1r_n + \frac{T_{c.n}}{2})\cos\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.1.12}$$

ii) $L1\phi_{A.n} < \psi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \leqq L1\phi_{A.n} + \frac{L2r_n}{1r_n}L2\phi_{A.n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} = L1\phi_{A.n} + \frac{1r_n}{L2r_n}(\psi_{m+\frac{i}{\theta}.n} - L1\phi_{A.n}) \tag{4.1.13}$$

$$T_{m+\frac{i}{\theta}.n} = T_{c.n} + (LT_{A.n} - T_{c.n})\frac{vers(\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} - L1\phi_{A.n})}{vers\,L2\phi_{A.n}} \tag{4.2.14}$$

$$x'_{m+\frac{i}{\theta}.n} = 1r_n(1 - \cos L1\phi_{A.n}) + L2r_n(\cos L1\phi_{A.n} - \cos\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n}) \tag{4.2.15}$$

$$y'_{m+\frac{i}{\theta}.n} = 1r_n \sin L1\phi_{A.n} + L2r_n(\sin\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} - \sin L1\phi_{A.n}) \tag{4.2.16}$$

$$ux_{m+\frac{i}{\theta}.n} = x'_{m+\frac{i}{\theta}.n} - \frac{T_{m+\frac{i}{\theta}.n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.2.17}$$

$$uy_{m+\frac{i}{\theta}.n} = y'_{m+\frac{i}{\theta}.n} + \frac{T_{m+\frac{i}{\theta}.n}}{2}\sin\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} \tag{4.2.18}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}(ux_{m+\frac{i}{\theta}.n}) = \left\{(L2r_n + \frac{T_{c.n}}{2})\sin\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} + \frac{LT_{A.n} - T_{c.n}}{2\,vers\,L2\phi_{A.n}}\left\{\sin\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} - \sin(2\phi_{m+\frac{i}{\theta}.n} - L1\phi_{A.n})\right\}\right\}\frac{1r_n}{L2r_n} \tag{4.1.19}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\mathcal{Y}_{m+\frac{j}{\delta},n})=\left[(\iota_2 r_n+\frac{T_{c,n}}{2})\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}+\frac{\iota T_{A,n}-T_{c,n}}{2\,\mathrm{vers}\,\iota_2\phi_{A,n}}\left\{\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-\cos(2\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-\iota_1\phi_{A,n})\right\}\right]\frac{\iota r_n}{\iota_2 r_n} \tag{4.1.20}$$

iii) $R_1\phi_{A,n}+\frac{R_2 r_n}{\iota r_n}R_2\phi_{A,n}\leqq\psi_{m+\frac{j}{\delta},n}<R_1\phi_{A,n}$ のとき

$$\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}=R_1\phi_{A,n}+\frac{\iota r_n}{R_2 r_n}(\psi_{m+\frac{j}{\delta},n}-R_1\phi_{A,n}) \tag{4.1.21}$$

$$T_{m+\frac{j}{\delta},n}=T_{c,n}+(RT_{A,n}-T_{c,n})\frac{\mathrm{vers}\,(\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-R_1\phi_{A,n})}{\mathrm{vers}\,R_2\phi_{A,n}} \tag{4.1.22}$$

$$x'_{m+\frac{j}{\delta},n}=\iota r_n(1-\cos R_1\phi_{A,n})+R_2 r_n(\cos R_1\phi_{A,n}-\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}) \tag{4.1.23}$$

$$y'_{m+\frac{j}{\delta},n}=\iota r_n\sin R_1\phi_{A,n}+R_2 r_n(\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-\sin R_1\phi_{A,n}) \tag{4.1.24}$$

$$u\mathcal{X}_{m+\frac{j}{\delta},n}=x'_{m+\frac{j}{\delta},n}-\frac{T_{m+\frac{j}{\delta},n}}{2}\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.25}$$

$$u\mathcal{Y}_{m+\frac{j}{\delta},n}=y'_{m+\frac{j}{\delta},n}+\frac{T_{m+\frac{j}{\delta},n}}{2}\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n} \tag{4.1.26}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\mathcal{X}_{m+\frac{j}{\delta},n})=\left[(R_2 r_n+\frac{T_{c,n}}{2})\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}+\frac{RT_{A,n}-T_{c,n}}{2\,\mathrm{vers}\,R_2\phi_{A,n}}\left\{\sin\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-\sin(2\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-R_1\phi_{A,n})\right\}\right]\frac{\iota r_n}{R_2 r_n} \tag{4.1.27}$$

$$\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\mathcal{Y}_{m+\frac{j}{\delta},n})=\left[(R_2 r_n+\frac{T_{c,n}}{2})\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}+\frac{RT_{A,n}-T_{c,n}}{2\,\mathrm{vers}\,R_2\phi_{A,n}}\left\{\cos\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-\cos(2\phi_{m+\frac{j}{\delta},n}-R_1\phi_{A,n})\right\}\right]\frac{\iota r_n}{R_2 r_n} \tag{4.1.28}$$

とする。(4.1.1)~(4.1.3)を $n=1,2\cdots\cdots6$; $m=10-n,11-n\cdots\cdots10\cdots\cdots10+n$ について(4.1.4)~(4.1.28)は $n=1,2\cdots\cdots6$; $m=10-n,11-n\cdots\cdots10\cdots\cdots10+n$; $j=0,1,2\cdots\cdots7$ について計算する。ただし $m=10+n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$10\leqq m\leqq\iota$ または $10\geqq m\geqq\iota$ としたとき (m,n) に原点をおき (m,n) における アーチ中心線の法線を x 軸接線を y 軸としたときの $(\iota+\frac{j}{\delta},n)$ の座標を $(x^{m,n}_{\iota+\frac{j}{\delta},n}),(y^{m,n}_{\iota+\frac{j}{\delta},n})$ とする。

$$(x^{m,n}_{\iota+\frac{j}{\delta},n})=(x'_{\iota+\frac{j}{\delta},n}-x'_{m,n})\cos\phi_{m,n}-(y'_{\iota+\frac{j}{\delta},n}-y'_{m,n})\sin\phi_{m,n} \tag{4.1.29}$$

$$(y^{m,n}_{\iota+\frac{j}{\delta},n})=(x'_{\iota+\frac{j}{\delta},n}-x'_{m,n})\sin\phi_{m,n}+(y'_{\iota+\frac{j}{\delta},n}-y'_{m,n})\cos\phi_{m,n} \tag{4.1.30}$$

これら $(x^{m,n}_{\iota+\frac{j}{\delta},n}),(y^{m,n}_{\iota+\frac{j}{\delta},n})$ を $n=1,2\cdots\cdots6$; $m=10,11\cdots\cdots10+n$; $\iota=m,m+1\cdots\cdots10+n$, $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $\iota=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

さらに $n=1,2\cdots\cdots6$; $m=10,9,8\cdots\cdots10-n$; $\iota=m,m-1\cdots\cdots10-n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $m=\iota=10$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

4-2. アーチ常数の計算

$$\iota_1 A_{m,n}=\frac{\iota r_n}{EC}\sum_{\iota=m}^{9+n}(\psi_{\iota+1,n}-\psi_{\iota,n})\left[\frac{1}{T^3_{\iota,n}}+\frac{4}{T^3_{\iota+\frac{1}{\delta},n}}+\frac{2}{T^3_{\iota+\frac{2}{\delta},n}}+\frac{4}{T^3_{\iota+\frac{3}{\delta},n}}+\frac{1}{T^3_{\iota+1,n}}\right]+\iota a\alpha_n \tag{4.2.1}$$

$$R_1 A_{m,n}=\frac{\iota r_n}{Ec}\sum_{\iota=10-n}^{m-1}(\psi_{\iota+1,n}-\psi_{\iota,n})\left[\frac{1}{T^3_{\iota,n}}+\frac{4}{T^3_{\iota+\frac{1}{\delta},n}}+\frac{2}{T^3_{\iota+\frac{2}{\delta},n}}+\frac{4}{T^3_{\iota+\frac{3}{\delta},n}}+\frac{1}{T^3_{\iota+1,n}}\right]+Ra\alpha_n \tag{4.2.2}$$

$$\iota_1 B_{m,n}=\frac{\iota r_n}{Ec}\sum_{\iota=m}^{9+n}(\psi_{\iota+1,n}-\psi_{\iota,n})\left[\frac{(x^{m,n}_{\iota,n})}{T^3_{\iota,n}}+4\frac{(x^{m,n}_{\iota+\frac{1}{\delta},n})}{T^3_{\iota+\frac{1}{\delta},n}}+2\frac{(x^{m,n}_{\iota+\frac{2}{\delta},n})}{T^3_{\iota+\frac{2}{\delta},n}}+4\frac{(x^{m,n}_{\iota+\frac{3}{\delta},n})}{T^3_{\iota+\frac{3}{\delta},n}}+\right.$$

$$\frac{(X^{m.n}_{i+1.n})}{T^3_{i+1.n}}\Big] + La\alpha_n\,(X^{m.n}_{10+n.n}) + La\alpha_{2.n}\,\sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.2.3)$$

$$R1B_{m.n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[\frac{(X^{m.n}_{i.n})}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{(X^{m.n}_{i+1.n})}{T^3_{i+1.n}}\Big] + Ra\alpha_n\,(X^{m.n}_{10-n.n}) - Ra\alpha_{2.n}\,\sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.2.4)$$

$$L1C_{m.n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[\frac{(Y^{m.n}_{i.n})}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{(X^{m.n}_{i+1.n})}{T^3_{i+1.n}}\Big] + La\alpha_n\,(Y^{m.n}_{10+n.n}) + La\alpha_{2.n}\,\cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.2.5)$$

$$R1C_{m.n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[\frac{(Y^{m.n}_{i.n})}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{(Y^{m.n}_{i+1.n})}{T^3_{i+1.n}}\Big] + Ra\alpha_n\,(Y^{m.n}_{10-n.n}) - Ra\alpha_{2.n}\,\cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.2.6)$$

$$L2B_{m.n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[\frac{(X^{m.n}_{i.n})(Y^{m.n}_{i.n})}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})(Y^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})(Y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})(Y^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{(X^{m.n}_{i+1.n})(Y^{m.n}_{i+1.n})}{T^3_{i+1.n}}\Big] + \frac{(3+5V_c)}{24}\frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[$$

$$\frac{\sin(\phi_{i.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i.n} - \phi_{m.n})}{T_{i.n}} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{8}.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{1}{8}.n}} +$$

$$2\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{4}{8}.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{4}{8}.n}} +$$

$$\frac{\sin(\phi_{i+1.n} - \phi_{m.n})(\phi_{i+1.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+1.n}}\Big] + La\alpha_n\,(X^{m.n}_{10+n.n})(Y^{m.n}_{10+n.n}) + La\alpha_{2.n}\Big[$$

$$(X^{m.n}_{10+n.n})\cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) + (Y^{m.n}_{10+n.n})\sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n})\Big] + (La\gamma_n - La\beta_n)\times$$

$$\sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.2.7)$$

$$R2B_{m.n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[\frac{(X^{m.n}_{i.n})(Y^{m.n}_{i.n})}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})(X^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})(Y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{(X^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})(Y^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{(X^{m.n}_{i+1.n})(Y^{m.n}_{i+1.n})}{T^3_{i+1.n}}\Big] + \frac{1r_n}{24}\frac{(3+5V_c)}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[$$

$$\frac{\sin(\phi_{i.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i.n} - \phi_{m.n})}{T_{i.n}} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{8}.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{1}{8}.n}} +$$

$$2\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{4}{8}.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{4}{8}.n}} +$$

$$\frac{\sin(\phi_{i+1.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{i+1.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+1.n}}\Big] + Ra\alpha_n\,(X^{m.n}_{10-n.n})(Y^{m.n}_{10-n.n}) - Ra\alpha_{2.n}\Big[(X^{m.n}_{10-n.n})\cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n})$$

$$+ (Y^{m.n}_{10-n.n})\sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n})\Big] + (Ra\gamma_n - Ra\beta_n)\sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n})\cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n})$$

$$(4.2.8)$$

$$L2C_{m.n} = \frac{1r_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[\frac{(Y^{m.n}_{i.n})^2}{T^2_{i.n}} + 4\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{1}{8}.n})^2}{T^2_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})^2}{T^2_{i+\frac{2}{8}.n}} + 4\,\frac{(Y^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})^2}{T^2_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{(Y^{m.n}_{i+1.n})^2}{T^2_{i+1.n}}\Big]$$

$$+\frac{1r_n}{12}\frac{}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\Big[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i.n} - \phi_{m.n})}{T_{i.n}} +$$

$$4\,\frac{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{1}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{1}{8}.n}} + 2\,\frac{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{8}.n}} +$$

$$4\,\frac{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+\frac{4}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{1+\frac{1}{2}(3+5V_c)\cos^2(\phi_{i+1.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+1.n}}\Big]$$

$$+L\alpha\alpha_n\left(y_{10+n.n}^{m.n}\right)^2+L\alpha\beta_n\sin^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{mn})+L\alpha\gamma_n\cos^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})+$$
$$2L\alpha\alpha_{2.n}\left(y_{10+n.n}^{m.n}\right)\cos(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \qquad (4.2.9)$$

$$R2C_{m.n}=\frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n}-\psi_{i.n})\left[\frac{\left(y_{i.n}^{m.n}\right)}{T_{i.n}^1}+4\frac{\left(y_{i+\frac{1}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{1}{\theta}.n}^2}+2\frac{\left(y_{i+\frac{2}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{2}{\theta}.n}^3}+4\frac{\left(y_{i+\frac{3}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{3}{\theta}.n}^4}+\frac{\left(y_{i+1.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+1.n}^5}\right]+$$
$$\frac{1\Gamma_n}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n}-\psi_{i.n})\left[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{Ti.n}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{1}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{2}{\theta}.n}\right.$$
$$+2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{2}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{4}{\theta}.n}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{3}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{6}{\theta}.n}+$$
$$\left.+\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})}{Ti+1.n}\right]+Ra\alpha_n\left(y_{10-n.n}^{m.n}\right)^2+Ra\beta_n\sin^2(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n})$$
$$+Ra\gamma_n\cos^2(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n})-2Ra\alpha_{2.n}\left(y_{10-n.n}^{m.n}\right)\cos(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n}) \qquad (4.2.10)$$

$$L3B_{m.n}=\frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1.n}-\psi_{i.n})\left[\frac{\left(\chi_{i.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i.n}^1}+4\frac{\left(\chi_{i+\frac{1}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{1}{\theta}.n}^2}+2\frac{\left(\chi_{i+\frac{2}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{2}{\theta}.n}^3}+4\frac{\left(\chi_{i+\frac{3}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{3}{\theta}.n}^4}+\frac{\left(\chi_{i+1.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+1.n}^5}\right]$$
$$+\frac{1\Gamma_n}{12Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1.n}-\psi_{i.n})\left[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{Ti.n}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{2}{\theta}.n}\right.$$
$$+2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{2}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{4}{\theta}.n}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{3}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{6}{\theta}.n}+$$
$$\left.\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})}{Ti+1.n}\right]+La\alpha_n\left(\chi_{10+n.n}^{m.n}\right)^2+La\beta_n\cos^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})+$$
$$La\gamma_n\sin^2(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n})+2La\alpha_{2.n}\left(\chi_{10+n.n}^{m.n}\right)\sin(\phi_{10+n.n}-\phi_{m.n}) \qquad (4.2.11)$$

$$R3B_{m.n}=\frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n}-\psi_{i.n})\left[\frac{\left(\chi_{i.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i.n}^1}+4\frac{\left(\chi_{i+\frac{1}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{1}{\theta}.n}^2}+2\frac{\left(\chi_{i+\frac{2}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{2}{\theta}.n}^3}+4\frac{\left(\chi_{i+\frac{3}{\theta}.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+\frac{3}{\theta}.n}^4}+\frac{\left(\chi_{i+1.n}^{m.n}\right)^2}{T_{i+1.n}^5}\right]$$
$$+\frac{1\Gamma_n}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1.n}-\psi_{i.n})\left[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{Ti.n}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{1}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{2}{\theta}.n}\right.$$
$$+2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{2}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{4}{\theta}.n}+4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{3}{\theta}.n}-\phi_{m.n})}{Ti+\frac{6}{\theta}.n}+$$
$$\left.\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})}{Ti+1.n}\right]+Ra\alpha_n\left(\chi_{10-n.n}^{m.n}\right)^2+Ra\beta_n\cos^2(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n})+$$
$$+Ra\gamma_n\sin^2(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n})-2Ra\alpha_{2.n}\left(\chi_{10-n.n}^{m.n}\right)\sin(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n}) \qquad (4.2.12)$$

(4.2.1.), (4.2.3), (4.2.5), (4.2.7), (4.2.9), (4.2.11) について $n=1,2\cdots\cdots6$; $m=10,11\cdots\cdots10+n$ について計算し (4.2.2), (4.2.4), (4.2.6), (4.2.8), (4.2.10), (4.2.12) は $n=1,2\cdots\cdots6$; $m=10.9\cdots\cdots10-n$ について計算する.

$$1A_{10.n}=L1A_{10.n}+R1A_{10.n} \qquad (4.2.13)$$
$$1B_{10.n}=L1B_{10.n}+R1B_{10.n} \qquad (4.2.14)$$
$$1C_{10.n}=L1C_{10.n}+R1C_{10.n} \qquad (4.2.15)$$
$$2B_{10.n}=L2B_{10.n}+R2B_{10.n} \qquad (4.2.16)$$
$$2C_{10.n}=L2C_{10.n}+R2C_{10.n} \qquad (4.2.17)$$
$$3B_{10.n}=L3B_{10.n}+R3B_{10.n} \qquad (4.2.18)$$

(4.2.13) ~ (4.2.18) を $n=1,2\cdots\cdots6$ について計算する.

4-3. 単位荷重による M_L, H_L, V_L

$$LYM(n.K.10.i+\tfrac{\alpha i}{\theta})=\frac{1}{24}\sum_{\delta=0}^{P-1}\left((\Psi_{K-1+\frac{25}{\theta}.n}-\Psi_{K-1.n})\left[\left\{(\mathcal{X}_{i+\frac{\alpha}{\theta}.n}^{l})-(u\chi_{K-1+\frac{25}{\theta}.n})\right\}\frac{\alpha}{d\Psi}(u\chi_{K-1+\frac{25}{\theta}.n})+\right.\right.$$

$$\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)\Big]+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(ux_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\times$$
$$\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\Big]+\left(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\times$$
$$\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(ux_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big]\Big)$$
$$+\frac{1}{24}\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big(\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(ux_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(uy_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\right\}\times$$
$$\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\Big]+4\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(ux_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-$$
$$\left(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\Big]+\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(ux_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)$$
$$+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big] \qquad (4.3.1)$$

$$LrH\left(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}\right)=\frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)$$
$$\times\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}+\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)$$
$$+4\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}\Big]-\cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[$$
$$\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\right.$$
$$\left.\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}+\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)+4\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)$$
$$+\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.2)$$

$$LrV\left(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}\right)=\frac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)$$
$$\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}+\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\times$$
$$\left(ux_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)+4\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(ux_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}\Big]+$$
$$\cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+$$
$$\left(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}+\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)+4\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\times$$
$$\left(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)+\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\frac{\alpha}{d\psi}\left(uy_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.3)$$

$$LsM\left(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}\right)=-\frac{1\Gamma_n}{24}\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big(\left(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(x'_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)\right\}\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)$$
$$-\left(y'_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\right)\right\}\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n\Big]+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(x'_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n$$
$$-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(y'_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n\Big]+\left(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(x'_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}$$
$$\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(y'_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\Big]\Big)+\frac{1\Gamma_n}{24}\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big(\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)$$
$$-\left(x'_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\right\}\cos\phi_{K+\frac{2s}{\delta}},n-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(y'_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\right\}\sin\phi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\Big]+4\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)$$
$$\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(x'_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(y'_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\right\}\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\Big]+$$
$$\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\Big[\left\{\left(x'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(x'_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\delta}},n\right)-\left(y'_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\right\}$$
$$\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\Big]\Big) \qquad (4.3.4)$$

$$LsH\left(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}\right)=-\frac{1\Gamma_n}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\right.$$
$$\left.\psi_{K-1,n}\right)\times\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n+\left(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}},n\Big\}+\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}\Big\{\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}},n\right)\sin\phi_{K+\frac{2s}{\delta}},n$$
$$+4\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n\right)\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta}},n+\left(\psi_{K+1,n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\right)\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta}},n\Big\}\Big]+\cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta}},n\Big[\sum_{s=0}^{\frac{\delta}{2}-1}$$
$$\left(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\times\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta}},n+4\left(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n-\psi_{K-1,n}\right)\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}},n+$$

$$(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}-\psi_{K-1.n})\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}\Big\}+\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n})\cos\phi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n}+4(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{4s+1}{\delta}\cdot n})\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}+(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n})\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}\Big\}\Big)\qquad(4.3.5)$$

$$LSV(n.K.10.i+\tfrac{2f}{\delta})=\frac{11n}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2f}{\delta}\cdot n}\Big[\sum_{s=0}^{\rho-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}\cdot n}-\psi_{K-1.n})\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta}\cdot n}+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}-\psi_{K-1.n})\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}-\psi_{K-1.n})\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}\Big\}+\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n})\cos\phi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n}+4(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n})\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}+(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n})\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}\Big\}\Big]-\cos\phi_{i+\frac{2f}{\delta}\cdot n}\Big[\sum_{s=0}^{\rho-1}\Big\{(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}\cdot n}-\psi_{K-1.n})\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta}\cdot n}+4(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}-\psi_{K-1.n})\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}+(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}-\psi_{K-1.n})\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}\Big\}+\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n})\times\sin\phi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n}+4(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n})\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}+(\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n})\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}\Big\}\Big]\Big)\qquad(4.3.6)$$

$$LtM(n.K.10.i+\tfrac{2f}{\delta})=\frac{11n}{24}\Big[\sum_{s=0}^{\rho-1}(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta}\cdot n}+4\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}+\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}-6\psi_{K-1.n})+\sum_{s=0}^{\delta-1}(6\psi_{K+1.n}-\psi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n}-4\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}-\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n})\Big\}\qquad(4.3.7)$$

(4.3.1) ～ (4.3.7) に現れる $\sum_{s=0}^{\rho-1}$, $\sum_{s=0}^{\delta-1}$ は次のようにとるものとする。

i) $K=i=10$ のとき

$\rho=0$　$\delta=f$.

すなわち $\sum_{s=0}^{\rho-1}$ は計算しない。

ii) $K=10$.　$11\leqq i\leqq 10+n$ のとき

$\rho=0$　$\delta=4$

すなわち $\sum_{s=0}^{\rho-1}$ は計算しない。

iii) $10\leqq i<K-1$ のとき

$\rho=0$　$\delta=0$

すなわち $LrM(n.K.10.i+\frac{2f}{\delta})=LrH(n.K.10.i+\frac{2f}{\delta})=LrV(n.K.10.i+\frac{2f}{\delta})$
$=LsM(n.K.10.i+\frac{2f}{\delta})=LsH(n.K.10.i+\frac{2f}{\delta})=LsV(n.K.10.i+\frac{2f}{\delta})=LtM(n.K.10.i+\frac{2f}{\delta})=0$

iv) $10+n>i=K-1\geqq 10$ のとき

$\rho=f$　$\delta=0$

すなわち $\sum_{s=0}^{\delta-1}$ は計算しない。

v) $10+n\geqq i=K\geqq 11$ のとき

$\rho=4$　$\delta=f$

vi) $10+n\geqq i>K\geqq 11$ のとき

$\rho=4$　$\delta=4$

以上の ρ,δ を用いて (4.3.1)～(4.3.7) を $n=1,2\cdots 6$; $K=10,11\cdots 10+n$; $i=10,11\cdots 10+n$, $f=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=10+n$ のときは $f=0$ 以外のものについては計算しない。

$$rrM(n.K.10.i+\tfrac{2f}{\delta})=\frac{1}{24}\sum_{s=\rho}^{3}\Big((\psi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n}-\psi_{K+1.n})\Big[\Big\{(\chi'_{i+\frac{2f}{\delta}\cdot n})-(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n})+\Big\{(y'_{i+\frac{2f}{\delta}\cdot n})-(uy_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s}{\delta}\cdot n})\Big]+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n}-\psi_{K+1.n})\Big[\Big\{(\chi'_{i+\frac{2f}{\delta}\cdot n})-(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n})\Big\}\times\frac{d}{d\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n})+\Big\{(y'_{i+\frac{2f}{\delta}\cdot n})-(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n})\Big\}\frac{d}{d\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\delta}\cdot n})\Big]+(\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta}\cdot n}-\psi_{K+1.n})\Big[\Big\{(\chi'_{i+\frac{2f}{\delta}\cdot n})$$

$$-\left(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\right\}\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big]\Big)+\frac{1}{24}\sum_{S=\theta}^{3}$$

$$\Big(\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\right\}\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\right\}$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\Big]+4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\right\}\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)$$

$$+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\right\}\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\Big]+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}}\right)-\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\right\}\times$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)+\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\right\}\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big]\Big)\qquad(4.3.8)$$

$$RrH(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\theta})=\frac{+1}{24}\left(sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{S=\rho}^{3}\Big\{\left(\psi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K+\frac{2S}{\theta},n}\right)+4\left(\psi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\right.$$

$$\times\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+\left(\psi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}+\sum_{S=\theta}^{3}\Big\{\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)+$$

$$\left.4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}\Big]-cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right.$$

$$\Big[\sum_{S=\rho}^{3}\Big\{\left(\psi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K+\frac{2S}{\theta},n}\right)+4\left(\psi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)$$

$$\times\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+\left(\psi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}+\sum_{S=\theta}^{3}\Big\{\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)+$$

$$4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}\Big]\Big)\qquad(4.3.9)$$

$$RrV(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\theta})=-\frac{1}{24}\left(sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{S=\rho}^{3}\Big\{\left(\psi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K+\frac{2S}{\theta},n}\right)+4\left(\psi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\times\right.$$

$$\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+\left(\psi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}+\sum_{S=\theta}^{3}\Big\{\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)+$$

$$4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}\Big]+cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}$$

$$\Big[\sum_{S=\rho}^{3}\Big\{\left(\psi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K+\frac{2S}{\theta},n}\right)+4\left(\psi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+$$

$$\left(\psi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}+\sum_{S=\theta}^{3}\Big\{\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)+$$

$$4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\frac{\partial}{\partial\psi}\left(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big\}\Big]\Big)\qquad(4.3.10)$$

$$RsM(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\theta})=\frac{-1\Gamma_n}{24}\sum_{S=\rho}^{3}\Big(\left(\psi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(\chi'_{K+\frac{2S}{\theta},n}\right)\right\}cos\phi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\right.$$

$$\left.\left(y'_{K+\frac{2S}{\theta},n}\right)\right\}\times sin\phi_{K+\frac{2S}{\theta},n}\Big]+4\left(\psi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(\chi'_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\right\}cos\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-$$

$$\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(y'_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\right\}\times sin\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}\Big]+\left(\psi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(\chi'_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\right\}$$

$$cos\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(y'_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\right\}\times sin\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\Big]\Big)+\frac{1}{24}\sum_{S=\theta}^{3}\Big(\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)$$

$$\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(\chi'_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\right\}cos\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(y'_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)\right\}\times sin\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\Big]$$

$$+4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(\chi'_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\right\}cos\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-$$

$$\left(y'_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)\right\}\times sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\Big]+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\Big[\left\{\left(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(\chi'_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\right\}cos\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}$$

$$-\left\{\left(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n}\right)-\left(y'_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)\right\}\times sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\Big]\Big)\qquad(4.3.11)$$

$$RsH(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\theta})=\frac{-1\Gamma_n}{24}\left(sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{S=\rho}^{3}\Big\{\left(\psi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)sin\phi_{K+\frac{2S}{\theta},n}+4\left(\psi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)\right.$$

$$sin\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}+\left(\psi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)sin\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\Big\}+\sum_{S=\theta}^{3}\Big\{\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)sin\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}$$

$$+4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\Big\}\Big]$$

$$+cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{S=\rho}^{3}\Big\{\left(\psi_{K+\frac{2S}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)cos\phi_{K+\frac{2S}{\theta},n}+4\left(\psi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)cos\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta},n}+$$

$$\left(\psi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n}\right)cos\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta},n}\Big\}+\sum_{S=\theta}^{3}\Big\{\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}\right)cos\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta},n}+$$

$$\left.4\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}\right)cos\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta},n}+\left(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\right)cos\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta},n}\Big\}\Big]\Big)$$

$$(4.3.13)$$

$$RsV(n.K.10.i+\tfrac{2j}{8}) = -\frac{1\Gamma n}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2j}{8}}.n\{\sum_{s=p}^{3}\{(\psi_{K+\frac{2s}{8}}.n-\psi_{K+1}.n)\cos\phi_{K+\frac{2s}{8}}.n+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{8}}.n-\psi_{K+1}.n)\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{8}}.n+(\psi_{K+\frac{2s+2}{8}}.n-\psi_{K+1}.n)\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{8}}.n\}+\sum_{s=g}^{3}\{(\psi_{K-1}.n-\psi_{K-1+\frac{2s}{8}}.n)\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{8}}.n+4(\psi_{K-1}.n-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8}}.n)\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8}}.n+(\psi_{K-1}.n-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8}}.n)\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8}}.n\}\}-\cos\phi_{i+\frac{2j}{8}}.n\{\sum_{s=p}^{3}\{(\psi_{K+\frac{2s}{8}}.n-\psi_{K+1}.n)\sin\phi_{K+\frac{2s}{8}}.n+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{8}}.n-\psi_{K+1}.n)\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{8}}.n+(\psi_{K+\frac{2s+2}{8}}.n-\psi_{K+1}.n)\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{8}}.n\}+\sum_{s=g}^{3}\{(\psi_{K-1}.n-\psi_{K-1+\frac{2s}{8}}.n)\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{8}}.n+4(\psi_{K-1}.n-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8}}.n)\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{8}}.n+(\psi_{K-1}.n-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8}}.n)\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{8}}.n\}\}) \quad (4.3.13)$$

$$RtM(n.K.10.i+\tfrac{2j}{8}) = \frac{1\Gamma n}{24}\{\sum_{s=p}^{3}(\psi_{K+\frac{2s}{8}}.n+4\psi_{K+\frac{2s+1}{8}}.n+\psi_{K+\frac{2s+2}{8}}.n-6\psi_{K+1}.n)-\sum_{s=g}^{3}(\psi_{K-1+\frac{2s}{8}}.n+4\psi_{K-1+\frac{2s+1}{8}}.n+\psi_{K-1+\frac{2s+2}{8}}.n-6\psi_{K-1}.n)\} \quad (4.3.14)$$

(4.3.8)～(4.3.14)に現れる$\sum_{s=p}^{3}\cdot\sum_{s=g}^{3}$は次のようになるものとする。

i) $K=i=10$のとき $j=0$以外のjについては計算を行わず。

$P=4.\ g=4$

すなわち $RrM(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RrH(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RrV(n.K.10.i+\frac{2j}{8})$
$= RsM(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RsH(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RsV(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RtM(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = 0$

ii) $K=10.\ i=9$のとき

$P=4 \quad g=j$

すなわち $\sum_{s=p}^{3}$は計算しない。

iii) $K=10.\ 9>i\geq 10-n$のとき

$P=4 \quad g=0$

すなわち$\sum_{s=p}^{3}$は計算

iv) $10\geq i\geq K+1$のとき

$P=4 \quad g=4$

すなわち $RrM(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RrH(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RrV(n.K.10.i+\frac{2j}{8})$
$= RsM(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RsH(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RsV(n.K.10.i+\frac{2j}{8}) = RtM(n.K.10.i+\frac{2j}{8})$

v) $10-n\leqq i=K<10$のとき

$P=j \quad g=4$

すなわち$\sum_{s=g}^{3}$は計算しない。

vi) $10-n\leqq i=K-1<9$のとき

$P=0 \quad g\neq j$

vii) $10-n\leqq i<K-1<9$のとき

$P=0 \quad g=0$

以上のP.gを用いて(4.3.8)～(4.3.14)を、$n=1.2\cdots 6$; $K=10.9.8\cdots 10-n$, $i=10,9\cdots\cdots 10-n$, $j=0.1.2.3$について計算する、ただし$i=10$のときは$j=0$以外のjについては計算しない。

$$LrM(n.K.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LrM(n.K.10.i+\tfrac{2j}{8}) - LrM(n.K.10.m) + LrH(n.K.10.m)(\chi_{i+\frac{2j}{8}}^{mn}.n) - LrV(n.K.10.m)(q_{i+\frac{2j}{8}}^{mn}.n) \quad (4.3.15)$$

$$LrH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = LrH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - LrH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) - Lr\nabla(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.16)$$

$$Lr\nabla(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = Lr\nabla(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) + LrH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) - Lr\nabla(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.17)$$

$$LsM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = LsM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - LsM(n.k.10.m) + LsH(n.k.10.m)(x^{m.n}_{i+\frac{2j}{\theta}.n}) - Ls\nabla(n.k.10.m)(y^{m.n}_{i+\frac{2j}{\theta}.n}) \quad (4.3.18)$$

$$LsH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = LsH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - LsH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) - Ls\nabla(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.19)$$

$$Ls\nabla(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = Ls\nabla(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) + LsH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) - Ls\nabla(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.20)$$

$$LtM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = LtM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - LtM(n.k.10.m) \quad (4.3.21)$$

(4.3.15)～(4.3.21) を $n=1.2\cdots\cdots 6$; $K=10.11\cdots\cdots 10+n$; $m=10.11\cdots 10+n$; $i=m.m+1,\cdots\cdots 10+n$; $j=0.1.2.3$ について計算する。ただし $i=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$RrM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RrM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RrM(n.k.10.m) + RrH(n.k.10.m)(x^{m.n}_{i+\frac{2j}{\theta}.n}) + Rr\nabla(n.k.10.m)(y^{m.n}_{i+\frac{2j}{\theta}.n}) \quad (4.3.22)$$

$$RrH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RrH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RrH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) + Rr\nabla(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.23)$$

$$Rr\nabla(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = Rr\nabla(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RrH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) - Rr\nabla(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.24)$$

$$RsM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RsM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RsM(n.k.10.m) + RsH(n.k.10.m)(x^{m.n}_{i+\frac{2j}{\theta}.n}) + Rs\nabla(n.k.10.m)(y^{m.n}_{i+\frac{2j}{\theta}.n}) \quad (4.3.25)$$

$$RsH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RsH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RsH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) + Rs\nabla(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.26)$$

$$Rs\nabla(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = Rs\nabla(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RsH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) - Rr\nabla(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.27)$$

$$RtM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RtM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RtM(n.k.10.m) \quad (4.3.28)$$

(4.3.22)～(4.3.28) を $n=1.2.\cdots\cdots 6$; $K=10.9\cdots 10-n$; $m=10.9\cdots 10-n$; $i=m.m-1\cdots\cdots 10-n$; $j=0.1.2.3$ について計算する。ただし $i=10$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

4-4. 荷重常数

$$
{}_{Lr1}D^{k,n}_{m,n}=\frac{{}_{L}r_n}{E_c}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{1}{3})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}\right.
$$

$$
\left.+4\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right]+{}_{Lr}M(n,k,m,10+n)\cdot{}_{La}d_n+{}_{Lr}\nabla(n,k,m,n+10)\,{}_{La}d_{2,n}\quad(4.4.1)
$$

$$
{}_{Lr2}D^{k,n}_{m,n}=\frac{{}_{L}r_n}{E_c}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i)\,(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{1}{3})\,(y^{m,n}_{i+\frac{1}{3},n})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})\,(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}\right.
$$

$$
\left.+4\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})\,(y^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+1)\,(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right]
$$

$$
+\frac{{}_{L}r_n}{12E_c}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{{}_{Lr}H(n,k,m,i)\cdot\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.
$$

$$
+4\,\frac{{}_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{1}{3})\sin(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cos(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{3},n}}
$$

$$
+2\,\frac{{}_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{2}{3})\sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}
$$

$$
+4\,\frac{{}_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{5}{6})\sin(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cos(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{5}{6},n}}
$$

$$
\left.+\frac{{}_{Lr}H(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right]
$$

$$
+{}_{Lr}M(n,k,m,10+n)\left[{}_{La}d_n\cdot(y^{m,n}_{10+n,n})+{}_{La}d_{2,n}\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right]+{}_{Lr}H(n,k,m,10+n)\cdot{}_{La}\beta_n\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})
$$

$$
+{}_{Lr}\nabla(n,k,m,10+n)\left[{}_{La}\gamma_n\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{La}d_{2,n}\,(y^{m,n}_{10+n,n})\right]\quad(4.4.2)
$$

$$
{}_{Lr3}D^{k,n}_{m,n}=\frac{{}_{L}r_n}{E_c}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i)\,(x^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{1}{3})\,(x^{m,n}_{i+\frac{1}{3},n})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}\right.
$$

$$
\left.+2\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})\,(x^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\,\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})\,(x^{m,n}_{i+\frac{5}{6},n})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}+\frac{{}_{Lr}M(n,k,m,i+1)\,(x^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right]
$$

$$
+\frac{{}_{L}r_n}{12E_c}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{-{}_{Lr}H(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.
$$

$$
+4\,\frac{-{}_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cos(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{3})\sin(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{3},n}}
$$

$$
+2\,\frac{-{}_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+\frac{2}{3})\sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}
$$

$$
+4\,\frac{-{}_{Lr}H(n,k,m,i+\frac{5}{6})\cos(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+\frac{5}{6})\sin(\phi_{i+\frac{5}{6},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{5}{6},n}}
$$

$$
\left.+\frac{-{}_{Lr}H(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\,{}_{Lr}\nabla(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right]
$$

$$
+{}_{Lr}M(n,k,m,10+n)\left[{}_{La}d_n\cdot(x^{m,n}_{10+n,n})+{}_{La}d_{2,n}\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right]-{}_{Lr}H(n,k,m,10+n)\cdot{}_{La}\beta_n\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})
$$

$$
+{}_{Lr}\nabla(n,k,m,10+n)\left[{}_{La}\gamma_n\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+{}_{La}d_{2,n}\,(x^{m,n}_{10+n,n})\right]\quad(4.4.3)
$$

$$
{}_{Ls1}D^{k,n}_{m,n}=\frac{{}_{L}r_n}{E_c}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{{}_{Ls}M(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{{}_{Ls}M(n,k,m,i+\frac{1}{3})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\,\frac{{}_{Ls}M(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\,\frac{{}_{Ls}M(n,k,m,i+\frac{5}{6})}{T^3_{i+\frac{5}{6},n}}\right.
$$

$$
\left.+\frac{{}_{Ls}M(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right]+{}_{Ls}M(n,k,m,10+n)\cdot{}_{La}d_n+{}_{Ls}\nabla(n,k,m,10+n)\cdot{}_{La}d_{2,n}\quad(4.4.4)
$$

$$Ls_2D^{k,n}_{m,n} = \frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LsM(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{LsM(n,k,m,i+3/8)(y^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}\right.$$
$$+2\,\frac{LsM(n,k,m,i+4/8)(y^{m,n}_{i+4/8,n})}{T^3_{i+4/8,n}} + 4\,\frac{LsM(n,k,m,i+6/8)(y^{m,n}_{i+6/8,n})}{T^3_{i+6/8,n}} + \left.\frac{LsM(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right]$$
$$+\frac{1\Gamma_n}{2Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LsH(n,k,m,i)\,Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i)\,Cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\,\frac{LsH(n,k,m,i+3/8)\,Sin(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+3/8)\,Cos(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}$$
$$+2\,\frac{LsH(n,k,m,i+4/8)\,Sin(\phi_{i+4/8,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+4/8)\,Cos(\phi_{i+4/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+4/8,n}}$$
$$+4\,\frac{LsH(n,k,m,i+6/8)\,Sin(\phi_{i+6/8,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+6/8)\,Cos(\phi_{i+6/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+6/8,n}}$$
$$\left.+\frac{LsH(n,k,m,i+1)\,Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+1)\,Cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right]$$
$$+LsM(n,k,m,10+n)\left\{La_{d_n}\cdot(y^{m,n}_{10+n,n})+La_{d_{2,n}}\cdot Cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right\}+LsH(n,k,m,10+n)\cdot La_{\beta_n}\cdot Sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})$$
$$+LsV(n,k,m,10+n)\left\{La_{\gamma_n}Cos(\phi_{0+n,n}-\phi_{m,n})+La_{d_{2,n}}\cdot(y^{m,n}_{10+n,n})\right] \qquad (4.4.5)$$

$$Ls_3D^{k,n}_{m,n} = \frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LsM(n,k,m,i)(x^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{LsM(n,k,m,i+3/8)(x^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}\right.$$
$$+2\,\frac{LsM(n,k,m,i+4/8)(x^{m,n}_{i+4/8,n})}{T^3_{i+4/8,n}} + 4\,\frac{LsM(n,k,m,i+6/8)(x^{m,n}_{i+6/8,n})}{T^3_{i+6/8,n}} + \frac{LsM(n,k,m,i+1)(x^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\left.\right]$$
$$+\frac{1\Gamma_n}{2Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{-LsH(n,k,m,i)\,Cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i)\,Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\,\frac{-LsH(n,k,m,i+3/8)\,Cos(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+3/8)\,Sin(\phi_{i+3/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+3/8,n}}$$
$$+2\,\frac{-LsH(n,k,m,i+4/8)\,Cos(\phi_{i+4/8,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+4/8)\,Sin(\phi_{i+4/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+4/8,n}}$$
$$+4\,\frac{-LsH(n,k,m,i+6/8)\,Cos(\phi_{i+6/8,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+6/8)\,Sin(\phi_{i+6/8,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+6/8,n}}$$
$$\left.+\frac{-LsH(n,k,m,i+1)\,Cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+5/2\,(1+Vc)\,LsV(n,k,m,i+1)\,Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right]$$
$$+LsM(n,k,m,10+n)\left\{La_{d_n}\cdot(x^{m,n}_{10+n,n})+La_{d_{2,n}}Sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right\}$$
$$-LsH(n,k,m,10+n)\cdot La_{\beta_n}\cdot Cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})+LsV(n,k,m,10+n)\left\{La_{\gamma_n}Sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right.$$
$$\left.+La_{d_{2,n}}(x^{m,n}_{10+n,n})\right] \qquad (4.4.6)$$

$$Lt_1D^{k,n}_{m,n} = \frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LtM(n,k,m,i)}{T_{i,n}} + 4\,\frac{LtM(n,k,m,i+3/8)}{T^3_{i+3/8,n}}\right.$$
$$+2\,\frac{LtM(n,k,m,i+4/8)}{T^3_{i+4/8,n}} + 4\,\frac{LtM(n,k,m,i+6/8)}{T^3_{i+6/8,n}} + \left.\frac{LtM(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\right]$$
$$+LtM(n,k,m,10+n)\cdot La_{d_n} \qquad (4.4.7)$$

$$Lt_2D^{k,n}_{m,n} = \frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LtM(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{LtM(n,k,m,i+3/8)(y^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}\right.$$
$$+2\,\frac{LtM(n,k,m,i+4/8)(y^{m,n}_{i+4/8,n})}{T^3_{i+4/8,n}} + 4\,\frac{LtM(n,k,m,i+6/8)(y^{m,n}_{i+6/8,n})}{T^3_{i+6/8,n}}$$
$$\left.+\frac{LtM(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right]+LtM(n,k,m,10+n)\left\{La_{d_n}(y^{m,n}_{10+n,n})+La_{d_{2,n}}Cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\right\} \qquad (4.4.8)$$

$$Lt_3D^{k,n}_{m,n} = \frac{1\Gamma_n}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{LtM(n,k,m,i)(x^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{LtM(n,k,m,i+3/8)(x^{m,n}_{i+3/8,n})}{T^3_{i+3/8,n}}\right.$$
$$+2\,\frac{LtM(n,k,m,i+4/8)(x^{m,n}_{i+4/8,n})}{T^3_{i+4/8,n}} + 4\,\frac{LtM(n,k,m,i+6/8)(x^{m,n}_{i+6/8,n})}{T^3_{i+6/8,n}}$$
$$\left.+\frac{LtM(n,k,m,i+1)(x^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\right]+LtM(n,k,m,10+n)\left\{La_{d_n}(x^{m,n}_{10+n,n})+La_{d_{2,n}}Sin(\phi_{0+n,n}-\phi_{m,n})\right\} \qquad (4.4.9)$$

(4.4.1)～(4.4.9)を $n=1,2,\cdots\cdots 6$; $k=10,11,\cdots\cdots 10+n$; $m=10,11,\cdots\cdots 10+n$ について計算する。

$$RrD_{m,n}^{k,n}=\frac{i\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=n-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RrM(n,k,m,i)}{T_{i,n}^3}+4\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}\right.$$
$$\left.+4\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+\frac{RrM(n,k,m,i+1)}{T_{i+1,n}^3}\right]+Ra\alpha_n\cdot RrM(n,k,m,10-n)+Ra\alpha_{2n}\cdot Rr\nabla(n,k,m,10-n)\quad(4.4.10)$$

$$RrD_{m,n}^{k,n}=\frac{i\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RrM(n,k,m,i)(y_{i,n}^{m,n})}{T_{i,n}^3}+4\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}\right.$$
$$\left.+4\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+\frac{RrM(n,k,m,i+1)(y_{i+1,n}^{m,n})}{T_{i+1,n}^3}\right]$$
$$+\frac{i\sqrt{n}}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RrH(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{RrH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+2\frac{RrH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+4\frac{RrH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$\left.+\frac{RrH(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right]$$
$$+RrM(n,k,m,10-n)\left[Ra\alpha_n\cdot(y_{10-n,n}^{m,n})-Ra\alpha_{2n}\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\right]+RrH(n,k,m,10-n)\cdot Ra\beta_n\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})$$
$$-Rr\nabla(n,k,m,10-n)\left[Ra\gamma_n\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-Ra\alpha_{2n}(y_{10-n,n}^{m,n})\right)\quad(4.4.11)$$

$$RrD_{mn}^{k,n}=\frac{i\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RrM(n,k,m,i)(x_{i,n}^{m,n})}{T_{i,n}^3}+4\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(x_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(x_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}\right.$$
$$\left.+4\frac{RrM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(x_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+\frac{RrM(n,k,m,i+1)(x_{i+1,n}^{m,n})}{T_{i+1,n}^3}\right]$$
$$-\frac{i\sqrt{n}}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RrH(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\right.$$
$$+4\frac{RrH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+2\frac{RrH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$+4\frac{RrH(n,k,m,i+\frac{1}{2})\cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{2})\sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}$$
$$\left.+\frac{RrH(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)Rr\nabla(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\right]$$
$$+RrM(n,k,m,10-n)\left[Ra\alpha_n\cdot(x_{10-n,n}^{m,n})-Ra\alpha_{2n}\cdot\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\right]-RrH(n,k,m,10-n)\cdot Ra\beta_n\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})$$
$$-Rr\nabla(n,k,m,10-n)\left[Ra\gamma_n\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-Ra\alpha_{2n}(x_{10-n,n}^{m,n})\right)\quad(4.4.12)$$

$$RsD_{m,n}^{k,n}=\frac{i\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RsM(n,k,m,i)}{T_{i,n}^3}+4\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+4\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{1}{2})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}\right.$$
$$\left.+\frac{RsM(n,k,m,i+1)}{T_{i+1,n}^3}\right]+Ra\alpha_n\cdot RsM(n,k,m,10-n)+Ra\alpha_{2n}\cdot Rs\nabla(n,k,m,10-n)\quad(4.4.13)$$

$$RsD_{m,n}^{k,n}=\frac{i\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RsM(n,k,m,i)(y_{i,n}^{m,n})}{T_{i,n}^3}+4\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}\right.$$
$$\left.+4\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}^3}+\frac{RsM(n,k,m,i+1)(y_{i+1,n}^{m,n})}{T_{i+1,n}^3}\right]$$

$$+\frac{\imath\sqrt{n}}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big\{\frac{RsH(n,k,m,i)\,Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}$$

$$+4\,\frac{RsH(n,k,m,i+\frac{1}{3})Sin(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cos(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{3},n}}$$

$$+2\,\frac{RsH(n,k,m,i+\frac{2}{3})Sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+4\,\frac{RsH(n,k,m,i+\frac{2}{3})Sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+\frac{RsH(n,k,m,i+1)Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big\}$$

$$+RsM(n,k,m,10-n)\{Rad_n\cdot(y^{m,n}_{10-n,n})-Rad_{2,n}\cos(\phi_{10-nn}-\phi_{m,n})\}+RsH(n,k,m,10-n)\cdot Ra\beta_n\cdot Sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})$$

$$-RsV(n,k,m,10-n)\{Ra\sqrt{n}\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-Rad_{1,n}(y^{m,n}_{10-n,n})\}\qquad(4.4.14)$$

$$RS3\,D^{k,n}_{m,n}=\frac{\imath\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big\{\frac{RsM(n,k,m,i)(x^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{1}{3})(x^{m,n}_{i+\frac{1}{3},n})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\,\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(x^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+4\,\frac{RsM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(x^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\frac{RsM(n,k,m,i+1)(x^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\Big\}$$

$$-\frac{\imath\sqrt{n}}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big\{\frac{RsH(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i)\,Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}$$

$$+4\,\frac{RsH(n,k,m,i+\frac{1}{3})\cos(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+\frac{1}{3})\,Sin(\phi_{i+\frac{1}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{3},n}}$$

$$+2\,\frac{RsH(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\,Sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+4\,\frac{RsH(n,k,m,i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+\frac{2}{3})\,Sin(\phi_{i+\frac{2}{3},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+\frac{RsH(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)RsV(n,k,m,i+1)\,Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Big\}$$

$$+RsM(n,k,m,10-n)\{Rad_n\cdot(x^{m,n}_{10-n,n})-Rad_{2,n}\,Sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\}-RsH(n,k,m,10-n)\cdot Ra\beta_n\cdot\cos(\phi_{10-nn}-\phi_{m,n})$$

$$-RsV(n,k,m,10-n)\{Ra\sqrt{n}\cdot Sin(\phi_{10-nn}-\phi_{m,n})-Rad_{2,n}(x^{m,n}_{10-n,n})\}\qquad(4.4.15)$$

$$Rt_1\,D^{k,n}_{m,n}=\frac{\imath\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big\{\frac{RtM(n,k,m,i)}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{1}{3})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+4\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{2}{3})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+\frac{RtM(n,k,m,i+1)}{T^3_{i+1,n}}\Big\}+Rad_n\cdot RtM(n,k,m,10-n)\qquad(4.4.16)$$

$$Rt_2\,D^{kn}_{m,n}=\frac{\imath\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big\{\frac{RtM(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{1}{3})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{3},n})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+4\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\frac{RtM(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\Big\}$$

$$+RtM(n,k,m,10-n)\{Rad_n\cdot(y^{m,n}_{10-n,n})-Rad_{2,n}\cdot\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\}\qquad(4.4.17)$$

$$Rt_3\,D^{k,n}_{m,n}=\frac{\imath\sqrt{n}}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big\{\frac{RtM(n,k,m,i)(x^{m,n}_{i,n})}{T^3_{i,n}}+4\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{1}{3})(x^{m,n}_{i+\frac{1}{3},n})}{T^3_{i+\frac{1}{3},n}}+2\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(x^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}$$

$$+4\,\frac{RtM(n,k,m,i+\frac{2}{3})(x^{m,n}_{i+\frac{2}{3},n})}{T^3_{i+\frac{2}{3},n}}+\frac{RtM(n,k,m,i+1)(x^{m,n}_{i+1,n})}{T^3_{i+1,n}}\Big\}$$

$$+RtM(n,k,m,10-n)\{Rad_n(x^{m,n}_{10-n,n})-Rad_{2,n}\cdot Sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\}\qquad(4.4.18)$$

(4.4.10)～(4.4.18)を $n=1,2,3\cdots 6$；$k=10,9\cdots 10-n$；$m=10,9,\cdots 10-n$ について計算する。

(i) $11 \leq k \leq 10+n$ のとき.

$$nD_{10.n}^{k.n} = {}_{L}r_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.19)$$

$$r_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}r_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.20)$$

$$r_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}r_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.21)$$

$$s_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}s_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.22)$$

$$s_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}s_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.23)$$

$$s_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}s_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.24)$$

$$t_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}t_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.25)$$

$$t_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}t_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.26)$$

$$t_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}t_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.27)$$

(ii) $k=10$ のとき.

$$r_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}r_1 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}r_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.28)$$

$$r_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}r_2 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}r_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.29)$$

$$r_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}r_3 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}r_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.30)$$

$$s_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}s_1 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}s_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.31)$$

$$s_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}s_2 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}s_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.32)$$

$$s_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}s_3 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}s_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.33)$$

$$t_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}t_1 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}t_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.34)$$

$$t_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}t_2 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}t_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.35)$$

$$t_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{L}t_3 D_{10.n}^{k.n} + {}_{R}t_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.36)$$

(iii) 9 $2 \leq k \leq 10-n$ のとき,

$$r_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}r_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.37)$$

$$r_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}r_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.38)$$

$$r_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}r_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.39)$$

$$s_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}s_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.40)$$

$$s_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}s_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.41)$$

$$s_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}s_3 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.42)$$

$$t_1 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}t_1 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.43)$$

$$t_2 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}t_2 D_{10.n}^{k.n} \quad (4.4.44)$$

$$t_3 D_{10.n}^{k.n} = {}_{R}t_3 D_{10.n}^{k.n}, \quad (4.4.45)$$

(4.4.19) ～ (4.4.45) を $n=1,2,\cdots 6$, $k=10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

4-5. 不静定 諸力 および単位撓みの計算

$$K_n = {}_1A_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_2B_{10,n})^2\} - {}_1B_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - {}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} - {}_1C_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}$$

$$arM^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[r_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_2B_{10,n})^2\} - r_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - {}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} - r_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\right] \quad (4.5.1)$$

$$arH^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-r_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - {}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\} + r_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_1C_{10,n})^2\} + r_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\right] \quad (4.5.2)$$

$$arV^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-r_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} + r_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} + r_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n} - ({}_1B_{10,n})^2\}\right] \quad (4.5.3)$$

$$asM^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[s_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_2B_{10,n})^2\} - s_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - {}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} - s_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\right] \quad (4.5.4)$$

$$asH^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-s_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - 2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\} + s_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_1C_{10,n})^2\} + s_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\right] \quad (4.5.5)$$

$$asV^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-s_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} + s_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} + s_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n} - ({}_1B_{10,n})^2\}\right] \quad (4.5.6)$$

$$atM^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[t_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_2B_{10,n})^2\} - t_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - {}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} - t_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\right] \quad (4.5.7)$$

$$atH^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-t_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - 2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\} + t_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_1C_{10,n})^2\} + t_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\}\right] \quad (4.5.8)$$

$$atV^{k,n}_{10,n} = \frac{1}{K_n}\left[-t_1 D^{k,n}_{10,n}\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} + t_3 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\} + t_2 D^{k,n}_{10,n}\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n} - ({}_1B_{10,n})^2\}\right] \quad (4.5.9)$$

K_n を $n = 1, 2, \cdots\cdots 6$ について計算し、(4.5.2)～(4.5.10) を $n = 1, 2, \cdots\cdots 6$; $k = 10-n, 11-n, \cdots\cdots 10$ $\cdots\cdots 10+n$ について計算する。 (4.5.10)

(i) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき、

$$arM^{k,n}_{m,n} = arM^{k,n}_{10,n} + arH^{k,n}_{10,n}\cdot(x^{10,n}_{m,n}) + arV^{k,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) - \angle rM(n,k,10,m) \quad (4.5.11)$$

$$arH^{k,n}_{m,n} = arH^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) - arV^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) + \angle rH(n,k,10,m) \quad (4.5.12)$$

$$arV^{k,n}_{m,n} = arH^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) + arV^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) - \angle rV(n,k,10,m) \quad (4.5.13)$$

$$asM^{k,n}_{m,n} = asM^{k,n}_{10,n} + asH^{k,n}_{10,n}\cdot(x^{10,n}_{m,n}) + asV^{k,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) - \angle sM(n,k,10,m) \quad (4.5.14)$$

$$asH^{k,n}_{m,n} = asH^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) - asV^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) + \angle sH(n,k,10,m) \quad (4.5.15)$$

$$asV^{k,n}_{m,n} = asH^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) + asV^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) - \angle sV(n,k,10,m) \quad (4.5.16)$$

$$atM^{k,n}_{m,n} = atM^{k,n}_{10,n} + atH^{k,n}_{10,n}\cdot(x^{10,n}_{m,n}) + atV^{k,n}_{10,n}\cdot(y^{10,n}_{m,n}) - \angle tM(n,k,10,m) \quad (4.5.17)$$

$$atH^{k,n}_{m,n} = atH^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) - atV^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) \quad (4.5.18)$$

$$atV^{k,n}_{m,n} = atH^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) + atV^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n} - \phi_{10,n}) \quad (4.5.19)$$

$$ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = \angle_1 C_{m,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n} + \angle_2 B_{m,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n} + \angle_2 C_{m,n}\cdot ar\nabla^{k,n}_{m,n} - \angle r_2 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.20)$$

$$ar(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = -\angle_1 B_{m,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n} - \angle_3 B_{m,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n} - \angle_2 B_{m,n}\cdot ar\nabla^{k,n}_{m,n} + \angle r_3 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.21)$$

$$ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = \angle_1 A_{m,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n} + \angle_1 B_{m,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n} + \angle_1 C_{m,n}\cdot ar\nabla^{k,n}_{m,n} - \angle r_1 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.22)$$

$$as(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = \angle_1 C_{m,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n} + \angle_2 B_{m,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n} + \angle_2 C_{m,n}\cdot as\nabla^{k,n}_{m,n} - \angle s_2 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.23)$$

$$as(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = -\angle_1 B_{m,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n} - \angle_3 B_{m,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n} - \angle_2 B_{m,n}\cdot as\nabla^{k,n}_{m,n} + \angle s_3 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.24)$$

$$as(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = \angle_1 A_{m,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n} + \angle_1 B_{m,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n} + \angle_1 C_{m,n}\cdot as\nabla^{k,n}_{m,n} - \angle s_1 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.25)$$

$$at(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = \angle_1 C_{m,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n} + \angle_2 B_{m,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n} + \angle_2 C_{m,n}\cdot at\nabla^{k,n}_{m,n} - \angle t_2 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.26)$$

$$at(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = -\angle_1 B_{m,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n} - \angle_3 B_{m,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n} - \angle_2 B_{m,n}\cdot at\nabla^{k,n}_{m,n} + \angle t_3 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.27)$$

$$at(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = \angle_1 A_{m,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n} + \angle_1 B_{m,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n} + \angle_1 C_{m,n}\cdot at\nabla^{k,n}_{m,n} - \angle t_1 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.28)$$

(ii) $9 \geq m \geq 10-n$ のとき.

$$arM^{k,n}_{m,n} = arM^{k,n}_{10,n} + arH^{k,n}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + ar\nabla^{k,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) - RrM(n,k,10,m) \quad (4.5.29)$$

$$arH^{k,n}_{m,n} = arH^{k,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - ar\nabla^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + RrH(n,k,10,m) \quad (4.5.30)$$

$$ar\nabla^{k,n}_{m,n} = -arH^{k,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - ar\nabla^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - Rr\nabla(n,k,10,m) \quad (4.5.31)$$

$$asM^{k,n}_{m,n} = asM^{k,n}_{10,n} + asH^{k,n}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + as\nabla^{k,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) - RsM(n,k,10,m) \quad (4.5.32)$$

$$asH^{k,n}_{m,n} = asH^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - as\nabla^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + RsH(n,k,10,m) \quad (4.5.33)$$

$$as\nabla^{k,n}_{m,n} = -asH^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - as\nabla^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - Rs\nabla(n,k,10,m) \quad (4.5.34)$$

$$atM^{k,n}_{m,n} = atM^{k,n}_{10,n} + atH^{k,n}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + at\nabla^{k,n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) - Rt M(n,k,10,m) \quad (4.5.35)$$

$$atH^{k,n}_{m,n} = atH^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - at\nabla^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.5.36)$$

$$at\nabla^{k,n}_{m,n} = -atH^{k,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - at\nabla^{k,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.5.37)$$

$$ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot ar\nabla^{k,n}_{m,n} + Rr_2 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.38)$$

$$ar(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot ar\nabla^{k,n}_{m,n} - Rr_3 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.39)$$

$$ar(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot ar\nabla^{k,n}_{m,n} + Rr_1 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.40)$$

$$as(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot as\nabla^{k,n}_{m,n} + Rs_2 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.41)$$

$$as(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot as\nabla^{k,n}_{m,n} - Rs_3 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.42)$$

$$as(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot as\nabla^{k,n}_{m,n} + Rs_1 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.43)$$

$$at(\Delta r)^{k,n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot at\nabla^{k,n}_{m,n} + Rt_2 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.44)$$

$$at(\Delta s)^{k,n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot at\nabla^{k,n}_{m,n} - Rt_3 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.45)$$

$$at(\Delta\theta)^{k,n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot at\nabla^{k,n}_{m,n} + Rt_1 D^{k,n}_{m,n} \quad (4.5.46)$$

(4.5.11)~(4.5.46) を $n=1,2,\cdots 6$; $k=10-n; 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$; $m=10-n; 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。ただし, $10-n \leqq k \leqq 9$ のとき:

$$\angle rM(n,k,10,m) = \angle rH(n,k,10,m) = \angle r\nabla(n,k,10,m) = \angle sM(n,k,10,m) = \angle sH(n,k,10,m) = \angle s\nabla(n,k,10,m) = \angle tM(n,k,10,m) = \angle r_1 D^{k,n}_{m,n} = \angle r_2 D^{k,n}_{m,n} = \angle r_3 D^{k,n}_{m,n} = \angle s_1 D^{k,n}_{m,n} = \angle s_2 D^{k,n}_{m,n} = \angle s_3 D^{k,n}_{m,n} = \angle t_1 D^{k,n}_{m,n} = \angle t_2 D^{k,n}_{m,n} = \angle t_3 D^{k,n}_{m,n} = 0$$

$10+n \geqq K \geqq 11$ のとき.

$$Rr M(n,k,10,m) = Rr H(n,k,10.m) = Rr V(n.k.10.m) = Rs M(n.k.10.m) = Rs H(n.k.10.m) = Rs V(n.k.10.m)$$
$$= Rt M(n.k.10.m) = Rr_1 D^{k.n}_{m.n} = Rr_2 D^{k.n}_{m.n} = Rr_3 D^{k.n}_{m.n} = Rs_1 D^{k.n}_{m.n} = Rs_2 D^{k.n}_{m.n} = Rs_3 D^{k.n}_{m.n} = Rt_1 D^{k.n}_{m.n} = Rt_2 D^{k.n}_{m.n}$$
$$= Rt_3 D^{k.n}_{m.n} = 0$$

とする.

4-6 集中荷重

$$r_1 D^{c.10+n}_{m.n} = \angle a d_{2.n} \tag{4.6.1}$$

$$r_2 D^{c.10+n}_{m.n} = \angle a \gamma_n \cdot \cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) + \angle a d_{2.n} \cdot (y^{m.n}_{10+n.n}) \tag{4.6.2}$$

$$r_3 D^{c.10+n}_{m.n} = \angle a \gamma_n \cdot \sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) + \angle a d_{2.n} (x^{m.n}_{10+n.n}) \tag{4.6.3}$$

$$s_1 D^{c.10+n}_{m.n} = 0 \tag{4.6.4}$$

$$s_2 D^{c.10+n}_{m.n} = \angle a \beta_n \cdot \sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.5}$$

$$s_3 D^{c.10+n}_{m.n} = -\angle a \beta_n \cdot \cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.6}$$

$$t_1 D^{c.10+n}_{m.n} = \angle a d_n \tag{4.6.7}$$

$$t_2 D^{c.10+n}_{m.n} = \angle a d_n (y^{m.n}_{10+n.n}) + \angle a d_{2.n} \cdot \cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.8}$$

$$t_3 D^{c.10+n}_{m.n} = \angle a d_n (x^{m.n}_{10+n.n}) + \angle a d_{2n} \sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.9}$$

$$r_1 D^{c.10-n}_{m.n} = Ra d_{2.n} \tag{4.6.10}$$

$$r_2 D^{c.10-n}_{m.n} = -Ra \gamma_n \cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) + Ra d_{2.n} (y^{m.n}_{10-n.n}) \tag{4.6.11}$$

$$r_3 D^{c.10-n}_{m.n} = -Ra \gamma_n \sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) + Ra d_{2.n} (x^{m.n}_{10-n.n}) \tag{4.6.12}$$

$$s_1 D^{c.10-n}_{m.n} = 0 \tag{4.6.13}$$

$$s_2 D^{c.10-n}_{m.n} = -Ra \beta_n \cdot \sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.14}$$

$$s_3 D^{c.10-n}_{m.n} = +Ra \beta_n \cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.14}$$

$$t_1 D^{c.10-n}_{m.n} = -Ra d_n \tag{4.6.16}$$

$$t_2 D^{c.10-n}_{m.n} = -Ra d_n \cdot (y^{m.n}_{10-n.n}) + Ra d_{2.n} \cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.17}$$

$$t_3 D^{c.10-n}_{m.n} = -Ra d_n \cdot (x^{m.n}_{10-n.n}) + Ra d_{2n} \cdot \sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.18}$$

(4.6.1)～(4.6.9) を $n=1,2\cdots\cdots 6$; $m=10.11.\cdots\cdots 10+n$ について，(4.6.10)～(4.6.18) を $n=1,2\cdots\cdots 6$; $m=10.9\cdots\cdots 10-n$ について計算する。

$$arM_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[r_1D_{10.n}^{c,10+m}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_2B_{10.n})^2\right\}-r_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-r_2D_{10.n}^{c,10+m}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.19}$$

$$arH_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-r_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+r_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+r_2D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.20}$$

$$arV_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-r_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+r_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+r_2D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \tag{4.6.21}$$

$$asM_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[s_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_2B_{10.n})^2\right\}-s_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-s_2D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.22}$$

$$asH_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-s_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+s_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+s_2D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.23}$$

$$asV_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-s_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+s_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+s_2D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \tag{4.6.24}$$

$$atM_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[t_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_2B_{10.n})^2\right\}-t_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-t_2D_{m.n}^{c,10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.25}$$

$$atH_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-t_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+t_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+t_2D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.26}$$

$$atV_{10.n}^{c,10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-t_1D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+t_3D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+t_2D_{10.n}^{c,10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \tag{4.6.27}$$

$$arM_{10.n}^{c,10-n}=\frac{1}{Kn}\left[r_1D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_2B_{10.n})^2\right\}-r_3D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-r_2D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.28}$$

$$arH_{10.n}^{c,10-n}=\frac{1}{Kn}\left[-r_1D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+r_3D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+r_2D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.29}$$

$$arV_{10.n}^{c,10-n}=\frac{1}{Kn}\left[-r_1D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+r_3D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+r_2D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \tag{4.6.30}$$

$$asM_{10.n}^{c,10-n}=\frac{1}{Kn}\left[s_1D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_2B_{10.n})^2\right\}-s_3D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-s_2D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.31}$$

$$asH_{10.n}^{c,10-n}=\frac{1}{Kn}\left[-s_1D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+s_3D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+s_2D_{10.n}^{c,10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.32}$$

$$asV_{10.n}^{C.10\cdot n} = \frac{1}{Kn}\left[-s_1 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\} + s_3 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\} + s_2 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n} - ({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \quad (4.6.33)$$

$$atM_{10.n}^{C.10\cdot n} = \frac{1}{Kn}\left\{t_1 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{3\,B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - ({}_2B_{10.n})^2\right\} - t_3 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - {}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\} - t_2 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{3\,B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.34)$$

$$atH_{10.n}^{C.10\cdot n} = \frac{1}{Kn}\left\{-t_1 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - 2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\} + t_3 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - ({}_1C_{10.n})^2\right\} + t_2 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.35)$$

$$atV_{10.n}^{C.10\cdot n} = \frac{1}{Kn}\left\{-t_1 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{3\,B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\} + t_3 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\} + t_2 D_{10.n}^{C.10\cdot n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n} - ({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \quad (4.6.36)$$

(4.6.19)~(4.6.36) を $n=1.2,\cdots 6$ について計算する。

i) $\cdot\ 10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$arM_{m.n}^{C.10+n} = arM_{10.n}^{C.10+n} + arH_{10.n}^{C.10+n}(x_{m.n}^{10.n}) + arV_{10.n}^{C.10+n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.37)$$

$$arH_{m.n}^{C.10+n} = arH_{10.n}^{C.10+n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) - arV_{10.n}^{C.10+n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.38)$$

$$arV_{m.n}^{C.10+n} = arH_{10.n}^{C.10+n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) + arV_{10.n}^{C.10+n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.39)$$

$$asM_{m.n}^{C.10+n} = asM_{10.n}^{C.10+n} + asH_{10.n}^{C.10+n}(x_{m.n}^{10.n}) + asV_{10.n}^{C.10+n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.40)$$

$$asH_{m.n}^{C.10+n} = asH_{10.n}^{C.10+n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) - asV_{10.n}^{C.10+n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.41)$$

$$asV_{m.n}^{C.10+n} = asH_{10.n}^{C.10+n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) + asV_{10.n}^{C.10+n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.42)$$

$$atM_{m.n}^{C.10+n} = atM_{10.n}^{C.10+n} + atH_{10.n}^{C.10+n}\cdot(x_{m.n}^{10.n}) + atV_{10.n}^{C.10+n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.43)$$

$$atH_{m.n}^{C.10+n} = atH_{10.n}^{C.10+n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) - atV_{10.n}^{C.10+n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.44)$$

$$atV_{m.n}^{C.10+n} = atH_{10.n}^{C.10+n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) + atV_{10.n}^{C.10+n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.45)$$

$$arM_{m.n}^{C.10-n} = arM_{10.n}^{C.10-n} + arH_{10.n}^{C.10-n}(x_{m.n}^{10.n}) + arV_{10.n}^{C.10-n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.46)$$

$$arH_{m.n}^{C.10-n} = arH_{10.n}^{C.10-n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) - arV_{10.n}^{C.10-n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.47)$$

$$arV_{m.n}^{C.10-n} = arH_{10.n}^{C.10-n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) + arV_{10.n}^{C.10-n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.48)$$

$$asM_{m.n}^{C.10-n} = asM_{10.n}^{C.10-n} + asH_{10.n}^{C.10-n}(x_{m.n}^{10.n}) + asV_{10.n}^{C.10-n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.49)$$

$$asH_{m.n}^{C.10-n} = asH_{10.n}^{C.10-n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) - asV_{10.n}^{C.10-n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.50)$$

$$asV_{m.n}^{C.10-n} = asH_{10.n}^{C.10-n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) + asV_{10.n}^{C.10-n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.51)$$

$$atM_{m.n}^{C.10-n} = atM_{10.n}^{C.10-n} + atH_{10.n}^{C.10-n}(x_{m.n}^{10.n}) + atV_{10.n}^{C.10-n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.52)$$

$$atH_{m.n}^{C.10-n} = atH_{10.n}^{C.10-n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) - atV_{10.n}^{C.10-n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.53)$$

$$atV_{m.n}^{C.10-n} = atH_{10.n}^{C.10-n}\sin(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) + atV_{10.n}^{C.10-n}\cos(\phi_{m.n}-\phi_{10.n}) \quad (4.6.54)$$

$$ar(\Delta r)_{m.n}^{C.10+n} = {}_1C_{m.n}\cdot arM_{m.n}^{C.10+n} + {}_2B_{m.n}\cdot arH_{m.n}^{C.10+n} + {}_2C_{m.n}\cdot arV_{m.n}^{C.10+n} - r_2 D_{m.n}^{C.10+n} \quad (4.6.55)$$

$$ar(\Delta s)_{m.n}^{C.10+n} = -{}_1B_{mn}\cdot arM_{m.n}^{C.10+n} - {}_3B_{m.n}\cdot arH_{m.n}^{C.10+n} - {}_2B_{mn}\cdot arV_{m.n}^{C.10+n} + r_3 D_{m.n}^{C.10+n} \quad (4.6.56)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10+n} = {}_2A_{m.n}\cdot arM_{m.n}^{C.10+n} + {}_1B_{m.n}\cdot arH_{m.n}^{C.10+n} + {}_1C_{m.n}\cdot arV_{m.n}^{C.10+n} - r_1 D_{m.n}^{C.10+n} \quad (4.6.57)$$

$$as(\Delta r)_{m.n}^{C.10+n} = {}_1C_{m.n}\cdot asM_{m.n}^{C.10+n} + {}_2B_{m.n}\cdot asH_{m.n}^{C.10+n} + {}_2C_{m.n}\cdot asV_{m.n}^{C.10+n} - s_2 D_{m.n}^{C.10+n} \quad (4.6.58)$$

$$as(\Delta S)^{C,10+n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} + s_3 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.59)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} - s_1 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.60)$$

$$at(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot atM^{C,10+n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot atH^{C,10+n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot atV^{C,10+n}_{m,n} - t_2 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.61)$$

$$at(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot atM^{C,10+n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot atH^{C,10+n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot atV^{C,10+n}_{m,n} + t_3 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.62)$$

$$at(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot atM^{C,10+n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot atH^{C,10+n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot atV^{C,10+n}_{m,n} - t_1 D^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.63)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.64)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10-n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.65)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot arM^{C,10-n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot arH^{C,10-n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot arV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.66)$$

$$as(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.67)$$

$$as(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.68)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot asM^{C,10-n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot asH^{C,10-n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot asV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.69)$$

$$at(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot atM^{C,10-n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot atH^{C,10-n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot atV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.70)$$

$$at(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot atM^{C,10-n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot atH^{C,10-n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot atV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.71)$$

$$at(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot atM^{C,10-n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot atH^{C,10-n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot atV^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.72)$$

ii) $9 \geq m \geq 10-n$ のとき

$$arM^{C,10+n}_{m,n} = arM^{C,n+10}_{10,n} + arH^{C,n+10}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.73)$$

$$arH^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.74)$$

$$arV^{C,10+n}_{m,n} = -arH^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.75)$$

$$asM^{C,10+n}_{m,n} = asM^{C,10+n}_{10,n} + asH^{C,10+n}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.76)$$

$$asH^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.77)$$

$$asV^{C,10+n}_{m,n} = -asH^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.78)$$

$$atM^{C,10+n}_{m,n} = atM^{C,10+n}_{10,n} + atH^{C,10+n}_{10,n}\cdot(x^{10,n}_{m,n}) + atV^{C,10+n}_{10,n}\cdot(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.79)$$

$$atH^{C,10+n}_{m,n} = atH^{C,10+n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{C,10+n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.80)$$

$$atV^{C,10+n}_{m,n} = -atH^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{C,10+n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.81)$$

$$arM^{C,10-n}_{m,n} = arM^{C,10-n}_{10,n} + arH^{C,10-n}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.82)$$

$$arH^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.83)$$

$$arV^{C,10-n}_{m,n} = -arH^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.5.84)$$

$$asM^{C,10-n}_{m,n} = asM^{C,10-n}_{10,n} + asH^{C,10-n}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.85)$$

$$asH^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.86)$$

$$asV^{C,10-n}_{m,n} = -asH^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.87)$$

$$atM^{C,10-n}_{m,n} = atM^{C,10-n}_{10,n} + atH^{C,10-n}_{10,n}(x^{10,n}_{m,n}) + atV^{C,10-n}_{10,n}\cdot(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.88)$$

$$atH^{C,10-n}_{m,n} = atH^{C,10-n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{C,10-n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.89)$$

$$atV^{C,10-n}_{m,n} = -atH^{C,10-n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.6.90)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot ar M^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot ar H^{C,10+n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot ar V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.91)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot ar M^{C,10+n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot ar H^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot ar V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.92)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot ar M^{C,10+n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot ar H^{C,10+n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot ar V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.93)$$

$$as(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot as M^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot as H^{C,10+n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot as V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.94)$$

$$as(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot as M^{C,10+n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot as H^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot as V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.95)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot as M^{C,10+n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot as H^{C,10+n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot as V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.96)$$

$$at(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot at M^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot at H^{C,10+n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot at V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.97)$$

$$at(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot at M^{C,10+n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot at H^{C,10+n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot at V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.98)$$

$$at(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot at M^{C,10+n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot at H^{C,10+n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot at V^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.99)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot ar M^{C,10-n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot ar H^{C,10-n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot ar V^{C,10-n}_{m,n} + r_2 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.100)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10-n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot ar M^{C,10-n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot ar H^{C,10-n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot ar V^{C,10-n}_{m,n} - r_3 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.101)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot ar M^{C,10-n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot ar H^{C,10-n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot ar V^{C,10-n}_{m,n} + r_1 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.102)$$

$$as(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot as M^{C,10-n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot as H^{C,10-n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot as V^{C,10-n}_{m,n} + s_2 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.103)$$

$$as(\Delta s)^{C,10-n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot as M^{C,10-n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot as H^{C,10-n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot as V^{C,10-n}_{m,n} - s_3 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.104)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot as M^{C,10-n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot as H^{C,10-n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot as V^{C,10-n}_{m,n} + s_1 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.105)$$

$$at(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot at M^{C,10-n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot at H^{C,10-n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot at V^{C,10-n}_{m,n} + t_2 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.106)$$

$$at(\Delta s)^{C,10-n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot at M^{C,10-n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot at H^{C,10-n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot at V^{C,10-n}_{m,n} - t_3 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.107)$$

$$at(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot at M^{C,10-n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot at H^{C,10-n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot at V^{C,10-n}_{m,n} + t_1 D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.108)$$

(4.6.37)～(4.6.108)を $n=1.2\cdots\cdots 6$； $m=10-n, 11-n\cdots\cdots 10\cdots\cdots 10+n$ について計算する。

4-7 温度荷重による撓み

$$t_{m+j/4,n} = t_{m,n} + \frac{j}{4}(t_{m+1,n} - t_{m,n}) \quad (4.7.1)$$

$$\omega_{m+j/4,n} = \omega_{m,n} + \frac{j}{4}(\omega_{m+1,n} - \omega_{m,n}) \quad (4.7.2)$$

(4.7.1)～(4.7.2)を $n=1.2\cdots\cdots 6$; $m=10-n, 11-n\cdots\cdots 10\cdots\cdots 10+n$; $j=0.1.2.3$ について計算する。
ただし、$m=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j は計算しない。

$$\iota t_1 D_{m,n} = \frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\left[w_{i,n} + 4w_{i+1/4,n} + 2w_{i+2/4,n} + 4w_{i+3/4,n} + w_{i+1,n}\right] \quad (4.7.3)$$

$$\iota t_2 D_{m,n} = \frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\left[w_{i,n}(y^{m,n}_{i,n}) + 4w_{i+\frac{1}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n}) + 2w_{i+\frac{2}{4},n}\cdot(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n}) + 4w_{i+\frac{3}{4},n}(y^{m,n}_{i+\frac{5}{8},n}) + w_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})\right] - \frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=m}^{q+n}\left[t_{i,n}\sin(\phi_{i,n} - \phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{1}{4},n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n} - \phi_{m,n}) + 2t_{i+\frac{2}{4},n}\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n} - \phi_{m,n}) + 4t_{i+\frac{3}{4},n}\sin(\phi_{i+\frac{5}{8},n} - \phi_{m,n}) + t_{i+1,n}\sin(\phi_{i+1,n} - \phi_{m,n})\right](\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n}) \quad (4.7.4)$$

$$\iota t_3 D_{m,n} = \frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\left[w_{i,n}(x^{m,n}_{i,n}) + 4w_{i+\frac{1}{4},n}(x^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n}) + 2w_{i+\frac{2}{4},n}(x^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n}) + 4w_{i+\frac{3}{4},n}(x^{m,n}_{i+\frac{5}{8},n}) + w_{i+1,n}(x^{m,n}_{i+1,n})\right] + \frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\left[t_{i,n}\cos(\phi_{i,n} - \phi_{m,n}) + \right.$$

$$4\,t_{i+\frac{1}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+2\,t_{i+\frac{2}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{3}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\Big] \tag{4.7.5}$$

$$Rt_1D_{m,n}=\frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{w_{i,n}+4w_{i+\frac{1}{8},n}+2w_{i+\frac{2}{8},n}+4w_{i+\frac{3}{8},n}+w_{i+1,n}\right\}$$

$$Rt_2D_{m,n}=\frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{w_{i,n}(y_{i,n}^{m,n})+4w_{i+\frac{1}{8},n}(y_{i+\frac{1}{8},n}^{m,n})+2w_{i+\frac{2}{8},n}(y_{i+\frac{2}{8},n}^{m,n})+4w_{i+\frac{3}{8},n}(y_{i+\frac{3}{8},n}^{m,n})+w_{i+1,n}(y_{i+1,n}^{m,n})\right\}-\frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{t_{i,n}\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{1}{8},n}\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+2\,t_{i+\frac{2}{8},n}\sin(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{3}{8},n}\sin(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\} \tag{4.7.6}$$

$$Rt_3D_{m,n}=\frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{w_{i,n}(x_{i,n}^{m,n})+4w_{i+\frac{1}{8},n}(x_{i+\frac{1}{8},n}^{m,n})+2w_{i+\frac{2}{8},n}(x_{i+\frac{2}{8},n}^{m,n})+4w_{i+\frac{3}{8},n}(x_{i+\frac{3}{8},n}^{m,n})+w_{i+1,n}(x_{i+1,n}^{m,n})\right\}+\frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{t_{i,n}\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{1}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+2\,t_{i+\frac{2}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{3}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\} \tag{4.7.7}$$

$$Rt_3D_{m,n}=\frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{w_{i,n}\cdot(x_{i,n}^{m,n})+4w_{i+\frac{1}{8},n}(x_{i+\frac{1}{8},n}^{m,n})+2w_{i+\frac{2}{8},n}\cdot(x_{i+\frac{2}{8},n}^{m,n})+4w_{i+\frac{3}{8},n}(x_{i+\frac{3}{8},n}^{m,n})+w_{i+1,n}(x_{i+1,n}^{m,n})\right\}+\frac{C_1\sqrt{n}}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{t_{i,n}\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{1}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+2\,t_{i+\frac{2}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{3}{8},n}\cos(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right\} \tag{4.7.8}$$

(4.7.3)～(4.7.5) を $n=1,2,\cdots\cdots,6$; $m=10,11,\cdots\cdots,10+n$ について計算し、
(4.7.6)～(4.7.8) を $n=1,2,\cdots\cdots,6$; $m=10-n,11-n,\cdots\cdots,10$ について計算する。

$$t_1D_{10,n}=L_{t_1}D_{10,n}+Rt_1D_{10,n} \tag{4.7.9}$$

$$t_2D_{10,n}=L_{t_2}D_{10,n}+Rt_2D_{10,n} \tag{4.7.10}$$

$$t_3D_{10,n}=L_{t_3}D_{10,n}+Rt_3D_{10,n} \tag{4.7.11}$$

$$taM'_{10,n}=\frac{1}{K_n}\left\{t_1D_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-(2B_{10,n})^2\right\}-t_3D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-t_2D_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \tag{4.7.12}$$

$$taH'_{10,n}=\frac{1}{K_n}\left\{-t_1D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+t_3D_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+t_2D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \tag{4.7.13}$$

$$ta\nabla'_{10,n}=\frac{1}{K_n}\left\{-t_1D_{10,n}\left\{3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+t_3D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+t_2D_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_1B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \tag{4.1.14}$$

(4.7.9)～(4.7.14) を $n=1,2,\cdots\cdots,6$ について計算する。

i) $10\leq m\leq 10+n$ のとき

$$taM'_{m,n}=taM'_{10,n}+taH'_{10,n}(x_{m,n}^{10,n})+ta\nabla'_{10,n}(y_{m,n}^{10,n}) \tag{4.7.15}$$

$$taH'_{m,n}=taH'_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta\nabla'_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \tag{4.7.16}$$

$$ta\nabla'_{m,n}=taH'_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})+ta\nabla'_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \tag{4.7.17}$$

$$ta(\Delta r')_{m,n}=L_1C_{m,n}\,taM'_{m,n}+L_2B_{m,n}\cdot taH'_{m,n}+L_2C_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}-L_{t_2}D_{m,n} \tag{4.7.18}$$

$$ta(\Delta S')_{m,n}=-L_1B_{m,n}\cdot taM'_{m,n}-L_3B_{m,n}\cdot taH'_{m,n}-L_2B_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}+L_{t_3}D_{m,n} \tag{4.7.19}$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n}=L_1A_{m,n}\cdot taM'_{m,n}+L_1B_{m,n}\cdot taH'_{m,n}+L_1C_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}-L_{t_1}D_{m,n} \tag{4.7.20}$$

ii) $9\geq m\geq 10-n$ のとき

$$taM'_{m,n}=taM'_{10,n}+taH'_{10,n}(x_{m,n}^{10,n})+ta\nabla'_{10,n}(y_{m,n}^{10,n}) \tag{4.7.21}$$

$$taH'_{m,n}=taH'_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta\nabla'_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \tag{4.7.22}$$

$$ta\nabla'_{m,n}=-taH'_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta\nabla'_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \tag{4.7.23}$$

$$ta(\Delta r')_{m,n}=-R_1C_{m,n}\,taM'_{m,n}-R_2B_{m,n}\cdot taH'_{m,n}+R_2C_{m,n}\cdot ta\nabla'_{m,n}+Rt_2D_{m,n} \tag{4.7.24}$$

$$ta(\Delta S)_{m,n} = R_1B_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} + R_3B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} - R_{t3}D_{m,n} \quad (4.7.25)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n} = -R_1A_{m,n}\cdot ta M'_{m,n} - R_1B_{m,n}\cdot ta H'_{m,n} + R_1C_{m,n}\cdot ta V'_{m,n} + R_{t1}D_{m,n} \quad (4.7.26)$$

(4.7.15)～(4.7.26) を $n=1,2,\cdots 6$; $m=10-n,\ 11-n\cdots\cdots 10,\cdots\cdots 10+n$ について計算する。

第5節 片持梁の単位撓み

5-1 片持梁の形状計算

i) $R_1\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} \leqq L_1\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{c,n} \quad (5.1.1)$$

ii) $L_1\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq L_1\phi_{A,n} + L_2\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{c,n} + (LT_{A,n} - T_{c,n})\frac{vers(\phi_{m,n} - L_1\phi_{A,n})}{vers\, L_2\phi_{A,n}} \quad (5.1.2)$$

iii) $R_1\phi_{A,n} + R_2\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} < R_1\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{c,n} + (RT_{A,n} - T_{c,n})\frac{vers(\phi_{m,n} - R_1\phi_{A,n})}{vers\, R_2\phi_{A,n}} \quad (5.1.3)$$

(5.1.1)～(5.1.3) を $m=10,11,\cdots\cdots 16$; $n=m-10,\ m-9.5,\ m-9.0\cdots\cdots 7.0$ と $m=9,8,\cdots\cdots 4$; $n=10-m,\ 10.5-m,\ 11-m\cdots\cdots 7.0$ について計算する。

$$c\ell_{m,n} = -(x_{m,n} - x_{m,7})\sec(\phi_{m,n} + {}_0\phi_n) \quad (5.1.4)$$

$$u\ell_{m,n} = c\ell_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.5)$$

$$u\gamma_{m,n} = \gamma_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.6)$$

$$A_{m,n} = \frac{T_{m,n}\cdot\gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}}\cos(\phi_{m,n} + {}_0\phi_n - \phi_{m,7}) \quad (5.1.7)$$

$$\ell g_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{2}\left[1 - \frac{1}{6}\frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}}\right] \quad (5.1.8)$$

$$I_{m,n} = \frac{T_{m,n}^3}{12}\cdot\frac{\gamma_{m,n}}{a\gamma_{m,n}}\left[1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n}}{\gamma_{m,n}}\right)^2\right]\cos(\phi_{m,n} + {}_0\phi_n - \phi_{m,7}) \quad (5.1.9)$$

(5.1.4)～(5.1.8) を $m=10,11\cdots\cdots 16$; $n=m-10,\ m-9.5,\ m-9.0\cdots\cdots 7.0$ と $m=9,8,\cdots\cdots 4$, $n=10-m,\ 10.5-m,\ 11-m\cdots\cdots 7.0$ について計算し，(5.1.9) については $m=10,11,\cdots\cdots 16$, $n=m-10,\ m-9\cdots\cdots 7.0$ と $m=9,8,\cdots\cdots 4$; $n=10-m,\ 11-m\cdots\cdots 7.0$ について計算する。

5-2 単位荷重による断面諸力

i) $n \geqq \ell+1$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = crM^{m,\ell}_{m,n} = crH^{m,\ell}_{m,n} = csV^{m,\ell}_{m,n} = csM^{m,\ell}_{m,n} = csH^{m,\ell}_{m,n} = ctM^{m,\ell}_{m,n} = cmM^{m,\ell}_{m,n} = 0 \quad (5.2.1)$$

ii) $n=\ell=6$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = crM^{m,\ell}_{m,n} = crH^{m,\ell}_{m,n} = csV^{m,\ell}_{m,n} = csM^{m,\ell}_{m,n} = csH^{m,\ell}_{m,n} = ctM^{m,\ell}_{m,n} = cmM^{m,\ell}_{m,n} = 0 \quad (5.2.2)$$

iii) $n=\ell\leqq 5$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{u\gamma_{m,\ell}}{a\gamma_{m,\ell}} \quad (5.2.3)$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n}\cdot\frac{1}{3}(Z_{\ell+1} - Z_\ell) \quad (5.2.4)$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = 0 \quad (5.2.5)$$

$$csV^{m,\ell}_{m,n} = 0 \quad (5.2.6)$$

$$csM^{m,\ell}_{m,n} = 0 \quad (5.2.7)$$

$$csH^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{\gamma_{m,\ell}}{a\gamma_{m,\ell}} \quad (5.2.8)$$

$$ctM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{\gamma_{m,\ell}}{a\gamma_{m,\ell}} \quad (5.2.9)$$

$$cmM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{\gamma_{m,\ell}}{a\gamma_{m,\ell}} \quad (5.2.10)$$

iv) $n \leqq \ell-1$ で $\ell = 6$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{u\Gamma_{m,6}}{a\Gamma_{m,6}}\cos(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,6} - o\phi_6) \quad (5.2.11)$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.12)$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{u\Gamma_{m,6}}{a\Gamma_{m,6}}\sin(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,6} - o\phi_6) \quad (5.2.13)$$

$$csV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{\Gamma_{m,6}}{a\Gamma_{m,6}}\sin(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,6} - o\phi_6) \quad (5.2.14)$$

$$csM^{m,\ell}_{m,n} = csV^{m,\ell}_{m,n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.15)$$

$$csH^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{\Gamma_{m,6}}{a\Gamma_{m,6}}\cos(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,6} - o\phi_6) \quad (5.2.16)$$

$$ctM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{\Gamma_{m,6}}{a\Gamma_{m,6}} \quad (5.2.17)$$

$$cmM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{\Gamma_{m,6}}{a\Gamma_{m,6}}\cos(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,6} - o\phi_6) \quad (5.2.18)$$

v) $n \leqq \ell-1$ で $(n+1) \leqq \ell \leqq 5$ のとき

$$crV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{u\Gamma_{m,\ell}}{a\Gamma_{m,\ell}}\cos(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,\ell} - o\phi_\ell) \quad (5.2.19)$$

$$crM^{m,\ell}_{m,n} = crV^{m,\ell}_{m,n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.20)$$

$$crH^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{u\Gamma_{m,\ell}}{a\Gamma_{m,\ell}}\sin(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,\ell} - o\phi_\ell) \quad (5.2.21)$$

$$csV^{m,\ell}_{m,n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{\Gamma_{m,\ell}}{a\Gamma_{m,\ell}}\sin(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,\ell} - o\phi_\ell) \quad (5.2.22)$$

$$csM^{m,\ell}_{m,n} = csV^{m,\ell}_{m,n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.23)$$

$$csH^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{\Gamma_{m,\ell}}{a\Gamma_{m,\ell}}\cos(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,\ell} - o\phi_\ell) \quad (5.2.24)$$

$$ctM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{\Gamma_{m,\ell}}{a\Gamma_{m,\ell}} \quad (5.2.25)$$

$$cmM^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{\Gamma_{m,\ell}}{a\Gamma_{m,\ell}}\cos(\phi_{m,n} + o\phi_n - \phi_{m,\ell} - o\phi_\ell) \quad (5.2.26)$$

(5.2.1)～(5.2.26)を $m = 10, 11, \cdots 16$；$\ell = m-10, m-9, \cdots 6$；$n = m-10, m-9, \cdots 7$ と $m = 9, 8, 7 \cdots 4$，$\ell = 10-m, 11-m, \cdots 6$，$n = 10-m, 11-m, \cdots 7, 0$ について計算する。

5-3. 単位撓みの計算

$$cr(\Delta\Gamma)^{m,\ell}_{m,n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crM^{m,\ell}_{m,i+1}}{Im_{i+1}}(Z_n - Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1} + o\phi_{i+1} - \phi_{m,n} - o\phi_n)\right.$$

$$+ \frac{crM^{m,\ell}_{m,i}}{Im_i}(Z_n - Z_i)\cos(\phi_{m,i} + o\phi_i - \phi_{m,n} - o\phi_n)\Big] + \frac{5(1+V_0)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crV^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am_{i+1}}\cos(\phi_{m,i+1} + o\phi_{i+1} - \phi_{m,n} - o\phi_n)\right.$$

$$+ \frac{crV^{m,\ell}_{m,i}}{Am_i}\cos(\phi_{m,i} + o\phi_i - \phi_{m,n} - o\phi_n)\Big] + \frac{(1+V_0)}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crH^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am_{i+1}}\sin(\phi_{m,i+1} + o\phi_{i+1} - \phi_{m,n} - o\phi_n)\right.$$

$$+ \frac{crH^{m,\ell}_{m,i}}{Am_i}\sin(\phi_{m,i} + o\phi_i - \phi_{m,n} - o\phi_n)\Big] + (crM^{m,\ell}_{m,p} \cdot cd_m + crV^{m,\ell}_{m,p} \cdot cd_{2,m})(Z_n - Z_p)\cos(\phi_{m,p} + o\phi_p - \phi_{m,n}$$

$$- o\phi_n) + K^c_m\left[\left\{crV^{m,\ell}_{m,p} \cdot ar(\Delta\Gamma)^{c,m}_{m,p} + crH^{m,\ell}_{m,p} \cdot as(\Delta\Gamma)^{c,m}_{m,p}\right\}\cos(\phi_{m,p} + o\phi_p - \phi_{m,n} - o\phi_n)\right.$$

$$+\{crV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,m}_{m,p}+crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,m}_{m,p}\}\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]$$
$$+\Big[(crM^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_{z,m}+{}_{cr}V^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\gamma_m)\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)+crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\textcircled{D}_m\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]^*$$

(5.3.1)

$$cr(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crM^{m,\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{crM^{m,\ell}_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]-\frac{5(1+V_c)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crV^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\sin(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{crV^{m,\ell}_{m,i}}{Am,i}\sin(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{(1+V_c)}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crH^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\cos(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{crH^{m,\ell}_{m,i}}{Am,i}\cos(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]-(crM^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_m+{}_{cr}V^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_{z,m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+K^c_m\Big[\{crV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta r)^{c,m}_{m,p}+crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta r)^{c,m}_{m,p}\}\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)-\{crV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,m}_{m,\ell}$$
$$+crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,m}_{m,p}\}\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]-\Big[(crM^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_{z,m}+crV^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\gamma_m)\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p$$
$$-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)-crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\textcircled{D}_m\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]^*$$

(5.3.2)

$$cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}=-K^c_m\{crV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c,m}_{m,p}+crH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta\theta)^{c,m}_{m,p}\}$$

(5.3.3)

$$cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}=-K^c_{20-m}\{crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}\}\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$-K^c_{20-m}\{crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}\}\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$

(5.3.4)

$$cr(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n}=K^c_{20-m}\{crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}ar(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}as(\Delta r)^{c,20-m}_{m,p}\}\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$-K^c_{20-m}\{crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,20-m}_{m,p}\}\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$

(5.3.5)

$$cr(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}=-K^c_{20-m}\{crV^{20-m,\ell}_{20-m,p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c,20-m}_{m,p}+crH^{20-m,\ell}_{20-m,p}as(\Delta\theta)^{c,20-m}_{m,p}\}$$

(5.3.6)

$$cs(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{csM^{m,\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{csM^{m,\ell}_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{5(1+V_c)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{csV^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\cos(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{csV^{m,\ell}_{m,i}}{Am,i}\cos(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{1+V_c}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{csH^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\sin(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{csH^{m,\ell}_{m,i}}{Am,i}\sin(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]+(csM^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_m+cs\bar{V}^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_{e,m})(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$-K^c_m\Big[\{csV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta r)^{c,m}_{m,p}+csH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta r)^{c,m}_{m,p}\}\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)+\{csV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,m}_{m,p}$$
$$+csH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta S)^{c,m}_{m,p}\}\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]+\Big[(csM^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_{z,m}+csV^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\gamma_m)\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+csH^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\textcircled{D}_m\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]^*$$

(5.3.7)

$$cs(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{csM^{m,\ell}_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{csM^{m,\ell}_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]-\frac{5(1+V_c)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{csV^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\sin(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{csV^{m,\ell}_{m,i}}{Am,i}\sin(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{(1+V_c)}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{csH^{m,\ell}_{m,i+1}}{Am,i+1}\cos(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\frac{csH^{m,\ell}_{m,i}}{Am,i}\cos(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\Big]-(csM^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_m+\bar{cs}V^{m,\ell}_{m,p}\cdot c\alpha_{e,m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)$$
$$+K^c_m\Big[\{csV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta r)^{c,m}_{m,p}+csH^{m,\ell}_{m,p}\cdot as(\Delta r)^{c,m}_{m,p}\}\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)-\{csV^{m,\ell}_{m,p}\cdot ar(\Delta S)^{c,m}_{m,\ell}$$

$$+csH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta s)^{c.m}_{m.p}\}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]-\big[(csM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m}+csV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\delta_m)\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p$$
$$-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-csH^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\textcircled{1}_m\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\big]^* \quad (5.3.8)$$

$$cs(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}=-k^c_m\{csV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}+csH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}\} \quad (5.3.9)$$

$$cs(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}=-k^c_{20-m}\{csV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p}+csH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p}\}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)$$
$$-k^c_{20-m}\{csV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta s)^{c.20-m}_{m.p}+csH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta s)^{c.20-m}_{m.p}\}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \quad (5.3.10)$$

$$cs(\Delta s)^{20-m.\ell}_{m.n}=k^c_{20-m}\{csV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p}+csH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p}\}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)$$
$$-k^c_{20-m}\{csV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta s)^{c.20-m}_{m.p}+csH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta s)^{c.20-m}_{m.p}\}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \quad (5.3.11)$$

$$cs(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}=-k^c_{20-m}\{csV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.p}+csH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.p}\} \quad (5.3.12)$$

$$ct(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}=K^c_m\cdot ctM^{m.\ell}_{m.p}\cdot at(\Delta r)^{c.m}_{m.p} \quad (5.3.13)$$

$$ct(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}=k^c_m\cdot ctM^{m.\ell}_{m.p}\cdot at(\Delta s)^{c.m}_{m.p} \quad (5.3.14)$$

$$ct(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}=-\frac{1+V_c}{2E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{ctM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}+\frac{ctM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}\right\}+K^c_m\cdot ctM^{m.\ell}_{m.p}\cdot at(\Delta\theta)^{c.m}_{m.n}-\{ctM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\delta_m\}^*$$

$$ct(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}=k^c_{20-m}\cdot ctM^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot at(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p} \quad (5.3.15)$$

$$ct(\Delta s)^{20-m.\ell}_{m.n}=k^c_{20-m}\cdot ctM^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot at(\Delta s)^{c.20-m}_{m.p} \quad (5.3.16)$$

$$ct(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}=k^c_{20-m}\cdot ctM^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot at(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.p} \quad (5.3.17)$$

$$cm(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{1}{2E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right.$$
$$\left.+\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right\}+cmM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)$$
$$+\{cmM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m}\}^* \quad (5.3.18)$$

$$cm(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{-1}{2E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i\right.$$
$$\left.-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right\}-cmM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \quad (5.3.19)$$

$$cm(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}=cm(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}=cm(\Delta s)^{20-m.\ell}_{m.n}=cm(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n}=0 \quad (5.3.20)$$

$$(5.3.21)$$

たゞし、(5.3.1) ~ (5.3.21) の $[\ ]^*$ の項は $m=10$ のときにのみカロ算し、$\sum_{i=p}^{n-1}$, $crM^{m.\ell}_{m.p}$; $crH^{m.\ell}_{m.i,p}$, $crV^{m.\ell}_{m.p}$; ----- Z_p; $\phi_{m.p}$; ${}_o\phi_p$ にあらわれる p は次のように とるものとする。

(i) $m=10$ のとき

$p=0$ このとき $k^c_m=k^c_{20-m}=0$ とする。

(ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$p=m-10$

(iii) $10>m\geqq 4$ のとき

$p=10-m$

(5.3.1) ~ (5.3.21) を $m=10,11,12$ ---- 16; $n=m-10, m-9$ ---- 7; $\ell=m-10, m-9\cdots 6$ と $m=9,8,\cdots 4$; $n=10-m$; $11-m$. ---7: $\ell=10-m, 11-m$, ---- 6 について計算する。

5-4 自重に対する単位荷重

ダムが標高 N_1, N_2 および天頂と三段階に継目グラウトが行われ，これによる自重に対する三次元的な分担を考慮する場合には次のような単位荷重を片持梁に追加して考える必要がある．すなわち，標高 N_1 にて 1，N_1-1 にて 0 で，その間直線的に変化する半径方向単位荷重，接線方向単位荷重，ねじれ単位荷重と，標高 N_2 にて 1，N_2-1 にて 0 でその間直線的に変化する半径方向単位荷重，接線方向単位荷重，ねじれ単位荷重である．これらの単位荷重による断面諸力を

$$cr^1V_{m.n}^{m.N_1}\quad cr^1H_{m.n}^{m.N_1}\quad cr^1M_{m.n}^{m.N_1}\quad cs^1V_{m.n}^{m.N_1}\quad cs^1H_{m.n}^{m.N_1}\quad cs^1M_{m.n}^{m.N_1}\quad ct^1M_{m.n}^{m.N_1}\quad cr^2V_{m.n}^{m.N_2}\quad cr^2H_{m.n}^{m.N_2}\quad cr^2M_{m.n}^{m.N_2}\quad cs^2V_{m.n}^{m.N_2}$$
$$cs^2H_{m.n}^{m.N_2}\quad cs^2M_{m.n}^{m.N_2}\quad ct^2M_{m.n}^{m.N_2}$$

とし，各方向撓みを

$$cr^1(\Delta r)_{m.n}^{m.N_1}\quad cr^1(\Delta s)_{m.n}^{m.N_1}\quad cr^1(\Delta\theta)_{m.n}^{m.N_1}\quad cs^1(\Delta r)_{m.n}^{m.N_1}\quad cs^1(\Delta s)_{m.n}^{m.N_1}\quad cs^1(\Delta\theta)_{m.n}^{m.N_1}\quad ct^1(\Delta r)_{m.n}^{m.N_1}\quad ct^1(\Delta s)_{m.n}^{m.N_1}$$
$$ct^1(\Delta\theta)_{m.n}^{m.N_1}\quad cr^2(\Delta r)_{m.n}^{m.N_2}\quad cr^2(\Delta s)_{m.n}^{m.N_2}\quad cr^2(\Delta\theta)_{m.n}^{m.N_2}\quad cs^2(\Delta r)_{m.n}^{m.N_2}\quad cs^2(\Delta s)_{m.n}^{m.N_2}\quad cs^2(\Delta\theta)_{m.n}^{m.N_2}\quad ct^2(\Delta r)_{m.n}^{m.N_2}\quad ct^2(\Delta s)_{m.n}^{m.N_2}$$
$$ct^2(\Delta\theta)_{m.n}^{m.N_2}$$

とすれば

i) $n=N_1$ のとき

$$cr^1V_{m.n}^{m.N_1}=cr^1M_{m.n}^{m.N_1}=cr^1H_{m.n}^{m.N_1}=cs^1V_{m.n}^{m.N_1}=cs^1M_{m.n}^{m.N_1}=cs^1H_{m.n}^{m.N_1}=ct^1M_{m.n}^{m.N_1}=0 \qquad (5.4.1)$$

ii) $n<N_1$ のとき

$$cr^1V_{m.n}^{m.N_1}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{ur_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.2)$$

$$cr^1M_{m.n}^{m.N_1}=cr^1V_{m.n}^{m.N_1}\left(Z_{N_1}-\frac{Z_{N_1}-Z_{N_1-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.3)$$

$$cr^1H_{m.n}^{m.N_1}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{ur_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.4)$$

$$cs^1V_{m.n}^{m.N_1}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{r_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.5)$$

$$cs^1M_{m.n}^{m.N_1}=cs^1V_{m.n}^{m.N_1}\left(Z_{N_1}-\frac{Z_{N_1}-Z_{N_1-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.6)$$

$$cs^1H_{m.n}^{m.N_1}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{r_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.7)$$

$$ct^1M_{m.n}^{m.N_1}=\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{r_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}} \qquad (5.4.8)$$

(5.4.1)～(5.4.8) と $m=10.11\cdots\cdots 9+N_1$，$n=m-10.m-9\cdots N_1$ と $m=9.8\cdots 11-N_1$；$n=m$ $11-m\cdots\cdots N_1$ について計算する．

i) $n=N_2$ のとき

$$cr^2V_{m.n}^{m.N_2}=cr^2M_{m.n}^{m.N_2}=cr^2H_{m.n}^{m.N_2}=cs^2V_{m.n}^{m.N_2}=cs^2M_{m.n}^{m.N_2}=cs^2H_{m.n}^{m.N_2}=ct^2M_{m.n}^{m.N_2}=0 \qquad (5.4.9)$$

ii) $n<N_2$ のとき

$$cr^2V_{m.n}^{m.N_2}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{ur_{mN_2}}{ar_{mN_2}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.10)$$

$$cr^2M_{m.n}^{m.N_2}=cr^2V_{m.n}^{m.N_2}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.11)$$

$$cr^2H_{m.n}^{m.N_2}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{ur_{mN_2}}{ar_{m.N_2}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.12)$$

$$cs^2V_{m.n}^{m.N_2}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{r_{m.N_2}}{ar_{m.N_2}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.13)$$

$$cs^2M_{m.n}^{m.N_2}=cs^2V_{m.n}^{m.N_2}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.14)$$

$$cs^2H_{m.n}^{m.N_2}=\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{r_{m.N_2}}{ar_{m.N_2}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.15)$$

$$ct^2M^{m,N_2}_{m,n}=\frac{1}{2}\left(Z_{N_2}-Z_{N_2-1}\right)\frac{\partial^2 m_{N_2}}{\partial r^2_{m,N_2}} \qquad (5.4.16)$$

(5.4.9)～(5.4.16)で $m=10,11\cdots 9+N_2$；$n=m-10,m-9\cdots N_2$ と $m=9,8\cdots 11-N_2$；$n=10-m,11-m\cdots N_2$ について計算する。

$cr'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta s)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta\theta)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta s)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta\theta)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta s)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta\theta)^{20-m,N_1}_{m,n}$ は(5.3.1)～(5.3.18)の $crM^{m,\ell}_{m,i+1}$；$crM^{m,\ell}_{m,i}$；$crM^{m,\ell}_{m,p}$；……等と $cr'M^{m,N_1}_{m,i+1}$；$cr'M^{m,N_1}_{m,i}$；$crM^{m,N_1}_{m,p}$；……等におきかえ計算すれば求められる。

また同様に $cr^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta r)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta s)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta\theta)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta r)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta s)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta\theta)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta r)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta s)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta\theta)^{20-m,N_2}_{m,n}$ は(5.3.1)～(5.3.18)の $crM^{m,\ell}_{m,i+1}$；$crM^{m,\ell}_{m,i}$；$crM^{m,\ell}_{m,p}$ ……等と $cr^2M^{m,N_2}_{m,i+1}$；$cr^2M^{m,N_2}_{m,i}$；$cr^2M^{m,N_2}_{m,p}$ ……等におきかえ計算すれば求められる。

$cr'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta s)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cr'(\Delta\theta)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta s)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$cs'(\Delta\theta)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta s)^{m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta\theta)^{m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta s)^{20-m,N_1}_{m,n}$；$ct'(\Delta\theta)^{20-m,N_1}_{m,n}$

と $m=10,11\cdots 9+N_1$；$n=m-10,m-9\cdots N_1$ と $m=9,8\cdots 11-N_1$；$n=10-m,11-m\cdots N_1$ について計算し

$cr^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta r)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta s)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cr^2(\Delta\theta)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta r)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta s)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$cs^2(\Delta\theta)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta r)^{m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta s)^{m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta\theta)^{m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta r)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta s)^{20-m,N_2}_{m,n}$；$ct^2(\Delta\theta)^{20-m,N_2}_{m,n}$

と $m=10,11\cdots 9+N_2$；$n=m-10,m-9\cdots N_2$ と $m=9,8\cdots 11-N_2$；$n=10-m,11-m\cdots N_2$ について計算する。

5-5. 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta r')_{m,n}=-\frac{c}{2}\sum_{i=p}^{n-1}\left(Z_{i+1}-Z_i\right)\left\{\omega_{m,i+1}\cdot\left(Z_n-Z_{i+1}\right)\cos\left(\phi_{m,i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right)+\omega_{m,i}\left(Z_n-Z_i\right)\cos\left(\phi_{m,i}+{}_0\phi_i-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right)\right\}+ta\left(\Delta r'\right)_{m,p}\cos\left(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right)+ta\left(\Delta s'\right)_{m,p}\sin\left(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right) \qquad (5.5.1)$$

$$tc(\Delta s')_{m,n}=\frac{c}{2}\sum_{i=p}^{n-1}\left(Z_{i+1}-Z_i\right)\left\{\omega_{m,i+1}\cdot\left(Z_n-Z_{i+1}\right)\sin\left(\phi_{m,i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right)+\omega_{m,i}\left(Z_n-Z_i\right)\sin\left(\phi_{m,i}+{}_0\phi_i-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right)\right\}-ta\left(\Delta r'\right)_{m,p}\cdot\sin\left(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right)+ta\left(\Delta s'\right)_{m,p}\cdot\cos\left(\phi_{m,p}+{}_0\phi_p-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n\right) \qquad (5.5.2)$$

$$tc\left(\Delta\theta'\right)_{mn}=ta\left(\Delta\theta'\right)_{m,p} \qquad (5.5.3)$$

ここに $\sum_{i=p}^{n-1}$，$\phi_{m,p}$；${}_0\phi_p$ の p は次のようにとるものとする。

i) $10\leqq m\leqq 16$ のとき

$p=m-10$

ii) $10 > m \geq 4$ のとき

$P = 10 - m$

(5.5.1)～(5.5.3) を $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 7$ と $m = 9,8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 7$ について計算する.

第6節　初期撓み

6-1 初期撓み

初期撓みとは荷重分割の便宜上片持梁またはアーチのいづれか一方に特定の荷重を荷重分割に先立って載荷した場合の撓みをいう.

この初期撓みは荷重分割には加味されるもので,荷重分割法では自重以外の鉛直荷重 NO.6のアーチよりも上部の水圧荷重および地震時の慣性力を片持梁に載荷する。

6-2 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

i) $Z_{n+1} \leq H_0$ のとき

$$w_{m,n} = \frac{1}{2}(P_{m,n} + P_{m,n+1})(ue_{m,n} - ue_{m,n+1}) \qquad (6.2.1)$$

$$ve_{m,n} = ue_{m,n} - \frac{1}{3}(ue_{m,n} - ue_{m,n+1})\frac{P_{m,n} + 2P_{m,n+1}}{P_{m,n} + P_{m,n+1}} \qquad (6.2.2)$$

ii) $Z_n \leq H_0 < Z_{n+1}$ のとき

$$w_{m,n} = \frac{1}{2}P_{m,n}(ue_{m,n} - ue_{m,n+1})\frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \qquad (6.2.3)$$

$$ve_{m,n} = ue_{m,n} - \frac{1}{3}(ue_{m,n} - ue_{m,n+1})\frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \qquad (6.2.4)$$

iii) $Z_n > H_0$ のとき

$$w_{m,n} = ve_{m,n} = 0 \qquad (6.2.5)$$

これら $w_{m,n}$, $ve_{m,n}$ を $m = 10.11 \cdots 16$, $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9,8 \cdots 4$; $n = 10-m$, $11-m \cdots 6$ について計算する. 各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは

$$vW_{m,n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m,i} \qquad (6.2.6)$$

$$vM_{m,n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m,i}(ve_{m,i} - ue_{m,n} + \ell g_{m,n}) \qquad (6.2.7)$$

6-3 水平荷重による半径方向剪断力 接線方向剪断力曲げモーメント

i) $Z_7 \geq H_0 \geq Z_6$ のとき

$$hV_{m,n} = -\frac{1}{2}P_{m,6}(H_0 - Z_6)\frac{ur_{m,6}}{ar_{m,6}}\cos(\phi_{m,n+0}\phi_n - \phi_{m,6-0}\phi_6) \qquad (6.3.1)$$

$$hM_{m,n} = hV_{m,n}\left[Z_6 + \frac{1}{3}(H_0 - Z_6) - Z_n\right] \qquad (6.3.2)$$

$$hH_{m,n} = -\frac{1}{2}P_{m,6}(H_0 - Z_6)\frac{ur_{m,6}}{ar_{m,6}}\sin(\phi_{m,n+0}\phi_n - \phi_{m,6-0}\phi_6) \qquad (6.3.3)$$

ii) $H_0 < Z_6$ のとき

$Z_{\ell+1} > H_0 \geq Z_\ell$ ただし $\ell \leqq 5$ とする。

(α) $n > \ell$ のとき

$$ {}_A\nabla_{m.n} = {}_AM_{m.n} = {}_AH_{m.n} = 0 \qquad (6.3.4) $$

(β) $n \leqq \ell$ のとき

$$ {}_A\nabla_{m.n} = \frac{1}{2} P_{m.\ell} (Z_{\ell+1} - H_0) \frac{\partial r_{m.\ell}}{\partial r_{m.\ell}} \cos(\phi_{m.n} + o\phi_n - o\phi_{m\ell} - o\phi_\ell) \qquad (6.3.5) $$

$$ {}_AM_{m.n} = {}_A\nabla_{m.n} \left\{ \frac{1}{3} (Z_{\ell+1} + Z_\ell + H_0 - Z_n) \right\} \qquad (6.3.6) $$

$$ {}_AH_{m.n} = \frac{1}{2} P_{m.\ell} (Z_{\ell+1} - H_0) \frac{\partial r_{m.\ell}}{\partial r_{m.\ell}} \sin(\phi_{m.n} + o\phi_n - \phi_{m.\ell} - o\phi_\ell) \qquad (6.3.7) $$

これら ${}_A\nabla_{m.n}$, ${}_AM_{m.n}$, ${}_AH_{m.n}$ を $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-4 地震時慣性力による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$ {}_S\nabla_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c \cdot g \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m.i+1} + A_{m.i}) \cos(\phi_{m.n} + o\phi_n) \qquad (6.4.1) $$

$$ {}_SM_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c \cdot g \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} \left\{ A_{m.i+1} (Z_{i+1} - Z_n) + A_{m.i} (Z_i - Z_n) \right\} \cos(\phi_{m.n} + o\phi_n) \qquad (6.4.2) $$

$$ {}_SH_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} \rho_c \cdot g \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m.i+1} + A_{m.i}) \sin(\phi_{m.n} + o\phi_n) \qquad (6.4.3) $$

これらを $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-5 全初期荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$ {}_I\nabla_{m.n} = {}_S\nabla_{m.n} + {}_A\nabla_{m.n} \qquad (6.5.1) $$

$$ {}_IM_{m.n} = {}_VM_{m.n} + {}_SM_{m.n} + {}_AM_{m.n} \qquad (6.5.2) $$

$$ {}_IH_{m.n} = {}_SH_{m.n} + {}_AH_{m.n} \qquad (6.5.3) $$

これらを $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-6 初期撓みの計算

$$ \begin{aligned} \delta_i(\Delta r)_{m.n} = {} & \frac{1}{2Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_IM_{m.i+1}}{I_{m.i+1}} (Z_n - Z_{i+1}) \cos(\phi_{m.i+1} + o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - o\phi_n) + \right. \\ & \frac{{}_IM_{m.i}}{I_{m.i}} (Z_n - Z_i) \cos(\phi_{m.i} + o\phi_i - \phi_{m.n} - o\phi_n) \Big\} + \frac{5(1+\nu_c)}{4Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_I\nabla_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \cos(\phi_{m.i+1} + o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - o\phi_n) \right. \\ & + \frac{{}_I\nabla_{m.i}}{A_{m.i}} \cos(\phi_{m.i} + o\phi_i - \phi_{m.n} - o\phi_n) \Big\} + \frac{1+\nu_c}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{{}_IH_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \sin(\phi_{m.i+1} + o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - o\phi_n) \right. \\ & + \frac{{}_IH_{m.i}}{A_{m.i}} \sin(\phi_{m.i} + o\phi_i - \phi_{m.n} - o\phi_n) \Big\} + ({}_IM_{m.p} \cdot c\alpha_{m} + {}_I\nabla_{m.p} \cdot c\alpha_{2.m})(Z_n - Z_p) \cos(\phi_{m.p} + o\phi_p - \phi_{m.n} - o\phi_n) \\ & - \left\{ K^c_m \left\{ {}_I\nabla_{m.p} \cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.p} + {}_IH_{m.p} \cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.p} \right\} + K^c_{20-m} \left\{ {}_I\nabla_{20-m.p} \cdot ar(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p} + {}_IH_{20-m.p} \cdot as(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p} \right\} \right. \\ & \times \cos(\phi_{m.p} + o\phi_p - \phi_{m.n} - o\phi_n) - \left\{ K^c_m \left\{ {}_I\nabla_{m.p} \cdot ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p} + {}_IH_{m.p} \cdot as(\Delta S)^{c.m}_{m.p} \right\} + K^c_{20-m} \left\{ {}_I\nabla_{20-m.p} \cdot ar(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p} \right. \right. \\ & \left. \left. + {}_IH_{20-m.p} \cdot as(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p} \right\} \right\} \sin(\phi_{m.p} + o\phi_p - \phi_{m.n} - o\phi_n) + \left\{ ({}_IM_{10.0} \cdot c\alpha_{2.10} + {}_I\nabla_{10.0} \cdot c\beta_{10}) \cos(\phi_{10.0} + o\phi_0 - \phi_{10.n} \right. \\ & \left. - o\phi_n) + {}_IH_{10.0} \cdot c\beta_{10} \sin(\phi_{10.0} + o\phi_0 - \phi_{10.n} - o\phi_n) \right\}^* \end{aligned} \qquad (6.6.1) $$

$$cI(\Delta S)_{m.n} = -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=P}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_IM_{m.i+1}}{{}_IM_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\right.$$
$$\frac{{}_IM_{m.i}}{{}_IM_{m.i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big\}-\frac{S(1+\mu)}{4Ec}\sum_{i=P}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_IV_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\right.$$
$$\left.\frac{{}_IV_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right\}+\frac{(1+\nu)c}{Ec}\sum_{i=P}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{{}_IH_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\right.$$
$$\left.\frac{{}_IH_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\right\}-({}_IM_{m.P}\cdot c\alpha_m+{}_IV_{m.P}\cdot c\alpha_{2m})(Z_n-Z_P)\sin(\phi_{m.P}+{}_o\phi_P-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+$$
$$\left\{K^c_m\left\{{}_IV_{m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.P}+{}_IH_{m.P}\cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.P}\right\}+K^c_{20-m}\left\{{}_IV_{20-m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.20-m}_{m.P}+{}_IH_{20-m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.20-m}_{m.P}\right\}\right\}\times$$
$$\sin(\phi_{m.P}+{}_o\phi_P-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-\left\{K^c_m\left\{{}_IV_{m.P}\cdot ar(\Delta S)^{c.m}_{m.P}+{}_IH_{m.P}\cdot as(\Delta S)^{c.m}_{m.P}\right\}+K^c_{20-m}\left\{{}_IV_{20-m.P}\cdot as(\Delta S)^{c.20-m}_{m.P}\right.\right.$$
$$\left.\left.+{}_IH_{20-m.P}\cdot as(\Delta S)^{c.20-m}_{m.P}\right\}\right\}\cos(\phi_{m.P}+{}_o\phi_P-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-\left\{({}_IM_{10.o}\cdot c\alpha_{2.10}+{}_IV_{10.o}\cdot c\beta_{10})\sin(\phi_{10.o}+{}_o\phi_o-\right.$$
$$\left.\phi_{10.n}-{}_o\phi_n)-{}_IH_{10.o}\cdot c\textcircled{8}_{10}\cos(\phi_{10.o}+{}_o\phi_o-\phi_{10.n}-{}_o\phi_n)\right\}^* \qquad (6.6.2)$$

$$cI(\Delta\theta)_{m.n} = -K^c_m\left\{{}_IV_{m.P}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.m}_{m.P}+{}_IH_{m.P}\cdot as(\Delta\theta)^{c.m}_{m.P}\right\}-K^c_{20-m}\left\{{}_IV_{20-m.P}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.P}+\right.$$
$$\left.{}_IH_{20-m.P}\cdot as(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.P}\right\} \qquad (6.6.3)$$

ただし(6.6.1)・(6.6.2)の[ ]*の項は $m=10$ のときにのみ加算し、$\sum_{i=P}^{n-1}$ ${}_IM_{m.P}$ ${}_IV_{m.P}$ ${}_IH_{m.P}$ ${}_IV_{20-m.P}$, ${}_IH_{20-m.P}$, Z_P, $\phi_{m.P}$, ${}_o\phi_P$ にあらわれる P は次のようにとるものとする。

i) $m=10$ のとき

$P=0$ このとき $K^c_m = K^c_{20-m} = 0$ とする。

ii) $10 < m \leqq 16$ のとき

$P = m-10$

iii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$P = 10-m$

(6.6.1)～(6.6.3)を $m=10, 11\cdots16$, $n=m-10, m-9\cdots7$ と $m=9, 8\cdots4$; $n=10-m, 11-m\cdots7$ について計算する。

またアーチの初期荷重による撓みは

$$aI(\Delta r)_{m.n} = -K^c_{10+n}\left\{{}_IV_{10+n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}+{}_IH_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\right\}-K^c_{10-n}\left\{{}_IV_{10-n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}+\right.$$
$$\left.{}_IH_{10-n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\right\} \qquad (6.6.4)$$

$$aI(\Delta S)_{m.n} = -K^c_{10+n}\left\{{}_IV_{10+n.n}\cdot ar(\Delta S)^{c.10+n}_{m.n}+{}_IH_{10+n.n}\cdot as(\Delta S)^{c.10+n}_{m.n}\right\}-K^c_{10-n}\left\{{}_IV_{10-n.n}\cdot ar(\Delta S)^{c.10-n}_{m.n}\right.$$
$$\left.+{}_IH_{10-n.n}\cdot as(\Delta S)^{c.10-n}_{m.n}\right\} \qquad (6.6.5)$$

$$aI(\Delta\theta)_{m.n} = -K^c_{10+n}\left\{{}_IV_{10+n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}+{}_IH_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\right\}-K^c_{10-n}\left\{{}_IV_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\right.$$
$$\left.+{}_IH_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\right\} \qquad (6.6.6)$$

(6.6.4)～(6.6.6)を $n=1.2\cdots6$; $m=10-n, 11-n\cdots10\cdots10+n$ について計算する。

第7節　自　重

7-1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$w_1W_{m,n}=\frac{f_c}{6}\sum_{i=n}^{N_1-1}(Z_{i+1}-Z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.1)$$

$$w_1M_{m,n}=\frac{f_c}{6}\sum_{i=n}^{N_1-1}(Z_{i+1}-Z_i)\{A_{m,i+1}(ue_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+1}-o\phi_{i+1})+4A_{m,i+0.5}(ue_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+0.5}-o\phi_{i+0.5})+A_{m,i}(ue_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i}-o\phi_i)\}-(ue_{m,n}-lg_{m,n})w_1W_{m,n} \qquad (7.1.2)$$

$w_1W_{m,n}$; $w_1M_{m,n}$ を $m=10,11\cdots9+N_1$; $n=m-10,\ m-9\cdots N_1$ と $m=9,8\cdots11-N_1$; $n=10-m,\ 11-m\cdots N_1$ について計算する。

$$w_2W_{m,n}=\frac{f_c}{6}\sum_{i=n}^{N_2-1}(Z_{i+1}-Z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.3)$$

$$w_2M_{m,n}=\frac{f_c}{6}\sum_{i=n}^{N_2-1}(Z_{i+1}-Z_i)\{A_{m,i+1}(ue_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+1}-o\phi_{i+1})+4A_{m,i+0.5}(ue_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+0.5}-o\phi_{i+0.5})+A_{m,i}(ue_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i}-o\phi_i)\}-(ue_{m,n}-lg_{m,n})w_2W_{m,n}$$

$w_2W_{m,n}$, $w_2M_{m,n}$ を $m=10,11\cdots9+N_2$; $n=m-10,\ m-9\cdots N_2$ と $m=9,8\cdots11-N_2$; $n=10-m,\ 11-m\cdots N_2$ について計算する。

$$w_3W_{m,n}=\frac{f_c}{6}\sum_{i=n}^{6}(Z_{i+1}-Z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.5)$$

$$w_3M_{m,n}=\frac{f_c}{6}\sum_{i=n}^{6}(Z_{i+1}-Z_i)\{A_{m,i+1}(ue_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+1}-o\phi_{i+1})+4A_{m,i+0.5}(ue_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i+0.5}-o\phi_{i+0.5})+A_{m,i}(ue_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n}+o\phi_n-\phi_{m,i}-o\phi_i)\}-(ue_{m,n}-lg_{m,n})w_3W_{m,n}$$

$w_3W_{m,n}$, $w_3M_{m,n}$ を $m=10,11\cdots16$; $n=m-10,\ m-9\cdots7$ と $m=9,8\cdots4$; $n=10-m,\ 11-m\cdots7$ について計算する。

7-2 自重による撓み

$$w_1(\Delta r)_{m,n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{w_2M_{m,i+1}-w_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\right.$$

$$\frac{w_2M_{m,i}-w_1M_{mi}}{I_{m,i}}(z_n-z_i)\cos(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]+(w_2M_{m,P}-w_1M_{m,P})\cdot c\alpha_m(z_n-z_P)$$

$$\cos(\phi_{m,P}+o\phi_P-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\Big[(w_2M_{10,0}-w_1M_{10,0})\,c\alpha_{2,10}\cdot\cos(\phi_{m,0}+o\phi_0-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]^{*}$$

(7.2.1)

$$w_1(\Delta S)_{m,n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=P}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\Big[\frac{w_2M_{m,i+1}-w_1M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(z_n-z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-o\phi_n)$$

$$+\frac{w_2M_{m,i}-w_1M_{m,i}}{I_{m,i}}(z_n-z_i)\sin(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]-(w_2M_{m,P}-w_1M_{m,P})\,c\alpha_m(z_n-z_P)$$

$$\sin(\phi_{m,P}+o\phi_P-\phi_{m,n}-o\phi_n)-\Big[(w_2M_{10,0}-w_1M_{10,0})\cdot c\alpha_{2,10}\cdot\sin(\phi_{m,0}+o\phi_0-\phi_{m,n}-\delta\phi_n)\Big]^{*}$$

(7.2.2)

$w_1(\Delta r)_{m,n}$; $w_1(\Delta S)_{m,n}$ を $m=10,11\cdots 9+N_1$; $n=m-10,m-9,\cdots N_1$ と $m=9,8\cdots 11-N_1$; $n=10-m,11-m\cdots N_1$ について計算する。[ ]* は $m=10$ のときにのみ加算し P は

i) $10\leqq m\leqq 16$ のとき　　$P=m-10$

ii) $10>m\geqq 4$ のとき　　$P=10-m$

とするものとする。

$$w_2(\Delta r)_{m,n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=P}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\Big[\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(z_n-z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-o\phi_n)$$

$$+\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}(z_n-z_i)\cos(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]+(w_3M_{m,P}-w_2M_{m,P})\cdot c\alpha_m\cdot(z_n-z_P)\cos$$

$$(\phi_{m,P}+o\phi_P-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\Big[(w_3M_{10,0}-w_2M_{10,0})\cdot c\alpha_{2,10}\cdot\cos(\phi_{m,0}+o\phi_0-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]^{*}.\quad(7.2.3)$$

$$w_2(\Delta S)_{m,n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=P}^{n-1}(z_{i+1}-z_i)\Big[\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(z_n-z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-o\phi_n)+$$

$$\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}(z_n-z_i)\sin(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]-(w_3M_{m,P}-w_2M_{m,P})\cdot c\alpha_m\cdot(z_n-z_P)\sin$$

$$(\phi_{m,P}+o\phi_P-\phi_{m,n}-o\phi_n)-\Big[(w_3M_{10,0}-w_2M_{10,0})\cdot c\alpha_{2,10}\cdot\sin(\phi_{m,0}+o\phi_0-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]^{*}$$

(7.2.4)

$w_2(\Delta r)_{m,n}$; $w_2(\Delta S)_{m,n}$ を $m=10,11\cdots 9+N_2$; $n=m-10,m-9\cdots N_2$ と $m=9,8\cdots 11-N_2$; $n=10-m,11-m\cdots N_2$ について計算する。[ ]* および P は $w_1(\Delta r)_{m,n}$; $w_1(\Delta S)_{m,n}$ の場合と同様である。

第8節　荷重分割

8-1. 外荷重に対する荷重分割

$(m.n)$ の片持梁の半径方向分担荷重，接線方向分担荷重，ねじれ分担荷重をそれぞれ $crP_{m.n}$；$csP_{m.n}$；$ctP_{m.n}$ とすれば $(m.n)$ の片持梁の半径方向撓み，接線方向撓み，鉛直軸の周りの回転角は

i) $m=10$ のとき

$$c(\Delta r)_{10.n}=cI(\Delta r)_{10.n}+\sum_{\ell=0}^{6}\left[crP_{10.\ell}\cdot cr(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n}+csP_{10.\ell}\cdot cs(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n}+ctP_{10.\ell}\cdot ct(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n}\right]$$
$$+\sum_{\ell=1}^{6}\left\{\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell}-ctP_{9.i}\cdot ctM^{9.i}_{9.\ell}\right)\right\}+\frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\right.$$
$$\left.\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{11.i}\cdot ctM^{11.i}_{11.\ell}-ctP_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell}\right)\right\}\right]cm(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n}\qquad(8.1.1)$$

$$c(\Delta s)_{10.n}=cI(\Delta s)_{10.n}+\sum_{\ell=0}^{6}\left[crP_{10.\ell}\cdot cr(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n}+csP_{10.\ell}\cdot cs(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n}+ctP_{10.\ell}\cdot ct(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n}\right]$$
$$+\sum_{\ell=1}^{6}\left\{\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell}-ctP_{9.i}\cdot ctM^{9.i}_{9.\ell}\right)\right\}+\frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\right.$$
$$\left.\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{11.i}\cdot ctM^{11.i}_{11.\ell}-ctP_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell}\right)\right\}\right]cm(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n}\qquad(8.1.2)$$

$$c(\Delta\theta)_{10.n}=cI(\Delta\theta)_{10.n}+\sum_{\ell=0}^{6}\left[crP_{10.\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{10.\ell}_{10.n}+csP_{10.\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{10.\ell}_{10.n}+ctP_{10.\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{10.\ell}_{10.n}\right]\qquad(8.1.3)$$

ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$$c(\Delta r)_{m.n}=cI(\Delta r)_{m.n}+\sum_{\ell=m-10}^{6}\left[crP_{m.\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}+crP_{20-m.\ell}\cdot cr(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}+csP_{m.\ell}\cdot cs(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}\right.$$
$$\left.+csP_{20-m.\ell}\cdot cs(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}+ctP_{m.\ell}\cdot ct(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}+ctP_{20-m.\ell}\cdot ct(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}\right]$$
$$+\cos(\phi_{m.m-10}+o\phi_{m-10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20-m}^{m}\left[(P_{K.m-10}-crP_{K.m-10})ar(\Delta r)^{K.m-10}_{m.m-10}-csP_{K.m-10}\right.$$
$$as(\Delta r)^{K.m-10}_{m.m-10}-ctP_{K.m-10}\times at(\Delta r)^{K.m-10}_{m.m-10}\Big]+\sin(\phi_{m.m-10}+o\phi_{m-10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20-m}^{m}\left\{(P_{K.m-10}-crP_{K.m-10})\right.$$
$$ar(\Delta s)^{K.m-10}_{m.m-10}-csP_{K.m-10}as(\Delta s)^{K.m-10}_{m.m-10}-ctP_{K.m-10}\times at(\Delta s)^{K.m-10}_{m.m-10}\Big\}+\left\{\frac{S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\right.$$
$$\left.\left\{\sum_{i=m-10}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.m-10}\right)\right\}-\frac{S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\right.$$
$$\left.\left\{\sum_{i=m-10}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-ctP_{m-2.i}\cdot ctM^{m-2.i}_{m-2.m-10}\right)\right\}\right]cm(\Delta r)^{m.m-10}_{m.n}+\sum_{\ell=m-9}^{6}\left\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell})}\right.$$
$$\left.\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell}\right)\right\}+\frac{S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\right.$$
$$\left.\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}-ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}\right)\right\}\right]cm(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}\qquad(8.1.4)$$

$$c(\Delta s)_{m.n}=cI(\Delta s)_{m.n}+\sum_{\ell=m-10}^{6}\left[crP_{m.\ell}\cdot cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}+crP_{20-m.\ell}\cdot cr(\Delta s)^{20-m.\ell}_{m.n}+csP_{m.\ell}\cdot cs(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}\right.$$
$$\left.+csP_{20-m.\ell}\cdot cs(\Delta s)^{20-m.\ell}_{m.n}+ctP_{m.\ell}\cdot ct(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}+ctP_{20-m.\ell}\cdot ct(\Delta s)^{20-m.\ell}_{m.n}\right]$$
$$-\sin(\phi_{m.m-10}+o\phi_{m-10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20-m}^{m}\left\{(P_{K.m-10}-crP_{K.m-10})ar(\Delta r)^{K.m-10}_{m.m-10}-csP_{K.m-10}as(\Delta r)^{K.m-10}_{m.m-10}\right.$$
$$\left.-ctP_{K.m-10}at(\Delta r)^{K.m-10}_{m.m-10}\right\}+\cos(\phi_{m.m-10}+o\phi_{m-10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20-m}^{m}\left\{(P_{K.m-10}-crP_{K.m-10})\right.$$
$$ar(\Delta s)^{K.m-10}_{m.m-10}-csP_{K.m-10}as(\Delta s)^{K.m-10}_{m.m-10}-ctP_{K.m-10}at(\Delta s)^{K.m-10}_{m.m-10}\Big\}+$$
$$+\left\{\frac{(S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10})}{(S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\left\{\sum_{i=m-10}^{6}\left(ctP_{mi}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.m-10}\right)\right\}\right.$$

$$- \frac{S_{m,m-10} - S_{m+1,m-10}}{(S_{m,m-10} - S_{m-2,m-10})(S_{m-1,m-10} - S_{m-2,m-10})} \left\{ \sum_{i=m-10}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,m-10} - ctP_{m-2,i} \cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m-10}) \right\} cm(\Delta S)^{m,m-10}_{m,n}$$

$$+ \sum_{\ell=m+1}^{6} \left[\frac{S_{m+1,\ell} - S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell} - S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell} - S_{m-1,\ell})} \left\{ \sum_{i=\ell}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell} - ctP_{m-1,i} \cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}) \right\} \right.$$

$$\left. + \frac{S_{m,\ell} - S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell} - S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell} - S_{m,\ell})} \left\{ \sum_{i=\ell}^{6} (ctP_{m+1,i} \cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell} - ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}) \right\} \right] cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n} \qquad (8.1.5)$$

$$c(\Delta\theta)_{m,n} = ct(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{\ell=m+1}^{6} \left[crP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + crP_{20-m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n} + csP_{m,\ell} \cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + csP_{20-m,\ell} \cdot cs(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n} \right.$$
$$\left. + ctP_{m,\ell} \cdot ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + ctP_{20-m,\ell} \cdot ct(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n} \right] + \sum_{k=20-m}^{k=m} \left[(P_{k,m-10} - crP_{k,m-10}) ar(\Delta\theta)^{k,m-10}_{m,m-10} \right.$$
$$\left. - csP_{k,m-10} \cdot as(\Delta\theta)^{k,m-10}_{m,m-10} - ctP_{k,m-10} \cdot at(\Delta\theta)^{k,m-10}_{m,m-10} \right] \qquad (8.1.6)$$

(iii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$$c(\Delta r)_{m,n} = ct(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=10-m}^{6} \left[crP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + crP_{20-m,\ell} \cdot cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n} + csP_{m,\ell} \cdot cs(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} \right.$$
$$\left. + csP_{20-m,\ell} \cdot cs(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n} + ctP_{m,\ell} \cdot ct(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + ctP_{20-m,\ell} \cdot ct(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n} \right] + \cos(\phi_{m,10-m} + {}_0\phi_{10-m} - \phi_{m,n} - {}_0\phi_n) \times$$
$$\sum_{k=m}^{20-m} \left[(P_{k,10-m} - crP_{k,10-m}) ar(\Delta r)^{k,10-m}_{m,10-m} - csP_{k,10-m} \cdot as(\Delta r)^{k,10-m}_{m,10-m} - ctP_{k,10-m} \cdot at(\Delta r)^{k,10-m}_{m,10-m} \right] +$$
$$\sin(\phi_{m,10-m} + {}_0\phi_{10-m} - \phi_{m,n} - {}_0\phi_n) \sum_{k=m}^{20-m} \left[(P_{k,10-m} - crP_{k,10-m}) \cdot ar(\Delta s)^{k,10-m}_{m,10-m} - csP_{k,10-m} \cdot as(\Delta s)^{k,10-m}_{m,10-m} \right.$$
$$\left. - ctP_{k,10-m} \cdot at(\Delta s)^{k,10-m}_{m,10-m} \right] + \left\{ \frac{S_{m,10-m} - S_{m+2,10-m}}{(S_{m,10-m} - S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m} - S_{m+2,10-m})} \left\{ \sum_{i=10-m}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,10-m} \right. \right.$$
$$\left. \left. - ctP_{m+1,i} \cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,10-m}) \right\} - \frac{S_{m,10-m} - S_{m+1,10-m}}{(S_{m,10-m} - S_{m+2,10-m})(S_{m+1,10-m} - S_{m+2,10-m})} \left\{ \sum_{i=10-m}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,10-m} \right.$$
$$\left. \left. - ctP_{m+2,i} \cdot ctM^{m+2,i}_{m+2,10-m}) \right\} \right\} cm(\Delta r)^{m,10-m}_{m,n} + \sum_{\ell=1-m}^{6} \left[\frac{S_{m+1,\ell} - S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell} - S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell} - S_{m-1,\ell})} \left\{ \sum_{i=\ell}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell} \right. \right.$$
$$\left. \left. - ctP_{m-1,i} \cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}) \right\} + \frac{S_{m,\ell} - S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell} - S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell} - S_{m,\ell})} \left\{ \sum_{i=\ell}^{6} (ctP_{m+1,i} \cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell} - ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}) \right\} \right] \times$$
$$cm(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} \qquad (8.1.7)$$

$$c(\Delta S)_{m,n} = cs(\Delta S)_{m,n} + \sum_{\ell=10-m}^{6} \left[crP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n} + crP_{20-m,\ell} \cdot cr(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n} + csP_{m,\ell} \cdot cs(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n} + csP_{20-m,\ell} \cdot cs(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n} \right.$$
$$\left. + ctP_{m,\ell} \cdot ct(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n} + ctP_{20-m,\ell} \cdot ct(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n} \right] - \sin(\phi_{m,10-m} + {}_0\phi_{10-m} - \phi_{m,n} - {}_0\phi_n) \sum_{k=m}^{20-m} \left[(P_{k,10-m} - crP_{k,10-m}) ar(\Delta r)^{k,10-m}_{m,10-m} \right.$$
$$\left. - csP_{k,10-m} \cdot as(\Delta r)^{k,10-m}_{m,10-m} - ctP_{k,10-m} \cdot at(\Delta r)^{k,10-m}_{m,10-m} \right] + \cos(\phi_{m,10-m} + {}_0\phi_{10-m} - \phi_{m,n} - {}_0\phi_n) \sum_{k=m}^{20-m} \left[(P_{k,10-m} - crP_{k,10-m}) ar(\Delta S)^{k,10-m}_{m,10-m} \right.$$
$$\left. - csP_{k,10-m} \cdot as(\Delta S)^{k,10-m}_{m,10-m} - ctP_{k,10-m} \cdot at(\Delta S)^{k,10-m}_{m,10-m} \right]$$
$$+ \left\{ \frac{S_{m,10-m} - S_{m+2,10-m}}{(S_{m,10-m} - S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m} - S_{m+2,10-m})} \left\{ \sum_{i=10-m}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,10-m} - ctP_{m+1,i} \cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,10-m}) \right\} \right.$$
$$\left. - \frac{S_{m,10-m} - S_{m+1,10-m}}{(S_{m,10-m} - S_{m+2,10-m})(S_{m+1,10-m} - S_{m+2,10-m})} \left\{ \sum_{i=10-m}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,10-m} - ctP_{m+2,i} \cdot ctM^{m+2,i}_{m+2,10-m}) \right\} \right] cm(\Delta S)^{m,10-m}_{m,n}$$
$$+ \sum_{\ell=11-m}^{6} \left[\frac{S_{m+1,\ell} - S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell} - S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell} - S_{m-1,\ell})} \left\{ \sum_{i=\ell}^{6} (ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell} - ctP_{m-1,i} \cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell}) \right\} \right.$$
$$\left. + \frac{S_{m,\ell} - S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell} - S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell} - S_{m,\ell})} \left\{ \sum_{i=\ell}^{6} (ctP_{m+1,i} \cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell} - ctP_{m,i} \cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}) \right\} \right] cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n} \qquad (8.1.8)$$

$$c(\Delta\theta)_{m,n} = ct(\Delta\theta)_{m,n} + \sum_{\ell=10-m}^{6} \left[crP_{m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + crP_{20-m,\ell} \cdot cr(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n} + csP_{m,\ell} \cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} \right.$$
$$\left. + csP_{20-m,\ell} \cdot cs(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n} + ctP_{m,\ell} \cdot ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n} + ctP_{20-m,\ell} \cdot ct(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n} \right]$$
$$+ \sum_{k=m}^{20-m} \left[(P_{k,10-m} - crP_{k,10-m}) ar(\Delta\theta)^{k,10-m}_{m,10-m} - csP_{k,10-m} \cdot as(\Delta\theta)^{k,10-m}_{m,10-m} - ctP_{k,10-m} \cdot at(\Delta\theta)^{k,10-m}_{m,10-m} \right] \qquad (8.1.9)$$

点(m.n)のアーチの各方向撓みおよび鉛直軸のまわりの回転は

$$a(\Delta r)_{m.n} = a_I(\Delta r)_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n}\{(P_{k.n} - crP_{k.n})\,ar(\Delta r)^{k.n}_{m.n} - csP_{k.n}\,as(\Delta r)^{k.n}_{m.n} - ctP_{k.n}\,at(\Delta r)^{k.n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10-n.\ell}\{crV^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\} + csP_{10-n.\ell}\{csV^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$+ csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\} - ctP_{10-n.\ell}\,ctA^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,at(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10+n.\ell}\{crV^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} + csP_{10+n.\ell}\{csV^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+ csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} - ctP_{10+n.\ell}\,ctA^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.1.10)$$

$$a(\Delta s)_{m.n} = a_I(\Delta s)_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n}\{(P_{k.n} - crP_{k.n})\,ar(\Delta s)^{k.n}_{m.n} - csP_{k.n}\,as(\Delta s)^{k.n}_{m.n} - ctP_{k.n}\,at(\Delta s)^{k.n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10-n.\ell}\{crV^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\} + csP_{10-n.\ell}\{csV^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$+ csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\} - ctP_{10-n.\ell}\,ctA^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10+n.\ell}\{crV^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} + csP_{10+n.\ell}\{csV^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+ csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} - ctP_{10+n.\ell}\,ctA^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.1.11)$$

$$a(\Delta\theta)_{m.n} = a_I(\Delta\theta)_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n}\{(P_{k.n} - crP_{k.n})\,ar(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n} - csP_{k.n}\,as(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n} - ctP_{k.n}\,at(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10-n.\ell}\{crV^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\} + csP_{10-n.\ell}\{csV^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$+ csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\} - ctP_{10-n.\ell}\,ctA^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10+n.\ell}\{crV^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} + csP_{10+n.\ell}\{csV^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+ csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} - ctP_{10+n.\ell}\,ctA^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.1.12)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向の撓みは一致しなければならないから

$$c(\Delta r)_{m.n} = a(\Delta r)_{m.n} \qquad (8.1.13)$$
$$c(\Delta s)_{m.n} = a(\Delta s)_{m.n} \qquad (8.1.14)$$
$$c(\Delta\theta)_{m.n} = a(\Delta\theta)_{m.n} \qquad (8.1.15)$$

$(m.n)$ は $n = 0, 1, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ であるから $49\times3 = 147$ ケの未知数 $crP_{m.n}$; $csP_{m.n}$; $ctP_{m.n}$ と 147 ケの方程式が成立する. しかるに $m = 10\pm n$ の点では (8.1.13) ~ (8.1.15) 式は必ず成立するから.

(i) $10 < m \leqq 16$ のとき

$$crP_{m.\,m-10} = P_{m.\,m-10}\cdot \sin^2\chi_{m-10} \qquad (8.1.16)$$
$$csP_{m.\,m-10} = ctP_{m.\,m-10} = 0 \qquad (8.1.17)$$

(ii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$$crP_{m.\,10-m} = P_{m.\,10-m}\cdot \sin^2\chi_{10-m} \qquad (8.1.18)$$
$$csP_{m.\,10-m} = ctP_{m.\,10-m} = 0 \qquad (8.1.19)$$

(iii) $m = 10$ のとき

$$crP_{10.0} = P_{10.0} \qquad (8.1.20)$$
$$csP_{10.0} = ctP_{10.0} = 0 \qquad (8.1.21)$$

として、$_{cr}P_{m.n}$, $_{cs}P_{m.n}$, $_{ct}P_{m.n}$ を未知数とする (8.1.1)～(8.1.12) を、$n=1,2,\cdots 6$, $m=11-n, 12-n \cdots 10, \cdots 9+n$ において 108元連立方程式をとけば $_{cr}P_{m.n}$, $_{cs}P_{m.n}$, $_{ct}P_{m.n}$ が求められる。

なお、アーチの分担荷重は

$$_{ar}P_{m.n} = P_{m.n} - {}_{cr}P_{m.n} \qquad (8.1.22)$$

$$_{as}P_{m.n} = -{}_{cs}P_{m.n} \qquad (8.1.23)$$

$$_{at}P_{m.n} = -{}_{ct}P_{m.n} \qquad (8.1.24)$$

また、片持梁および、アーチの各方向変位は 108元連立方程式の解 $_{cr}P_{m.n}$, $_{cs}P_{m.n}$ $_{ct}P_{m.n}$ および (8.1.16)～(8.1.21) を (8.1.12) に代入すれば計算される。これらの値を (8.1.1)～(8.1.9) については $m=10, 11, \cdots 16$ に $n=m-10, m-9, \cdots 7$ と $m=9.8, \cdots 4$. $n=10-m, 11-m \cdots 7$ に対して計算し、(8.1.10)～(8.1.12) については $n=1,2,\cdots 6$, $m=10-n, 11-n, \cdots 10 \cdots 10+n$ に対して計算を行う。

8-2. 温度荷重に対する荷重分割

$(m.n)$ の片持梁の半径方向分担荷重、接線方向分担荷重、ねじれ分担荷重をそれぞれ $_{tc}P_{m.n}$, $_{tc}s P_{m.n}$, $_{tc}t P_{m.n}$ とすれば、半径方向変位 $_{tc}(\Delta r)_{m.n}$ 接線方向変位 $_{tc}(\Delta S)_{m.n}$

鉛直軸のまわりの回転角 $_{tc}(\Delta\theta)_{m.n}$ は夫々 $c(\Delta r)_{m.n}$ 〔(8.1.1), (8.1.4), (8.1.7)〕 $c(\Delta S)_{m.n}$ 〔(8.1.2), (8.1.5), (8.1.8)〕; $c(\Delta\theta)_{m.n}$ 〔(8.1.3), (8.1.6), (8.1.9)〕 において、$_{cr}P_{m.n}$, $_{cs}P_{m.n}$, $_{ct}P_{m.n}$ を夫々 $_{tc}r P_{m.n}$, $_{tc}s P_{m.n}$, $_{tc}t P_{m.n}$ におきかえ、$P_{m.n}=0$ とし、$cI(\Delta r)_{m.n}$, $cI(\Delta S)_{m.n}$ $cI(\Delta\theta)_{m.n}$ を夫々 $_{tc}(\Delta r')_{m.n}$, $_{tc}(\Delta S')_{m.n}$, $_{tc}(\Delta\theta')_{m.n}$ に置換えたものによって与えられる。

$(m.n)$ のアーチの半径方向変位 $_{ta}(\Delta r)_{m.n}$, 接線方向変位 $_{ta}(\Delta S)_{m.n}$ 鉛直軸のまわりの回転角 $_{ta}(\Delta\theta)_{m.n}$ は夫々 $a(\Delta r)_{m.n}$ 〔(8.1.10)〕; $a(\Delta S)_{m.n}$ 〔(8.1.11)〕 $a(\Delta\theta)_{m.n}$ 〔(8.1.12)〕 において、$_{cr}P_{m.n}$, $_{cs}P_{m.n}$, $_{ct}P_{m.n}$ を夫々 $_{tc}r P_{m.n}$, $_{tc}s P_{m.n}$, $_{tc}t P_{m.n}$ におきかえ、$P_{m.n}=0$ とし、$aI(\Delta r)_{m.n}$, $aI(\Delta S)_{m.n}$, $aI(\Delta\theta)_{m.n}$ を夫々 $_{ta}(\Delta r')_{m.n}$, $_{ta}(\Delta S')_{m.n}$ $_{ta}(\Delta\theta')_{m.n}$ におきかえたものにより得られる。

これらアーチおよび片持梁の各方向の撓みは一致しなければならないから

$$_{tc}(\Delta r)_{m.n} = {}_{ta}(\Delta r)_{m.n} \qquad (8.2.1)$$

$$_{tc}(\Delta S)_{m.n} = {}_{ta}(\Delta S)_{m.n} \qquad (8.2.2)$$

$$_{tc}(\Delta\theta)_{m.n} = {}_{ta}(\Delta\theta)_{m.n} \qquad (8.2.3)$$

$m=10+n$ および $m=10-n$ なる点では (8.2.1)～(8.2.3) は必ず成立するから

$$_{tc}r P_{m.m-10} = {}_{tc}s P_{m.m-10} = {}_{tc}t P_{m.m-10} = 0 \qquad (10 \leqq m \leqq 16 \text{ のとき}) \qquad (8.2.4)$$

$$_{tc}r P_{m.10-m} = {}_{tc}s P_{m.10-m} = {}_{tc}t P_{m.10-m} = 0 \qquad (10 > m \geqq 4 \text{ のとき}) \qquad (8.2.5)$$

において $_{tc}r P_{m.n}$, $_{tc}s P_{m.n}$, $_{tc}t P_{m.n}$ を、$n=1,2,\cdots 6$, $m=11-n, 12-n \cdots 10, \cdots 9+n$ において

108元連立方程式をとけば $tcrP_{m,n}$; $tcsP_{m,n}$; $tctP_{m,n}$ が求められる。なおアーチの分担荷重は

$$tarP_{m,n} = -tcrP_{m,n} \quad (8.2.6)$$

$$tasP_{m,n} = -tcsP_{m,n} \quad (8.2.7)$$

$$tatP_{m,n} = -tctP_{m,n} \quad (8.2.8)$$

また片持梁、アーチの各方向撓みは (8.1.1)~(8.1.12) において $crP_{m,n}$; $csP_{m,n}$; $ctP_{m,n}$ を108元連立方程式より求めた $tcrP_{m,n}$; $tcsP_{m,n}$; $tctP_{m,n}$ におきかえて代入し、$P_{m,n}=0$ とし $cr(\Delta r)_{m,n}$; $cr(\Delta S)_{m,n}$; $cr(\Delta\theta)_{m,n}$; $ar(\Delta r)_{m,n}$; $ar(\Delta S)$; $ar(\Delta\theta)_{m,n}$ を夫々 $tc(\Delta r)_{m,n}$; $tc(\Delta S)_{m,n}$; $tc(\Delta\theta)_{m,n}$; $ta(\Delta r')_{m,n}$; $ta(\Delta S')_{m,n}$; $ta(\Delta\theta')_{m,n}$ におきかえれば得られる。

8-3 自重に対する荷重分割

(A) 標高 N_1 まで継目グラウトされ、標高 N_2 まで打設されたときの荷重分割点 (m,n) の片持梁の半径方向分担荷重、接線方向分担荷重、ねじれ分担荷重をそれぞれ $wcr'P_{m,n}$; $wcs'P_{m,n}$; $wct'P_{m,n}$ とすれば (m,n) 点の片持梁の半径方向撓み接線方向撓み、鉛直軸のまわりの回転角は、

(i) $m=10$ のとき

$$wc'(\Delta r)_{m,n} = w_1(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=0}^{N_1-1}\{wcr'P_{0,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{10,\ell}_{10,n} + wcs'P_{0,\ell}\cdot cs(\Delta r)^{10,\ell}_{10,n} + wct'P_{0,\ell}\cdot ct(\Delta r)^{10,\ell}_{10,n}\}$$
$$+ wcr'P_{10,N_1}\cdot cr'(\Delta r)^{10,N_1}_{10,n} + wcs'P_{10,N_1}\cdot cs'(\Delta r)^{10,N_1}_{10,n} + wct'P_{10,N_1}\cdot ct'(\Delta r)^{10,N_1}_{10,n}$$
$$+ \sum_{\ell=1}^{N_1-1}\left\{\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}\left\{\sum_{i=0}^{N_1-1}(wct'P_{0,i}\cdot ctM^{10,i}_{10,\ell} - wct'P_{9,i}\cdot ctM^{9,i}_{9,\ell}) + wct'P_{10,N_1}\cdot ct'M^{10,N_1}_{10,\ell}\right.\right.$$
$$\left.\left. - wct'P_{9,N_1}\cdot ct'M^{9,N_1}_{9,\ell}\right\} + \frac{S_{10,\ell}-S_{9,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\left\{\sum_{i=0}^{N_1-1}(wct'P_{11,i}\cdot ctM^{11,i}_{11,\ell} - wct'P_{10,i}\cdot ctM^{10,i}_{10,\ell})\right.\right.$$
$$\left.\left. + wct'P_{11,N_1}\cdot ct'M^{11,N_1}_{11,\ell} - wct'P_{10,N_1}\cdot ct'M^{10,N_1}_{10,\ell}\right\}\right\} cm(\Delta r)^{10,\ell}_{10,n} \quad (8.3.1)$$

$$wc'(\Delta S)_{m,n} = w_1(\Delta S)_{m,n} + \sum_{\ell=0}^{N_1-1}\{wcr'P_{0,\ell}\cdot cr(\Delta S)^{10,\ell}_{10,n} + wcs'P_{0,\ell}\cdot cs(\Delta S)^{10,\ell}_{10,n} + wct'P_{0,\ell}\cdot ct(\Delta S)^{10,\ell}_{10,n}\}$$
$$+ wcr'P_{10,N_1}\cdot cr'(\Delta S)^{10,N_1}_{10,n} + wcs'P_{10,N_1}\cdot cs'(\Delta S)^{10,N_1}_{10,n} + wct'P_{10,N_1}\cdot ct'(\Delta S)^{10,N_1}_{10,n}$$
$$+ \sum_{\ell=1}^{N_1-1}\left\{\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}\left\{\sum_{i=0}^{N_1-1}(wct'P_{0,i}\cdot ctM^{10,i}_{10,\ell} - wct'P_{9,i}\cdot ctM^{9,i}_{9,\ell}) + wct'P_{0,N_1}\cdot ct'M^{10,N_1}_{10,\ell}\right.\right.$$
$$\left.\left. - wct'P_{9,N_1}\cdot ct'M^{9,N_1}_{9,\ell}\right\} + \frac{S_{10,\ell}-S_{9,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\left\{\sum_{i=0}^{N_1-1}(wct'P_{11,i}\cdot ctM^{11,i}_{11,\ell} - wct'P_{10,i}\cdot ctM^{10,i}_{10,\ell})\right.\right.$$
$$\left.\left. + wct'P_{11,N_1}\cdot ct'M^{11,N_1}_{11,\ell} - wct'P_{10,N_1}\cdot ct'M^{10,N_1}_{10,\ell}\right\}\right\} cm(\Delta S)^{10,\ell}_{10,n} \quad (8.3.2)$$

$$wc'(\Delta\theta)_{m,n} = \sum_{\ell=0}^{N_1-1}\{wcr'P_{0,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{10,\ell}_{10,n} + wcs'P_{0,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{10,\ell}_{10,n} + wct'P_{0,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{10,\ell}_{10,n}\}$$
$$+ wcr'P_{10,N_1}\cdot cr'(\Delta\theta)^{10,N_1}_{10,n} + wcs'P_{10,N_1}\cdot cs'(\Delta\theta)^{10,N_1}_{10,n} + wct'P_{10,N_1}\cdot ct'(\Delta\theta)^{10,N_1}_{10,n} \quad (8.3.3)$$

(ii) $10<m\leq 16$ のとき

$$wc'(\Delta r)_{m,n} = w_1(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=N_2+10}^{N_1-1}\{wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + wcr'P_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}$$
$$+ wcs'P_{20-m,\ell}\cdot cs(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n} + wct'P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n} + wct'P_{20-m,\ell}\cdot ct(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}\} + wcr'P_{m,N_1}\cdot cr'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$$
$$+ wcr'P_{20-m,N_1}\cdot cr'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n} + wcs'P_{m,N_1}\cdot cs'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n} + wcs'P_{20-m,N_1}\cdot cs'(\Delta r)^{20-m,N_1}_{m,n} + wct'P_{m,N_1}\cdot ct'(\Delta r)^{m,N_1}_{m,n}$$

$$+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}-wc\iota'P_{10+n.\ell}\cdot ct'M^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cs'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'M^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.10)$$

$$wa'(\Delta s)_{m.n}=-\sum_{k=10-n}^{10+n}\{wcr'P_{k.n}ar(\Delta s)^{k.n}_{m.n}+wcs'P_{k.n}as(\Delta s)^{k.n}_{m.n}+wct'P_{kn}at(\Delta s)^{k.n}_{m.n}\}-k^{c}_{10-n}\{\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10-n.\ell}$$
$$\times\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcs'P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10-n.\ell}\cdot ct'M^{10-n.\ell}_{10-n.n}at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcr'P_{10-n.N_1}\{cr'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$+wcs'P_{10-n.N_1}\{cs'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+cs'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}-wct'P_{10-n.N_1}\cdot ct'M^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-k^{c}_{10+n}\{\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}+crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ct'M^{10+n.\ell}_{10+n.n}at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'M^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.11)$$

$$wa'(\Delta\theta)_{mn}=-\sum_{k=10-n}^{10+n}\{wcr'P_{k.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}+wcs'P_{k.n}as(\Delta\theta)^{k.n}_{mn}+wct'P_{k.n}at(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}\}-k^{c}_{10-n}[\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10-n.\ell}$$
$$\times\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcs'P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10-n.\ell}\cdot ct'M^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcr'P_{10-n.N_1}\{cr'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$+wcs'P_{10-n.N_1}\{cs'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+cs'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}-wct'P_{10-n.N_1}\cdot ct'M^{10-n.N_1}_{10-n.n}at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-k^{c}_{10+n}[\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}+crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ct'M^{10+n.\ell}_{10+n.n}at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'M^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.12)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向撓みは一致しなければならないから

$$wc'(\Delta r)_{m.n}=wa'(\Delta r)_{m.n} \qquad (8.3.13)$$
$$wc'(\Delta s)_{m.n}=wa'(\Delta s)_{m.n} \qquad (8.3.14)$$
$$wc'(\Delta\theta)_{m.n}=wa'(\Delta\theta)_{m.n} \qquad (8.3.15)$$

たゞし (8.3.13) ～ (8.3.15) は $n=0.1\cdots N_1$; $m=10-n$; $11-n$; $\cdots 10,\cdots 10+n$ にて成立し、未知数 $wcr'P_{m.n}$; $wcs'P_{m.n}$; $wct'P_{m.n}$ は $n=0.1\cdots N_1$; $m=10-n$; $11-n$; $\cdots 10\cdots 10+n$ の範囲でとるものとする。

なお、$m=10\pm n$ の点では (8.3.13) ～ (8.3.15) は必ず成立するから

$$wcr'P_{m.m-10}=wcs'P_{m.m-10}=wct'P_{m.m-10}=0 \quad (10\leqq m\leqq 16\text{ のとき}) \qquad (8.3.16)$$
$$wcr'P_{m.10-m}=wcs'P_{m.10-m}=wct'P_{m.10-m}=0 \quad (10\geqq m\geqq 16\text{ のとき}) \qquad (8.3.17)$$

とする。したがって (8.3.13)～(8.3.15) には

	$wcr'P_{m.n}$	$wcs'P_{m.n}$	$wct'P_{m.n}$	計
$N_1=0$	0	0	0	0
$N_1=1$	1	1	1	3
$N_1=2$	4	4	4	12
$N_1=3$	9	9	9	27
$N_1=4$	16	16	16	48
$N_1=5$	25	25	25	75
$N_1=6$	36	36	36	108

$$+wct'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot ct'(\Delta r)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}-\cos(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{m,n}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20\text{-}m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot os(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}$$
$$+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}-sin(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{m,n}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20\text{-}m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar(\Delta s)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot as(\Delta s)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}$$
$$+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta s)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}+\left\{\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})}\right\}\left\{\sum_{l=10\text{-}m}^{N_i-1}(wct'P_{m,l}\cdot ctM^{m,l}_{m,10\text{-}m}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m+1,l}\cdot ctM^{m+1,l}_{m+1,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ctM^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+1,N_i}\cdot ctM^{m+1,N_i}_{m+1,10\text{-}m}\right\}-\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})}$$
$$\times\left\{\sum_{l=10\text{-}m}^{N_i-1}(wct'P_{m,l}\cdot ctM^{m,l}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+2,l}\cdot ctM^{m+2,l}_{m+2,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ctM^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+2,N_i}ct'M^{m+2,N_i}_{m+2,10\text{-}m}\right\}cm(\Delta r)^{m,10\text{-}m}_{m,n}$$
$$+\sum_{l=11\text{-}m}^{N_i-1}\left[\frac{S_{m+1,l}-S_{m,l}}{(S_{m+1,l}-S_{m-1,l})(S_{m,l}-S_{m+1,l})}\right]\left\{\sum_{i=l}^{N_i-1}(wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,l}-wct'P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,l})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,l}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m-1,N_i}\cdot ct'M^{m-1,N_i}_{m-1,l}\right\}+\frac{S_{m,l}-S_{m-1,l}}{(S_{m+1,l}-S_{m-1,l})(S_{m+1,l}-S_{m,l})}\left\{\sum_{i=l}^{N_i-1}(wct'P_{m+1,i}\cdot ct\cdot M^{m+1,i}_{m,l}-wct'P_{m,i}\cdot ct\cdot M^{m,i}_{m,l})\right.$$
$$\left.+wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,l}-wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,l}\right\}\Big]cn(\Delta r)^{m,l}_{m,n} \qquad (8.3.7)$$

$$wc'(\Delta S)_{m,n}=w_1(\Delta S)_{m,n}-\sum_{l=10\text{-}m}^{N_i-1}\{wcr'P_{m,l}\,cr(\Delta S)^{m,l}_{m,n}+wcs'P_{m,l}\cdot cs(\Delta S)^{m,l}_{m,n}+wcr'P_{20\text{-}m,l}\cdot cr(\Delta S)^{20\text{-}m,l}_{m,n}$$
$$+wcs'P_{20\text{-}m,l}\cdot cs(\Delta S)^{20\text{-}m,l}_{m,n}+wct'P_{m,l}\cdot ct(\Delta S)^{m,l}_{m,n}+wct'P_{20\text{-}m,l}\cdot ct(\Delta S)^{20\text{-}m,l}_{m,n}\}+wcr'P_{m,N_i}cr'(\Delta S)^{m,N_i}_{m,n}$$
$$+wcr'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot cr'(\Delta S)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+wcs'P_{m,N_i}\cdot cs'(\Delta S)^{m,N_i}_{m,n}+wcs'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot cs'(\Delta S)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'(\Delta S)^{m,N_i}_{m,n}$$
$$+wct'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot ct'(\Delta S)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+st\,n(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{m,n}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20\text{-}m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}$$
$$\times as(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}-\cos(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{m,n}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20\text{-}m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar(\Delta S)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}$$
$$+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot as(\Delta S)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta S)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}+\left\{\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})}\right\}\left\{\sum_{l=10\text{-}m}^{N_i-1}(wct'P_{m,l}\right.$$
$$\times ctM^{m,l}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+1,l}\cdot ctM^{m+1,l}_{m+1,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,10\text{-}m}\Big\}$$
$$-\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})}\left\{\sum_{l=10\text{-}m}^{N_i-1}(wct'P_{m,l}\cdot ctM^{m,l}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+2,l}\cdot ctM^{m+2,l}_{m+2,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ctM^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m+2,N_i}\cdot ct'M^{m+2,N_i}_{m+2,10\text{-}m}\right\}\Big\}cm(\Delta S)^{m,10\text{-}m}_{m,n}+\sum_{l=11\text{-}m}^{N_i-1}\left\{\frac{S_{m+1,l}-S_{m,l}}{(S_{m+1,l}-S_{m-1,l})(S_{m,l}-S_{m-1,l})}\right\}\left\{\sum_{i=l}^{N_i-1}(wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,l}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,l})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,l}-wct'P_{m-1,N_i}\cdot ct'M^{m-1,N_i}_{m-1,l}\right\}+\frac{S_{m,l}-S_{m-1,l}}{(S_{m+1,l}-S_{m-1,l})(S_{m+1,l}-S_{m,l})}$$
$$\times\left\{\sum_{i=l}^{N_i-1}(wct'P_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,l}-wct'P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,l})+wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,l}-wct'P_{m,N_i}ct'M^{m,N_i}_{m,l}\right\}cm(\Delta S)^{m,l}_{m,n}$$
$$(8.3.8)$$

$$wc'(\Delta\theta)_{m,n}=\sum_{l=0\text{-}m}^{N_i-1}\{wcr'P_{m,l}\cdot cr(\Delta\theta)^{m,l}_{m,n}+wcr'P_{20\text{-}m,l}\cdot cr(\Delta\theta)^{20\text{-}m,l}_{m,n}+wcs'P_{m,l}\cdot cs(\Delta\theta)^{m,l}_{m,n}+wcs'P_{20\text{-}m,l}cs(\Delta\theta)^{20\text{-}m,l}_{m,n}$$
$$+wct'P_{m,l}\cdot ct(\Delta\theta)^{m,l}_{m,n}+wct'P_{20\text{-}m,l}\cdot ct(\Delta\theta)^{20\text{-}m,l}_{m,n}\}+wcr'P_{m,N_i}\cdot cr'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}+wcr'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot cr'(\Delta\theta)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}$$
$$+wcs'P_{m,N_i}\cdot cs'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}+wcs'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot cs'(\Delta\theta)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}+wct'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot ct'(\Delta\theta)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}$$
$$-\sum_{k=m}^{20\text{-}m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar(\Delta\theta)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot as(\Delta\theta)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta\theta)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\} \qquad (8.3.9)$$

点(m,n)のアーチの半径方向撓み接線方向撓み鉛直軸のまわりの回転角は

$$wa'(\Delta r)_{m,n}=\sum_{k=0\text{-}n}^{10+n}\{wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n}+wcs'P_{k,n}\cdot as(\Delta r)^{k,n}_{m,n}+wct'P_{k,n}\cdot at(\Delta r)^{k,n}_{m,n}\}-K^c_{k0\text{-}n}\left[\sum_{l=n}^{N_i-1}\{wcr'P_{10\text{-}n,l}\right.$$
$$\times\{cr\nabla^{10\text{-}n,l}_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}+crH^{10\text{-}n,l}_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}+wcs'P_{10\text{-}n,l}\{cs\nabla^{10\text{-}n,l}_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}+csH^{10\text{-}n,l}_{10\text{-}n,n}as$$
$$\times as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}-wct'P_{10\text{-}n,l}\cdot ct'A^{10\text{-}n,l}_{10\text{-}n,n}\cdot at(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}+wcr'P_{10\text{-}n,N_i}\{cr'\nabla^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\,ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}$$
$$+cr'H^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}+wcs'P_{10\text{-}n,N_i}\{cs'\nabla^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}+cs'H^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}-wct'P_{10\text{-}n,N_i}\times$$
$$ct'A^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot at(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}-K^c_{10+n}\left[\sum_{l=n}^{N_i-1}\{wcr'P_{10+n,l}\{cr\nabla^{10+n,l}_{10+n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,l}_{10+n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10+n}_{m,n}\right.$$

$$+wcs'P_{10+m,\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}+csH^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}-wc+'P_{10+n.\ell}\cdot ct\mathcal{M}^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$+wcr'P_{10+m,N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}+cr'H^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+m.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cs'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'\mathcal{M}^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.10)$$

$$wd(\Delta s)_{m.n}=-\sum_{k=10-n}^{10+n}\{wcr'P_{k.n}ar(\Delta s)^{k.n}_{m.n}+wcs'P_{k.n}\cdot as(\Delta s)^{k.n}_{m.n}+wct'P_{kn}at(\Delta s)^{k.n}_{m.n}\}-K^{c}_{10-n}[\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10-n.\ell}$$
$$\times\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcs'P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10-n.\ell}\cdot ct\mathcal{M}^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcr'P_{10-n.N_1}\{cr'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$+wcs'P_{10-n,N_1}\{cs'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+cs'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}-wct'P_{10-n.N_1}\cdot ct'\mathcal{M}^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-k^{c}_{10+n}[\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}+crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ct\mathcal{M}^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10+n\,N_1}\cdot ct'\mathcal{M}^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.11)$$

$$wd(\Delta\theta)_{mn}=\sum_{k=10-n}^{10+n}\{wcr'P_{k.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}+wcs'P_{k.n}\cdot as(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}+wct'P_{k.n}\cdot at(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}\}-k^{c}_{10-n}[\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10-n.\ell}$$
$$\times\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcs'P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10-n.\ell}\cdot ct\mathcal{M}^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcr'P_{10-n.N_1}\{cr'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$+wcs'P_{10-n.N_1}\{cs'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+cs'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}-wct'P_{10-n.N_1}\cdot ct'\mathcal{M}^{10-n.N_1}_{10-n.n}at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-k^{c}_{10+n}[\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}+crH^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+m.n}ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ct\mathcal{M}^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.N_1}_{10+m.n}as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'\mathcal{M}^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.12)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向撓みは一致しなければならないから

$$wc'(\Delta r)_{m.n}=w'a(\Delta r)_{m.n} \qquad (8.3.13)$$
$$wc'(\Delta s)_{m.n}=w'a(\Delta s)_{m.n} \qquad (8.3.14)$$
$$wc'(\Delta\theta)_{m.n}=w'a(\Delta\theta)_{m.n} \qquad (8.3.15)$$

ただし (8.3.13) ～ (8.3.15) は $n=0.1\cdots N_1$; $m=10-n$; $11-n$; $\cdots 10,\cdots 10+n$ にて成立し、未知数 $wcr'P_{m.n}$; $wcs'P_{m.n}$; $wct'P_{m.n}$ は $n=0.1\cdots N_1$; $m=10-n$; $11-n$; $\cdots 10\cdots 10+n$ の範囲でとるものとする。

なお、$m=10\pm n$ の点では (8.3.13) ～ (8.3.15) は必ず成立するから

$$wcr'P_{m.m-10}=wcs'P_{m.m-10}=wct'P_{m.m-10}=0 \quad (10\leqq m\leqq 16\text{ のとき}) \qquad (8.3.16)$$
$$wcr'P_{m.10-m}=wcs'P_{m.10-m}=wct'P_{m.10-m}=0 \quad (10\geqq m\geqq 16\text{ のとき}) \qquad (8.3.17)$$

とする。したがって (8.3.13)～(8.3.15) には

	$wcr'P_{m.n}$	$wcs'P_{m.n}$	$wct'P_{m.n}$	計
$N_1=0$	0	0	0	0
$N_1=1$	1	1	1	3
$N_1=2$	4	4	4	12
$N_1=3$	9	9	9	27
$N_1=4$	16	16	16	48
$N_1=5$	25	25	25	75
$N_1=6$	36	36	36	108

17の未知数を含み、この数と等しい連立方程式が成立することになる。これからこれらの未知数が求められる。

(B) 標高 N2 まで継目プラウトされ、標高 7 まで打設されたときの荷重分割

(m.n) の片持梁の半径方向分担荷重、接線方向分担荷重、ねじれ分担荷重をそれぞれ $wcr^2P_{m.n}$, $wcs^2P_{m.n}$, $wct^2P_{m.n}$ とすれば

(m.n) の片持梁の半径方向撓み $wc^2(\Delta r)_{m.n}$ は (8.3.1) (8.3.4) (8.3.7) において $w_1(\Delta r)_{m.n}$, $wcr^1P_{m.n}$, $wcs^1P_{m.n}$, $wct^1P_{m.n}$ を $w_2(\Delta r)_{m.n}$, $wcr^2P_{m.n}$, $wcs^2P_{m.n}$, $wcx^2P_{m.n}$ に置換え、$wcr^1P_{20-m.\ell}$, $wcs^1P_{20-m.\ell}$, $wcx^1P_{20-m.\ell}$, $wcr^1P_{m.N_1}$, $wcs^1P_{m.N_1}$, $wct^1P_{m.N_1}$, $wcr^1P_{20-m.N_1}$, $wcs^1P_{20-m.N_1}$, $wct^1P_{20-m.N_1}$ を $wcr^2P_{20-m.\ell}$, $wcs^2P_{20-m.\ell}$, $wcx^2P_{20-m.\ell}$, $wcr^2P_{m.N_2}$, $wcs^2P_{m.N_2}$, $wcx^2P_{m.N_2}$, $wcr^2P_{20-m.N_2}$, $wcs^2P_{20-m.N_2}$, $wcx^2P_{20-m.N_2}$ におきかえ、$cr^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$, $cs^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$, $ct^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$, $cr^1(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $cs^1(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $ct^1(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $ct^1M^{m.N_1}_{m.n}$ を $cr^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}$, $cs^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}$, $ct^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}$, $cr^2(\Delta r)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $cs^2(\Delta r)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $ct^2(\Delta r)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$ におきかえ、更に $\sum^{\ell-1}$ を $\sum^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

(m.n) の片持梁の接線方向撓み $wc^2(\Delta s)_{m.n}$ は (8.3.2) (8.3.5) (8.3.8) において $w_1(\Delta s)_{m.n}$ を $w_2(\Delta s)_{m.n}$ におきかえ、$wcr^1P_{m.n}$, $wcs^1P_{m.n}$, $wct^1P_{m.n}$, $wcr^1P_{20-m.\ell}$, $wcs^1P_{20-m.\ell}$, $wct^1P_{20-m.\ell}$, $wcr^1P_{m.N_1}$, $wcs^1P_{m.N_1}$, $wcx^1P_{m.N_1}$, $wcr^1P_{20-m.N_1}$, $wcs^1P_{20-m.N_1}$, $wct^1P_{20-m.N_1}$ を $wcr^2P_{m.n}$, $wcs^2P_{m.n}$, $wct^2P_{m.n}$, $wcr^2P_{20-m.\ell}$, $wcs^2P_{20-m.\ell}$, $wct^2P_{20-m.\ell}$, $wcr^2P_{m.N_2}$, $wcs^2P_{m.N_2}$, $wcx^2P_{m.N_2}$, $wcr^2P_{20-m.N_2}$, $wcs^2P_{20-m.N_2}$, $wcx^2P_{20-m.N_2}$ におきかえ、$cr^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$, $cs^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$, $ct^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$, $cr^1(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $cs^1(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $ct^1(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $ct^1M^{m.N_1}_{m.n}$ を $cr^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}$, $cs^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}$, $ct^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}$, $cr^2(\Delta s)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $cs^2(\Delta s)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $ct^2(\Delta s)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$ におきかえ、更に $\sum^{N_1-1}$ を $\sum^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

(m.n) 点の片持梁の鉛直軸のまわりの回転角 $wc^2(\Delta\theta)_{m.n}$ は (8.3.3) (8.3.6) (8.3.9) において $w_1(\Delta\theta)_{m.n}$ を $w_2(\Delta\theta)_{m.n}$ におきかえ $wcr^1P_{m.n}$, $wcs^1P_{m.n}$, $wct^1P_{m.n}$, $wcr^1P_{20-m.\ell}$, $wcs^1P_{20-m.\ell}$, $wct^1P_{20-m.\ell}$, $wcr^1P_{m.N_1}$, $wcs^1P_{m.N_1}$, $wcx^1P_{m.N_1}$, $wcr^1P_{20-m.N_1}$, $wcs^1P_{20-m.N_1}$, $wct^1P_{20-m.N_1}$ を $wcr^2P_{m.n}$, $wcs^2P_{m.n}$, $wct^2P_{m.n}$, $wcr^2P_{20-m.\ell}$, $wcs^2P_{20-m.\ell}$, $wct^2P_{20-m.\ell}$, $wcr^2P_{m.N_2}$, $wcs^2P_{m.N_2}$, $wcx^2P_{m.N_2}$, $wcr^2P_{20-m.N_2}$, $wcs^2P_{20-m.N_2}$, $wcx^2P_{20-m.N_2}$ におきかえ、$cr^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$, $cs^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$, $ct^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$, $cr^1(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $cs^1(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$, $ct^1(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$ を $cr^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$, $cs^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$, $ct^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$, $cr^2(\Delta\theta)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $cs^2(\Delta\theta)^{20-m.N_2}_{m.n}$, $ct^2(\Delta\theta)^{20-m.N_2}_{m.n}$ におきかえ、更に $\sum^{N_1-1}$ を $\sum^{N_2-1}$ におきかえれば得られる。

同様に (m.n) 点のアーチの半径方向撓み $wa^2(\Delta r)_{m.n}$、接線方向撓み $wa^2(\Delta s)_{m.n}$、鉛直軸のまわりの回転角 $wa^2(\Delta\theta)_{m.n}$ は (8.3.10), (8.3.11), (8.3.12) において $wcr^1P_{m.n}$, $wcs^1P_{m.n}$, $wct^1P_{m.n}$, $cr^1V^{m.N_1}_{m.n}$, $cs^1V^{m.N_1}_{m.n}$, $cr^1H^{m.N_1}_{m.n}$, $cs^1H^{m.N_1}_{m.n}$, $ct^1M^{m.N_1}_{m.n}$ をそれぞれ $wcr^2P_{m.n}$, $wcs^2P_{m.n}$, $wct^2P_{m.n}$, $cr^2V^{m.N_2}_{m.n}$, $cs^2V^{m.N_2}_{m.n}$, $cr^2H^{m.N_2}_{m.n}$, $cs^2H^{m.N_2}_{m.n}$, $ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$ におきかえ更に $\sum^{N_1-1}_{z=n}$ を $\sum^{N_2-1}_{z=n}$ におきかえれば得られる。この場合にも

$$wc^2(\Delta r)_{m.n} = wa^2(\Delta r)_{m.n} \qquad (8.3.18)$$

$$wc^2(\Delta s)_{m.n} = wa^2(\Delta s)_{m.n} \qquad (8.3.19)$$

$$wc^2(\Delta\theta)_{m.n} = wa^2(\Delta\theta)_{m.n} \qquad (8.3.20)$$

(8.3.18)～(8.3.20)は$n=0.1,\cdots Ne$；$m=10-n;11-n;\cdots10\cdots10+n$の範囲にて成立し，未知数$wcr^2P_{m.n}$；$wcs^2P_{m.n}$；$wct^2P_{m.n}$も$n=0.1,\cdots Ne$；$m=10-n,11-n,\cdots,10,\cdots10+n$の範囲でとるものとする．なお，$m=10\pm n$の点では(8.3.18)～(8.3.20)は必ず成立するから，

$$wcr^2P_{m.m-10}=wcs^2P_{m.m-10}=wct^2P_{m.m-10}=0\quad(10\leqq m\leqq16\text{のとき})\tag{8.3.21}$$

$$wcr^2P_{m.10-m}=wcs^2P_{m.10-m}=wct^2P_{m.10-m}=0\quad(10\geqq m\geqq4\text{のとき})\tag{8.3.22}$$

とする．したがって(8.3.18)～(8.3.20)にはNeの値に応じて前に示した個数の未知数に対応した連立方程式が成立し，これをとけば$wcr^2P_{m.n}$；$wcs^2P_{m.n}$；$wct^2P_{m.n}$が得られる．

8-4. 片持梁およびアーチの断面諸力

片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

(i) $m=10$のとき

$$cM_{10.n}=1M_{10.n}+\sum_{\ell=0}^{6}\left\{crP_{0.\ell}\cdot crM_{10.n}^{10.\ell}+csP_{0.\ell}\cdot csM_{10.n}^{10.\ell}\right\}+\sum_{\ell=1}^{6}\left\{\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{0.i}\cdot ctM_{10.\ell}^{10.i}-ctP_{0.i}\cdot ctM_{9.\ell}^{9.i}\right)\right\}+\frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{11.i}\cdot ctM_{11.\ell}^{11.i}-ctP_{0.i}\cdot ctM_{10.\ell}^{10.i}\right)\right\}\right\}\times cM_{10.n}^{10.\ell}\tag{8.4.1}$$

(ii) $10<m\leqq16$のとき

$$cM_{m.n}=1M_{m.n}+\sum_{\ell=m-10}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crM_{m.n}^{m.\ell}+csP_{m.\ell}\cdot csM_{m.n}^{m.\ell}\right\}+\left\{\frac{S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\times\left\{\sum_{i=m-10}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.m-10}^{m.i}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM_{m-1.m-10}^{m-1.i}\right)\right\}-\frac{S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\times\left\{\sum_{i=m-10}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.m-10}^{m.i}-ctP_{m-2.i}\cdot ctM_{m-2.m-10}^{m-2.i}\right)\right\}\right\}cM_{m.n}^{m.m-10}$$

$$+\sum_{\ell=m-9}^{6}\left\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.\ell}^{m.i}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM_{m-1.\ell}^{m-1.i}\right)\right\}\right.$$

$$\left.+\frac{S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{m+1.i}\cdot ctM_{m+1.\ell}^{m+1.i}-ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.\ell}^{m.i}\right)\right\}\right\}cM_{m.n}^{m.\ell}\tag{8.4.2}$$

(iii) $10>m\geqq4$のとき

$$cM_{m.n}=1M_{m.n}+\sum_{\ell=10-m}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crM_{m.n}^{m.\ell}+csP_{m.\ell}\cdot csM_{m.n}^{m.\ell}\right\}$$

$$+\left\{\frac{S_{m.10-m}-S_{m+2.10-m}}{(S_{m.10-m}-S_{m+1.10-m})(S_{m+1.10-m}-S_{m+2.10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.10-m}^{m.i}-ctP_{m+1.i}\cdot ctM_{m+1.10-m}^{m+1.i}\right)\right\}\right.$$

$$\left.-\frac{S_{m.10-m}-S_{m+1.10-m}}{(S_{m.10-m}-S_{m+2.10-m})(S_{m+1.10-m}-S_{m+2.10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.10-m}^{m.i}-ctP_{m+2.i}\cdot ctM_{m+2.10-m}^{m+2.i}\right)\right\}\right\}cM_{m.n}^{m.10-m}$$

$$+\sum_{\ell=11-m}^{6}\left\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.\ell}^{m.i}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM_{m-1.\ell}^{m-1.i}\right)\right\}\right.$$

$$\left.+\frac{S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}\left(ctP_{m+1.i}\cdot ctM_{m+1.\ell}^{m+1.i}-ctP_{m.i}\cdot ctM_{m.\ell}^{m.i}\right)\right\}\right\}cM_{m.n}^{m.\ell}\tag{8.4.3}$$

$$cV_{m.n}=1V_{m.n}+\sum_{\ell=p}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crV_{m.n}^{m.\ell}+csP_{m.\ell}\cdot csV_{m.n}^{m.\ell}\right\}\tag{8.4.4}$$

$$cH_{m.n}=1H_{m.n}+\sum_{\ell=p}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crH_{m.n}^{m.\ell}+csP_{m.\ell}\cdot csH_{m.n}^{m.\ell}\right\}\tag{8.4.5}$$

$$cM_{m.n}=\sum_{\ell=p}^{6}ctP_{m.\ell}\cdot ctM_{m.n}^{m.\ell}\tag{8.4.6}$$

$$aM_{m,n}=\sum_{k=10-n}^{10+n}\{arP_{k,n}\cdot arM_{m,n}^{k,n}+asP_{k,n}\cdot asM_{m,n}^{k,n}+atP_{k,n}\cdot atM_{m,n}^{k,n}\}-K_{10-n}^{c}\{I\nabla_{10+n,n}\,arM_{m,n}^{c,10-n}+IH_{10+n,n}asM_{m,n}^{c,10-n}$$
$$+\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10-n,\ell}\{cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10-n}+crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c,10-n}\}+csP_{10-n,\ell}\{cs\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10-n}+csH_{10-n,n}^{10-n,\ell}asM_{m,n}^{c,10-n}$$
$$-ctP_{10-n,\ell}\cdot ctM_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot atM_{m,n}^{c,10-n}\}\}-K_{10+n}^{c}\{I\nabla_{10+n,n}\cdot arM_{m,n}^{c,10+n}+IH_{10+n,n}\cdot asM_{m,n}^{c,10+n}$$
$$+\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10+n,\ell}\{cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10+n}+crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot asM_{m,n}^{c,10+n}\}+csP_{10+n,\ell}\{cs\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arM_{m,n}^{c,10+n}+csH_{10+n,n}^{10+n,\ell}asM_{m,n}^{c,10+n}\}$$
$$-ctP_{10+n,\ell}\cdot ctM_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot atM_{m,n}^{c,10+n}\}\} \qquad (8.4.7)$$

$$aH_{m,n}=\sum_{k=10-n}^{10+n}\{arP_{k,n}\cdot arH_{m,n}^{k,n}+asP_{k,n}\cdot asH_{m,n}^{k,n}+atP_{k,n}\cdot atH_{m,n}^{k,n}\}-K_{10-n}^{c}\{I\nabla_{10-n,n}\cdot arH_{m,n}^{c,10-n}+IH_{10-n,n}asH_{m,n}^{c,10-n}$$
$$+\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10-n,\ell}\{cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10-n}+crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c,10-n}\}+csP_{10-n,\ell}\{cs\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10-n}+csH_{10-n,n}^{10-n,\ell}asH_{m,n}^{c,10-n}\}$$
$$-ctP_{10-n,\ell}\cdot ctM_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot atH_{m,n}^{c,10-n}\}-K_{10+n}^{c}\{I\nabla_{10+n,n}\cdot arH_{m,n}^{c,10+n}+IH_{10+n,n}\cdot asH_{m,n}^{c,10+n}$$
$$+\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10+n,\ell}\{cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10+n}+crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot asH_{m,n}^{c,10+n}\}+csP_{10+n,\ell}\{cs\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot arH_{m,n}^{c,10+n}+csH_{10+n,n}^{10+n,\ell}asH_{m,n}^{c,10+n}\}$$
$$-ctP_{10+n,\ell}\cdot ctM_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot atH_{m,n}^{c,10+n}\}\} \qquad (8.4.8)$$

$$a\nabla_{m,n}=\sum_{k=10-n}^{10+n}\{arP_{k,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{k,n}+asP_{k,n}\cdot as\nabla_{m,n}^{k,n}+atP_{k,n}\cdot at\nabla_{m,n}^{k,n}\}-K_{10-n}^{c}\{I\nabla_{10-n,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n}+IH_{10-n,n}asV_{m,n}^{c,10-n}$$
$$+\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10-n,\ell}\{cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n}+crH_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n}\}+csP_{10-n,\ell}\{cs\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n}+csH_{10-n,n}^{10-n,\ell}as\nabla_{m,n}^{c,10-n}\}$$
$$-ctP_{10-n,\ell}\cdot ctM_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot at\nabla_{m,n}^{c,10-n}\}\}-K_{10+n}^{c}\{I\nabla_{10+n,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n}+IH_{10+n,n}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}$$
$$+\sum_{\ell=n}^{6}\{crP_{10+n,\ell}\{cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n}+crH_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}\}+csP_{10+n,\ell}\{cs\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n}+csH_{10+n,n}^{10+n,\ell}as\nabla_{m,n}^{c,10+n}\}$$
$$-ctP_{10+n,\ell}\cdot ctM_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot at\nabla_{m,n}^{c,10+n}\}\} \qquad (8.4.9)$$

こゝに(8.4.4)～(8.4.6)に現れる $\sum_{\ell=n}^{6}$ の p は次のようにとるものとする。

(i) $10\leq m\leq 16$ のとき

$$p=m-10$$

(ii) $10>m\geq 4$ のとき

$$p=10-m$$

温度荷重による不静定諸力は

(i) $m=10$ のとき

$$tcM_{10,n}=\sum_{\ell=0}^{6}\{tcrP_{10,\ell}\cdot crM_{10,n}^{10,\ell}+tcsP_{10,\ell}\cdot csM_{10,n}^{10,\ell}\}+\sum_{\ell=1}^{6}\Big\{\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(tctP_{11,i}\cdot ctM_{11,\ell}^{10,i}-tctP_{10,i}ctM_{9,\ell}^{9,i})\Big\}$$
$$+\frac{(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(tctP_{11,i}\cdot ctM_{11,\ell}^{11,i}-tctP_{10,i}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,i})\Big\}\Big\}cmM_{10,n}^{10,\ell} \qquad (8.4.10)$$

(ii) $10<m\leq 16$ のとき

$$tcM_{m,n}=\sum_{\ell=m-10}^{6}\{tcrP_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell}+tcsP_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{m,\ell}\}+\Big\{\frac{S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}(tctP_{m,i}ctM_{m,m-10}^{m,i}$$
$$-tctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m-10}^{m-1,i})\Big\}-\frac{S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}(tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m-10}^{m,i}$$
$$-tctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m-10}^{m-2,i})\Big\}\Big\}cmM_{m,n}^{m,m-10}+\sum_{\ell=m-9}^{6}\Big\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(tctP_{m,i}ctM_{m,\ell}^{m,i}-tctP_{m-1,i}ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i})\Big\}$$
$$+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(tctP_{m+1,i}ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i}-tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i})\Big\}\Big\}cmM_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.11)$$

(iii) $10>m\geq 4$ のとき

$$tcM_{m,n}=\sum_{\ell=10-m}^{6}\{tcrP_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell}+tcsP_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{m,\ell}\}+\Big\{\frac{S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\Big\{\sum_{i=m}^{6}(tctP_{m,i}$$
$$\times ctM_{m,10-m}^{m,i}-tctP_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,10-m}^{m+1,i})\Big\}-\frac{S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\Big\{\sum_{i=m}^{6}(tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,10-m}^{m,i}$$
$$-tctP_{m+2,i}\cdot ctM_{m+2,10-m}^{m+2,i})\Big\}\Big\}cmM_{m,n}^{m,10-m}+\sum_{\ell=11-m}^{6}\Big\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}-tctP_{m-1,i}ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i})\Big\}$$
$$+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(tctP_{m+1,i}ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i}-tctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i})\Big\}\Big\}cmM_{m,n}^{m,\ell}. \qquad (8.4.12)$$

$$tcV_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{6}\left(tcr P_{m,\ell}\cdot cr V^{m,\ell}_{m,n}+tcs P_{m,\ell}\cdot cs V^{m,\ell}_{m,n}\right) \tag{8.4.13}$$

$$tcH_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{6}\left(tcr P_{m,\ell}\cdot ctH^{m,\ell}_{m,n}+tcs P_{m,\ell}\cdot csH^{m,\ell}_{m,n}\right) \tag{8.4.14}$$

$$tcM_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{6}tcr P_{m,\ell}\cdot ctM^{m,\ell}_{m,n} \tag{8.4.15}$$

$$\begin{aligned}taM_{m,n}=&taM'_{m,n}+\sum_{k=10-n}^{12+n}\left(tar P_{k,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n}+tas P_{k,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n}+tat P_{k,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n}\right)-K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{tcr P_{10-n,\ell}\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arM^{c10-n}_{m,n}\\&+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asM^{c10-n}_{m,n}\}+tcs P_{10-n,\ell}\{csV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arM^{c10-n}_{m,n}+csH^{10-n,\ell}_{10-n,n}asM^{c10-n}_{m,n}\}-tct P_{10-n,\ell}\cdot ctM^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot atM^{c10-n}_{m,n}\}\\&-K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{tcr P_{10+n,\ell}\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arM^{c10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asM^{c10+n}_{m,n}\}+tcs P_{10+n,\ell}\{csV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arM^{c10+n}_{m,n}\\&+csH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asM^{c10+n}_{m,n}\}-tct P_{10+n,\ell}\cdot ctM^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot atM^{c10+n}_{m,n}\}\end{aligned} \tag{8.4.16}$$

$$\begin{aligned}taH_{m,n}=&taH'_{m,n}+\sum_{k=10-n}^{12+n}\left(tar P_{k,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n}+tas P_{k,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n}+tat P_{k,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n}\right)-K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{tcr P_{10-n,\ell}\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arH^{c10-n}_{m,n}\\&+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asH^{c10-n}_{m,n}\}+tcs P_{10-n,\ell}\{csV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arH^{c10-n}_{m,n}+csH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asH^{c10-n}_{m,n}\}-tct P_{10-n,\ell}\cdot ctM^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot atH^{c10-n}_{m,n}\}\\&-K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{tcr P_{10+n,\ell}\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arH^{c10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asH^{c10+n}_{m,n}\}+tcs P_{10+n,\ell}\{csV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arH^{c10+n}_{m,n}+csH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asH^{c10+n}_{m,n}\}\\&-tct P_{10+n,\ell}\cdot ctM^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot atH^{c10+n}_{m,n}\}\end{aligned} \tag{8.4.17}$$

$$\begin{aligned}taV_{m,n}=&taV_{m,n}+\sum_{k=10-n}^{12+n}\left(tar P_{k,n}\cdot arV^{k,n}_{m,n}+tas P_{k,n}\cdot asV^{k,n}_{m,n}+tat P_{k,n}\cdot atV^{k,n}_{m,n}\right)-K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{tcr P_{10-n,\ell}\{crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arV^{c10-n}_{m,n}\\&+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asV^{c10-n}_{m,n}\}+tcs P_{10-n,\ell}\{csV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arV^{c10-n}_{m,n}+csH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asV^{c10-n}_{m,n}\}-tct P_{10-n,\ell}\cdot ctM^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot atV^{c10-n}_{m,n}\}\\&-K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{tcr P_{10+n,\ell}\{crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arV^{c10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asV^{c10+n}_{m,n}\}+tcs P_{10+n,\ell}\{csV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arV^{c10+n}_{m,n}+csH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asV^{c10+n}_{m,n}\}\\&-tct P_{10+n,\ell}\cdot ctM^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot atV^{c10+n}_{m,n}\}\end{aligned} \tag{8.4.18}$$

自重による片持梁の不静定諸力は.

$$wW_{m,n}=w_3W_{m,n} \tag{8.4.19}$$

(i) $6\geqq n\geqq N_2$ のとき.

$$wcM_{m,n}=w_3M_{m,n} \tag{8.4.20}$$

$$wcV_{m,n}=wcH_{m,n}=wcM_{m,n}=0 \tag{8.4.21}$$

(ii) $N_2>n\geqq N_1$ のとき

(a) $m=10$ のとき

$$\begin{aligned}wcM_{10,n}=&w_3M_{10,n}+\sum_{\ell=0}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{n,\ell}\cdot crM^{11,\ell}_{n,n}+wcs^2P_{10,\ell}\cdot csM^{10,\ell}_{10,n}\right\}+wcr^2P_{10,N_2}\cdot cr^2M^{10,N_2}_{10,n}+wcs^2P_{10,N_2}\cdot cs^2M^{10,N_2}_{10,n}\\&+\sum_{\ell=1}^{N_2-1}\left[\frac{(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{10,i}\cdot ctM^{10,i}_{10,\ell}-wct^2P_{9,i}\cdot ctM^{9,i}_{9,\ell})+wct^2P_{10,N_2}\cdot ct^2M^{10,N_2}_{10,\ell}-wct^2P_{9,N_2}ct^2M^{9,N_2}_{9,\ell}\right\}\right.\\&\left.+\frac{S_{10,\ell}-S_{9,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell}\times S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{11,i}\cdot ctM^{11,i}_{11,\ell}-wct^2P_{10,i}\cdot ctM^{10,i}_{10,\ell})+wct^2P_{11,N_2}ct^2M^{11,N_2}_{11,\ell}-wct^2P_{10,N_2}\cdot ct^2M^{10,N_2}_{10,\ell}\right\}\right]\\&\times cmM^{10,\ell}_{10,n}\end{aligned} \tag{8.4.22}$$

(b) $10<m\leqq 16$ のとき

$$\begin{aligned}wcM_{m,n}=&w_3M_{m,n}+\sum_{\ell=m-10}^{N_2-1}\left(wcr^2P_{m,\ell}\cdot crM^{m,\ell}_{m,n}+wcs^2P_{m,\ell}\cdot csM^{m,\ell}_{m,n}\right)+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2M^{m,N_2}_{m,n}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2M^{m,N_2}_{m,n}\\&+\left(\frac{S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\left\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}(wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m-10}-wct^2P_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,m-10})+wct^2P_{m,N_2}ct^2M^{m,N_2}_{m,m-10}\right.\right.\\&\left.\left.-wct^2P_{m-1,N_2}\cdot ct^2M^{m-1,N_2}_{m-1,m-10}\right\}-\frac{S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\left\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}(wct^2P_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,m-10}-wct^2P_{m-2,i}\cdot ctM^{m-2,i}_{m-2,m-10})\right.\\&\left.+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,m-10}-wct^2P_{m-2,N_2}\cdot ct^2M^{m-2,N_2}_{m-2,m-10}\right\}\Big)cmM^{m,m-10}_{m,n}\end{aligned}$$

$$+\frac{N_1-1}{\ell=m-9}\left\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m+1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}-wct^2P_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i})+wct^2P_{m,N_2}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,N_2}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m+1,N_2}\cdot ct^2M_{m+1,\ell}^{m+1,N_2}\right\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m+1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m+1,i}\cdot M_{m+1,\ell}^{m+1,i}-wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i})\right.\right.$$

$$\left.\left.+wct^2P_{m+1,N_2}\cdot ct^2M_{m+1,\ell}^{m+1,N_2}-wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M_{m,\ell}^{m,N_2}\right\}\right\}cmM_{m,n}^{m,\ell}$$

(8.4.23)

(c) $10 \le m \le 4$ のとき

$$wcM_{m,n}=w_3M_{m,n}+\sum_{\ell=m-10}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell}+wcs^2P_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{m,\ell}\right\}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2M_{m,n}^{m,N_2}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2M_{m,n}^{m,N_2}$$

$$+\left\{\frac{S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}(wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,10-m}^{m,i}-wct^2P_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,10-m}^{m+1,i})+wct^2P_{m,N_2}\cdot ctM_{m,10-m}^{m,N_2}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m+1,N_2}\cdot ct^2M_{m+1,10-m}^{m+1,N_2}\right\}-\frac{S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}(wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,10-m}^{m,i}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m+2,i}\cdot ctM_{m+2,10-m}^{m+2,i})+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M_{m,10-m}^{m,N_2}-wct^2P_{m+2,N_2}\cdot ct^2M_{m+2,10-m}^{m+2,N_2}\right\}\right\}cmM_{m,n}^{m,10-m}$$

$$+\sum_{\ell=11-m}^{N_2-1}\left\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m+1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i}-wct^2P_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i})+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M_{m,\ell}^{m,N_2}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m-1,N_2}\cdot ct^2M_{m-1,\ell}^{m-1,N_2}\right\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i})+wct^2P_{m+1,N_2}wct^2M_{m+1,\ell}^{m+1,N_2}-wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M_{m,\ell}^{m,N_2}\right\}\right\}cmM_{m,n}^{m,\ell}\qquad(8.4.24)$$

$$wc\nabla_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m,\ell}\cdot cr\nabla_{m,n}^{m,\ell}+wcs^2P_{m,\ell}\cdot cs\nabla_{m,n}^{m,\ell}\right\}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2\nabla_{m,n}^{m,N_2}+wcs^2P_{m,N_2}cs^2\nabla_{m,n}^{m,N_2}\qquad(8.4.25)$$

$$wcH_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m,\ell}\cdot crH_{m,n}^{m,\ell}+wcs^2P_{m,\ell}\cdot csH_{m,n}^{m,\ell}\right\}+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2H_{m,n}^{m,N_2}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2H_{m,n}^{m,N_2}\qquad(8.4.26)$$

$$wcM_{m,n}=\sum_{\ell=p}^{N_2-1}wct^2P_{m,\ell}\cdot ctM_{m,n}^{m,\ell}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M_{m,n}^{m,N_2}\qquad(8.4.27)$$

(iii) $N_1 \le n \le 0$ のとき

(a) $m=10$ のとき

$$wcM_{10,n}=w_3M_{10,n}+\sum_{\ell=0}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{10,\ell}\cdot crM_{10,n}^{10,\ell}+wcs^2P_{10,\ell}\cdot csM_{10,n}^{10,\ell}\right\}+\sum_{\ell=0}^{N_1-1}\left\{wcr'^2P_{10,\ell}\cdot crM_{10,n}^{10,\ell}+wcs'^2P_{10,\ell}\cdot csM_{10,n}^{10,\ell}\right\}$$

$$+wcr^2P_{10,N_2}\cdot cr^2M_{10,n}^{10,N_2}+wcs^2P_{10,N_2}\cdot cs^2M_{10,n}^{10,N_2}+wcr'^2P_{10,N_1}\cdot cr'^2M_{10,n}^{10,N_1}+wcs'^2P_{10,N_1}\cdot cs'^2M_{10,n}^{10,N_1}$$

$$+\sum_{\ell=i}^{N_2-1}\left\{\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{10,i}\cdot ctM_{10,\ell}^{9,i}-wct^2P_{9,i}\cdot ctM_{9,\ell}^{9,i})+wct^2P_{10,N_2}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,N_2}-wct^2P_{9,N_2}\right.\right.$$

$$\left.\left.\times ct^2M_{9,\ell}^{9,N_2}\right\}+\frac{S_{10,\ell}-S_{9,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{11,i}\cdot ctM_{11,\ell}^{11,i}-wct^2P_{10,i}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,i})+wct^2P_{11,N_2}ct^2M_{11,\ell}^{11,N_2}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{10,N_2}\cdot ct^2M_{10,\ell}^{10,N_2}\right\}\right\}cmM_{10,n}^{10,\ell}+\sum_{\ell=1}^{N_1-1}\left\{\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1}(wct'P_{10,i}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,i}\right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left.-wct'P_{9,i}\cdot ctM_{9,\ell}^{9,i})+wct'P_{10,N_1}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,N_1}-wct'P_{9,N_1}\cdot ctM_{9,\ell}^{9,N_1}\right\}+\frac{S_{11,\ell}-S_{9,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\right.\right.$$

$$\left.\left.\times\left\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1}(wct'P_{11,i}\cdot ctM_{11,\ell}^{11,i}-wct'P_{10,\ell}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,i})+wct'P_{11,N_1}\cdot ct'M_{11,\ell}^{11,N_1}-wct'P_{10,N_1}\cdot ct'M_{10,\ell}^{10,N_1}\right\}\right\}cmM_{10,n}^{10,\ell}\qquad(8.4.28)$$

(b) $10 < m \le 16$ のとき

$$wcM_{m,n}=w_3M_{m,n}+\sum_{\ell=m-10}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell}+wcs^2P_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{m,\ell}\right\}+\sum_{\ell=m-10}^{N_1-1}\left\{wcr'^2P_{m,\ell}\cdot crM_{m,n}^{m,\ell}+wcs'^2P_{m,\ell}\cdot csM_{m,n}^{m,\ell}\right\}$$

$$+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2M_{m,n}^{m,N_2}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2M_{m,n}^{m,N_2}+wcr'^2P_{m,N_1}\cdot cr'^2M_{m,n}^{m,N_1}+wcs'^2P_{m,N_1}\cdot cs'^2M_{m,n}^{m,N_1}$$

$$+\left\{\frac{S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\left\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}(wct^2P_{m,i}\cdot ctM_{m,m-10}^{m,i}-wct^2P_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m-10}^{m-1,i})\right.\right.$$

$$+\sum_{i=m-10}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.m-10}-wct'P_{m-1.i}\cdot ct\,M^{m-1.i}_{m-1.m-10}\right)+wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot c\,t^2M^{m.N_2}_{m.m-10}-wc\,t^2P_{m-1.N_2}\cdot c\,t^2M^{m-1.N_2}_{m-1.m-10}$$

$$+wc\,t'P_{m.N_1}\cdot c\,t'M^{m.N_1}_{m.m-10}-wct'P_{m-1.N_1}\cdot c\,t'M^{m-1.N_1}_{m-1.m-10}\Big\}-\frac{}{(Sm.m-10-Sm-1.m-10)(Sm-1.m-10-Sm-2.m-10)}$$

$$\times\Big\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.m-10}-wc\,t^2P_{m-2.i}\cdot ct\,M^{m-2.i}_{m-2.m-10}\right)+\sum_{i=m-10}^{N_2-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.m-10}-wct'P_{m-2.i}\cdot ct\,M^{m-2.i}_{m-2.m-10}\right)$$

$$+wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot c\,t^2M^{m.N_2}_{m.m-10}-wct^2P_{m-2.N_2}\cdot c\,t^2M^{m-2.N_2}_{m-2.m-10}+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.m-10}-wct'P_{m-2.N_1}\cdot ct'M^{m-2.N_1}_{m-2.m-10}\Big\}\Big]$$

$$\times cmM^{m.m-10}_{m.n}+\sum_{l=m-9}^{N_2-1}\Big\{\frac{}{(Sm+1.l-Sm-1.l)(Sm.l-Sm-1.l)}\Big\{\sum_{i=l}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}-wct'P_{m-1.i}\cdot ct\,M^{m-1.i}_{m-1.l}\right)+wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot c\,t^2M^{m.N_2}_{m.l}$$

$$-wc\,t^2P_{m-1.N_2}\cdot c\,t^2M^{m-1.N_2}_{m-1.l}\Big\}+\frac{}{(Sm+1.l-Sm-1.l)(Sm+1.l-Sm.l)}\Big\{\sum_{i=l}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m+1.i}\cdot ct\,M^{m+1.i}_{m+1.l}-wc\,t^2P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}\right)$$

$$+wc\,t^2P_{m+1.N_2}\cdot c\,t^2M^{m+1.N_2}_{m+1.l}-wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot c\,t^2M^{m.N_2}_{m.l}\Big\}\Big]cmM^{m.l}_{m.n}+\sum_{l=m-9}^{N_1-1}\Big\{\frac{}{(Sm+1.l-Sm.l)(Sm.l-Sm-1.l)}\Big\{\sum_{i=l}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}\right.$$

$$\left.-wct'P_{m+1.i}\cdot ct\,M^{m-1.i}_{m-1.l}\right)+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.l}-wct'P_{m-1.N_1}\cdot ct'M^{m-1.N_1}_{m-1.l}\Big\}+\frac{}{(Sm+1.l-Sm-1.l)(Sm+1.l-Sm.l)}$$

$$\Big\{\sum_{i=l}^{N_1-1}\left(wct'P_{m+1.i}\cdot ct\,M^{m+1.i}_{m+1.l}-wct'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}\right)+wct'P_{m+1.N_1}\cdot ct'M^{m+1.N_1}_{m+1.l}-wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.l}\Big\}\Big]cmM^{m.l}_{m.n}$$

(8.4.29)

(c) $10>m\geq 4$ のとき

$$wcM_{m.n}=wsM_{m.n}+\sum_{l=10-m}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m.l}\cdot cr\,M^{m.l}_{m.n}+wcs^2P_{m.l}\cdot cs\,M^{m.l}_{m.n}\right]+\sum_{l=10-m}^{N_1-1}\left(wcr'P_{m.l}\cdot cr\,M^{m.l}_{m.n}+wcs'P_{m.l}\cdot cs\,M^{m.l}_{m.n}\right]$$

$$+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2M^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2M^{m.N_2}_{m.n}+wcr'P_{m.N_1}\cdot cr'M^{m.N_1}_{m.n}+wcs'P_{m.N_1}\cdot cs'M^{m.N_1}_{m.n}$$

$$+\Big\{\frac{}{(Sm.10-m-Sm+2.10-m)(Sm+1.10-m-Sm+2.m+10)}\Big\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.10-m}-wc\,t^2P_{m+1.i}\cdot ct\,M^{m+1.i}_{m+1.10-m}\right)$$

$$+\sum_{i=70-m}^{N_2-1}\left(wc\,t'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.10-m}-wc\,t'P_{m+1.i}\cdot ct\,M^{m+1.i}_{m+1.10-m}\right)+wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot c\,t^2M^{m.N_2}_{m.10-m}-wc\,t^2P_{m+1.N_2}\cdot c\,t^2M^{m+1.N_2}_{m+1.10-m}$$

$$+wc\,t'P_{m.N_1}\cdot c\,t'M^{m.N_1}_{m.10-m}-wc\,t'P_{m+1.N_1}\cdot c\,t'M^{m+1.N_1}_{m+1.10-m}\Big\}-\frac{}{(Sm.10-m-Sm+1.10-m)(Sm+1.10-m-Sm+2.10-m)}$$

$$\times\Big\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.10-m}-wc\,t^2P_{m+2.i}\cdot ct\,M^{m+2.i}_{m+2.10-m}\right)+\sum_{i=10-m}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.10-m}-wct'P_{m+2.i}\cdot ct\,M^{m+2.i}_{m+2.10-m}\right)$$

$$+wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.10-m}-wc\,t^2P_{m+2.N_2}\cdot c\,t^2M^{m+2.N_2}_{m+2.10-m}+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.10-m}-wct'P_{m+2.N_1}\cdot ct'M^{m+2.N_1}_{m+2.10-m}\Big\}\Big]$$

$$\times cmM^{m.10-m}_{m.n}+\sum_{l=11-m}^{N_2-1}\Big\{\frac{}{(Sm+1.l-Sm.l)(Sm.l-Sm-1.l)}\Big\{\sum_{i=l}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}-wc\,t^2P_{m-1.i}\cdot ct\,M^{m-1.i}_{m-1.l}\right)$$

$$+wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot c\,t^2M^{m.N_2}_{m.l}-wc\,t^2P_{m-1.N_2}\cdot c\,t^2M^{m-1.N_2}_{m-1.l}\Big\}+\frac{}{(Sm+1.l-Sm-1.l)(Sm+1.l-Sm.l)}\Big\{\sum_{i=l}^{N_2-1}\left(wc\,t^2P_{m+1.i}\cdot ct\,M^{m+1.i}_{m+1.l}\right.$$

$$\left.-wc\,t^2P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}\right)+wc\,t^2P_{m+1.N_2}\cdot c\,t^2M^{m+1.N_2}_{m+1.l}-wc\,t^2P_{m.N_2}\cdot c\,t^2M^{m.N_2}_{m.l}\Big\}\Big]\,cm\,M^{m.l}_{m.n}$$

$$+\sum_{l=11-m}^{N_1-1}\Big\{\frac{}{(Sm+1.l-Sm.l)(Sm+1.l-Sm-1.l)}\Big\{\sum_{i=l}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}-wct'P_{m-1.i}\cdot ct\,M^{m-1.i}_{m-1.l}\right)+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.l}$$

$$-wct'P_{m-1.N_1}\cdot ct'M^{m-1.N_1}_{m-1.l}\Big\}+\frac{}{(Sm+1.l-Sm.l)(Sm.l-Sm-1.l)}\Big\{\sum_{i=l}^{N_1-1}\left(wct'P_{m+1.i}\cdot ct\,M^{m+1.i}_{m+1.l}-wct'P_{m.i}\cdot ct\,M^{m.i}_{m.l}\right)$$

$$+wct'P_{m+1.N_1}\cdot ct'M^{m+1.N_1}_{m+1.l}-wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.l}\Big\}\Big]\,cm\,M^{m.l}_{m.n}$$

(8.4.30)

$$wcV_{m.n}=\sum_{l=p}^{N_2-1}\left(wcr^2P_{a.l}\cdot crV^{m.l}_{m.n}+wcs^2P_{m.l}\cdot csV^{m.l}_{m.n}\right]+\sum_{l=p}^{N_1-1}\left(wcr'P_{m.l}\cdot crV^{m.l}_{m.n}+wcs'P_{m.l}\cdot csV^{m.l}_{m.n}\right]$$

$$+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2V^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2V^{m.N_2}_{m.n}+wcr'P_{m.N_1}\cdot cr'V^{m.N_1}_{m.n}+wcs'P_{m.N_1}\cdot cs'V^{m.N_1}_{m.n}$$

(8.4.31)

$$wcH_{m,n}=\sum_{p}^{N_2-1}\{wcr^2P_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n}+wcs^2P_{m,\ell}\cdot csH^{m,\ell}_{m,n}\}+\sum_{\ell=p}^{N_1-1}\{wcr^1P_{m,\ell}\cdot crH^{m,\ell}_{m,n}+wcs^1P_{m,\ell}\cdot csH^{m,\ell}_{m,n}\}$$
$$+wcr^2P_{m,N_2}\cdot cr^2H^{m,N_2}_{m,n}+wcs^2P_{m,N_2}\cdot cs^2H^{m,N_2}_{m,n}+wcr^1P_{m,N_1}\cdot cr^1H^{m,N_1}_{m,n}+wcs^1P_{m,N_1}\cdot cs^1H^{m,N_1}_{m,n}\quad(8.4.32)$$
$$wctM_{mn}=\sum_{\ell=p}^{N_2-1}wct^2P_{m,\ell}\cdot ctM^{m,\ell}_{m,n}+\sum_{\ell=p}^{N_1-1}wct^1P_{m,\ell}\cdot ctM^{m,\ell}_{m,n}+wct^2P_{m,N_2}\cdot ct^2M^{m,N_2}_{m,n}+wct^1P_{m,N_1}\cdot ctM^{m,N_1}_{m,n}\quad(8.4.33)$$

ここに(8.4.25)～(8.4.27)及び(8.4.31)～(8.4.33)に現れる $\sum_{p}^{N_2-1}$ $\sum_{\ell=p}^{N_1-1}$ の p は次のようにとるものとする。

(i) $10\leqq m\leqq 16$ のとき

$$p=m-10$$

(ii) $10\geqq m\geqq 4$ のとき

$$p=10-m$$

自重によるアーチの不静定力は

(i) $6\geqq n>N_2$ のとき.

$$waM_{m,n}=waH_{m,n}=waV_{m,n}=0\quad(8.4.34)$$

(ii) $n=N_2$ のとき,

$$waM_{m,N_2}=waH_{m,N_2}=waV_{m,N_2}=0\quad(8.4.35)$$
$$waM'_{m,N_2}=-\sum_{k=10-N_2}^{10+N_2}K^{c}_{10-n}(wcr^2P_{k,N_2}\cdot arM^{k,N_2}_{m,N_2}+wcs^2P_{k,N_2}\cdot asM^{k,N_2}_{m,N_2}+wct^2P_{k,N_2}\cdot atM^{k,N_2}_{m,N_2})\quad(8.4.36)$$
$$waH'_{m,N_2}=-\sum_{k=10-N_2}^{10+N_2}K^{c}_{10-n}(wcr^2P_{k,N_2}\cdot arH^{k,N_2}_{m,N_2}+wcs^2P_{k,N_2}\cdot asH^{k,N_2}_{m,N_2}+wct^2P_{k,N_2}\cdot atH^{k,N_2}_{m,N_2})\quad(8.4.37)$$
$$waV'_{m,N_2}=-\sum_{k=10-N_2}^{10+N_2}K^{c}_{10-n}(wcr^2P_{k,N_2}\cdot arV^{k,N_2}_{m,N_2}+wcs^2P_{k,N_2}\cdot asV^{k,N_2}_{m,N_2}+wct^2P_{k,N_2}\cdot atV^{k,N_2}_{m,N_2})\quad(8.4.38)$$

(iii) $N_2>n>N_1$ のとき

$$waM_{m,n}=-\sum_{k=10-n}^{10+n}K^{c}_{10-n}\cdot(wcr^2P_{k,n}\cdot arM^{k,n}_{m,n}+wcs^2P_{k,n}\cdot asM^{k,n}_{m,n}+wct^2P_{k,n}\cdot atM^{k,n}_{m,n})-K^{c}_{10-n}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\{wcr^2P_{10-n,\ell}\cdot$$
$$\times(crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arM^{c,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asM^{c,10-n}_{m,n})+wcs^2P_{10-n,\ell}(csV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arM^{c,10-n}_{m,n}+csH^{10-n,\ell}_{10-n,n}asM^{c,10-n}_{m,n}$$
$$-wct^2P_{10-n,\ell}\cdot ctM^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot atM^{c,10-n}_{m,n}\}+wcr^2P_{10-n,N_2}(cr^2V^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot arM^{c,10-n}_{m,n}+cr^2H^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot asM^{c,10-n}_{m,n})$$
$$+wcs^2P_{10-n,N_2}(cs^2V^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot arM^{c,10-n}_{m,n}+cs^2H^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot asM^{c,10-n}_{m,n})-wct^2P_{10-n,N_2}\cdot ct^2M^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot atM^{c,10-n}_{m,n}\Big]$$
$$-K^{c}_{10+n}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\{wcr^2P_{10+n,\ell}(crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arM^{c,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asM^{c,10+n}_{m,n})+wcs^2P_{10+n,\ell}(csV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arM^{c,10+n}_{m,n}$$
$$+csH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asM^{c,10+n}_{m,n})-wct^2P_{10+n,\ell}\cdot ctM^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot atM^{c,10+n}_{m,n}\}+wcr^2P_{10+n,N_2}(cr^2V^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot arM^{c,10+n}_{m,n}+$$
$$crH^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot asM^{c,10+n}_{m,n})+wcs^2P_{10+n,N_2}(cs^2V^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot arM^{c,10+n}_{m,n}+cs^2H^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot asM^{c,10+n}_{m,n})$$
$$-wct^2P_{10+n,N_2}\cdot ct^2M^{10+n,N_2}_{10+n,n}atM^{c,10+n}_{m,n}\Big]\quad(8.4.39)$$
$$waH_{m,n}=-\sum_{k=10-n}^{10+n}(wcr^2P_{k,n}\cdot arH^{k,n}_{m,n}+wcs^2P_{k,n}\cdot asH^{k,n}_{m,n}+wct^2P_{k,n}\cdot atH^{k,n}_{m,n})-K^{c}_{10-n}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\{wcr^2P_{10-n,\ell}\cdot$$
$$\times(crV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arH^{c,10-n}_{m,n}+crH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asH^{c,10-n}_{m,n})+wcs^2P_{10-n,\ell}(csV^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot arH^{c,10-n}_{m,n}+csH^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot asH^{c,10-n}_{m,n})$$
$$-wct^2P_{10-n,\ell}\cdot ctM^{10-n,\ell}_{10-n,n}\cdot atH^{c,10-n}_{m,n}\}+wcr^2P_{10-n,N_2}(cr^2V^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot arH^{c,10-n}_{m,n}+cr^2H^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot asH^{c,10-n}_{m,n})$$
$$+wcs^2P_{10-n,N_2}(cs^2V^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot arH^{c,10-n}_{m,n}+cs^2H^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot asH^{c,10-n}_{m,n})-wct^2P_{10-n,N_2}\cdot ct^2M^{10-n,N_2}_{10-n,n}\cdot atH^{c,10-n}_{m,n})$$
$$-K^{c}_{10+n}\Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\{wcr^2P_{10+n,\ell}(crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arH^{c,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asH^{c,10+n}_{m,n})+wcs^2P_{10+n,\ell}(csV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arH^{c,10+n}_{m,n}$$
$$+csH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asH^{c,10+n}_{m,n})-wct^2P_{10+n,\ell}\cdot ctM^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot atH^{c,10+n}_{m,n}\}+wcr^2P_{10+n,N_2}(cr^2V^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot arH^{c,10+n}_{m,n}$$
$$+cr^2H^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot asH^{c,10+n}_{m,n})+wcs^2P_{10+n,N_2}(cs^2V^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot arH^{c,10+n}_{m,n}+cs^2H^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot asH^{c,10+n}_{m,n})$$
$$+wct^2P_{10+n,N_2}\cdot ct^2M^{10+n,N_2}_{10+n,n}atH^{c,10+n}_{m,n}\Big]\quad(8.4.40)$$

$$wa\nabla_{m,n} = -\sum_{k=10-n}^{10+M} (wcr^2 P_{k,n}\cdot ar\nabla_{m,n}^{k,n} + wcs^2 P_{k,n}\cdot as\nabla_{m,n}^{k,n} + wct^2 P_{k,n}\cdot at\nabla_{m,n}^{k,n}) - k_{10-n}^{c}\{\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10-n,\ell}(cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell} \times ar\nabla_{m,n}^{c,10-n} + cr H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n}) + wcs^2 P_{10-n,\ell}(cs\nabla_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n} + cs H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n}) - wct^2 P_{10-n,\ell}\cdot ctM_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot at\nabla_{m,n}^{c,10-n}\} + wcr^2 P_{10-n,N_2}(cr\nabla_{10-n,n}^{10-n,N_2}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n} + cr H_{10-n,n}^{10-n,N_2}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n}) + wcs^2 P_{10-n,N_2}(cs\nabla_{10-n,n}^{10-n,N_2}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10-n} + cs H_{10-n,n}^{10-n,N_2}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10-n}) - wct^2 P_{10-n,N_2}\cdot ctM_{10-n,n}^{10-n,N_2}\cdot at\nabla_{m,n}^{c,10-n}\} + wcr^2 P_{10+n,\ell}(cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + cr H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}) + wcs^2 P_{10+n,\ell}(cs\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + cs H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}) - wct^2 P_{10+n,\ell}\cdot ctM_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot at\nabla_{m,n}^{c,10+n}\} - k_{10+n}^{c}\{\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10+n,\ell}(cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + cr H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}) + wcs^2 P_{10+n,\ell}(cs\nabla_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + cs H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}) - wct^2 P_{10+n,\ell}\cdot ctM_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot at\nabla_{m,n}^{c,10+n}\} + wcr^2 P_{10+n,N_2}(cr\nabla_{10+n,n}^{10+n,N_2}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + cr^2 H_{10+n,n}^{10+n,N_2}\cdot asV_{m,n}^{c,10+n}) + wcs^2 P_{10+n,N_2}(cs^2\nabla_{10+n,n}^{10+n,N_2}\cdot ar\nabla_{m,n}^{c,10+n} + cs^2 H_{10+n,n}^{10+n,N_2}\cdot as\nabla_{m,n}^{c,10+n}) - wct^2 P_{10+n,N_2}\cdot ctM_{10+n,n}^{10+n,N_2}\cdot at\nabla_{m,n}^{c,10+n}\} \qquad (8.4.41)$$

(iv) $n = N_1$ のとき

$$wa\nabla_{m,N_1} = -\sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr^2 P_{k,N_1} arM_{m,N_1}^{k,N_1} + wcs^2 P_{k,N_1} asM_{m,N_1}^{k,N_1} + wct^2 P_{k,N_1} atM_{m,N_1}^{k,N_1}) - k_{10-N_1}^{c}\{\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10-N_1,\ell}(cr\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell} \times arM_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cr H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1,\ell}(cs\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot arM_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cs H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1,\ell}\cdot ctM_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot atM_{m,N_1}^{c,10-N_1}\} + wcr^2 P_{10-N_1,N_2}(cr^2\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot arM_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cr^2 H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1,N_2}(cs^2\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot arM_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cs^2 H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1,N_2}\cdot ctM_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot atM_{m,N_1}^{c,10-N_1}\} - k_{10+N_1}^{c}\{\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10+N_1,\ell}(cr\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot arM_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cr H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1,\ell}(cs\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot arM_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cs H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1,\ell}\cdot ctM_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot atM_{m,N_1}^{c,10+N_1}\} + wcr^2 P_{10+N_1,N_2}(cr^2\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot arM_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cr^2 H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1,N_2}(cs^2\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot arM_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cs^2 H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot asM_{m,N_1}^{c,10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1,N_2}\cdot ctM_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot atM_{m,N_1}^{c,10+N_1}\} \qquad (8.4.42)$$

$$waH_{m,N_1} = -\sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr^2 P_{k,N_1} arH_{m,N_1}^{k,N_1} + wcs^2 P_{k,N_1} asH_{m,N_1}^{k,N_1} + wct^2 P_{k,N_1} atH_{m,N_1}^{k,N_1}) - k_{10-N_1}^{c}\{\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10-N_1,\ell}(cr\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell} \times arH_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cr H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1,\ell}(cs\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot arH_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cs H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1,\ell}\cdot ctM_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot atH_{m,N_1}^{c,10-N_1}\} + wcr^2 P_{10-N_1,N_2}(cr^2\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot arH_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cr^2 H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1,N_2}(cs^2\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot arH_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cs^2 H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1,N_2}\cdot ctM_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot atH_{m,N_1}^{c,10-N_1}\} - k_{10+N_1}^{c}\{\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10+N_1,\ell}(cr\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot arH_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cr H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1,\ell}(cs\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot arH_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cs H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1,\ell}\cdot ctM_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot atH_{m,N_1}^{c,10+N_1}\} + wcr^2 P_{10+N_1,N_2}(cr^2\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot arH_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cr^2 H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1,N_2}(cs^2\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot arH_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cs^2 H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot asH_{m,N_1}^{c,10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1,N_2}\cdot ctM_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot atH_{m,N_1}^{c,10+N_1}\} \qquad (8.4.43)$$

$$wa\nabla_{m,N_1} = -\sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr^2 P_{k,N_1} ar\nabla_{m,N_1}^{k,N_1} + wcs^2 P_{k,N_1} as\nabla_{m,N_1}^{k,N_1} + wct^2 P_{k,N_1} at\nabla_{m,N_1}^{k,N_1}) - k_{10-N_1}^{c}\{\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10-N_1,\ell}(cr\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell} \times ar\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cr H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1,\ell}(cs\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot ar\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cs H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1,\ell}\cdot ctM_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,\ell}\cdot at\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1}\} + wcr^2 P_{10-N_1,N_2}(cr^2\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot ar\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cr^2 H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1,N_2}(cs^2\nabla_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot ar\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1} + cs^2 H_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1,N_2}\cdot ctM_{10-N_1,N_1}^{10-N_1,N_2}\cdot at\nabla_{m,N_1}^{c,10-N_1}\} - k_{10+N_1}^{c}\{\sum_{\ell=N_1}^{N_2-1}\{wcr^2 P_{10+N_1,\ell}(cr\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot ar\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cr H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1,\ell}(cs\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot ar\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cs H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1,\ell}\cdot ctM_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,\ell}\cdot at\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1}\} + wcr^2 P_{10+N_1,N_2}(cr^2\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot ar\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cr^2 H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1,N_2}(cs^2\nabla_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot ar\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1} + cs^2 H_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot as\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1,N_2}\cdot ctM_{10+N_1,N_1}^{10+N_1,N_2}\cdot at\nabla_{m,N_1}^{c,10+N_1}\} \qquad (8.4.44)$$

$$waM'_{m,N_1} = waM_{m,N_1} - \sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr' P_{k,N_1} arM_{m,N_1}^{k,N_1} + wcs' P_{k,N_1}\cdot asM_{m,N_1}^{k,N_1} + wct' P_{k,N_1} atM_{m,N_1}^{k,N_1}) \qquad (8.4.45)$$

$$waH'_{m,N_1} = waH_{m,N_1} - \sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr' P_{k,N_1} arH_{m,N_1}^{k,N_1} + wcs' P_{k,N_1} asH_{m,N_1}^{k,N_1} + wct' P_{k,N_1} atH_{m,N_1}^{k,N_1}) \qquad (8.4.46)$$

$$wa\nabla'_{m,N_1} = wa\nabla_{m,N_1} - \sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr' P_{k,N_1} ar\nabla_{m,N_1}^{k,N_1} + wcs' P_{k,N_1} as\nabla_{m,N_1}^{k,N_1} + wct' P_{k,N_1} at\nabla_{m,N_1}^{k,N_1}) \qquad (8.4.47)$$

(V) $N_1 > n \geq 0$ のとき

$$wa M_{m,n} = -\sum_{k=l_0-n}^{l_0+n} \left[(wcr' P_{k,n} + wcr^2 P_{k,n}) ar M^{k,n}_{m,n} + (wcs' P_{k,n} + wcs^2 P_{k,n}) as M^{k,n}_{m,n} + (wct' P_{k,n} + wct^2 P_{k,n}) at M^{k,n}_{m,n} \right]$$

$$- k_{l_0-n}^{c} \left[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \left\{ wcr^2 P_{l_0-n,\ell} \left(cr V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cr H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0-n,\ell} \left(cs V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cs H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left. \times as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0-n,\ell} \cdot ct M^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot at M^{c,l_0-n}_{m,n} \right\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \left\{ wcr' P_{l_0-n,\ell} \left(cr V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cr H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right) \right.$$

$$+ wcs' P_{l_0-n,\ell} \left(cs V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cs H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0-n,\ell} \cdot ct M^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot at M^{c,l_0-n}_{m,n} \Big\}$$

$$+ wcr^2 P_{l_0-n,N_2} \left(cr^2 V^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cr^2 H^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0-n,N_2} \left(cs^2 V^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cs^2 H^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \right.$$

$$\left. \times as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0-n,N_2} \cdot ct M^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot at M^{c,l_0-n}_{m,n} + wcr' P_{l_0-n,N_1} \left(cr' V^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cr' H^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right)$$

$$+ wcs' P_{l_0-n,N_1} \left(cs' V^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot ar M^{c,l_0-n}_{m,n} + cs' H^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot as M^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0-n,N_1} \cdot ct M^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot at M^{c,l_0-n}_{m,n} \Big]$$

$$- k_{l_0+n}^{c} \left[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \left\{ wcr^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cr V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cs V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cs H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left. \times as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0+n,\ell} \cdot ct M^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot at M^{c,l_0+n}_{m,n} \right\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \left\{ wcr' P_{l_0+n,\ell} \left(cr V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right) \right.$$

$$+ wcs' P_{l_0+n,\ell} \left(cs V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cs H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0+n,\ell} \cdot ct M^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot at M^{c,l_0+n}_{m,n} \Big\}$$

$$+ wcr^2 P_{l_0+n,N_2} \left(cr^2 V^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cr^2 H^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \cdot as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0+n,N_2} \left(cs^2 V^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cs^2 H^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right)$$

$$- wct^2 P_{l_0+n,N_2} \cdot at M^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \cdot at M^{c,l_0+n}_{m,n} + wcr' P_{l_0+n,N_1} \left(cr' V^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cr' H^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0+n,N_1}$$

$$\times \left(cs' V^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot ar M^{c,l_0+n}_{m,n} + cs' H^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} as M^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0+n,N_1} ct M^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot at M^{c,l_0+n}_{m,n} \Big) \qquad (8.4.48)$$

$$wa H_{m,n} = -\sum_{k=l_0-n}^{l_0+n} \left[(wcr' P_{k,n} + wcr^2 P_{k,n}) ar H^{k,n}_{m,n} + (wcs' P_{k,n} + wcs^2 P_{k,n}) as H^{k,n}_{m,n} + (wct' P_{k,n} + wct^2 P_{k,n}) at H^{k,n}_{m,n} \right]$$

$$- k_{l_0-n}^{c} \left[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \left\{ wcr^2 P_{l_0-n,\ell} \left(cr V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cr H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0-n,\ell} \left(cs V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cs H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right) \right.$$

$$- wct^2 P_{l_0-n,\ell} \cdot ct M^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot at H^{c,l_0-n}_{m,n} \Big\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \left\{ wcr' P_{l_0-n,\ell} \left(cr V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cr H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0-n,\ell} \right.$$

$$\times \left(cs V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cs H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0-n,\ell} \cdot ct M^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot at H^{c,l_0-n}_{m,n} \Big\} + wcr^2 P_{l_0-n,N_2} \left(cr^2 V^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \right.$$

$$\left. \times ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cr^2 H^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0-n,N_2} \left(cs^2 V^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cs^2 H^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right)$$

$$- wct^2 P_{l_0-n,N_2} \cdot ct^2 M^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} at H^{c,l_0-n}_{m,n} + wcr' P_{l_0-n,N_1} \left(cr' V^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cr' H^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right)$$

$$+ wcs' P_{l_0-n,N_1} \left(cs' V^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} ar H^{c,l_0-n}_{m,n} + cs' H^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot as H^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0-n,N_1} \cdot ct M^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot at H^{c,l_0-n}_{m,n} \Big]$$

$$- k_{l_0+n}^{c} \left[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \left\{ wcr^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cr V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cs V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cs H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left. \times as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0+n,\ell} \cdot ct M^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot at H^{c,l_0+n}_{m,n} \right\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \left\{ wcr' P_{l_0+n,\ell} \left(cr V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0+n,\ell} \right.$$

$$\times \left(cs V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cs H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0+n,\ell} \cdot ct M^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot at H^{c,l_0+n}_{m,n} \Big\} + wcr^2 P_{l_0+n,N_2} \left(cr^2 V^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \right.$$

$$\left. \times ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cr^2 H^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \cdot as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0+n,N_2} \left(cs^2 V^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \cdot ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cs^2 H^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0+n,N_2}$$

$$\times ct^2 M^{l_0+n,N_2}_{l_0+n,n} \cdot at H^{c,l_0+n}_{m,n} + wcr' P_{l_0+n,N_1} \left(cr' V^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cr' H^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0+n,N_1} \left(cs' V^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \right.$$

$$\left. \times ar H^{c,l_0+n}_{m,n} + cs' H^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot as H^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0+n,N_1} \cdot ct' M^{l_0+n,N_1}_{l_0+n,n} \cdot at H^{c,l_0+n}_{m,n} \Big] \qquad (8.4.49)$$

$$wa \nabla_{m,n} = -\sum_{k=l_0-n}^{l_0+n} \left[(wcr' P_{k,n} + wcr^2 P_{k,n}) ar \nabla^{k,n}_{m,n} + (wcs' P_{k,n} + wcs^2 P_{k,n}) as \nabla^{k,n}_{m,n} + (wct' P_{k,n} + wct^2 P_{k,n}) at \nabla^{k,n}_{m,n} \right]$$

$$- k_{l_0-n}^{c} \left[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \left\{ wcr^2 P_{l_0-n,\ell} \left(cr V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} + cr H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0-n,\ell} \left(cs V^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} + cs H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) \right.$$

$$- wct^2 P_{l_0-n,\ell} \cdot ct M^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} at \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \Big\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \left\{ wcr' P_{l_0-n,\ell} \left(cr \nabla^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} + cr H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0-n,\ell} \left(cs \nabla^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} \right.\right.$$

$$\left.\left. \times ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} + cs H^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0-n,\ell} \cdot ct M^{l_0-n,\ell}_{l_0-n,n} at \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right\} + wcr^2 P_{l_0-n,N_2} \left(cr^2 \nabla^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right.$$

$$\left. + cr^2 H^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0-n,N_2} \left(cs^2 \nabla^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} + cs^2 H^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0-n,N_2} ct^2 M^{l_0-n,N_2}_{l_0-n,n}$$

$$\times at \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} + wcr' P_{l_0-n,N_1} \left(cr' \nabla^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} + cr' H^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0-n,N_1} \left(cs' \nabla^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} ar \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right.$$

$$\left. + cs H^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \right) - wct' P_{l_0-n,N_1} ct' M^{l_0-n,N_1}_{l_0-n,n} at \nabla^{c,l_0-n}_{m,n} \Big] - k_{l_0+n}^{c} \left[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \left\{ wcr^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cr V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left. + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cs V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} + cs H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0+n,\ell} \cdot ct M^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \right.$$

$$\left. + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cs V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} + cs H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0+n,\ell} \cdot ct M^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n}$$

$$+ cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \Big) + wcs^2 P_{l_0+n,\ell} \left(cs V^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} + cs H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) - wct^2 P_{l_0+n,\ell} \cdot ct M^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n}$$

$$+ cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \Big) + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \left\{ wcr' P_{l_0+n,\ell} \left(cr \nabla^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0+n,\ell} \left(cs \nabla^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right.\right.$$

$$\left.\left. at \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \left\{ wcr' P_{l_0+n,\ell} \left(cr \nabla^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} + cr H^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} \cdot as \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right) + wcs' P_{l_0+n,\ell} \left(cs \nabla^{l_0+n,\ell}_{l_0+n,n} ar \nabla^{c,l_0+n}_{m,n} \right.\right.\right.$$

$$+cSH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n})-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ctM^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot atV^{c.10+n}_{m.n}\}+wcr^2P_{10+n.N_2}(cr^2V^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot arV^{c.10+n}_{m.n}+cr^2H^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n})+wcs^2P_{10+n.N_2}\times(cs^2V^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot arV^{c.10+n}_{m.n}+cs^2H^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n})-wct^2P_{10+n.N_2}\cdot ct^2M^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot atV^{c.10+n}_{m.n}+wcr'P_{10+n.N_1}\cdot(cr'V^{10+n.N_1}_{10+n.n}\times arV^{c.10+n}_{m.n}+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n})+wcs'P_{10+n.N_1}\cdot(cs'V^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot arV^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n})-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'M^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot atV^{c.10+n}_{m.n}\}$$ (8.4.50)

$cM_{m.n}$; $cV_{m.n}$; $cH_{m.n}$; $caM_{m.n}$; $tcM_{m.n}$; $tcV_{m.n}$; $tcH_{m.n}$; $tcaM_{m.n}$; $wcM_{m.n}$; $wcV_{m.n}$; $wcH_{m.n}$; $wcV_{m.n}$; $wcaM_{m.n}$; を $m=10.11\cdots16$; $n=m-10.\ m-9\cdots6$ および $m=9.8.7\cdots4$; $n=10-m.\ 11-m\cdots6$ について計算する.

$aM_{m.n}$; $aV_{m.n}$; $aH_{m.n}$; $taM_{m.n}$; $taH_{m.n}$; $taV_{m.n}$; $waM_{m.n}$; $waH_{m.n}$; $waV_{m.n}$ を $n=1.2\cdots6$; $m=10-n\cdots10,\cdots10+n$ について計算する.

第9節 応力計算

9-1 鉛直水平応力

点 $(m.n)$ の外荷重による片持梁応力は

$$c\sigma_{u.m.n}=\frac{vW_{m.n}}{A_{m.n}}+\frac{cM_{m.n}}{I_{m.n}}\ell g_{m.n} \quad (9.1.1)$$

$$c\sigma_{d.m.n}=c\sigma_{u.m.n}-\frac{cM_{m.n}}{I_{m.n}}T_{m.n} \quad (9.1.2)$$

$(m.n)$ の温度荷重による片持梁応力は

$$t\sigma_{u.m.n}=\frac{tcM_{m.n}}{I_{m.n}}\ell g_{m.n} \quad (9.1.3)$$

$$t\sigma_{d.m.n}=t\sigma_{u.m.n}-\frac{tcM_{m.n}}{I_{m.n}}T_{m.n} \quad (9.1.4)$$

$(m.n)$ の自重による片持梁応力は

$$w\sigma_{u.m.n}=\frac{wW_{m.n}}{A_{m.n}}+\frac{wcM_{m.n}}{I_{m.n}}\ell g_{m.n} \quad (9.1.5)$$

$$w\sigma_{d.m.n}=w\sigma_{u.m.n}-\frac{wcM_{m.n}}{I_{m.n}}T_{m.n} \quad (9.1.6)$$

$(m.n)$ の全鉛直応力は

$$\sigma_{u.m.n}=c\sigma_{u.m.n}+t\sigma_{u.m.n}+w\sigma_{u.m.n} \quad (9.1.7)$$

$$\sigma_{d.m.n}=c\sigma_{d.m.n}+t\sigma_{d.m.n}+w\sigma_{d.m.n} \quad (9.1.8)$$

点 $(m.n)$ の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma_{\varepsilon.m.n}=\frac{aH_{m.n}}{T_{m.n}}+6\frac{aM_{m.n}}{T^2_{m.n}} \quad (9.1.9)$$

$$c\sigma_{\iota.m.n}=\frac{aH_{m.n}}{T_{m.n}}-6\frac{aM_{m.n}}{T^2_{m.n}} \quad (9.1.10)$$

$(m.n)$ の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma_{\varepsilon.m.n}=\frac{taH_{m.n}}{T_{m.n}}+6\frac{taM_{m.n}}{T^2_{m.n}} \quad (9.1.11)$$

$$t\sigma_{\iota.m.n}=\frac{taH_{m.n}}{T_{m.n}}-6\frac{taM_{m.n}}{T^2_{m.n}} \quad (9.1.12)$$

$(m.n)$ の自重によるアーチ応力は

$$w\sigma_{\varepsilon.m.n}=\frac{waH_{m.n}}{T_{m.n}}+6\frac{waM_{m.n}}{T^2_{m.n}} \quad (9.1.13)$$

$$w\sigma_{\iota.m.n}=\frac{waH_{m.n}}{T_{m.n}}-6\frac{waM_{m.n}}{T^2_{m.n}} \quad (9.1.14)$$

この外 $n=N_1$ および $n=N_2$ にては

$$w\sigma'_{\varepsilon.m.n}=\frac{waH'_{m.n}}{T_{m.n}}+6\frac{waM_{m.n}}{T^2_{m.n}} \quad (9.1.15)$$

$$w\sigma'_{I.m.n} = \frac{waH'_{m.n}}{I_{m.n}} - 6\frac{waM'_{m.n}}{I^2_{m.n}} \qquad (9.1.16)$$

も計算する．(m.n) の全アーチ応力は

$$\sigma_{E.m.n} = c\sigma_{E.m.n} + t\sigma_{E.m.n} + w\sigma_{E.m.n} \qquad (9.1.17)$$

$$\sigma_{I.m.n} = c\sigma_{I.m.n} + t\sigma_{I.m.n} + w\sigma_{I.m.n} \qquad (9.1.18)$$

この外 $n=N_1$, $n=N_2$ にては

$$\sigma'_{E.m.n} = c\sigma'_{E.m.n} + t\sigma'_{E.m.n} + w\sigma'_{E.m.n} \qquad (9.1.19)$$

$$\sigma'_{I.m.n} = c\sigma'_{I.m.n} + t\sigma'_{I.m.n} + w\sigma'_{I.m.n} \qquad (9.1.20)$$

桁 (m.n) の外荷重による剪断応力は

$$c\tau_{u.m.n} = -\frac{cH_{m.n}}{A_{m.n}} - \frac{cM_{m.n}}{I_{m.n}} l_{g.m.n} \qquad (9.1.21)$$

$$c\tau_{d.m.n} = c\tau_{u.m.n} + \frac{cM_{m.n}}{I_{m.n}} T_{m.n} \qquad (9.1.22)$$

(m.n) の温度荷重による剪断応力は

$$t\tau_{u.m.n} = -\frac{tcH_{m.n}}{A_{m.n}} - \frac{tcM_{m.n}}{I_{m.n}} l_{g\,m.n} \qquad (9.1.23)$$

$$t\tau_{d.m.n} = t\tau_{u.m.n} + \frac{tcM_{m.n}}{I_{m.n}} \cdot T_{m.n} \qquad (9.1.24)$$

(m.n) の自重による剪断応力は

$$w\tau_{u.m.n} = -\frac{wcH_{m.n}}{A_{m.n}} - \frac{wcM_{m.n}}{I_{m.n}} l_{g.m.n} \qquad (9.1.25)$$

$$w\tau_{d.m.n} = w\tau_{u.m.n} + \frac{wcM_{m.n}}{I_{m.n}} T_{m.n} \qquad (9.1.26)$$

(m.n) の全剪断応力は

$$\tau_{u.m.n} = c\tau_{u.m.n} + t\tau_{u.m.n} + w\tau_{u.m.n} \qquad (9.1.27)$$

$$\tau_{d.m.n} = c\tau_{d.m.n} + t\tau_{d.m.n} + w\tau_{d.m.n} \qquad (9.1.28)$$

(9.1.1)～(9.1.8) を $m=10.11\cdots16$；$n=m-10.m-9\cdots6$ および $n=9.8\cdots4$；$n=10-n.11-n$ ---- 6 について計算する．

(9.1.9)～(9.1.14).(9.1.17).(9.1.18) を $n=1.2\cdots6$，$m=10-n.11-n.\cdots10\cdots10+n$ について計算する．

(9.1.15),(9.1.16),(9.1.19),(9.1.20) を $n=N_1$. $m=10-N_1$, $11-N_1\cdots10\cdots10+N_1$ と $n=N_2$; $m=10-N_2$, $11-N_2$, ----$10\cdots10+N_2$ について計算する．(9.1.21)～(9.1.28) を $m=10.11.\cdots16$ $n=m-10$，$m-9$ ----- 6 および $m=9.8.$ ----4，$n=10-n.11-n$ ---6 について計算する．

9-2 主応力計算

$$d\varepsilon_{m.n} = c\varepsilon_{m.n} - \frac{I_{m.n}}{2} \qquad (9.2.1)$$

i) $m \geq 10$ で $6 \geq n \geq m-9$ か $m<10$ で $6 \geq n \geq 11-m$ のとき

$$\tan\alpha_{m.n} = -\frac{z_n - z_{n-1}}{(z_{n+1}-z_{n-1})(z_{n+1}-z_n)}\left[u\varepsilon_{m.n+1}\sec(\phi_{m.n}-\phi_{m.n+1}) - u\varepsilon_{m.n}\right] - \frac{z_{n+1}-z_n}{(z_{n+1}-z_{n-1})(z_n-z_{n-1})}\left[u\varepsilon_{m.n} - u\varepsilon_{m.n-1}\cdot\sec(\phi_{m.n-1}-\phi_{m.n})\right] \qquad (9.2.2)$$

$$\tan\alpha_{m.n} = -\frac{z_n - z_{n-1}}{(z_{n+1}-z_{n-1})(z_{n+1}-z_n)}\left[d\varepsilon_{m.n+1}\sec(\phi_{m.n}-\phi_{m.n+1}) - d\varepsilon_{m.n}\right] - \frac{z_{n+1}-z_n}{(z_{n+1}-z_{n-1})(z_n-z_{n-1})}\left[d\varepsilon_{m.n} - d\varepsilon_{m.n-1}\sec(\phi_{m.n-1}-\phi_{m.n})\right] \qquad (9.2.3)$$

ii) $m \geqq 10$ で $n = m-10$ のときおよび $m < 10$ で $n = 10-m$ のとき

$$\tan u\alpha_{m.n} = -\frac{Z_{n+1}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+0.5}-Z_n)}\left\{ue_{m.n+0.5}\cdot\sec(\varphi_{m.n}-\varphi_{m.n+0.5})-ue_{m.n}\right\}$$
$$+\frac{Z_{n+0.5}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+1}-Z_n)}\left\{ue_{m.n+1}\cdot\sec(\varphi_{m.n}-\varphi_{m.n+1})-ue_{m.n}\right\} \quad (9.2.4)$$

$$\tan d\alpha_{m.n} = -\frac{Z_{n+1}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+0.5}-Z_n)}\left\{de_{m.n+0.5}\cdot\sec(\varphi_{m.n}-\varphi_{m.n+0.5})-de_{m.n}\right\}$$
$$+\frac{Z_{n+0.5}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+1}-Z_n)}\left\{de_{m.n+1}\cdot\sec(\varphi_{m.n}-\varphi_{m.n+1})-de_{m.n}\right\} \quad (9.2.5)$$

i) ${}_{R1}\varphi_{A.n} \leqq \varphi_{m.n} \leqq {}_{L1}\varphi_{A.n}$ のとき

$$\tan u\beta_{m.n} = \tan d\beta_{m.n} = 0 \quad (9.2.6)$$

ii) ${}_{L1}\varphi_{A.n} < \varphi_{m.n}$ のとき

$$\tan u\beta_{mn} = \frac{{}_{L}T_{A.0}-T_{c.n}}{2\,{}_{L2}r_n}\cdot\frac{\sin(\varphi_{m.n}-{}_{L1}\varphi_{A.n})}{\mathrm{vers}\,{}_{L2}\varphi_{A.n}} \quad (9.2.7)$$

$$\tan d\beta_{m.n} = -\tan u\beta_{m.n} \quad (9.2.8)$$

iii) ${}_{R1}\varphi_{A.n} > \varphi_{m.n}$ のとき

$$\tan u\beta_{mn} = \frac{{}_{R}T_{A.n}-T_{c.n}}{2\,{}_{R2}r_n}\cdot\frac{\sin(\varphi_{m.n}-{}_{R1}\varphi_{A.n})}{\mathrm{vers}\,{}_{R2}\varphi_{A.n}} \quad (9.2.9)$$

$$\tan d\beta_{m.n} = -\tan u\beta_{m.n} \quad (9.2.10)$$

$$\tan u\alpha'_{m.n} = \tan u\alpha_{m.n}\cdot\cos u\beta_{m.n} \quad (9.2.11)$$
$$\tan d\alpha'_{m.n} = \tan d\alpha_{m.n}\cdot\cos d\beta_{m.n} \quad (9.2.12)$$
$$\sec u\alpha'_{m.n} = \sqrt{1+(\tan u\alpha'_{m.n})^2} \quad (9.2.13)$$
$$\sec d\alpha'_{m.n} = \sqrt{1+(\tan d\alpha'_{m.n})^2} \quad (9.2.14)$$
$$\sec u\beta_{m.n} = \sqrt{1+(\tan u\beta_{m.n})^2} \quad (9.2.15)$$
$$\sec d\beta_{m.n} = \sqrt{1+(\tan d\beta_{m.n})^2} \quad (9.2.16)$$

これら (9.2.1)～(9.2.16) と $n = 0.1.\cdots 6$; $m = 10-n.\ 11-n,\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

$$y\sigma_{u.m.n} = \sigma_{E.m.n}\cdot\sec^2 u\beta_{m.n}+\sigma_{u.m.n}\cdot\tan^2 u\alpha'_{m.n}\cdot\tan^2 u\beta_{m.n}-P_{m.n}\cdot\sec^2 u\alpha'_{m.n}\cdot\tan^2 u\beta_{m.n}$$
$$+2\tau_{u.m.n}\cdot\tan u\alpha'_{m.n}\cdot\tan u\beta_{m.n}\cdot\sec u\beta_{m.n} \quad (9.2.17)$$

$$z\sigma_{u.m.n} = \sigma_{u.m.n}\cdot\sec^2 u\alpha'_{m.n}-P_{m.n}\cdot\tan^2 u\alpha'_{m.n} \quad (9.2.18)$$

$$yz\tau_{u.m.n} = \tau_{u.m.n}\cdot\sec u\alpha'_{m.n}\cdot\sec u\beta_{m.n}+(\sigma_{u.m.n}-P_{m.n})\tan u\alpha'_{m.n}\cdot\sec u\alpha'_{m.n}\cdot\tan u\beta_{m.n} \quad (9.2.19)$$

$$y\sigma_{d.m.n} = \sigma_{t.m.n}\cdot\sec^2 d\beta_{m.n}+\sigma_{d.m.n}\cdot\tan^2 d\alpha'_{m.n}\cdot\tan^2 d\beta_{mn}+2\tau_{d.m.n}\cdot\tan d\alpha'_{m.n}\cdot\tan d\beta_{m.n}\cdot\sec d\beta_{m.n} \quad (9.2.20)$$

$$z\delta d.m.n = \sigma d.m.n \sec^2 d\alpha'_{m.n} \tag{9.2.21}$$

$$yz\tau u.m.n = \tau u.m.n \sec d\alpha'_{m.n} \cdot \sec d\beta_{m.n} + \sigma d.m.n \tan d\alpha'_{m.n} \cdot \sec d\alpha'_{m.n} \cdot \tan d\beta_{m.n} \tag{9.2.22}$$

こゝに $m=10,\ n=0$ にては $\sigma\varepsilon.m.n = \sigma 1.m.n = 0$ とする。

なお $n = N_1$ および $n = N_2$ においては

$$y\delta u.m.n = \sigma\varepsilon.m.n \sec^2 u\beta m.n + \delta u.m.n \cdot \tan^2 u\alpha'_{m.n} \cdot \tan^2 u\beta.m.n - P_{m.n} \cdot \sec^2 u\alpha'_{m.n} \cdot \tan^2 u\beta m.n + 2\tau u.m.n \cdot \tan u\alpha'_{m.n} \cdot \tan u\beta mn \cdot \sec u\beta m.n \tag{9.2.23}$$

$$y\delta d.mn = \sigma 1.m.n \sec^2 d\beta m.n + \delta d.m.n \cdot \tan^2 d\alpha'_{m.n} \cdot \tan^2 d\beta m.n + 2\tau d.m.n \cdot \tan d\alpha'_{m.n} \tan d\beta m.n \cdot \sec d\beta m.n \tag{9.2.24}$$

と計算する。

$z\delta u.m.n$; $z\delta d.m.n$; $yz\tau u.m.n$; $yz\tau dm.n$; $y\delta u.m.n$; $y\delta d.m.n$ を $n=0, 1, 2, \cdots 6$; $m = 10-n,\ 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について計算し、また $y\delta u.m.n$; $y\delta d.m.n$ を $n = N_1, N_2$; $m = 10-n,\ 11-n \cdots 10, \cdots 10+n$ について計算する。

$$1\delta u.mn = \frac{y\delta u mn + z\delta u.m.n}{2} + \sqrt{\left(\frac{y\delta u m.n - z\delta u.m.n}{2}\right)^2 + (yz\tau u.m.n)^2} \tag{9.2.25}$$

$$2\delta u.mn = \frac{y\delta u m.n + z\delta u.m.n}{2} - \sqrt{\left(\frac{y\delta u.m.n - z\delta u.m.n}{2}\right)^2 + (yz\tau u.mn)^2} \tag{9.2.26}$$

$$1\delta d.m.n = \frac{y\delta d m.n + z\delta d.m.n}{2} + \sqrt{\left(\frac{y\delta d.m.n - z\delta d.m.n}{2}\right)^2 + (yz\tau d.mn)^2} \tag{9.2.27}$$

$$2\delta d.m.n = \frac{y\delta d m.n + z\delta d.m.n}{2} - \sqrt{\left(\frac{y\delta d.mn - z\delta d.m.n}{2}\right)^2 + (yz\tau d_{mn})^2} \tag{9.2.28}$$

イ) $y\delta u.m.n \geq z\delta u.m.n$ のとき

$$u\theta m.n = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\tau u.m.n}{y\delta u.mn - z\delta u.m.n} \tag{9.2.29}$$

ロ) $y\delta u.m.n < z\delta u.m.n$ のとき

$$u\theta m.n = 90° + \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\tau u.m.n}{y\delta u.mn - z\delta u.m.n} \tag{9.2.30}$$

ハ) $y\delta d.m.n \geq z\delta d.m.n$ のとき.

$$d\theta m.n = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\tau d.mn}{y\delta d.mn - z\delta d.mn} \tag{9.2.31}$$

ニ) $y\delta d.m.n < z\delta d.m.n$ のとき

$$d\theta m.n = 90° + \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2yz\tau d.m.n}{y\delta d m.n - z\delta d.m.n} \tag{9.2.32}$$

こゝに (9.2.56)～(9.2.59) の $\tan^{-1}$ は度で計算し

$$-90° \leq \tan^{-1}\frac{2yz\tau m.n}{y\delta m.n - z\delta m.n} \leq 90°$$

とする.

これら $1\delta u m.n$, $2\delta u.mn$, $u\theta m.n$, $1\delta d.m.n$, $2\delta d.m.n$, $d\theta m.m$ を $n=0.1.2, \cdots 6$; $m = 10-n.11.n, \cdots 10, \cdots 10+n$, について計算し、さらに $n=N_1, N_2$, $m=10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ (9.2.25)～(9.2.32)の $y\delta u m.n$, $y\delta d.m.n$ を $y\delta' u m.n$, $y\delta' d.m.n$ におきかえ $1\delta' u.m.n$, $2\delta' u m.n$, $u\theta' m.n$, $1\delta' d.m.n$, $2\delta' d.m.n$, $d\theta' m.n$ をも計算する。

第10節　出力

a) 入力データ

入力データを出力する。

b) 荷重

$P_{m,n}$, $_{cr}P_{m,n}$, $_{ar}P_{m,n}$, $_{cs}P_{m,n}$, $_{as}P_{m,n}$, $_{ct}P_{m,n}$, $_{at}P_{m,n}$, $_{tcr}P_{m,n}$, $_{tar}P_{m,n}$, $_{tcs}P_{m,n}$, $_{tas}P_{m,n}$, $_{tct}P_{m,n}$, $_{tat}P_{m,n}$ を $n=0,1,2,\cdots 6$, $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力する。

$_{wcr}P_{m,n}$, $_{wcs}P_{m,n}$, $_{wct}P_{m,n}$ を $n=0,1,\cdots N_1$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力する。

$_{wcr^2}P_{m,n}$, $_{wcs^2}P_{m,n}$, $_{wct^2}P_{m,n}$ を $n=0,1,\cdots N_2$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力する。

出力形式は表－19のごとくである。

c) 撓み

$c(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}$, $c(\Delta\theta)_{m,n}$, $tc(\Delta r)_{m,n}$, $tc(\Delta S)_{m,n}$, $tc(\Delta\theta)_{m,n}$, $c(\Delta r)_{m,n}+tc(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}+tc(\Delta S)_{m,n}$, $c(\Delta\theta)_{m,n}+tc(\Delta\theta)_{m,n}$ を $n=0,1,\cdots 7$, $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力する。

$a(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}$, $a(\Delta\theta)_{m,n}$, $ta(\Delta r)_{m,n}$, $ta(\Delta S)_{m,n}$; $ta(\Delta\theta)_{m,n}$, $a(\Delta r)_{m,n}+ta(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}+ta(\Delta S)_{m,n}$, $a(\Delta\theta)_{m,n}+ta(\Delta\theta)_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$, $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力する。

$c(\Delta r)_{m,n}$, $\cdots$, $c(\Delta\theta)_{m,n}+tc(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-16のごとくである。また $a(\Delta r)_{m,n}$, $\cdots$, $a(\Delta\theta)_{m,n}+ta(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-20のごとくである。

d) 不静定諸力

$_{v}\overline{W}_{m,n}$, $_{w}W_{m,n}$, $_{c}M_{m,n}$, $_{c}\overline{V}_{m,n}$, $_{c}H_{m,n}$, $_{c}M'_{m,n}$, $_{tc}M_{m,n}$, $_{tc}\overline{V}_{m,n}$, $_{tc}H_{m,n}$, $_{tc}M'_{m,n}$, $_{wc}M_{m,n}$, $_{wc}\overline{V}_{m,n}$, $_{wc}H_{m,n}$, $_{wc}M_{m,n}$ を $n=0,1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力する出力形式は表－19のごとくである。

$_{a}M_{m,n}$, $_{a}H_{m,n}$, $_{a}\overline{V}_{m,n}$, $_{ta}M_{m}$, $_{ta}H_{m,n}$, $_{ta}\overline{V}_{m,n}$, $_{wa}M_{m,n}$, $_{wa}H_{m,n}$, $_{wa}\overline{V}_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$, $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力し $_{wa}M'_{m,n}$, $_{wa}H'_{m,n}$, $_{wa}\overline{V}'_{m,n}$ を $n=N_1$, $m=10-N_1; 11-N_1, \cdots 10, \cdots 10+N_1$ と $n=N_2$, $m=10-N_2, 11-N_2, \cdots 10, \cdots 10+N_2$ について出力する。

$_{a}M_{m,n}$, $_{a}H_{m,n}$, $_{a}\overline{V}_{m,n}$, $_{ta}M_{m,n}$, $_{ta}H_{m,n}$, $_{ta}\overline{V}_{m,n}$ の出力形式は表-20のごとくである。

$_{wa}M_{m,n}$ と $_{wa}M'_{m,n}$, $_{wa}H_{m,n}$ と $_{wa}H'_{m,n}$, $_{wa}\overline{V}_{m,n}$ と $_{wa}\overline{V}'_{m,n}$ は同時に出力するものとして、出力形式は表-23のごとくである。

e) 応力

$c\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $c\bar{\sigma}_{d,m,n}$, $t\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $t\bar{\sigma}_{d,m,n}$, $w\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $w\bar{\sigma}_{d,m,n}$, $\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $\bar{\sigma}_{d,m,n}$ を $n=0,1,2,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力し、出力形式は表－19のごとくである。

$c\bar{\varepsilon}_{m,n}$, $c\bar{\imath}_{m,n}$, $t\bar{\varepsilon}_{m,n}$, $t\bar{\imath}_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots 6$, $m=10-n, 11-n, \cdots 10, \cdots 10+n$ について出力し、出力形式は表-20のごとくである。

$w\bar{\varepsilon}_{m,n}$, $w\bar{\varepsilon}'_{m,n}$, $w\bar{\imath}_{m,n}$, $w\bar{\imath}'_{m,n}$, $\bar{\varepsilon}_{m,n}$; $\bar{\imath}_{m,n}$ について出力し、出力形式は表-23のごとくである。

$c\bar{\tau}_{u,m,n}$; $c\bar{\tau}_{d,m,n}$; $t\bar{\tau}_{u,m,n}$; $t\bar{\tau}_{d,m,n}$; $w\bar{\tau}_{u,m,n}$; $w\bar{\tau}_{d,m,n}$; $\bar{\tau}_{u,m,n}$; $\bar{\tau}_{d,m,n}$

$_{1}\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $_{2}\bar{\sigma}_{u,m,n}$, $_{1}\bar{\sigma}'_{u,m,n}$, $_{2}\bar{\sigma}'_{u,m,n}$, $_{1}\bar{\sigma}_{d,m,n}$, $_{2}\bar{\sigma}_{d,m,n}$, $_{1}\bar{\sigma}'_{d,m,n}$, $_{2}\bar{\sigma}'_{d,m,n}$, $u\theta_{m,n}$, $d\theta_{m,n}$, $u\theta'_{m,n}$, $d\theta'_{m,n}$ について出力し出力形式は表-23のごとくである。

表-23 waM m.n を例とした出力形式（$N_2=5, N_1=2$ とした場合）

waM.

n \ m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	waM4.6	waM5.6	waM6.6	waM7.6	waM8.6	waM9.6	waM10.6	waM11.6	waM12.6	waM13.6	waM14.6	waM15.6	waM16.6
5		waM5.5	waM6.5	waM7.5	waM8.5	waM9.5	waM10.5	waM11.5	waM12.5	waM13.5	waM14.5	waM15.5	
5		waM'5.5	waM'6.5	waM'7.5	waM'8.5	waM'9.5	waM'10.5	waM'11.5	waM'12.5	waM'13.5	waM'14.5	waM'15.5	
4			waM6.4	waM7.4	waM8.4	waM9.4	waM10.4	waM11.4	waM12.4	waM13.4	waM14.4		
3				waM7.3	waM8.3	waM9.3	waM10.3	waM11.3	waM12.3	waM13.3			
2					waM8.2	waM9.2	waM10.2	waM11.2	waM12.2				
2					waM'8.2	waM'9.2	waM'10.2	waM'11.2	waM'12.2				
1						waM9.1	waM10.1	waM11.1					

第8章 非対称変半径不等厚アーチ完全調整（NO.8 プログラム）

第1節 入力データの作製方法

入力データは表-24に示すような方式により I.B.M. データーシートに記入する。即ち非対称変半径不等厚アーチ半径方向調整の場合とほとんど同じであるが，第33行目の E_c, V_c, V_R, C の後に N_1, N_2 を記入する。N_1 は31～35欄に，N_1 は36～40欄に記入する。

これら N_1, N_2 はいづれも標高ナンバーで記入し，0～6の正整数でなければならない。また前述したように，このプログラムではキレツ片持梁法の計算を行わないので，36，37行目の $_{LC}C_n$，$_{RC}C_n$ はいづれも0を記入する。

第2節 座標および荷重計算

2.1 座標計算

$$R_n = 192\,(2\ell_n)\Big[\Big\{{}_L\phi_{A,n}\sum_{j=0}^{31}\Big[\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)+4\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)+\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)\Big]-{}_R\phi_{A,n}\sum_{j=0}^{31}\Big[\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)+4\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)+\cos^{\lambda+1}\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)\Big]\Big\}^2+\Big\{{}_L\phi_{A,n}\sum_{j=0}^{31}\Big[\sin\Big(\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)+4\sin\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)+\sin\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,n}\Big)\Big]-{}_R\phi_{A,n}\sum_{j=0}^{31}\Big[\sin\Big(\frac{2j}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)+4\sin\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)+\sin\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_R\phi_{A,n}\Big)\Big]\Big\}^2\Big]^{-\frac{1}{2}} \qquad (2.1.1)$$

R_n を 0.5, 1.0, 1.5, … 7.0 について計算する。

$$R_0 = R_{0.5}\frac{\bar{Z}_{1.0}\cdot\bar{Z}_{1.5}}{(\bar{Z}_{1.0}-\bar{Z}_{0.5})(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{0.5})} - R_{1.0}\frac{\bar{Z}_{0.5}\cdot\bar{Z}_{1.5}}{(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{1.0})(\bar{Z}_{1.0}-\bar{Z}_{0.5})} + R_{1.5}\frac{\bar{Z}_{1.0}\cdot\bar{Z}_{0.5}}{(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{1.0})(\bar{Z}_{1.5}-\bar{Z}_{0.5})}$$

とする。

(i) $10 \le m \le 17$ のとき

$$X_{m,m-10} = X_{C,m-10} + \frac{R_{m-10}\cdot{}_L\phi_{A,m-10}}{192}\sum_{j=0}^{31}\Big[\sin\Big({}_0\phi_{m-10}+\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\Big)+4\sin\Big({}_0\phi_{m-10}+\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\Big)\cdot\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\Big)+\sin\Big({}_0\phi_{A,m-10}+\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\Big)\Big] \qquad (2.1.2)$$

表-24 NO.8 プログラム入力データー

IBM DATA SHEET

PROBLEM アーチダム NO.8 プログラム WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

No.								
1								
2								1
3							n=7.0	2
4							n=6.5	3
5							n=6.0	4
6							n=5.5	5
7							n=5.0	6
8							n=4.5	7
9	Zn	ΔZn	Tan	Xan	Yan	ΔΦn	n=4.0	8
10							n=3.5	9
11							n=3.0	10
12							n=2.5	11
13							n=2.0	12
14							n=1.5	13
15							n=1.0	14
16							n=0.5	15
17							n=0	16
18							n=2.0	17
19	ΔTan	ΔΔΦin	ΔΦan	RTan	ΔRΔΦin	ΔRΦan	n=4.5	18
20							n=6.0	19
							n=5.5	20

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター

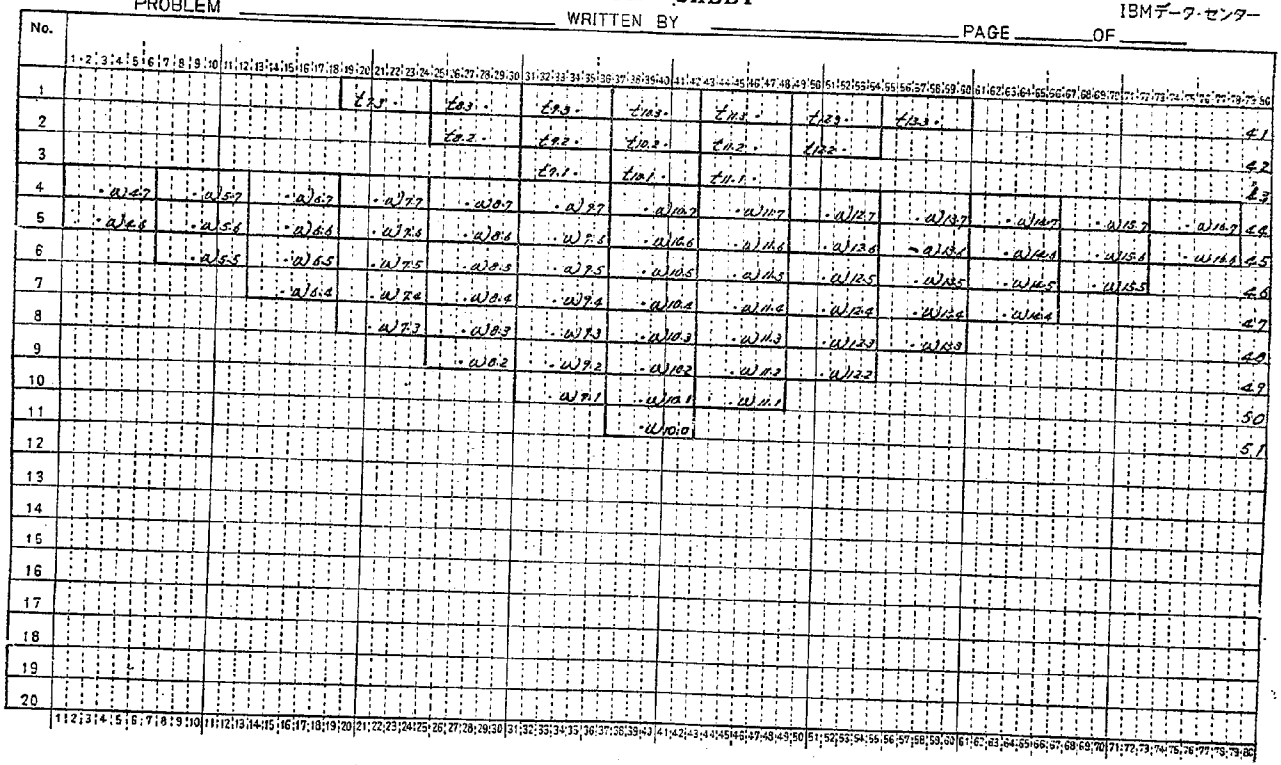
No.	1:2:3:4:5:6:7:8:9:10	11:12:13:14:15:16:17:18:19:20	21:22:23:24:25:26:27:28:29:30	31:32:33:34:35:36:37:38:39:40	41:42:43:44:45:46:47:48:49:50	51:52:53:54:55:56:57:58:59:60	61:62:63:64:65:66:67:68:69:70	71:72:73:74:75:76:77:78:79:80
1								
2								
3								
4								
5								
6	$\angle T_{An}$	$\angle\phi_{An}$	$\angle\phi_{An}$	RT_{An}	$\angle\phi_{An}$	RP_{An}		
7								
8								
9								
10								
11								
12	λ . $T\pm1.0$	H_0 .	H_d .	H_s .	R .	P_e .	P_s .	C_e .
13	E_c xxx E±xx	V_c .	V_R .	C xxx E±xx	N_1 . .	N_2		
14	$\angle E_{R6}$ xxx E±xx	$\angle E_{R5}$ xxx E±xx	$\angle E_{R4}$ xxx E±xx	$\angle E_{R3}$ xxx E±xx	$\angle E_{R2}$ xxx E±xx	$\angle E_{R1}$ xxx E±xx	$\angle E_{R0}$ xxx E±xx	
15	RE_{R6} xxx E±xx	RE_{R5} xxx E±xx	RE_{R4} xxx E±xx	RE_{R3} xxx E±xx	RE_{R2} xxx E±xx	RE_{R1} xxx E±xx	RE_{R0} xxx E±xx	
16	$\angle c C_6$.	$\angle c C_5$.	$\angle c C_4$.	$\angle c C_3$.	$\angle c C_2$.	$\angle c C_1$.	$\angle c C_0$.	
17	$Rc C_6$.	$Rc C_5$.	$Rc C_4$.	$Rc C_3$.	$Rc C_2$.	$Rc C_1$.	$Rc C_0$.	
18	t_{A6} .	t_{A5} .	t_{A4} .	t_{A3} .	t_{A2} .	t_{A1} .	t_{A0} .	
19		t_{B5} .	t_{B4} .	t_{B3} .	t_{B2} .	t_{B1} .	t_{B0} .	
20			t_{C4} .	t_{C3} .	t_{C2} .	t_{C1} .	t_{C0} .	
	1:2:3:4:5:6:7:8:9:10	11:12:13:14:15:16:17:18:19:20	21:22:23:24:25:26:27:28:29:30	31:32:33:34:35:36:37:38:39:40	41:42:43:44:45:46:47:48:49:50	51:52:53:54:55:56:57:58:59:60	61:62:63:64:65:66:67:68:69:70	71:72:73:74:75:76:77:78:79:80

$n=5.0$	21
$n=4.5$	22
$n=4.0$	23
$n=3.5$	24
$n=3.0$	25
$n=2.5$	26
$n=2.0$	27
$n=1.5$	28
$n=1.0$	29
$n=0.5$	30
$n=0.$	31
	32
	33
	34
	35
	36
	37
	38
	39
	40

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター



$$y_{m,m-10} = y_{c,m-10} + \frac{R_{m-10}\cdot {}_L\phi_{A,m-10}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos\left({}_o\phi_{m-10} + \frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\right) + 4\cos\left({}_o\phi_{m-10} + \frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\right) + \cos\left({}_o\phi_{A,m-10} + \frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,m-10}\right)\right] \quad (2.1.4)$$

ii) $3 \leqq m < 10$ のとき

$$x_{m,10-m} = x_{c,10-m} + \frac{R_{10-m}\cdot {}_R\phi_{A,10-m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\sin\left({}_o\phi_{10-m} + \frac{2j}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right)\cos\left(\frac{2j}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right) + 4\sin\left({}_o\phi_{10-m} + \frac{2j+1}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right) + \sin\left({}_o\phi_{A,10-m} + \frac{2j+2}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right)\right] \quad (2.1.5)$$

$$y_{m,10-m} = y_{c,10-m} + \frac{R_{10-m}\cdot {}_R\phi_{A,10-m}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos\left({}_o\phi_{10-m} + \frac{2j}{64}\,{}_R\phi_{10-m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right) + 4\cos\left({}_o\phi_{10-m} + \frac{2j+1}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right) + \cos\left({}_o\phi_{A,10-m} + \frac{2j+2}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right)\cos\left(\frac{2j+2}{64}\,{}_R\phi_{A,10-m}\right)\right] \quad (2.1.6)$$

これら $x_{m,m-10}$, $y_{m,m-10}$ を $m = 10, 11 \cdots\cdots 17$ について，$x_{m,10-m}$, $y_{m,10-m}$ を $m = 9, 8 \cdots\cdots 3$ について計算する。

i) $10 \leqq m \leqq 17$ で $x_{m,m-10}\cdot\sin({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cdot\cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) \geqq 0$ のとき

$$K_{m,k} = \frac{R_7\cdot {}_L\phi_{A,7}}{192}\sum_{j=0}^{k-1}\left[\cos\left\{{}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\right) + 4\cos\left\{{}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\right\}\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\right) + \cos\left({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\,{}_L\phi_{A,7}\right)\right] - \left[x_{m,m-10}\sin({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10})\right] \quad (2.1.7)$$

(2.3.7) で $k = 1$ より計算し $K_{m,k} < 0$ のときは $K_{m,k+1}$ の計算を行い，初めて $K_{m,k} \geqq 0$ となったときの k の値を k_0 と寸る。

$$D_m = \sin\left[{}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\right]\cos^{\lambda}\left(\frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\right) - \lambda\cos\left[{}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\right]\sin\left(\frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\right)\cos^{\lambda-1}\left(\frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7}\right) \quad (2.1.8)$$

として

(a) $D_m \geqq 0$ のとき

$${}_o\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32}\,{}_L\phi_{A,7} \quad (2.1.9)$$

$${}_s\overline{K}_m = \frac{R_7\cdot {}_s\phi_{m,7}}{192}\sum_{j=0}^{31}\left[\cos\left({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\right) + 4\cos\left({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j+1}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\right) + \cos\left({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - \frac{2j+2}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\right)\cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64}\,{}_s\phi_{m,7}\right)\right] - \left[x_{m,m-10}\sin({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10})\right] \quad (2.1.10)$$

$${}_{s+1}\phi_{m,7} = {}_s\phi_{m,7} - \frac{{}_s\overline{K}_m}{R_7\cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A,m-10} - {}_s\phi_{m,7})\cos^{\lambda}{}_s\phi_{m,7}} \quad (2.1.11)$$

(2.1.10) (2.1.11) によって $S = 1, S = 2 \cdots\cdots$ と計算し，

$|{}_{s+1}\phi_{m,7} - {}_s\phi_{m,7}| < 0.0000001$

となったとき

$${}_s\phi_{m,7} = \phi_{m,7} \quad (2.1.12)$$

にする.

(b) $D_m < 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0-1}{32} {}_L\phi_{A,7} \qquad (2.1.13) $$

とし,(a)と同様に $\phi_{m,7}$ を求める.

(ii) $10 \leqq m \leqq 17$ で $x_{m,m-10}\cdot\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cdot\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}) < 0$ のとき

$$ K_{m,k} = \frac{R_7 \cdot {}_R\phi_{A,7}}{192} \sum_{j=0}^{k-1} \Big[\cos\Big({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big) + 4\cos\Big({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big) \times \cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big) + \cos\Big({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big)\Big] - \Big[x_{m,m-10}\cdot\sin({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}) + y_{m,m-10}\cdot\cos({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10})\Big] \qquad (2.1.14) $$

(2.1.14) で $k=1$ より計算,$K_{m,k} > 0$ のときは $K_{m,k+1}$ を計算し,初めて $K_{m,k} \leqq 0$ となったときの k の値を k_0 とする.

$$ D_m = \sin\Big({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big) - \lambda\cos\Big({}_0\phi_{m-10}+{}_L\phi_{A,m-10}-\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big) \times \sin\Big(\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda-1}\Big(\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big) \qquad (2.1.15) $$

として

(a) $D_m \leqq 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7} \qquad (2.1.16) $$

として以下(i)の(a)と同様に計算する.

(b) $D_m > 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0-1}{32}{}_R\phi_{A,7} \qquad (2.1.17) $$

とし,以下(i)の(b)と同様に計算する.

(iii) $10 > m \geqq 3$ で $x_{m,10-m}\cdot\sin({}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}) + y_{m,10-m}\cdot\cos({}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}) \leqq 0$ のとき

$$ K_{m,k} = \frac{R_7 \cdot {}_R\phi_{A,7}}{192} \sum_{j=0}^{k-1} \Big[\cos\Big\{{}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}-\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big\}\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big) + 4\cos\Big\{{}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}-\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big\} \times \cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big) + \cos\Big({}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}-\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big)\cos^{\lambda}\Big(\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A,7}\Big)\Big] - \Big[x_{m,10-m}\sin({}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}) + y_{m,10-m}\cdot\cos({}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m})\Big] \qquad (2.1.18) $$

(2.1.18) で $k=1$ より計算し $K_{m,k} > 0$ のときは $K_{m,k+1}$ の計算を行い,初めて $K_{m,k} \leqq 0$ となったときの k の値を k_0 とする.

$$ D_m = \sin\Big[{}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}-\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big]\cos^{\lambda}\Big(\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big) - \lambda\cos\Big\{{}_0\phi_{10-m}+{}_R\phi_{A,10-m}-\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big\}\sin\Big(\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big)\cdot\cos^{\lambda-1}\Big(\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7}\Big) \qquad (2.1.19) $$

として

(a) $D_m \leqq 0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m,7} = \frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A,7} \qquad (2.1.20) $$

$$ {}_sK_m = \frac{R_7 \cdot {}_s\phi_{m.7}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{2j}{64} {}_s\phi_{m.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} {}_s\phi_{m.7}\right) + 4\cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{2j+1}{64} {}_s\phi_{m.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} {}_s\phi_{m.7}\right) + \cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{2j+2}{64} {}_s\phi_{m.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} {}_s\phi_{m.7}\right) \right] - \left[\chi_{m.10-m} \sin\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}\right) + y_{m.10-m} \cdot \cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}\right) \right] \quad (2.1.21) $$

$$ {}_{s+1}\phi_{m.7} = {}_s\phi_m - \frac{{}_sK_m}{R_7 \cdot \cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - {}_s\phi_{m.7}\right) \cos^{\lambda}{}_s\phi_{m.7}} \quad (2.1.22) $$

(2.1.21), (2.1.22) によって $s=1, s=2 \cdots$ と計算し.

$|{}_{s-1}\phi_{m.7} - {}_s\phi_{m.7}| < 0.0000001$

となったとき

${}_s\phi_{m.7} = \phi_{m.7}$

とする。

(b) $Dm > 0$ のとき

${}_o\phi_{m.7} = \frac{k_0 - 1}{32} {}_R\phi_{A.7}$

として (a) の場合と同様に $\phi_{m.7}$ を求める。

IV) $10 > m \geq 3$ で $\chi_{m.10-m} \cdot \sin\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}\right) + y_{m.10-m} \cdot \cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}\right) > 0$ のとき

$$ K_{m.k} = \frac{R_7 \cdot {}_L\phi_{A.10-m}}{192} \sum_{j=0}^{k-1} \left[\cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{2j}{64} {}_L\phi_{A.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} {}_L\phi_{A.7}\right) + 4\cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{2j+1}{64} {}_L\phi_{A.7}\right) \times \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} {}_L\phi_{A.7}\right) + \cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{2j+2}{64} {}_L\phi_{A.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} {}_L\phi_{A.7}\right) \right] - \left[\chi_{m.10-m} \cdot \sin\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}\right) + y_{m.10-m} \cdot \cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}\right) \right] \quad (2.1.25) $$

(2.1.25) で $k=1$ より計算し $K_{m.k} < 0$ のときは $K_{m.k+1}$ を計算し. 初めて $K_{m.k} \geq 0$ となったときの k の値を k_0 とする。

$$ Dm = \sin\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{k_0}{32} {}_L\phi_{A.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{k_0}{32} {}_L\phi_{A.7}\right) - \lambda \cos\left({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \frac{k_0}{32} {}_L\phi_{A.7}\right) \times \sin\left(\frac{k_0}{32} {}_L\phi_{A.7}\right) \cos^{\lambda-1}\left(\frac{k_0}{32} {}_L\phi_{A.7}\right) \quad (2.1.26) $$

として

(a) $Dm \geq 0$ のとき

$$ {}_o\phi_{m.n} = \frac{k_0}{32} {}_L\phi_{A.7} \quad (2.1.27) $$

として以下 (iii) の (a) と同様に計算する.

(b) $Dm < 0$ のとき

$$ {}_o\phi_{m.n} = \frac{k_0 - 1}{32} {}_L\phi_{A.7} \quad (2.1.28) $$

として以下 (iii) の (b) と同様に計算する.

$$ \chi_{m.7} = \frac{R_7 \cdot \phi_{m.7}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left(\frac{2j}{64} \phi_{m.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j}{64} \phi_{m.7}\right) + 4\sin\left(\frac{2j+1}{64} \phi_{m.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+1}{64} \phi_{m.7}\right) + \sin\left(\frac{2j+2}{64} \phi_{m.7}\right) \cos^{\lambda}\left(\frac{2j+2}{64} \phi_{m.7}\right) \right] \quad (2.1.29) $$

$$ y_{m.7} = \frac{R_7 \cdot \phi_{m.7}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j}{64} \phi_{m.7}\right) + 4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+1}{64} \phi_{m.7}\right) + \cos^{\lambda+1}\left(\frac{2j+2}{64} \phi_{m.7}\right) \right] \quad (2.1.30) $$

これら $\phi_{m.7}$; $\chi_{m.7}$; $y_{m.7}$ を $m = 3, 4, \cdots 10 \cdots 17$ について計算する。

i) $(X_{m.7}-X_{c.n})\sin{}_0\phi_n+(Y_{m.7}-Y_{c.n})\cos{}_0\phi_n \geq 0$ のとき

$$G_{m.n.k}=\frac{R_n\cdot{}_L\phi_{A.n}}{192}\sum_{j=0}^{\frac{k}{2}-1}\Big[\cos\Big\{\frac{2(k-j)}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big\}\cos^3\Big(\frac{2j}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big)+4\cos\Big\{\frac{2k-2j-1}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big\}\cos^3\Big(\frac{2j+1}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big)+\cos\Big\{\frac{2(k-j-1)}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big\}\cos^3\Big(\frac{2j+2}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big)\Big]-\Big[(X_{m.7}-X_{cn})\sin\Big({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big)+(Y_{m.7}-Y_{c.n})\cos\Big({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_L\phi_{A.n}\Big)\Big] \qquad (2.1.31)$$

(2.1.31)式で $k=1$ から計算を行い $G_{m.n.k}<0$ のときは $\phi_{m.n.k+1}$ を計算して はじめて $G_{m.n.k}>0$ となったときの k の値を k_0 とする.

(a) $G_{m.n.k_0-1}+G_{m.n.k_0+1}-2G_{m.n.k_0}\geq 0$ のとき $(G_{m.n.0}=(X_{m.7}-X_{c.n})\sin{}_0\phi_n+(Y_{m.7}-Y_{c.n})\cos{}_0\phi_n$ とする.)

$$ {}_0\phi_{m.n}=\frac{k_0}{32}{}_L\phi_{A.n} \qquad (2.1.32)$$

とし

$$ {}_sG_{m.n}=\frac{R_n\cdot{}_s\phi_{m.n}}{192}\sum_{j=0}^{\frac{31}{2}}\Big[\cos\Big(\frac{64-2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\cos^3\Big(\frac{2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)+4\cos\Big(\frac{63-2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\cos^3\Big(\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)+\cos\Big(\frac{62-2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\cos^3\Big(\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\Big]-\Big[(X_{m.7}-X_{c.n})\sin\Big({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m.n}\Big)+(Y_{m.7}-Y_{c.n})\cos\Big({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m.n}\Big)\Big] \qquad (2.1.33)$$

$$ {}_sL_{m.n}=R_n\cos^3{}_s\phi_{m.n}-\frac{R_n\cdot{}_s\phi_{m.n}}{192}\sum_{j=0}^{\frac{31}{2}}\Big[\sin\Big(\frac{64-2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\cos^3\Big(\frac{2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)+4\sin\Big(\frac{63-2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\times\cos^3\Big(\frac{2j+1}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)+\sin\Big(\frac{62-2j}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\cos^3\Big(\frac{2j+2}{64}{}_s\phi_{m.n}\Big)\Big]-\Big[(X_{m.7}-X_{c.n})\cos\Big({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m.n}\Big)-(Y_{m.7}-Y_{c.n})\sin\Big({}_0\phi_n+{}_s\phi_{m.n}\Big)\Big] \qquad (2.1.34)$$

$$ {}_{s+1}\phi_{m.n}={}_s\phi_{m.n}-\frac{{}_sG_{m.n}}{{}_sL_{m.n}} \qquad (2.1.35)$$

(2.1.33)~(2.1.35)を $S=0$ より $S=1,2$ ---- と計算し

$$|{}_{s-1}\phi_{m.n}-{}_s\phi_{m.n}|<0.0000001$$

となったとき

$$ {}_s\phi_{m.n}=\phi_{m.n} \qquad (2.1.36)$$

とする.

(b) $G_{m.n.k_0-1}+G_{m.n.k_0+1}-2G_{m.n.k_0}<0$ のとき

$$ {}_0\phi_{m.n}=\frac{k_0-1}{32}{}_L\phi_{A.n} \qquad (2.1.37)$$

とし. 以下(a)の場合と同様に $\phi_{m.n}$ を求める.

ii) $(X_{m.7}-X_{c.n})\sin{}_0\phi_n+(Y_{m.7}-Y_{c.n})\cos{}_0\phi_n<0$ のとき

$$G_{m.n.k}=\frac{R_n\cdot{}_R\phi_{A.n}}{192}\sum_{j=0}^{\frac{k}{2}-1}\Big[\cos\Big\{\frac{2(k-j)}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big\}\cos^3\Big(\frac{2j}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big)+4\cos\Big\{\frac{2k-2j-1}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big\}\cos^3\Big(\frac{2j+1}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big)+\cos\Big\{\frac{2(k-j-1)}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big\}\cos^3\Big(\frac{2j+2}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big)\Big]-\Big[(X_{m.7}-X_{c.n})\sin\Big({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big)+(Y_{m.7}-Y_{c.n})\cos\Big({}_0\phi_n+\frac{2k}{64}{}_R\phi_{A.n}\Big)\Big] \qquad (2.1.38)$$

(2.1.38)で $k=1$ から計算を行い. $G_{m.n.k}>0$ のときは $G_{m.n.k+1}$ を計算して. 初めて $G_{m.n.k}<0$ となったときの k の値を k_0 とする.

(a) $G_{m.n.k_0-1}+G_{m.n.k_0+1}-2G_{m.n.k_0}\leq 0$ $(G_{m.n.0}=(X_{m.7}-Y_{c.n})\sin{}_0\phi_n+(Y_{m.7}-Y_{c.n})\cos{}_0\phi_n$ とする)の時

$$ {}_0\phi_{m.n}=\frac{k_0}{32}{}_R\phi_{A.n} \qquad (2.1.39)$$

$$sG_{m,n} = \frac{R_n \cdot s\phi_{m,n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos\left(\frac{(4-2i)}{64} s\phi_{m,n}\right) \cos^4\left(\frac{2j}{64} s\phi_{m,n}\right) + 4\cos\left(\frac{(3-2i)}{64} s\phi_{m,n}\right) \cos^4\left(\frac{2j+1}{64} s\phi_{m,n}\right) + \cos\left(\frac{(2-2i)}{64} s\phi_{m,n}\right) \cos^4\left(\frac{2j+2}{64} s\phi_{m,n}\right) \right] - \left[(x_{m,7} - x_{c,n}) \sin({}_o\phi_n + s\phi_{m,n}) + (y_{m,7} - y_{c,n}) \cos({}_o\phi_n + s\phi_{m,n}) \right] \quad (2.1.40)$$

$$sL_{m,n} = R_n \cos^2 s\phi_{m,n} \frac{R_n \cdot s\phi_{m,n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin\left(\frac{(4-2i)}{64} s\phi_{m,n}\right) \cos^4\left(\frac{2j}{64} s\phi_{m,n}\right) + 4\sin\left(\frac{(3-2i)}{64} s\phi_{m,n}\right) \times \cos^4\left(\frac{2j+1}{64} s\phi_{m,n}\right) + \sin\left(\frac{(2-2i)}{64} s\phi_{m,n}\right) \cos^4\left(\frac{2j+2}{64} s\phi_{m,n}\right) \right] - \left[(x_{m,7} - x_{c,n}) \cos({}_o\phi_n + s\phi_{m,n}) - (y_{m,7} - y_{c,n}) \sin({}_o\phi_n + s\phi_{m,n}) \right] \quad (2.1.41)$$

$$s+1\phi_{m,n} = s\phi_{m,n} - \frac{sG_{m,n}}{sL_{m,n}} \quad (2.1.42)$$

(2.1.40)～(2.1.42) を $s=0$ から $s=1$, $s=2$ …… と計算し

$|s+1\phi_{m,n} - s\phi_{m,n}| < 0.0000001$

となったとき

$$s\phi_{m,n} = \phi_{m,n} \quad (2.1.43)$$

とする

(b) $G_{m,n,k_0-1} + G_{m,n,k_0+1} - 2G_{m,n,k_0} > 0$ のとき

$$o\phi_{m,n} = \frac{k_0 - 1}{32} R\phi_{m,n} \quad (2.1.44)$$

として以下 (a) と同様に $\phi_{m,n}$ を求める。なお $\phi_{10,0} = 0$ とする。

$$x_{m,n} = x_{c,n} + \frac{R_n \cdot \phi_{m,n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\sin({}_o\phi_n + \frac{2j}{64}\phi_{m,n}) \cos^4\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,n}\right) + 4\sin({}_o\phi_n + \frac{2j+1}{64}) \cos^4\left(\frac{2j+1}{64} \times \phi_{m,n}\right) + \sin({}_o\phi_n + \frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}) \cos^4\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}\right) \right] \quad (2.1.45)$$

$$y_{m,n} = y_{c,n} + \frac{R_n \cdot \phi_{m,n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos({}_o\phi_n + \frac{2j}{64}\phi_{m,n}) \cos^4\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,n}\right) + 4\cos({}_o\phi_n + \frac{2j+1}{64}\phi_{m,n}) \cos^4\left(\frac{2j+1}{64} \times \phi_{m,n}\right) + \cos({}_o\phi_n + \frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}) \cos^4\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}\right) \right] \quad (2.1.46)$$

$$S'_{m,n} = \frac{R_n \cdot \phi_{m,n}}{192} \sum_{j=0}^{31} \left[\cos^4\left(\frac{2j}{64}\phi_{m,n}\right) + 4\cos^4\left(\frac{2j+1}{64}\phi_{m,n}\right) + \cos^4\left(\frac{2j+2}{64}\phi_{m,n}\right) \right] \quad (2.1.47)$$

$$S_{m,n} = S'_{m,n} - S'_{10,n} \quad (2.1.48)$$

$$r_{m,n} = R_n \cos^2 \phi_{m,n} \quad (2.1.49)$$

$$al_{m,n} = r_{m,n} + (x_{m,n} - x_{m,7}) \sec(\phi_{m,n} + {}_o\phi_n) \quad (2.1.50)$$

$x_{m,n}$, $y_{m,n}$, $r_{m,n}$, $al_{m,n}$ を $m = 10, 11 \cdots 17$; $n = m-10, m-9.5 \cdots 7.0$ と $m = 9, 8 \cdots 3$ $n = 10-m, 10.5-m \cdots 7.0$ について計算する。

また $S_{m,n}$ を $m = 10, 11, \cdots 17$; $n = m-10, m-9 \cdots 7.0$ と $m = 9, 8 \cdots 3$, $n = 10-m$; $11-m \cdots 7.0$ について計算する。

2-2 荷重計算

i) $H_0 \leq Z_n$ のとき

$$oP_n = 0 \quad (2.2.1)$$

ii) $H_0 > Z_n$ のとき

$$oP_n = H_0 - Z_n \quad (2.2.2)$$

i) $Hd \leqq Z_n$ のとき

$$dP_{m,n} = 0 \tag{2.2.3}$$

ii) $Hd > Z_n$ で $16 \geqq m \geqq 10$ のとき

$$dP_{m,n} = \tfrac{7}{8} k \sqrt{(Hd - Z_{m-10})(Hd - Z_n)} \tag{2.2.4}$$

iii) $Hd > Z_n$ で $10 > m \geqq 4$ のとき

$$dP_{m,n} = \tfrac{7}{8} k \sqrt{(Hd - Z_{10-m})(Hd - Z_n)} \tag{2.2.5}$$

i) $Hs \leqq Z_n$ のとき

$${}_sP_n = 0 \tag{2.2.6}$$

ii) $Hs > Z_n$ のとき

$${}_sP_n = Ce \cdot \rho_s (Hs - Z_n) \tag{2.2.7}$$

$$P_{m,n} = {}_oP_n + dP_{m,n} + {}_sP_n \tag{2.2.8}$$

$P_{m,n}$ を $m = 10, 11, \cdots\cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots\cdots 6$ と $m = 9, 8, 7 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m, \cdots\cdots 6$ について計算する。

第3節 基礎岩盤の変形常数

3.1 基礎の面積係数と傾角

${}_LT_{A,n}$ の最大値を a_L, ${}_RT_{A,n}$ の最大値を a_R とする。

$$b_L = \sum_{n=0}^{6} \sqrt{(Z_{n+1} - Z_n)^2 + (X_{n+11,n+1} - X_{n+10,n})^2 + (y_{n+11,n+1} - y_{n+10,n})^2} \tag{3.1.1}$$

$$b_R = \sum_{n=0}^{6} \sqrt{(Z_{n+1} - Z_n)^2 + (X_{9-n,n+1} - X_{10-n,n})^2 + (y_{9-n,n+1} - y_{10-n,n})^2} \tag{3.1.2}$$

面積係数は

$$\zeta_L = b_L / a_L \tag{3.1.3}$$

$$\zeta_R = b_R / a_R \tag{3.1.4}$$

$$\zeta = \frac{2(b_L + b_R)}{a_R + a_L} \tag{3.1.5}$$

傾角は

(i) $b \leqq n < 1$ のとき

$${}_L\chi_n = \tan^{-1}\left\{ \frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{n+11,n+1} - S_{n+10,n}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{n+10,n} - S_{n+9,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}} \right\} \tag{3.1.6}$$

$${}_R\chi_n = -\tan^{-1}\left\{ \frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{9-n,n+1} - S_{10-n,n}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{10-n,n} - S_{11-n,n-1}}{Z_n - Z_{n-1}} \right\} \tag{3.1.7}$$

(ii) $n = 1$ のとき

$${}_L\chi_1 = \tan^{-1}\left\{ \frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{12,2} - S_{11,1}}{Z_2 - Z_1} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{13,3} - S_{11,1}}{Z_3 - Z_1} \right\} \tag{3.1.8}$$

$${}_R\chi_1 = -\tan^{-1}\left\{ \frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{8,2} - S_{9,1}}{Z_2 - Z_1} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{7,3} - S_{9,1}}{Z_3 - Z_1} \right\} \tag{3.1.9}$$

$_L\chi_n$, $_R\chi_n$ は $n = 1, 2 \cdots\cdots 6$ につき計算する.

3.2 基礎岩盤の変形常数

$$K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left[\frac{\sqrt{1+\zeta^2}\,(3-14\zeta^2-2\zeta^4)+15\zeta^3+2\zeta^5-3}{15\zeta} + \zeta \log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right] \quad (3.2.1)$$

$$_LK_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left[\log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}) + \zeta_L \log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L} - \frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3-1-\zeta_L^3}{3\zeta_L}\right] \quad (3.2.2)$$

$$_RK_2 = \frac{2}{\pi}(1-\nu_R^2)\left[\log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}) + \zeta_R \log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R} - \frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3-1-\zeta_R^3}{3\zeta_R}\right] \quad (3.2.3)$$

$$K_3 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2}) + \zeta \log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta} - \frac{(\sqrt{1+\zeta^2})^3-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\zeta \log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right) - \frac{\sqrt{1+\zeta^2}\,(2\zeta^2-1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right] \quad (3.2.4)$$

$$_LK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[\left(90 - \frac{24}{\zeta_L} + \frac{5}{\zeta_L^2} - \frac{3}{8\zeta_L^4} + \frac{9}{112\zeta_L^6}\right) + \nu_R\left(90 - \frac{48}{\zeta_L} + \frac{15}{\zeta_L^2} - \frac{15}{8\zeta_L^4} + \frac{63}{112\zeta_L^6}\right) - \nu_R^2\left(\frac{24}{\zeta_L} - \frac{10}{\zeta_L^3} + \frac{3}{2\zeta_L^5} - \frac{27}{56\zeta_L^7}\right)\right] \quad (3.2.5)$$

$$_RK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[\left(90 - \frac{24}{\zeta_R} + \frac{5}{\zeta_R^2} - \frac{3}{8\zeta_R^4} + \frac{9}{112\zeta_R^6}\right) + \nu_R\left(90 - \frac{48}{\zeta_R} + \frac{16}{\zeta_R^2} - \frac{15}{8\zeta_R^4} + \frac{63}{112\zeta_R^6}\right) - \nu_R^2\left(\frac{24}{\zeta_R} - \frac{10}{\zeta_R^3} + \frac{3}{2\zeta_R^5} - \frac{27}{56\zeta_R^7}\right)\right] \quad (3.2.6)$$

$$K_5 = (1-\nu_R-2\nu_R^2)\left[1 - \frac{1}{2\pi}\left\{4(1+\zeta^2)\tan^{-1}(1/\zeta) - 3\zeta - \zeta^3 \log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2} + 1/\zeta \log(1+\zeta^2)\right\}\right] \quad (3.2.7)$$

$$_LK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L}\right) + 1/\zeta_L \log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}) - \frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3-1-\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_L}\log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}) - \frac{\sqrt{1+\zeta_L^2}\,(2-\zeta_L^2)-2-\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\}\right] \quad (3.2.8)$$

$$_RK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-\nu_R^2)\left\{\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R} + 1/\zeta_R \log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}) - \frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3-1-\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\} + (\nu_R+\nu_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_R}\log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}) - \frac{\sqrt{1+\zeta_R^2}\,(2-\zeta_R^2)-2+\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\}\right] \quad (3.2.9)$$

$$_L\alpha'_n = K_1/(_LE_{R,n} \cdot {}_LT_{A,n}^2) \quad (3.2.10)$$

$$_R\alpha'_n = K_1/(_RE_{R,n} \cdot {}_RT_{A,n}^2) \quad (3.2.11)$$

$$_L\beta'_n = {}_LK_2/{}_LE_{R,n} \quad (3.2.12)$$

$$_R\beta'_n = {}_RK_2/{}_RE_{R,n} \quad (3.2.13)$$

$$_L\delta'_n = K_3/{}_LE_{R,n} \quad (3.2.14)$$

$$_R\delta'_n = K_3/{}_RE_{R,n} \quad (3.2.15)$$

$$_L\delta'_n = {}_LK_4/(_LE_{R,n} \cdot {}_LT_{A,n}^2) \quad (3.2.16)$$

$$_R\delta'_n = {}_RK_4/(_RE_{R,n} \cdot {}_RT_{A,n}^2) \quad (3.2.17)$$

$$_L\alpha''_n = K_5/(_LE_{R,n} \cdot {}_LT_{A,n}) \quad (3.2.18)$$

$$ {}_L\textcircled{1}_n = {}^{L}K_6 / {}_{L}E_{R,n} \qquad (3.2.19) $$

$$ {}_R\textcircled{1}_n = {}^{R}K_6 / {}_{R}E_{R,n} \qquad (3.2.20) $$

(3.2.10)～(3.2.21)を $n = 1, 2 \cdots\cdots 6$ について計算する。

3.3 アーチの基礎常数

$$ {}_L\alpha_n = {}_L\alpha'_n \cdot \cos^3{}_L\chi_n + {}_L\delta'_n \cdot \sin^2{}_L\chi_n \cdot \cos{}_L\chi_n \qquad (3.3.1) $$

$$ {}_R\alpha_n = {}_R\alpha'_n \cdot \cos^3{}_R\chi_n + {}_R\delta'_n \cdot \sin^2{}_R\chi_n \cdot \cos{}_R\chi_n \qquad (3.3.2) $$

$$ {}_L\alpha_{2,n} = {}_L\alpha''_n \cdot \cos^2{}_L\chi_n \qquad (3.3.3) $$

$$ {}_R\alpha_{2,n} = {}_R\alpha''_n \cdot \cos^2{}_R\chi_n \qquad (3.3.4) $$

$$ {}_L\beta_n = {}_L\beta'_n \cdot \cos^3{}_L\chi_n + {}_L\textcircled{4}_n \cdot \sin^2{}_L\chi_n \cdot \cos{}_L\chi_n \qquad (3.3.5) $$

$$ {}_R\beta_n = {}_R\beta'_n \cdot \cos^3{}_R\chi_n + {}_R\textcircled{4}_n \cdot \sin^2{}_R\chi_n \cdot \cos{}_R\chi_n \qquad (3.3.6) $$

$$ {}_L\gamma_n = {}_L\gamma'_n \cdot \cos{}_L\chi_n \qquad (3.3.7) $$

$$ {}_R\gamma_n = {}_R\gamma'_n \cdot \cos{}_R\chi_n \qquad (3.3.8) $$

(3.3.1)～(3.3.8)を $n = 1, 2 \cdots 6$ について計算する。

3.4 片持梁の基礎常数

(i) $10 < m \leq 16$ のとき

$$ c\alpha_m = ({}_L\alpha'_{m-10} \cdot \sin^3{}_L\chi_{m-10} + {}_L\delta'_{m-10} \cdot \cos^2{}_L\chi_{m-10} \cdot \sin{}_L\chi_{m-10}) \frac{a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \qquad (3.4.1) $$

$$ c\alpha_{2,m} = ({}_L\alpha''_{m-10} \cdot \sin^2{}_L\chi_{m-10}) \frac{a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \qquad (3.4.2) $$

(ii) $10 > m \geq 4$ のとき

$$ c\alpha_m = ({}_R\alpha'_{10-m} \cdot \sin^3{}_R\chi_{10-m} + {}_R\delta'_{10-m} \cdot \cos^2{}_R\chi_{10-m} \cdot \sin{}_R\chi_{10-m}) \frac{a\gamma_{m,10-m}}{\gamma_{m,10-m}} \qquad (3.4.3) $$

$$ c\alpha_{2,m} = ({}_R\alpha''_{10-m} \cdot \sin^2{}_R\chi_{10-m}) \frac{a\gamma_{m,10-m}}{\gamma_{m,10-m}} \qquad (3.4.4) $$

(iii) $m = 10$ のとき

$$ c\alpha_{10} = \frac{K_1}{{}_LE_{R,0} \cdot T_{c,0}^2} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \qquad (3.4.5) $$

$$ c\alpha_{2,10} = \frac{K_5}{{}_LE_{R,0} \cdot T_{c,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \qquad (3.4.6) $$

$$ c\gamma_{10} = \frac{K_3}{{}_LE_{R,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \qquad (3.4.7) $$

$$ c\gamma_{10} = \frac{{}_LK_6 + {}_RK_6}{2{}_LE_{R,0}} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \qquad (3.4.8) $$

$$ c\delta_{10} = \frac{{}_LK_4 + {}_RK_4}{2{}_LE_{R,0} \cdot T_{c,0}^2} \cdot \frac{a\gamma_{10,0}}{\gamma_{10,0}} \qquad (3.4.9) $$

これら $c\alpha_m, c\alpha_{2,m}$ を $m = 4, 5, 6 \cdots 10 \cdots 16$ について計算し、$c\gamma_{10}, c\gamma_{10}, c\delta_{10}$ を計算する。

3.5 集中荷重の係数

(i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき.

$$K_m^c = \frac{a\gamma_{m,m-10}}{\gamma_{m,m-10}} \tan_L \chi_{m-10} \qquad (3.5.1)$$

(ii) $4 \leqq m < 10$ のとき

$$K_m^c = \frac{a\gamma_{m,10-m}}{\gamma_{m,10-m}} \tan_R \chi_{10-m} \qquad (3.5.2)$$

K_m^c を $m = 4, 5, \cdots 9, 11, 12 \cdots 16$ について計算する.

第4節 アーチの単位捩み

4.1 アーチの形状計算

$$\phi_{m+\frac{1}{8},n} = \phi_{m,n} + \frac{1}{8}(\phi_{m+1,n} - \phi_{m,n})$$

$$\gamma_{m+\frac{1}{8},n} = R_n \cdot \cos^\lambda \phi_{m+\frac{1}{8},n} \qquad (4.1.1)$$

$$\chi'_{m+\frac{1}{8},n} = \frac{R_n}{192}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\sum_{s=0}^{31}\left[\sin\left(\frac{2s}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\cos^\lambda\left(\frac{2s}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + 4\sin\left(\frac{2s+1}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\cos^\lambda\left(\frac{2s+1}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + \sin\left(\frac{2s+2}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\cos^\lambda\left(\frac{2s+2}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\right] \qquad (4.1.2)$$

$$y'_{m+\frac{1}{8},n} = \frac{R_n}{192}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\sum_{s=0}^{31}\left[\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2s}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + 4\cos^{\lambda+1}\left(\frac{2s+1}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right) + \cos^{\lambda+1}\left(\frac{2s+2}{64}\phi_{m+\frac{1}{8},n}\right)\right] \qquad (4.1.3)$$

(i) ${}_R\phi_{A,n} \leqq \phi_{m+\frac{1}{8},n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m+\frac{1}{8},n} = T_{C,n} \qquad (4.1.4)$$

$$\frac{\alpha}{d\phi}(u\chi_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} \qquad (4.1.5)$$

$$\frac{\alpha}{d\phi}(uy_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} \qquad (4.1.6)$$

(ii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m+\frac{1}{8},n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ で $T = +1$ のとき

$$T_{m+\frac{1}{8},n} = T_{C,n} + ({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\frac{\mathrm{vers}(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{\mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})} \qquad (4.1.7)$$

$$\frac{\alpha}{d\phi}(u\chi_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} - \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{2\,\mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} \qquad (4.1.8)$$

$$\frac{\alpha}{d\phi}(uy_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{2\,\mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} \qquad (4.1.9)$$

(iii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m+\frac{1}{8},n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ で $T = -1$ のとき

$$T_{m+\frac{1}{8},n} = \frac{1}{\mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}\left[T_{C,n} - {}_LT_{A,n}\cdot\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n}) + ({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\frac{\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})}{\cos(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}\right] \qquad (4.1.10)$$

$$\frac{\alpha}{d\phi}(u\chi_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} - \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{2\,\mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} \qquad (4.1.11)$$

$$\frac{\alpha}{d\phi}(uy_{m+\frac{1}{8},n}) = (\gamma_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{1}{2}T_{m+\frac{1}{8},n})\cos\phi_{m+\frac{1}{8},n} + \frac{({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\cos({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\sin(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}{2\,\mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n} - {}_L\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m+\frac{1}{8},n} - {}_L\phi_{A,n})}\sin\phi_{m+\frac{1}{8},n} \qquad (4.1.12)$$

$$\frac{d}{d\phi}(u_{y_{m+j/8.n}}) = (r_{m+j/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+j/8.n})\cos\phi_{m+j/8.n} + \frac{(_LT_{A.n} - T_{c.n})\cos(_L\phi_{A.n} - _Li\phi_{A.n})\sin(\phi_{m+j/8.n} - _Li\phi_{A.n})\sin\phi_{m+j/8.n}}{2\,\mathrm{vers}(_L\phi_{A.n} - _Li\phi_{A.n})\cos^2(\phi_{m+j/8.n} - _Li\phi_{A.n})}$$

IV) $_Ri\phi_{A.n} > \phi_{m+j/8.n} \geqq {}_R\phi_{A.n}$ で $T=+1$ のとき (4.1.13)

$$T_{m+j/8.n} = T_{c.n} + (_RT_{A.n} - T_{c.n})\frac{\mathrm{vers}(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}{\mathrm{vers}(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})} \quad (4.1.14)$$

$$\frac{d}{d\phi}(u_{x_{m+j/8.n}}) = (r_{m+j/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+j/8.n})\sin\phi_{m+j/8.n} - \frac{(_RT_{A.n} - T_{c.n})\sin(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}{2\,\mathrm{vers}(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}\cos\phi_{m+j/8.n} \quad (4.1.15)$$

$$\frac{d}{d\phi}(u_{y_{m+j/8.n}}) = (r_{m+j/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+j/8.n})\cos\phi_{m+j/8.n} + \frac{(_RT_{A.n} - T_{c.n})\sin(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}{2\,\mathrm{vers}(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}\sin\phi_{m+j/8.n} \quad (4.1.16)$$

V) $_Ri\phi_{A.n} > \phi_{m+j/8.n} \geqq {}_R\phi_{A.n}$ で $T=-1$ のとき (4.1.16)

$$T_{m+j/8.n} = \frac{1}{\mathrm{vers}(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}\left[T_{c.n} - {}_RT_{A.n}\cos(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n}) + (_RT_{A.n} - T_{c.n})\frac{\cos(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}{\cos(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})}\right] \quad (4.1.17)$$

$$\frac{d}{d\phi}(u_{x_{m+j/8.n}}) = (r_{m+j/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+j/8.n})\sin\phi_{m+j/8.n} - \frac{(_RT_{A.n} - T_{c.n})\cos(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})\sin(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})\cos\phi_{m+j/8.n}}{2\,\mathrm{vers}(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})\cos^2(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})} \quad (4.1.18)$$

$$\frac{d}{d\phi}(u_{y_{m+j/8.n}}) = (r_{m+j/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+j/8.n})\cos\phi_{m+j/8.n} + \frac{(_RT_{A.n} - T_{c.n})\cos(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})\sin(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})\sin\phi_{m+j/8.n}}{2\,\mathrm{vers}(_R\phi_{A.n} - {}_Ri\phi_{A.n})\cos^2(\phi_{m+j/8.n} - {}_Ri\phi_{A.n})} \quad (4.1.19)$$

$$u_{x_{m+j/8.n}} = x'_{m+j/8.n} - \frac{1}{2}T_{m+j/8.n}\cos\phi_{m+j/8.n} \quad (4.1.20)$$

$$u_{y_{m+j/8.n}} = y'_{m+j/8.n} + \frac{1}{2}T_{m+j/8.n}\sin\phi_{m+j/8.n} \quad (4.1.21)$$

(4.1.1)～(4.1.21)を $n=1.2$ ----6; $m=10-n.\ 11-n$ -----10 ----$10+n$, $j=0.1.2$ -----7 について計算する. ただし $m=10+n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない.

$10 \leqq m \leqq i$ または $10 \geqq m \geqq i$ としたとき $(m.n)$ に原点をおき $(m.n)$ における アーチ中心線の法線を x 軸, 接線を y 軸としたときの $(i+\frac{2j}{8}.n)$ の座標を $(x^{m.n}_{i+2j/8.n})$, $(y^{m.n}_{i+2j/8.n})$ とする。

$$(x^{m.n}_{i+2j/8.n}) = (x'_{i+2j/8.n} - x'_{m.n})\cos\phi_{m.n} - (y'_{i+2j/8.n} - y'_{m.n})\sin\phi_{m.n} \quad (4.1.22)$$

$$(y^{m.n}_{i+2j/8.n}) = (x'_{i+2j/8.n} - x'_{m.n})\sin\phi_{m.n} + (y'_{i+2j/8.n} - y'_{m.n})\cos\phi_{m.n} \quad (4.1.23)$$

(4.1.22), (4.1.23) を $n=1.2$ ----6; $m=10.11.$----$10+n$; $i=m, m+1$ -----$10+n$; $j=0.1.2.3$ と $n=1.2$ ----- 6 ; $m=10.9.8$ -----$10-n$; $i=m, m-1.$ ----$10-n$; $j=0.1.2.3$ について計算する. ただし前者の場合, $i=10+n$ のとき, および後者の場合, $m=i=10$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない.

4-2 アーチ常数の計算

$$_LiA_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{r_{i.n}}{T^2_{i.n}} + \frac{4r_{i+\frac{2}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{2}{8}.n}} + \frac{2r_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{4r_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{6}{8}.n}} + \frac{r_{i+1.n}}{T^2_{i+1.n}}\right] + _La_{d\,n} \quad (4.2.1)$$

$$_RiA_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{r_{i.n}}{T^2_{i.n}} + \frac{4r_{i+\frac{2}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{2}{8}.n}} + \frac{2r_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{4}{8}.n}} + \frac{4r_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{6}{8}.n}} + \frac{r_{i+1.n}}{T^2_{i+1.n}}\right] + {}_Ra_{d\,n} \quad (4.2.2)$$

$$_LiB_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{(\chi^{m.n}_{i.n})r_{i.n}}{T^2_{i.n}} + 4\frac{(\chi^{m.n}_{i+\frac{2}{8}.n})r_{i+\frac{2}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{2}{8}.n}} + 2\frac{(\chi^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})r_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{4}{8}.n}} + 4\frac{(\chi^{m.n}_{i+\frac{6}{8}.n})r_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^2_{i+\frac{6}{8}.n}} +\right.$$

$$\frac{(X^{m,n}_{(i+1,n)})\Gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big] + La\alpha_n\,(X^{m,n}_{10+m,n}) + La\alpha_{2,n}\,\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.3)$$

$$R1B_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(X^{m,n}_{(i,n)})\Gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\Gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\Gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\Gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}$$

$$\frac{(X^{m,n}_{(i+1,n)})\Gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big] + La\alpha_n\,(X^{m,n}_{10+m,n}) - Ra\alpha_{2,n}\,\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.4)$$

$$L1C_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(Y^{m,n}_{i,n})\Gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\Gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\Gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\Gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}} +$$

$$\frac{(X^{m,n}_{(i+1,n)})\Gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big] + La\alpha_n\,(Y^{m,n}_{10+m,n}) + La\alpha_{2,n}\,\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.5)$$

$$R1C_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(Y^{m,n}_{i,n})\Gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\Gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\Gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\Gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}$$

$$\frac{(Y^{m,n}_{(i+1,n)})\Gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big] + Ra\alpha_n\,(Y^{m,n}_{10-n,n}) - Ra\alpha_{2,n}\,\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.6)$$

$$L2B_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(X^{m,n}_{i,n})(Y^{m,n}_{i,n})\Gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\Gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\Gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\Gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}$$

$$+ 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\Gamma_{i+\frac{3}{8},n} + (X^{m,n}_{i+1,n})(Y^{m,n}_{i+1,n})\Gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big] + \frac{(3+5Vc)}{24\,Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[$$

$$\frac{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\Gamma_{i,n}}{T_{i,n}} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{1}{8},n} +$$

$$2\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{3}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{3}{8},n} +$$

$$+\,\frac{\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Gamma_{i+1,n}\Big] + La\alpha_n\,(X^{m,n}_{10+n,n})\,(Y^{m,n}_{10+n,n}) + La\alpha_{2,n}\Big[$$

$$(X^{m,n}_{10+n,n})\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) + (Y^{m,n}_{10+n,n})\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\Big] + (La\Gamma_n - La\beta_n)\times$$

$$\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n}) \qquad (4.2.7)$$

$$R2B_{mn} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(X^{m,n}_{i,n})(Y^{m,n}_{i,n})\Gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\Gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\Gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\Gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}$$

$$+ 4\,\frac{(X^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})(Y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\Gamma_{i+\frac{3}{8},n} + (X^{m,n}_{i+1,n})(Y^{m,n}_{i+1,n})\Gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big] + \frac{(3+5Vc)}{24\,Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[$$

$$\frac{\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})\Gamma_{i,n}}{T_{i,n}} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{1}{8},n} +$$

$$2\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 4\,\frac{\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{3}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{3}{8},n} +$$

$$\frac{\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Gamma_{i+1,n}\Big] + Ra\alpha_n\,(X^{m,n}_{10-n,n})\,(Y^{m,n}_{10-n,n}) - Ra\alpha_{2,n}\Big[(X^{m,n}_{10-n,n})\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})$$

$$+\,(Y^{m,n}_{10-n,n})\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\Big] + (Ra\Gamma_n - Ra\beta_n)\sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})$$

$$(4.2.8)$$

$$L2C_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{(Y^{m,n}_{i,n})^2\Gamma_{i,n}}{T^3_{i,n}} + 4\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})^2\Gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{T^3_{i+\frac{1}{8},n}} + 2\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})^2\Gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{T^3_{i+\frac{2}{8},n}} + 4\,\frac{(Y^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})^2\Gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{T^3_{i+\frac{3}{8},n}}$$

$$+\,\frac{(Y^{m,n}_{i+1,n})^2\Gamma_{i+1,n}}{T^3_{i+1,n}}\Big] + \frac{1}{12\,Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\Gamma_{i,n} +$$

$$4\,\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{2}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{2}{8},n} + 2\,\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{4}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{4}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{4}{8},n} +$$

$$4\,\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{6}{8},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{6}{8},n}}\Gamma_{i+\frac{6}{8},n} + \frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\Gamma_{i+1,n}\Big]$$

$$+ La\alpha_n \left(y_{10\text{-}m.n}^{m.n}\right)^2 + La\beta_n \sin^2(\phi_{10+n.n} - \phi_{mn}) + La\gamma_n \cos^2(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) +$$
$$2La\alpha_{2.n}\left(y_{10\text{-}m.n}^{m.n}\right)\cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{mn}) \qquad (4.2.9)$$

$$R2C_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{(y_{i.n}^{m.n})\gamma_{i.n}}{T_{i.n}^3} + 4\frac{(y_{i+\frac{2}{8}.n}^{m.n})^2\gamma_{i+\frac{2}{8}n}}{T_{i+\frac{2}{8}.n}^3} + 2\frac{(y_{i+\frac{4}{8}.n}^{m.n})^2\gamma_{i+\frac{4}{8}n}}{T_{i+\frac{4}{8}.n}^3} + 4\frac{(y_{i+\frac{6}{8}.n}^{m.n})^2\gamma_{i+\frac{6}{8}n}}{T_{i+\frac{6}{8}.n}^3} + \frac{(y_{i+1.n}^{m.n})^2\gamma_{i+1.n}}{T_{i+1.n}^3}\right]$$
$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i.n} - \phi_{m.n})\gamma_{i.n}}{T_{i.n}} + 4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{2}{8}n}\right.$$
$$+2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{4}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{4}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{4}{8}n} + 4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+\frac{6}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{6}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{6}{8}.n} +$$
$$\left.+\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\cos^2(\phi_{i+1.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+1.n}}\gamma_{i+1.n}\right] + Ra\alpha_n\left(y_{10\text{-}n.n}^{m.n}\right)^2 + Ra\beta_{n.}\sin^2(\phi_{10\text{-}n.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ Ra\gamma_n\cdot\cos^2(\phi_{10\text{-}n.n} - \phi_{m.n}) - 2Ra\alpha_{2.n}\left(y_{10\text{-}n.n}^{m.n}\right)\cos(\phi_{10\text{-}n.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.2.10)$$

$$L3B_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{(\chi_{i.n}^{m.n})^2\gamma_{i.n}}{T_{i.n}^3} + 4\frac{(\chi_{i+\frac{2}{8}.n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{2}{8}.n}^3}\gamma_{i+\frac{2}{8}n} + 2\frac{(\chi_{i+\frac{4}{8}.n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{4}{8}.n}^3}\gamma_{i+\frac{4}{8}n} + 4\frac{(\chi_{i+\frac{6}{8}.n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{6}{8}.n}^3}\gamma_{i+\frac{6}{8}n}\right.$$
$$\left.+\frac{(\chi_{i+1.n}^{m.n})^2}{T_{i+1.n}^3}\gamma_{i+1n}\right] + \frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{9+n}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i.n} - \phi_{mn})}{T_{i.n}}\gamma_{i.n} + \right.$$
$$4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{2}{8}n} - \phi_{mn})}{T_{i+\frac{2}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{2}{8}n} + 2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{4}{8}.n} - \phi_{mn})}{T_{i+\frac{4}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{4}{8}n} +$$
$$\left.4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{6}{8}n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{6}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{6}{8}.n} + \frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+1.n} - \phi_{mn})}{T_{i+1.n}}\gamma_{i+1.n}\right]$$
$$+La\alpha_n\left(\chi_{10+n.n}^{m.n}\right)^2 + La\beta_n\cos^2(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) + La\gamma_n\sin^2(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) + 2La\alpha_{2.n}\cdot$$
$$\left(\chi_{10+n.n}^{m.n}\right)\sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{mn}) \qquad (4.2.10)$$

$$R3B_{m.n} = \frac{1}{EC}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{(\chi_{i.n}^{m.n})^2\gamma_{i.n}}{T_{i.n}^3} + 4\frac{(\chi_{i+\frac{2}{8}.n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{2}{8}.n}^3}\gamma_{i+\frac{2}{8}.n} + 2\frac{(\chi_{i+\frac{4}{8}.n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{4}{8}.n}^3}\gamma_{i+\frac{4}{8}n} + 4\frac{(\chi_{i+\frac{6}{8}.n}^{m.n})^2}{T_{i+\frac{6}{8}.n}^3}\gamma_{i+\frac{6}{8}.n}\right.$$
$$\left.+\frac{(\chi_{i+1.n}^{m.n})^2}{T_{i+1.n}^3}\gamma_{i+1.n}\right] + \frac{1}{12EC}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n} - \phi_{i.n})\left[\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i.n} - \phi_{m.n})}{T_{i.n}}\gamma_{i.n} + \right.$$
$$4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{2}{8}.n} + 2\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{2}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{4}{8}.n}$$
$$\left.4\frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+\frac{6}{8}.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+\frac{6}{8}.n}}\gamma_{i+\frac{6}{8}.n} + \frac{1+\frac{1}{2}(3+5Vc)\sin^2(\phi_{i+1.n} - \phi_{m.n})}{T_{i+1.n}}\gamma_{i+1.n}\right]$$
$$+ Rad_n\left(\chi_{10\text{-}n.n}^{m.n}\right)^2 + Ra\beta_n\cos^2(\phi_{10\text{-}n.n} - \phi_{m.n}) + Ra\gamma_n\sin^2(\phi_{10\text{-}n.n} - \phi_{m.n}) - 2Rad_{2.n}$$
$$\left(\chi_{10\text{-}n.n}^{m.n}\right)\sin(\phi_{10\text{-}n.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.2.12)$$

(4.2.1.), (4.2.3), (4.2.5), (4.2.7), (4.2.9), (4.2.11) について $n = 1.2\cdots\cdots 6$; $m = 10.11\cdots\cdots 10+n$ について計算し, (4.2.2), (4.2.4), (4.2.6), (4.2.8), (4.2.10), (4.2.12) は $n = 1.2.\cdots\cdots 6$; $m = 10.9\cdots\cdots 10-n$ について計算する.

$$1A_{10.n} = L1A_{10.n} + R1A_{10.n} \qquad (4.2.13)$$
$$1B_{10.n} = L1B_{10.n} + R1B_{10.n} \qquad (4.2.14)$$
$$1C_{10.n} = L1C_{10.n} + R1C_{10.n} \qquad (4.2.15)$$
$$2B_{10.n} = L2B_{10.n} + R2B_{10.n} \qquad (4.2.16)$$
$$2C_{10.n} = L2C_{10.n} + R2C_{10.n} \qquad (4.2.17)$$
$$3B_{10.n} = L3B_{10.n} + R3B_{10.n}. \qquad (4.2.18)$$

(4.2.13) ～ (4.2.18) を $n = 1.2\cdots\cdots 6$ について計算する.

4-3. 単位荷重による M_L H_L V_L

$$
\begin{aligned}
{}_LrM(n,K,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & \frac{1}{24}\sum_{S=0}^{P-1}\Big[(\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\Big\{\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})+\\
& \{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})\Big]+4(\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\times\\
& \frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})\Big]+(\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\times\\
& \Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big]\Big)\\
& +\frac{1}{24}\sum_{S=0}^{\theta-1}\Big((\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(u\chi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S}{\theta}n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(uy_{K+\frac{2S}{\theta}n})\}\times\\
& \frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S}{\theta}n})\Big]+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})+\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-\\
& (uy_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\Big]+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\\
& +\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big] \qquad (4.3.1)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LrH(n,K,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & \frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta}n}\Big[\sum_{S=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})+4(\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\\
& \times\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})+(\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})+\sum_{S=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S}{\theta}n})\\
& +4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big\}\Big]-\cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta}n}\Big[\\
& \sum_{S=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})+4(\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})+(\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\\
& \phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big\}+\sum_{S=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S}{\theta}n})+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\\
& +(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.2)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LrV(n,K,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & \frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta}n}\Big[\sum_{S=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})+4(\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\\
& \frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})+(\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big\}+\sum_{S=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\times\\
& (u\chi_{K+\frac{2S}{\theta}n})+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(u\chi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big]\Big]+\\
& \cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta}n}\Big[\sum_{S=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})+4(\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})+\\
& (\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big\}+\sum_{S=0}^{\theta-1}\Big\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S}{\theta}n})+4(\phi_{K+1,n}-\\
& \phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\frac{\partial}{\partial\phi}(uy_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.3)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LsM(n,K,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & \frac{1}{24}\sum_{S=0}^{P-1}\Big((\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(\chi'_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})\}\cos\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\\
& \{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(y'_{K-1+\frac{2S}{\theta}n})\}\sin\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}\Big]+4(\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(\chi'_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\\
& \cos\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(y'_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}\Big]+(\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})\\
& -(\chi'_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\cos\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(y'_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}\Big]\Big)+\frac{1}{24}\sum_{S=0}^{\theta-1}\Big((\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n})\\
& r_{K+\frac{2S}{\theta}n}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(\chi'_{K+\frac{2S}{\theta}n})\}\cos\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(y'_{K+\frac{2S}{\theta}n})\}\sin\phi_{K+\frac{2S}{\theta}n}\Big]+4(\phi_{K+1,n}-\\
& \phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})r_{K+\frac{2S+1}{\theta}n}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(\chi'_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\cos\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(y'_{K+\frac{2S+1}{\theta}n})\}\\
& \sin\phi_{K+\frac{2S+1}{\theta}n}\Big]+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})r_{K+\frac{2S+2}{\theta}n}\Big[\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(\chi'_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\cos\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n}-\\
& \{(y'_{i+\frac{2j}{\theta}n})-(y'_{K+\frac{2S+2}{\theta}n})\}\sin\phi_{K+\frac{2S+2}{\theta}n}\Big]\Big) \qquad (4.3.4)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_LsH(n,K,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & -\frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta}n}\Big[\sum_{S=0}^{P-1}\Big\{(\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S}{\theta}n}+4\\
& (\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}\times\sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{\theta}n}+(\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{\theta}n}\Big\}+
\end{aligned}
$$

$$+\sum_{s=0}^{g-1}\{(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s}{\delta},n})r_{k+\frac{2s}{\delta},n}\sin\phi_{k+\frac{2s}{\delta},n}+4(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+1}{\delta},n})r_{k+\frac{2s+1}{\delta},n}\sin\phi_{k+\frac{2s+1}{\delta},n}+(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+2}{\delta},n})r_{k+\frac{2s+2}{\delta},n}\sin\phi_{k+\frac{2s+2}{\delta},n}\}]+\cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\{\sum_{s=0}^{p-1}\{(\phi_{k-1+\frac{2s}{\delta},n}-\phi_{k-1,n})r_{k-1+\frac{2s}{\delta},n}\times\cos\phi_{k-1+\frac{2s}{\delta},n}+4(\phi_{k-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\phi_{k-1,n})r_{k-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{k-1+\frac{2s+1}{\delta},n}+(\phi_{k-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\phi_{k-1,n})r_{k-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{k-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\}+\sum_{s=0}^{g-1}\{(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s}{\delta},n})r_{k+\frac{2s}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{k+\frac{2s}{\delta},n}+4(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+1}{\delta},n})r_{k+\frac{2s+1}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{k+\frac{2s+1}{\delta},n}+(\phi_{k+1,n}-\phi_{k+\frac{2s+2}{\delta},n})r_{k+\frac{2s+2}{\delta},n}\cos\phi_{k+\frac{2s+2}{\delta},n}\}]\}) \qquad (4.3.5)$$

$$LS\nabla(n,K,10,i+\tfrac{2f}{\delta},)=\frac{1}{24}(\sin\phi_{i+\frac{2f}{\delta},n}\{\sum_{s=0}^{p-1}\{(\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\}+\sum_{s=0}^{g-1}\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\delta},n})r_{K+\frac{2s}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s}{\delta},n}+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})r_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})r_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\cdot\cos\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\}]-\cos\phi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\{\sum_{s=0}^{p-1}\{(\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}+4(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}+(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})r_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\cdot\sin\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\}-\sum_{s=0}^{g-1}\{(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\delta},n})r_{K+\frac{2s}{\delta},n}\cdot\sin\phi_{K+\frac{2s}{\delta},n}+4(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})r_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\cdot\sin\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}+(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})r_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\cdot\sin\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\}]) \qquad (4.3.6)$$

$$LtM(n,K,10,i+\tfrac{2f}{\delta})=\frac{1}{24}\{\sum_{s=0}^{p-1}\{r_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}(\phi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})+4r_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}(\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})+r_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}(\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}-\phi_{K-1,n})\}+\sum_{s=0}^{g-1}\{r_{K+\frac{2s}{\delta},n}(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s}{\delta},n})+4r_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})+r_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}(\phi_{K+1,n}-\phi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\}] \qquad (4.3.7)$$

(4.3.1)～(4.3.7)式現れる $\sum_{s=0}^{p-1}$, $\sum_{s=0}^{g-1}$ は次のようにとるものとする。

i) $K=i=10$ のとき

$p=0$, $g=j$

すなわち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない。

ii) $K=10$, $11\leqq i\leqq 10+n$ のとき

$p=0$, $g=4$

すなわち $\sum_{s=0}^{p-1}$ は計算しない。

iii) $10\leqq i<K-1$ のとき

$p=0$, $g=0$

すなわち $LrM(n,K,10,i+\frac{2f}{\delta})=LrH(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta})=Lr\nabla(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta})=LsM(n,K,10,i+\frac{2f}{\delta})=LsH(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta})=Ls\nabla(n,K,10,i+\frac{2f}{\delta})=LtM(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta})=0$

iv) $10+n>i=K-1\geqq 10$

$p=j$, $g=0$

すなわち $\sum_{s=0}^{g-1}$ は計算しない。

v) $10+n\geqq i=K\geqq 11$ のとき

$p=4$, $g=j$.

vi) $10+n\geqq i>K\geqq 11$ のとき

$p=4$ $g=4$

以上のP, Qを用いて (4.3.1)~(4.3.7) を $n=1,2,\cdots 6$; $K=10,11,\cdots 10+n$; $i=10,11,\cdots 10+n$; $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし, $i=10+n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$
\begin{aligned}
rrM(n,K,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & \frac{1}{24}\sum_{s=p}^{3}\Big((\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(u\chi_{K+\frac{2s}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\theta},n}) \\
& +\Big\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(uy_{K+\frac{2s}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s}{\theta},n})\Big\}+4(\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})\Big\} \\
& \times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(uy_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})\Big\}+(\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K+1,n}) \\
& \Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(uy_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big) \\
& \frac{1}{24}\sum_{s=p}^{3}\Big((\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(uy_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\Big\} \\
& \frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\Big\}+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}) \\
& +\Big\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\Big\}+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\{\Big\{(\chi'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\} \\
& \times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})+\Big\{(y'_{i+\frac{2j}{\theta},n})-(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big) \qquad (4.3.8)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
rrH(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & \frac{+1}{24}(sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s}{\theta},n})+4(\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K+1,n}) \\
& \times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}+\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}) \\
& +4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big]-cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n} \\
& \Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\theta},n})+4(\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}) \\
& +(\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}+\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}) \\
& +4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big]\Big) \\
& (4.3.9)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
rrV(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\theta}) = {} & -\frac{1}{24}(sin\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\theta},n})+4(\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K+1,n}) \\
& \times\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}+\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n}) \\
& \frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n}) \\
& \frac{\alpha}{\alpha\phi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big]+cos\phi_{i+\frac{2j}{\theta},n}\Big[\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K+\frac{2s}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s}{\theta},n}) \\
& +4(\phi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\phi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}-\phi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\} \\
& +\sum_{s=p}^{3}\Big\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n}) \\
& +(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\frac{\alpha}{\alpha\phi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.10)
\end{aligned}
$$

$$RSM(n.K.10.i+\tfrac{2j}{8}) = \tfrac{1}{24}\sum_{S=P}^{3}\Big(\{\phi_{K+\frac{2S}{8}n}-\phi_{K+1,n}\}r_{K+\frac{2S}{8}n}\big[\{(x'_{i+\frac{2j}{8}n})-(x'_{K+\frac{2S}{8}n})\}\cos\phi_{K+\frac{2S}{8}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{8}n})-(y'_{K+\frac{2S}{8}n})\}\times\sin\phi_{K+\frac{2S}{8}n}\big]+4\{\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}-\phi_{K+1,n}\}r_{K+\frac{2S+1}{8}n}\big[\{(x'_{i+\frac{2j}{8}n})-(x'_{K+\frac{2S+1}{8}n})\}\cos\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{8}n})-(y'_{K+\frac{2S+1}{8}n})\}\times\sin\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}\big]+\{\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}-\phi_{K+1,n}\}r_{K+\frac{2S+2}{8}n}\big[\{(x'_{i+\frac{2j}{8}n})-(x'_{K+\frac{2S+2}{8}n})\}\cos\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{8}n})-(y'_{K+\frac{2S+2}{8}n})\}\times\sin\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}\big]\Big)+\tfrac{1}{24}\sum_{S=P}^{3}\Big(\{\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n}\}r_{K-1+\frac{2S}{8}n}\big[\{(x'_{i+\frac{2j}{8}n})-(x'_{K-1+\frac{2S}{8}n})\}\cos\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{8}n})-(y'_{K-1+\frac{2S}{8}n})\}\times\sin\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n}\big]+4\{\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}\}r_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}\big[\{(x'_{i+\frac{2j}{8}n})-(x'_{K-1+\frac{2S+1}{8}n})\}\cos\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{8}n})-(y'_{K-1+\frac{2S+1}{8}n})\}\times\sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}\big]+\{\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\}r_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\big[\{(x'_{i+\frac{2j}{8}n})-(x'_{K-1+\frac{2S+2}{8}n})\}\cos\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}-\{(y'_{i+\frac{2j}{8}n})-(y'_{K-1+\frac{2S+2}{8}n})\}\times\sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\big]\Big) \qquad (4.3.11)$$

$$RSH(n.K.10.i+\tfrac{2j}{8}) = \tfrac{-1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{8}n}\big[\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K+\frac{2S}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+1}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+2}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}\}+\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n})r_{K-1+\frac{2S}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\}\big]+\cos\phi_{i+\frac{2j}{8}n}\big[\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K+\frac{2S}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S}{8}n}\cos\phi_{K+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+1}{8}n}\cos\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+2}{8}n}\cos\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}\}+\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n})r_{K-1+\frac{2S}{8}n}\cos\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}\cos\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\cos\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\}\big]\Big) \qquad (4.3.12)$$

$$RSV(n.K.10.i+\tfrac{2j}{8}) = -\tfrac{1}{24}\Big(\sin\phi_{i+\frac{2j}{8}n}\big[\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K+\frac{2S}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+1}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+2}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}\}+\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n})r_{K-1+\frac{2S}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\}\big]-\cos\phi_{i+\frac{2j}{8}n}\big[\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K+\frac{2S}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+1}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+2}{8}n}\sin\phi_{K+\frac{2S+2}{8}n}\}+\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n})r_{K-1+\frac{2S}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+1}{8}n}+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n})r_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\sin\phi_{K-1+\frac{2S+2}{8}n}\}\big]\Big) \qquad (4.3.13)$$

$$RtM(n.K.10.i+\tfrac{2j}{8}) = \tfrac{1}{24}\Big[\sum_{S=P}^{3}\{(\phi_{K+\frac{2S}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S}{8}n}+4(\phi_{K+\frac{2S+1}{8}n}-\phi_{K+1,n})r_{K+\frac{2S+1}{8}n}$$

$+(\phi_{K+\frac{23}{8}i,n}-\phi_{K+1,n})\gamma_{K+\frac{23}{8}i,n}\}+\sum_{\beta=\beta}^{3}\{(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{2\beta}{8}i,n})\gamma_{K-1+\frac{2\beta}{8}i,n}+4(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{15+1}{8}i,n})$

$\gamma_{K-1+\frac{23+1}{8}i,n}+(\phi_{K-1,n}-\phi_{K-1+\frac{23+2}{8}i,n})\gamma_{K-1+\frac{23+2}{8}i,n}\}]$ (4.3.14)

(4.3.8)～(4.3.14)に現れる $\sum_{\alpha=P}^{3}$, $\sum_{\beta=\beta}^{3}$ は次のようにとるものとする。

i). $K=i=10$ のとき $j=0$ 以外のjについては計算を行わず

$P=4$, $\beta=4$.

すなわち $R_tM(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_tH(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_t\nabla(n,K,10,i+\frac{2j}{8})$

$=R_SM(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_SH(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_S\nabla(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_tM(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=0$

ii) $K=10$, $i=9$ のとき

$P=4$ $\beta=j$

すなわち $\sum_{\alpha=P}^{3}$ は計算しない。

iii) $K=10$, $9>i\geq 10-n$ のとき

$P=4$ $\beta=0$

すなわち $\sum_{\beta=P}^{3}$ は計算しない。

iv) $10\geq i\geq K+1$ のとき

$P=4$ $\beta=4$

すなわち $R_tM(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_tH(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_t\nabla(n,K,10,i+\frac{2j}{8})$

$=R_SM(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_SH(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_S\nabla(n,K,10,i+\frac{2j}{8})=R_tM(n,K,10,i+\frac{2j}{8})$

v) $10-n\leqq i=K<10$ のとき

$P=j$ $\beta=4$

すなわち $\sum_{\beta=\beta}^{3}$ は計算しない。

vi) $10-n\leqq i=K-1<9$ のとき

$P=0$ $\beta=j$

vii) $10-n\leqq i<K-1<9$ のとき

$P=0$ $\beta=0$

以上の $P.\beta$ を用いて (4.3.8)～(4.3.14) を, $n=1.2\cdots 6$; $K=10.9.8\cdots 10-n$. $i=10.9\cdots 10-n$. $j=0.1.2.3$ について計算する。ただし $i=10$ のときは $j=0$ 以外のjについては計算しない。

$$LrM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LrM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - LrM(n.k.10.m) + LrH(n.k.10.m)(\chi_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) - LrV(n.k.10.m)(y_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) \quad (4.3.15)$$

$$LrH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LrH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - LrH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) - LrV(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.16)$$

$$LrV(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LrV(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) + LrH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) - LrV(n.k.10.m)\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.17)$$

$$LsM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LsM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - LsM(n.k.10.m) + LsH(n.k.10.m)(\chi_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) - LsV(n.k.10.m)(y_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) \quad (4.3.18)$$

$$LsH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LsH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - LsH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) - LsV(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.19)$$

$$LsV(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LsV(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) + LsH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) - LsV(n.k.10.m)\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.20)$$

$$LtM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = LtM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - LtM(n.k.10.m) \quad (4.3.21)$$

(4.3.15) ～ (4.3.21) を $n=1.2\cdots\cdots 6$; $k=10.11\cdots\cdots 10+n$; $m=10.11\cdots 10+n$; $i=m, m+1, \cdots\cdots 10+n$; $j=0.1.2.3$ について計算する。ただし $i=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$RrM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = RrM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - RrM(n.k.10.m) + RrH(n.k.10.m)(\chi_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) + RrV(n.k.10.m)(y_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) \quad (4.3.22)$$

$$RrH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = RrH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - RrH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) + RrV(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.23)$$

$$RrV(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = RrV(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - RrH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) - RrV(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.24)$$

$$RsM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = RsM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - RsM(n.k.10.m) + RsH(n.k.10.m)(\chi_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) + RsV(n.k.10.m)(y_{i+\frac{2j}{8}.n}^{m.n}) \quad (4.3.25)$$

$$RsH(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = RsH(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - RsH(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) + RsV(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.26)$$

$$RsV(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = RsV(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - RsH(n.k.10.m)\sin(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) - RsV(n.k.10.m)\cos(\phi_{i+\frac{2j}{8}.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.3.27)$$

$$RtM(n.k.m.i+\tfrac{2j}{8}) = RtM(n.k.10.i+\tfrac{2j}{8}) - RtM(n.k.10.m) \quad (4.3.28)$$

(4.3.22) ～ (4.3.28) を $n=1.2\cdots 6$; $k=10.9\cdots 10-n$; $m=10.9\cdots 10-n$; $i=m, m-1\cdots 10-n$; $j=0.1.2.3$ について計算する。ただし $i=10$ のとき $j=0$ 以外の j については計算しない。

4-4 荷重常数

$$L_{r1}D^{k.n}_{m.n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{L_rM(n.k.m.i)Y_{i.n}}{T^3_{i.n}}+4\frac{L_rM(n.k.m.i+\frac{3}{8})Y_{i+\frac{3}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}}+2\frac{L_rM(n.k.m.i+\frac{4}{8})\cdot Y_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}}$$

$$+4\cdot\frac{L_rM(n.K.m.i+\frac{6}{8})Y_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}}+\cdot\frac{L_rM(n.k.m.i+1)Y_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\}+L_rM(n.K.m.10+n)\,L_{ad}n+L_rV(n.k.m.n+10)L_{ad}n \quad (4.4.1)$$

$$L_{r2}D^{k.n}_{m.n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{L_rM(n.k.m.i)(y^{m.n}_{i.n})Y_{i.n}}{T^3_{i.n}}+4\frac{L_rM(n.k.m.i+\frac{3}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{3}{8}.n})Y_{i+\frac{3}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}}$$

$$+2\frac{L_rM(n.k.m.i+\frac{4}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})Y_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}}+4\frac{L_rM(n.K.m.i+\frac{6}{8})(y^{m.n}_{i+\frac{6}{8}.n})Y_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}}+\frac{L_rM(n.k.m.i+1)(y^{m.n}_{i+1.n})Y_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\}$$

$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{L_rH(n.K.m.i)\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)L_rV(n.K.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{T_{i.n}}Y_{i.n}$$

$$+4\frac{L_rH(n.K.m.i+\frac{3}{8})\sin(\phi_{i+\frac{3}{8}.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)L_rV(n.K.m.i+\frac{3}{8})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8}.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}}Y_{i+\frac{3}{8}.n}$$

$$+2\frac{L_rH(n.K.m.i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)L_rV(n.K.m.i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}}Y_{i+\frac{4}{8}.n}$$

$$+4\frac{L_rH(n.K.m.i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)L_rV(n.K.m.i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}}Y_{i+\frac{6}{8}.n}$$

$$+\frac{L_rH(n.K.m.i+1)\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)L_rV(n.K.m.i+1)\cos(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+1.n}}Y_{i+1.n}\Big]$$

$$+L_rM(n.K.m.10+n)\Big\{L_{ad}n(y^{m.n}_{10.m.n})+L_{ad}2n\cos(\phi_{10.m.n}-\phi_{m.n})\Big\}+L_rH(n.K.m.10+n)\cdot L_{a\beta}n\sin(\phi_{m.m.n}-\phi_{m.n})$$

$$+L_rV(n.K.m.10+n)\Big\{L_{a\beta}n\cos(\phi_{m.m.n}-\phi_{m.n})+L_{ad}2.n(y^{m.n}_{10.m.n})\Big\} \quad (4.4.2)$$

$$L_{r3}D^{k.n}_{m.n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{L_rM(n.k.m.i)(X^{m.n}_{i.n})Y_{i.n}}{T^3_{i.n}}+4\frac{L_rM(n.K.m.i+\frac{3}{8})(X^{m.n}_{i+\frac{3}{8}.n})Y_{i+\frac{3}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}}$$

$$+2\frac{L_rM(n.K.m.i+\frac{4}{8})(X^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})Y_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}}+4\frac{L_rM(n.K.m.i+\frac{6}{8})(X_{i+\frac{6}{8}.n})Y_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}}+\frac{L_rM(n.K.m.i+1)(X^{m.n}_{i+1.n})Y_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\}$$

$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{-L_rH(n.K.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\cdot L_rV(n.K.m.i)\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{T_{i.n}}Y_{i.n}$$

$$+4\frac{-L_rH(n.K.m.i+\frac{3}{8})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8}.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)L_rV(n.K.m.i+\frac{3}{8})\sin(\phi_{i+\frac{3}{8}.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}}Y_{i+\frac{3}{8}.n}$$

$$+2\frac{-L_rH(n.K.m.i+\frac{4}{8})\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\cdot L_rV(n.K.m.i+\frac{4}{8})\sin(\phi_{i+\frac{4}{8}.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}}Y_{i+\frac{4}{8}.n}$$

$$+4\frac{-L_rH(n.K.m.i+\frac{6}{8})\cos(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\cdot L_rV(n.K.m.i+\frac{6}{8})\sin(\phi_{i+\frac{6}{8}.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}}Y_{i+\frac{6}{8}.n}$$

$$+\frac{-L_rH(n.K.m.i+1)\cos(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})+\frac{5}{2}(1+V_c)\cdot L_rV(n.K.m.i+1)\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})}{T^3_{i+1.n}}Y_{i+1.n}\Big]$$

$$+L_rM(n.K.m.10+n)\Big\{L_{ad}n(X^{m.n}_{10.m.n})+L_{ad}2n\sin(\phi_{10.m.n}-\phi_{m.n})\Big\}-L_rH(n.K.m.10+n)\cdot L_{a\beta}n\cos(\phi_{10.m.n}-\phi_{m.n})$$

$$+L_rV(n.K.m.10+n)\Big\{L_{a\beta}n..\sin(\phi_{10.m.n}-\phi_{m.n})+L_{ad}2n(X^{m.n}_{10.m.n})\Big\} \quad (4.4.3)$$

$$L_{s1}D^{k.n}_{m.n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{L_sM(n.K.m.i)Y_{i.n}}{T^3_{i.n}}+4\frac{L_sM(n.K.m.i+\frac{3}{8})Y_{i+\frac{3}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}}+2\frac{L_sM(n.K.m.i+\frac{4}{8})Y_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}}$$

$$+4\frac{L_sM(n.K.m.i+\frac{6}{8})Y_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}}+\frac{L_sM(n.k.m.i+1)Y_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\}+L_sM(n.K.m.10+n)\cdot L_{ad}n+L_sV(n.K.m+n)$$

$$\cdot L_{ad}2.n \quad (4.4.4)$$

$$L_{s2}D^{k.n}_{m.n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{L_sM(n.K.m.i)(y^{m.n}_{i.n})Y_{i.n}}{T^3_{i.n}}+4\frac{L_sM(n.K.m.i+\frac{3}{8})Y^{m.n}_{i+\frac{3}{8}.n})Y_{i+\frac{3}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{3}{8}.n}}$$

$$+2\frac{L_sM(n.K.m.i+\frac{4}{8}X^{m.n}_{i+\frac{4}{8}.n})Y_{i+\frac{4}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{4}{8}.n}}+4\frac{L_sM(n.K.m.i+\frac{6}{8}X^{m.n}_{i+\frac{6}{8}.n})Y_{i+\frac{6}{8}.n}}{T^3_{i+\frac{6}{8}.n}}+\frac{L_sM(n.k.m.i+1)X^{m.n}_{i+1.n})Y_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\}$$

$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{LsH(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{Ti,n}\gamma_{i,n}$$

$$+4\,\frac{LsH(n,k,m,i+\frac{1}{8})\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{8})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})}{Ti+\frac{1}{8},n}\gamma_{i+\frac{1}{8},n}$$

$$+2\,\frac{LsH(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{Ti+\frac{2}{8},n}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}$$

$$+4\,\frac{LsH(n,k,m,i+\frac{3}{8})\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+\frac{3}{8})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})}{Ti+\frac{3}{8},n}\gamma_{i+\frac{3}{8},n}$$

$$+\frac{LsH(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{Ti+1,n}\gamma_{i+1,n}\Big]$$

$$+Ls\,M(n,k,m,10+n)\Big\{Lad_{n}(\gamma^{m,n}_{10mn})+Lad_{2,n}\cos(\phi_{10m,n}-\phi_{m,n})\Big\}+LsH(n,k,m,10+n)\,La\beta_{n}\sin(\phi_{10mn}-\phi_{m,n})$$

$$+Ls\nabla(n,k,m,10+n)\Big\{La\delta_{n}\cos(\phi_{10mn}-\phi_{m,n})+Lad_{2,n}\cdot(\gamma^{m,n}_{10mn})\Big\}$$

(4.4.5)

$$Ls3D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{Ls\,M(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{Ti,n}+4\,\frac{LsM(n,k,m,i+\frac{1}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{Ti+\frac{1}{8},n}$$

$$+2\,\frac{Ls\,M(n,k,m,i+\frac{2}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{Ti+\frac{2}{8},n}+4\,\frac{Ls\,M(n,k,m,i+\frac{3}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{Ti+\frac{3}{8},n}$$

$$+\frac{LsM(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{Ti+1,n}\Big\}$$

$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{-LsH(n,k,m,i)\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i)\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{Ti,n}\gamma_{i,n}$$

$$+4\,\frac{-LsH(n,k,m,i+\frac{1}{8})\cos(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+\frac{1}{8})\sin(\phi_{i+\frac{1}{8},n}-\phi_{m,n})}{Ti+\frac{1}{8},n}\gamma_{i+\frac{1}{8},n}$$

$$+2\,\frac{-LsH(n,k,m,i+\frac{2}{8})\cos(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+\frac{2}{8})\sin(\phi_{i+\frac{2}{8},n}-\phi_{m,n})}{Ti+\frac{2}{8},n}\gamma_{i+\frac{2}{8},n}$$

$$+4\,\frac{-LsH(n,k,m,i+\frac{3}{8})\cos(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+\frac{3}{8})\sin(\phi_{i+\frac{3}{8},n}-\phi_{m,n})}{Ti+\frac{3}{8},n}\gamma_{i+\frac{3}{8},n}$$

$$+\frac{-LsH(n,k,m,i+1)\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+Vc)\,Ls\nabla(n,k,m,i+1)\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{Ti+1,n}\gamma_{i+1,n}\Big\}$$

$$+Ls\,M(n,k,m,10+n)\Big\{Lad_{n}(\chi^{m,n}_{10mn})+Lad_{2,n}\sin(\phi_{10mn}-\phi_{m,n})\Big\}$$

$$-Ls\,H(n,k,m,10+n)\,La\beta_{n}\cos(\phi_{10mn}-\phi_{m,n})+Ls\nabla(n,k,m,10+n)\Big\{La\delta_{n}\sin(\phi_{10+n,n}-\phi_{m,n})$$

$$+Lad_{2,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n})\Big\}$$

(4.4.6)

$$Lt1D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{LtM(n,k,m,i)\gamma_{i,n}}{Ti,n}+4\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{8})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{Ti+\frac{1}{8},n}$$

$$+2\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{2}{8})\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{Ti+\frac{2}{8},n}+4\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{3}{8})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{Ti+\frac{3}{8},n}+\frac{LtM(n,k,m,i+1)\gamma_{i+1,n}}{Ti+1,n}\Big\}$$

(4.4.7)

$$+LtM(n,k,m,10+n)\cdot Lad_{n}$$

$$Lt2D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{LtM(n,k,m,i)(\gamma^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{Ti,n}+4\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{8})(\gamma^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{Ti+\frac{1}{8},n}$$

$$+2\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{2}{8})(\gamma^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{Ti+\frac{2}{8},n}+4\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{3}{8})(\gamma^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{Ti+\frac{3}{8},n}$$

$$+\frac{LtM(n,k,m,i+1)(\gamma^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{Ti+1,n}\Big\}+LtM(n,k,m,10+n)\Big\{Lad_{n}(\gamma^{m,n}_{10mn})+Lad_{2,n}\cos(\phi_{10mn}-\phi_{m,n})\Big\}$$

(4.4.8)

$$Lt3D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{LtM(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{Ti,n}+4\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{1}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{8},n})\gamma_{i+\frac{1}{8},n}}{Ti+\frac{1}{8},n}$$

$$+2\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{2}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})\gamma_{i+\frac{2}{8},n}}{Ti+\frac{2}{8},n}+4\,\frac{LtM(n,k,m,i+\frac{3}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{3}{8},n})\gamma_{i+\frac{3}{8},n}}{Ti+\frac{3}{8},n}$$

$$+\frac{LtM(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{Ti+1,n}\Big\}+LtM(n,k,m,10+n)\Big\{Lad_{n}(\chi^{m,n}_{10+m,n})+Lad_{2,n}\sin(\phi_{10mn}-\phi_{mn})\Big\}$$

(4.4.9)

(4.4.1)～(4.4.9) と $n=1,2,\cdots 6$; $k=10,11,\cdots 10+n$; $m=10,11\cdots 10+n$ について計算する。

$$
{}_{RT1}D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i)\gamma_{i,n}}{T^g_{i,n}}+4\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+
$$

$$
2\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+1)\gamma_{i+1,n}}{T^g_{i+1,n}}\Big\}+{}_{RA}\alpha_{1,n}\,{}_{RT}M(n,k,m,10-n)
$$

$$
+{}_{RA}\alpha_{2,n}\cdot{}_{AR}\overline{V}(n,k,m,10-n) \qquad (4.4.10)
$$

$$
{}_{RT2}D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i)(y^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^g_{i,n}}+4\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}
$$

$$
+2\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\cdot\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^g_{i+1,n}}\Big\}
$$

$$
+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i)\,Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i)\,Cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\gamma_{i,n}
$$

$$
+4\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}
$$

$$
+2\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}
$$

$$
+4\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}
$$

$$
+\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+1)\,Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})-\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+1)\,Cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\Big\}
$$

$$
+{}_{RT}M(n,k,m,10-n)\Big\{{}_{RA}\alpha_{1,n}\cdot(y^{m,n}_{10-n,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}\cdot Cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\Big\}+{}_{RT}H(n,k,m,10-n)\times
$$

$$
{}_{RA}\beta_{1,n}\cdot Sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,10-n)\Big\{{}_{RA}\beta_{1,n}\cdot Cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10-n,n})\Big\}\quad(4.4.11)
$$

$$
{}_{RT3}D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})\gamma_{i,n}}{T^g_{i,n}}+4\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}
$$

$$
+2\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+4\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})(\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{{}_{RT}M(n,k,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})\gamma_{i+1,n}}{T^g_{i+1,n}}\Big\}
$$

$$
-\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i)\,Cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i)\,Sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})}{T_{i,n}}\gamma_{i,n}
$$

$$
+4\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}
$$

$$
+2\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}
$$

$$
+4\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Cos(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+\frac{1}{2})\,Sin(\phi_{i+\frac{1}{2},n}-\phi_{m,n})}{T_{i+\frac{1}{2},n}}\gamma_{i+\frac{1}{2},n}
$$

$$
+\frac{{}_{RT}H(n,k,m,i+1)\,Cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})+\frac{5}{2}(1+\nu_c)\,{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,i+1)\,Sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})}{T_{i+1,n}}\gamma_{i+1,n}\Big\}
$$

$$
+{}_{RT}M(n,k,m,10-n)\Big\{{}_{RA}\alpha_{1,n}\cdot(\chi^{m,n}_{10-n,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}\cdot Sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})\Big\}-{}_{RT}H(n,k,m,10-n)\times
$$

$$
{}_{RA}\beta_{1,n}\cdot Cos(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RT}\overline{V}(n,k,m,10-n)\Big\{{}_{RA}\beta_{1,n}\cdot Sin(\phi_{10-n,n}-\phi_{m,n})-{}_{RA}\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n})\Big\}
$$

$$
(4.4.12)
$$

$$
{}_{RS1}D^{k,n}_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\Big\{\frac{{}_{RS}M(n,k,m,i)\gamma_{i,n}}{T^g_{i,n}}+4\frac{{}_{RS}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+2\frac{{}_{RS}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}
$$

$$
+4\frac{{}_{RS}M(n,k,m,i+\frac{1}{2})\gamma_{i+\frac{1}{2},n}}{T^g_{i+\frac{1}{2},n}}+\frac{{}_{RS}M(n,k,m,i+1)\gamma_{i+1,n}}{T^g_{i+1,n}}\Big\}+{}_{RA}\alpha'_{1,n}\cdot{}_{RS}M(n,k,m,10-n)
$$

$$
+{}_{RA}\alpha_{2,n}\cdot{}_{AS}\overline{V}(n,k,m,10-n) \qquad (4.4.13)
$$

$$RS2D^{kn}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{RSM(n.K.m.i)(y^{mn}_{i.n})\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{RSM(n.K.m.i+\frac{1}{3})(y^{mn}_{i+\frac{1}{3}.n})\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{3}.n}}$$

$$+2\,\frac{RSM(n.K.m.i+\frac{2}{3})(y^{mn}_{i+\frac{2}{3}.n})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}} + 4\,\frac{RSM(n.K.m.i+\frac{1}{3})(y^{mn}_{i+\frac{1}{3}.n})\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{3}.n}} + \frac{RSM(n.K.m.i+1)(y^{mn}_{i+1.n})\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\}$$

$$+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{RSH(n.K.m.i)\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n}) - \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{T_{i.n}}\gamma_{i.n}$$

$$+4\,\frac{RSH(n.K.m.i+\frac{1}{3})\sin(\phi_{i+\frac{1}{3}.n}-\phi_{m.n}) - \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+\frac{1}{3})\cos(\phi_{i+\frac{1}{3}.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{1}{3}.n}}\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}$$

$$+2\,\frac{RSH(n.K.m.i+\frac{2}{3})\sin(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n}) - \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{3}.n}}\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}$$

$$+4\,\frac{RSH(n.K.m.i+\frac{2}{3})\sin(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n}) - \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{3}.n}}\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}$$

$$+\frac{RSH(n.K.m.i+1)\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n}) - \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+1)\cos(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+1.n}}\gamma_{i+1.n}\Big]$$

$$+RSM(n.K.m.10-n)\Big[Rad_n(y^{mn}_{10-n.n}) - Rad_{2n}\cos(\phi_{10.nn}-\phi_{m.n})\Big] + RSH(n.K.m.10-n).R\alpha\beta_n.\sin(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n})$$

$$-RSV(n.K.m.10-n)\Big[Ra\nabla_n\cos(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n}) - Rad_{2.n}(y^{mn}_{10-n.n})\Big] \qquad (4.4.14)$$

$$RS3D^{kn}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{RSM(n.K.m.i)(X^{mn}_{i.n})\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{RSM(n.K.m.i+\frac{1}{3})(X^{mn}_{i+\frac{1}{3}.n})\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{3}.n}}$$

$$+2\,\frac{RSM(n.K.m.i+\frac{2}{3})(X^{mn}_{i+\frac{2}{3}.n})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}} + 4\,\frac{RSM(n.K.m.i+\frac{1}{3})(X^{mn}_{i+\frac{1}{3}.n})\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{3}.n}} + \frac{RSM(n.K.m.i+1)(X^{mn}_{i+1.n})\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big\}$$

$$-\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{RSH(n.K.m.i)\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n}) + \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i)\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})}{T_{i.n}}\gamma_{i.n}$$

$$+4\,\frac{RSH(n.K.m.i+\frac{1}{3})\cos(\phi_{i+\frac{1}{3}.n}-\phi_{m.n}) + \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+\frac{1}{3})\sin(\phi_{i+\frac{1}{3}.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{1}{3}.n}}\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}$$

$$+2\,\frac{RSH(n.K.m.i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n}) + \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+\frac{2}{3})\sin(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{3}.n}}\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}$$

$$+4\,\frac{RSH(n.K.m.i+\frac{2}{3})\cos(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n}) + \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+\frac{2}{3})\sin(\phi_{i+\frac{2}{3}.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+\frac{2}{3}.n}}\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}$$

$$+\frac{RSH(n.K.m.i+1)\cos(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n}) + \frac{5}{2}(1+Vc)RSV(n.K.m.i+1)\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})}{T_{i+1.n}}\gamma_{i+1.n}\Big]$$

$$+RSM(n.K.m.10-n)\Big[Rad_n(X^{mn}_{10-n.n}) - Rad_{2n}\sin(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n})\Big] - RS.H(n.K.m.10-n).R\alpha\beta_n.\cos(\phi_{10-nn}-\phi_{mn})$$

$$-RSV(n.K.m.10-n)\Big(Ra\nabla_n.\sin(\phi_{10-n.n}-\phi_{m.n}) - Rad_{2n}(X^{mn}_{10-n.n})\Big] \qquad (4.4.15)$$

$$Rt_1D^{kn}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{Rt_1M(n.K.m.i)\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{1}{3})\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{3}.n}} + 2\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{2}{3})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}}$$

$$+4\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{2}{3})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}} + \frac{Rt_1M(n.K.m.i+1)\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big] + Rt_1M(n.K.m.10-n).Rad_n \qquad (4.4.16)$$

$$Rt_2D^{kn}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{Rt_1M(n.K.m.i)(y^{mn}_{i.n})\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{1}{3})(y^{mn}_{i+\frac{1}{3}.n})\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{3}.n}}$$

$$+2\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{2}{3})(y^{mn}_{i+\frac{2}{3}.n})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}} + 4\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{2}{3})(y^{mn}_{i+\frac{2}{3}.n})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}} + \frac{Rt_1M(n.K.m.i+1)(y^{mn}_{i+1.n})\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big]$$

$$+Rt_1M(n.K.m.10-n)\Big(Rad_n.(y^{mn}_{10-n.n}) - Rad_{2n}.\cos(\phi_{10-n.n}-\phi_{mn})\Big] \qquad (4.4.17)$$

$$Rt_3D^{kn}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\Big\{\frac{Rt_1M(n.K.m.i)(X^{mn}_{i.n})\gamma_{i.n}}{T^3_{i.n}} + 4\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{1}{3})(X^{mn}_{i+\frac{1}{3}.n})\gamma_{i+\frac{1}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{1}{3}.n}}$$

$$+2\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{2}{3})(X^{mn}_{i+\frac{2}{3}.n})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}} + 4\,\frac{Rt_1M(n.K.m.i+\frac{2}{3})(X^{mn}_{i+\frac{2}{3}.n})\gamma_{i+\frac{2}{3}.n}}{T^3_{i+\frac{2}{3}.n}} + \frac{Rt_1M(n.K.m.i+1)(X^{mn}_{i+1.n})\gamma_{i+1.n}}{T^3_{i+1.n}}\Big]$$

$$+Rt_1M(n.K.m.10-n)\Big(Rad_n(X^{mn}_{10-mn}) - Rad_{2n}.\sin(\phi_{10nn}-\phi_{mn})\Big] \qquad (4.4.18)$$

(4.4.10)～(4.4.18)を $n=1.2.3\cdots 6$; $K=10.9\cdots 10-n$; $m=10.9.\cdots 10-n$ について計算する。

(i) $11 \leqq K \leqq 10+n$ のとき.

$$nD_{10.n}^{K.n} = L_{r1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.19)$$

$$r_2 D_{10.n}^{K.n} = L_{r2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.20)$$

$$r_3 D_{10.n}^{K.n} = L_{r3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.21)$$

$$S_1 D_{10.n}^{K.n} = L_{S1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.22)$$

$$S_2 D_{10.n}^{K.n} = L_{S2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.23)$$

$$S_3 D_{10.n}^{K.n} = L_{S3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.24)$$

$$t_1 D_{10.n}^{K.n} = L_{t1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.25)$$

$$t_2 D_{10.n}^{K.n} = L_{t2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.26)$$

$$t_3 D_{10.n}^{K.n} = L_{t3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.27)$$

(ii) $K=10$ のとき

$$r_1 D_{10.n}^{K.n} = L_{r1} D_{10.n}^{K.n} + R_{r1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.28)$$

$$r_2 D_{10.n}^{K.n} = L_{r2} D_{10.n}^{K.n} + R_{r2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.29)$$

$$r_3 D_{10.n}^{K.n} = L_{r3} D_{10.n}^{K.n} + R_{r3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.30)$$

$$S_1 D_{10.n}^{K.n} = L_{S1} D_{10.n}^{K.n} + R_{S1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.31)$$

$$S_2 D_{10.n}^{K.n} = L_{S2} D_{10.n}^{K.n} + R_{S2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.32)$$

$$S_3 D_{10.n}^{K.n} = L_{S3} D_{10.n}^{K.n} + R_{S3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.33)$$

$$t_1 D_{10.n}^{K.n} = L_{t1} D_{10.n}^{K.n} + R_{t1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.34)$$

$$t_2 D_{10.n}^{K.n} = L_{t2} D_{10.n}^{K.n} + R_{t2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.35)$$

$$t_3 D_{10.n}^{K.n} = L_{t3} D_{10.n}^{K.n} + R_{t3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.36)$$

(iii) $9 \geqq K \leqq 10-n$ のとき.

$$r_1 D_{10.n}^{K.n} = R_{r1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.37)$$

$$r_2 D_{10.n}^{K.n} = R_{r2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.38)$$

$$r_3 D_{10.n}^{K.n} = R_{r3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.39)$$

$$S_1 D_{10.n}^{K.n} = R_{S1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.40)$$

$$S_2 D_{10.n}^{K.n} = R_{S2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.41)$$

$$S_3 D_{10.n}^{K.n} = R_{S3} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.42)$$

$$t_1 D_{10.n}^{K.n} = R_{t1} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.43)$$

$$t_2 D_{10.n}^{K.n} = R_{t2} D_{10.n}^{K.n} \quad (4.4.44)$$

$$t_3 D_{10.n}^{K.n} = R_{t3} D_{10.n}^{K.n}. \quad (4.4.45)$$

(4.4.19)～(4.4.45)を $n=1.2.\cdots 6$, $K=10-n.\ 11-n.\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

4-5. 不静定諸力および単位撓みの計算

$$K_n = {}_1A_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - (2B_{10.n})^2\} - {}_1B_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - {}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} - {}_1C_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} \quad (4.5.1)$$

$$arM^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[r_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - (2B_{10.n})^2\} - r_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - {}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} - r_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\}\right] \quad (4.5.2)$$

$$arH^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-r_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - 2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\} + r_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - ({}_1C_{10.n})^2\} + r_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\}\right] \quad (4.5.3)$$

$$arV^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-r_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} + r_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} + r_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n} - ({}_1B_{10.n})^2\}\right] \quad (4.5.4)$$

$$asM^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[s_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - (2B_{10.n})^2\} - s_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - {}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} - s_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\}\right] \quad (4.5.5)$$

$$asH^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-s_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - 2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\} + s_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - ({}_1C_{10.n})^2\} + s_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\}\right] \quad (4.5.6)$$

$$asV^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-s_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} + s_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} + s_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n} - ({}_1B_{10.n})^2\}\right] \quad (4.5.7)$$

$$atM^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[t_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - (2B_{10.n})^2\} - t_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - {}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} - t_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\}\right] \quad (4.5.8)$$

$$atH^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-t_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - 2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\} + t_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n} - ({}_1C_{10.n})^2\} + t_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\}\right] \quad (4.5.9)$$

$$atV^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-t_1 D^{K.n}_{10.n}\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} + t_3 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\} + t_2 D^{K.n}_{10.n}\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n} - ({}_1B_{10.n})^2\}\right] \quad (4.5.10)$$

K_n を $n = 1.2 \cdots\cdots 6$ について計算し、(4.5.2)～(4.5.10) を $n = 1.2 \cdots 6$; $K = 10-n,\ 11-n, \cdots\cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

(i) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$arM^{K.n}_{m.n} = arM^{K.n}_{10.n} + arH^{K.n}_{10.n}\cdot(x^{10.n}_{m.n}) + arV^{K.n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) + LrM(n.K.10.m) \quad (4.5.11)$$

$$arH^{K.n}_{m.n} = arH^{K.n}_{10.n}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - arV^{K.n}_{10.n}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) + LrH(n.K.10.m) \quad (4.5.12)$$

$$arV^{K.n}_{m.n} = arH^{K.n}_{10.n}\cdot\sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) + arV^{K.n}_{10.n}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - LrV(n.K.10.m) \quad (4.5.13)$$

$$asM^{K.n}_{m.n} = asM^{K.n}_{10.n} + asH^{K.n}_{10.n}\cdot(x^{10.n}_{m.n}) + asV^{K.n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) - LsM(n.K.10.m) \quad (4.5.14)$$

$$asH^{K.n}_{m.n} = asH^{K.n}_{10.n}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - asV^{K.n}_{10.n}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) + LsH(n.K.10.m) \quad (4.5.15)$$

$$asV^{K.n}_{m.n} = asH^{K.n}_{10.n}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) + asV^{K.n}_{10.n}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - LsV(n.K.10.m) \quad (4.5.16)$$

$$atM^{K.n}_{m.n} = atM^{K.n}_{10.n} + atH^{K.n}_{10.n}\cdot(x^{10.n}_{m.n}) + atV^{K.n}_{10.n}\cdot(y^{10.n}_{m.n}) - LtM(n.K.10.m) \quad (4.5.17)$$

$$atH^{K.n}_{m.n} = atH^{K.n}_{10.n}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - atV^{K.n}_{10.n}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.5.18)$$

$$atV^{K.n}_{m.n} = atH^{K.n}_{10.n}\sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) + atV^{K.n}_{10.n}\cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.5.19)$$

$$ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot ar M^{K,n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot ar H^{K,n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot ar V^{K,n}_{m,n} - L r_2 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.20)$$

$$ar(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot ar M^{K,n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot ar H^{K,n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot ar V^{K,n}_{m,n} + L r_3 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.21)$$

$$ar(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot ar M^{K,n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot ar H^{K,n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot ar V^{K,n}_{m,n} - L r_1 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.22)$$

$$as(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot as M^{K,n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot as H^{K,n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot as V^{K,n}_{m,n} - L s_2 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.23)$$

$$as(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot as M^{K,n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot as H^{K,n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot as V^{K,n}_{m,n} + L s_3 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.24)$$

$$as(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot as M^{K,n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot as H^{K,n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot as V^{K,n}_{m,n} - L s_1 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.25)$$

$$at(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = L_1 C_{m,n}\cdot at M^{K,n}_{m,n} + L_2 B_{m,n}\cdot at H^{K,n}_{m,n} + L_2 C_{m,n}\cdot at V^{K,n}_{m,n} - L t_2 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.26)$$

$$at(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = -L_1 B_{m,n}\cdot at M^{K,n}_{m,n} - L_3 B_{m,n}\cdot at H^{K,n}_{m,n} - L_2 B_{m,n}\cdot at V^{K,n}_{m,n} + L t_3 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.27)$$

$$at(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = L_1 A_{m,n}\cdot at M^{K,n}_{m,n} + L_1 B_{m,n}\cdot at H^{K,n}_{m,n} + L_1 C_{m,n}\cdot at V^{K,n}_{m,n} - L t_1 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.28)$$

(ii) $9 \geq m \geq -10-n$ のとき.

$$arM^{K,n}_{m,n} = arM^{K,n}_{10,n} + arH^{K,n}_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + arV^{K,n}_{10,n}(Y^{10,n}_{m,n}) - rrM(n,K,10,m) \quad (4.5.29)$$

$$arH^{K,n}_{m,n} = arH^{K,n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{K,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + rrH(n,K,10,m) \quad (4.5.30)$$

$$arV^{K,n}_{m,n} = -arH^{K,n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{K,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - rrV(n,K,10,m) \quad (4.5.31)$$

$$asM^{K,n}_{m,n} = asM^{K,n}_{10,n} + asH^{K,n}_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + asV^{K,n}_{10,n}(Y^{10,n}_{m,n}) - RsM(n,K,10,m) \quad (4.5.32)$$

$$asH^{K,n}_{m,n} = asH^{K,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{K,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + RsH(n,K,10,m) \quad (4.5.33)$$

$$asV^{K,n}_{m,n} = -asH^{K,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{K,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - RsV(n,K,10,m) \quad (4.5.34)$$

$$atM^{K,n}_{m,n} = atM^{K,n}_{10,n} + atH^{K,n}_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + atV^{K,n}_{10,n}(Y^{10,n}_{m,n}) - RtM(n,K,10,m) \quad (4.5.35)$$

$$atH^{K,n}_{m,n} = atH^{K,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{K,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.5.36)$$

$$atV^{K,n}_{m,n} = -atH^{K,n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{K,n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.5.37)$$

$$ar(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot ar M^{K,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot ar H^{K,n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot ar V^{K,n}_{m,n} + Rr_2 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.38)$$

$$ar(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot ar M^{K,n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot ar H^{K,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot ar V^{K,n}_{m,n} - Rr_3 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.39)$$

$$ar(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot ar M^{K,n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot ar H^{K,n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot ar V^{K,n}_{m,n} + Rr_1 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.40)$$

$$as(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot as M^{K,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot as H^{K,n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot as V^{K,n}_{m,n} + Rs_2 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.41)$$

$$as(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot as M^{K,n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot as H^{K,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot as V^{K,n}_{m,n} - Rs_3 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.42)$$

$$as(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot as M^{K,n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot as H^{K,n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot as V^{K,n}_{m,n} + Rs_1 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.43)$$

$$at(\Delta r)^{K,n}_{m,n} = -R_1 C_{m,n}\cdot at M^{K,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot at H^{K,n}_{m,n} + R_2 C_{m,n}\cdot at V^{K,n}_{m,n} + Rt_2 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.44)$$

$$at(\Delta S)^{K,n}_{m,n} = R_1 B_{m,n}\cdot at M^{K,n}_{m,n} + R_3 B_{m,n}\cdot at H^{K,n}_{m,n} - R_2 B_{m,n}\cdot at V^{K,n}_{m,n} - Rt_3 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.45)$$

$$at(\Delta\theta)^{K,n}_{m,n} = -R_1 A_{m,n}\cdot at M^{K,n}_{m,n} - R_1 B_{m,n}\cdot at H^{K,n}_{m,n} + R_1 C_{m,n}\cdot at V^{K,n}_{m,n} + Rt_1 D^{K,n}_{m,n} \quad (4.5.46)$$

(4.5.11)～(4.5.46)と $n = 1, 2, \cdots, 6$; $K = 10-n$; $11-n, \cdots, 10, \cdots, 10+n$; $m = 10-n$; $11-n, \cdots, 10, \cdots, 10+n$ について計算する. ただし, $10-n \leqq K \leqq 9$ のとき

$$LrM(n,K,10,m) = LrH(n,K,10,m) = LrV(n,K,10,m) = LsM(n,K,10,m) = LsH(n,K,10,m) = LsV(n,K,10,m) = LtM(n,K,10,m) = Lr_1 D^{K,n}_{m,n} = Lr_2 D^{K,n}_{m,n} = Lr_3 D^{K,n}_{m,n} = Ls_1 D^{K,n}_{m,n} = Ls_2 D^{K,n}_{m,n} = Ls_3 D^{K,n}_{m,n} = Lt_1 D^{K,n}_{m,n} = Lt_2 D^{K,n}_{m,n} = Lt_3 D^{K,n}_{m,n} = 0$$

$10+n \geq K \geq 11$ のとき.

$$RrM(n.K.10.m) = RrH(n.K.10.m) = RrV(n.K.10.m) = RsM(n.K.10.m) = RsH(n.K.10.m) = RsV(n.K.10.m)$$
$$= RtM(n.K.10.m) = Rr_1 D^{K.n}_{m.n} = Rr_2 D^{K.n}_{m.n} = Rr_3 D^{K.n}_{m.n} = Rs_1 D^{K.n}_{m.n} = Rs_2 D^{K.n}_{m.n} = Rs_3 D^{K.n}_{m.n} = Rt_1 D^{m.n}_{m.n} = Rt_2 D^{K.n}_{m.n}$$
$$= Rt_3 D^{K.n}_{m.n} = 0$$

と寸る.

4-6. 集中荷重

$$n D^{C.10+n}_{m.n} = La_{2.n} \tag{4.6.1}$$
$$r_2 D^{C.10+n}_{m.n} = La\gamma_n \cdot \cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) + La_{2.n} \cdot (y^{m.n}_{10+n.n}) \tag{4.6.2}$$
$$r_3 D^{C.10+n}_{m.n} = La\gamma_n \cdot \sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) + La_{2.n} (x^{m.n}_{10+n.n}) \tag{4.6.3}$$
$$s_1 D^{C.10+n}_{m.n} = 0 \tag{4.6.4}$$
$$s_2 D^{C.10+n}_{m.n} = La\beta_n \cdot \sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.5}$$
$$s_3 D^{C.10+n}_{m.n} = -La\beta_n \cdot \cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.6}$$
$$t_1 D^{C.10+n}_{m.n} = La_{d.n} \tag{4.6.7}$$
$$t_2 D^{C.10+n}_{m.n} = La_{dn}(y^{m.n}_{10+n.n}) + La'_{2.n} \cdot \cos(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.8}$$
$$t_3 D^{C.10+n}_{m.n} = La_{dn}(x^{m.n}_{10+n.n}) + La_{2.n} \cdot \sin(\phi_{10+n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.9}$$
$$r_1 D^{C.10-n}_{m.n} = Ra_{2.n} \tag{4.6.10}$$
$$r_2 D^{C.10-n}_{m.n} = -Ra\gamma_n \cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) + Ra_{2.n}(y^{m.n}_{10-n.n}) \tag{4.6.11}$$
$$r_3 D^{C.10-n}_{m.n} = -Ra\gamma_n \cdot \sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) + Ra_{2.n}(x^{m.n}_{10-n.n}) \tag{4.6.12}$$
$$s_1 D^{C.10-n}_{m.n} = 0 \tag{4.6.13}$$
$$s_2 D^{C.10-n}_{m.n} = -Ra\beta_n \cdot \sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.14}$$
$$s_3 D^{C.10-n}_{m.n} = +Ra\beta_n \cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.15}$$
$$t_1 D^{C.10-n}_{m.n} = -Ra_{d.n} \tag{4.6.16}$$
$$t_2 D^{C.10-n}_{m.n} = -Ra_{d.n} \cdot (y^{m.n}_{10-n.n}) + Ra'_{2.n} \cos(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.17}$$
$$t_3 D^{C.10-n}_{m.n} = -Ra_{d.n} \cdot (x^{m.n}_{10-n.n}) + Ra_{2.n} \cdot \sin(\phi_{10-n.n} - \phi_{m.n}) \tag{4.6.18}$$

(4.6.1)~(4.6.9) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10, 11, \cdots 10+n$ について, (4.6.10)~(4.6.18) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10, 9, \cdots 10-n$ について計算する.

$$arM^{C.10+n}_{10.n} = \frac{1}{Kn}\left[r_1 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n} \cdot {}_2C_{10.n} - (2B_{10-n})^2\right\} - r_3 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n} \cdot {}_2C_{10.n} - {}_1C_{10.n} \cdot {}_2B_{10.n}\right\} - r_2 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n} \cdot {}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n} \cdot {}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.19}$$

$$arH^{C.10+n}_{10.n} = \frac{1}{Kn}\left[-r_1 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n} \cdot {}_2C_{10.n} - 2B_{10.n} \cdot {}_1C_{10.n}\right\} + r_3 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{{}_1A_{10.n} \cdot {}_2C_{10.n} - ({}_1C_{10.n})^2\right\} + r_2 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n} \cdot {}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n} \cdot {}_2B_{10.n}\right\}\right] \tag{4.6.20}$$

$$arV^{C.10+n}_{10.n} = \frac{1}{Kn}\left[-r_1 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n} \cdot {}_1C_{10.n} - {}_1B_{10.n} \cdot {}_2B_{10.n}\right\} + r_3 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n} \cdot {}_1C_{10.n} - {}_1A_{10.n} \cdot {}_2B_{10.n}\right\} + r_2 D^{C.10+n}_{10.n}\left\{{}_1A_{10.n} \cdot 3B_{10.n} - ({}_1B_{10.n})^3\right\}\right] \tag{4.6.21}$$

$$asM^{C,10+n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{s_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{m,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-s_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-\right.$$
$$\left.s_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.22)$$

$$asH^{C,10+n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+\right.$$
$$\left.s_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.23)$$

$$asV^{C,10+n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+\right.$$
$$\left.s_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \qquad (4.6.24)$$

$$atM^{C,10+n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{t_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-t_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-\right.$$
$$\left.t_2D^{C,10+n}_{m,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.25)$$

$$atH^{C,10+n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-t_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+t_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+\right.$$
$$\left.t_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.26)$$

$$atV^{C,10+n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-t_1D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+t_3D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-\right.\right.$$
$$\left.\left.{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+t_2D^{C,10+n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \qquad (4.6.27)$$

$$arM^{C,10-n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{r_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-r_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-\right.$$
$$\left.r_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.28)$$

$$arH^{C,10-n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-r_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+r_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+\right.$$
$$\left.r_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.29)$$

$$arV^{C,10-n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-r_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+r_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+\right.$$
$$\left.r_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \qquad (4.6.30)$$

$$asM^{C,10-n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{s_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-s_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-\right.$$
$$\left.s_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.31)$$

$$asH^{C,10-n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+\right.$$
$$\left.s_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.32)$$

$$asV^{C,10-n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{-s_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+s_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right.$$
$$\left.+s_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right\} \qquad (4.6.33)$$

$$atM^{C,10-n}_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left\{t_1D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-t_3D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right.$$
$$\left.-t_2D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right\} \qquad (4.6.34)$$

$$atH^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left[-t_1 D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - {}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\} + t_3 D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n} - ({}_1C_{10,n})^2\right\}\right.$$
$$\left. + t_2 D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \qquad (4.6.35)$$

$$atV^{C,10-n}_{10,n} = \frac{1}{Kn}\left[-t_1 D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - {}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\} + t_3 D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n} - \right.\right.$$
$$\left.\left. {}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\} + t_2 D^{C,10-n}_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n} - ({}_1B_{10,n})^2\right\}\right] \qquad (4.6.36)$$

(4.6.19)～(4.6.36) を $n = 1, 2, \cdots 6$ について計算する。

(1) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$arM^{C,10+n}_{m,n} = arM^{C,10+n}_{10,n} + arH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \qquad (4.6.37)$$

$$arH^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.38)$$

$$arV^{C,10+n}_{m,n} = arH^{C,10+n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arV^{C,10+n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.39)$$

$$asM^{C,10+n}_{m,n} = asM^{C,10+n}_{10,n} + asH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \qquad (4.6.40)$$

$$asH^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.41)$$

$$asV^{C,10+n}_{m,} = asH^{C,10+n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + asV^{10+n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.42)$$

$$atM^{C,10+n}_{m,n} = atM^{C,10+n}_{10,n} + atH^{C,10+n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + atV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \qquad (4.6.43)$$

$$atH^{C,10+n}_{m,n} = atH^{C,10+n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{C,10+n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.44)$$

$$atV^{C,10+n}_{m,n} = atH^{C,10+n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + atV^{C,10+n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.45)$$

$$arM^{C,10-n}_{m,n} = arM^{C,10-n}_{10,n} + arH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \qquad (4.6.46)$$

$$arH^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.47)$$

$$arV^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.48)$$

$$asM^{C,10-n}_{m,n} = asM^{C,10-n}_{10,n} + asH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \qquad (4.6.49)$$

$$asH^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.50)$$

$$asV^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.51)$$

$$atM^{C,10-n}_{m,n} = atM^{C,10-n}_{10,n} + atH^{C,10-n}_{10,n}(\chi^{10,n}_{m,n}) + atV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \qquad (4.6.52)$$

$$atH^{C,10-n}_{m,n} = atH^{C,10-n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - atV^{C,10-n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.53)$$

$$atV^{C,10-n}_{m,n} = atH^{C,10-n}_{10,n}\cdot\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) + atV^{C,10-n}_{10,n}\cdot\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \qquad (4.6.54)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = \iota_1 C_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + \iota_2 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + \iota_2 C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} - \gamma_2 D^{C,10+n}_{m,n} \qquad (4.6.55)$$

$$ar(\Delta s)^{C,10+n}_{m,n} = -\iota_1 B_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} - \iota_3 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} - \iota_2 B_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} + \gamma_3 D^{C,10+n}_{m,n} \qquad (4.6.56)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = \iota_1 A_{m,n}\cdot arM^{C,10+n}_{m,n} + \iota_1 B_{m,n}\cdot arH^{C,10+n}_{m,n} + \iota_1 C_{m,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n} - \gamma_1 D^{C,10+n}_{m,n} \qquad (4.6.57)$$

$$as(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = \iota_1 C_{m,n}\cdot asM^{C,10+n}_{m,n} + \iota_2 B_{m,n}\cdot asH^{C,10+n}_{m,n} + \iota_2 C_{m,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n} - s_2 D^{C,10+n}_{m,n} \qquad (4.6.58)$$

$$as(\Delta S)^{C.10+n}_{m.n} = -\iota_1 B_{m.n} \cdot asM^{C.10+n}_{m.n} - \iota_3 B_{m.n} \cdot asH^{C.10+n}_{m.n} - \iota_2 B_{m.n} \cdot asV^{C.10+n}_{m.n} + s_3 D^{C.10+n}_{m.n} \quad (4.6.59)$$

$$as(\Delta\theta)^{C.10+n}_{m.n} = \iota_1 A_{m.n} \cdot asM^{C.10+n}_{m.n} + \iota_1 B_{m.n} \cdot asH^{C.10+n}_{m.n} + \iota_1 C_{m.n} \cdot asV^{C.10+n}_{m.n} - s_1 D^{C.10+n}_{m.n} \quad (4.6.60)$$

$$at(\Delta r)^{C.10+n}_{m.n} = \iota_1 C_{m.n} \cdot atM^{C.10+n}_{m.n} + \iota_2 B_{m.n} \cdot atH^{C.10+n}_{m.n} + \iota_2 C_{m.n} \cdot atV^{C.10+n}_{m.n} - t_2 D^{C.10+n}_{m.n} \quad (4.6.61)$$

$$at(\Delta S)^{C.10+n}_{m.n} = -\iota_1 B_{m.n} \cdot atM^{C.10+n}_{m.n} - \iota_3 B_{m.n} \cdot atH^{C.10+n}_{m.n} - \iota_2 B_{m.n} \cdot atV^{C.10+n}_{m.n} + t_3 D^{C.10+n}_{m.n} \quad (4.6.62)$$

$$at(\Delta\theta)^{C.10+n}_{m.n} = \iota_1 A_{m.n} \cdot atM^{C.10+n}_{m.n} + \iota_1 B_{m.n} \cdot atH^{C.10+n}_{m.n} + \iota_1 C_{m.n} \cdot atV^{C.10+n}_{m.n} - t_1 D^{C.10+n}_{m.n} \quad (4.6.63)$$

$$ar(\Delta r)^{C.10-n}_{m.n} = \iota_1 C_{m.n} \cdot arM^{C.10-n}_{m.n} + \iota_2 B_{m.n} \cdot arH^{C.10-n}_{m.n} + \iota_2 C_{m.n} \cdot arV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.64)$$

$$ar(\Delta S)^{C.10-n}_{m.n} = -\iota_1 B_{m.n} \cdot arM^{C.10-n}_{m.n} - \iota_3 B_{m.n} \cdot arH^{C.10-n}_{m.n} - \iota_2 B_{m.n} \cdot arV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.65)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C.10-n}_{m.n} = \iota_1 A_{m.n} \cdot arM^{C.10-n}_{m.n} + \iota_1 B_{m.n} \cdot arH^{C.10-n}_{m.n} + \iota_1 C_{m.n} \cdot arV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.66)$$

$$as(\Delta r)^{C.10-n}_{m.n} = \iota_1 C_{m.n} \cdot asM^{C.10-n}_{m.n} + \iota_2 B_{m.n} \cdot asH^{C.10-n}_{m.n} + \iota_2 C_{m.n} \cdot asV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.67)$$

$$as(\Delta S)^{C.10-n}_{m.n} = -\iota_1 B_{m.n} \cdot asM^{C.10-n}_{m.n} - \iota_3 B_{m.n} \cdot asH^{C.10-n}_{m.n} - \iota_2 B_{m.n} \cdot asV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.68)$$

$$as(\Delta\theta)^{C.10-n}_{m.n} = \iota_1 A_{m.n} \cdot asM^{C.10-n}_{m.n} + \iota_1 B_{m.n} \cdot asH^{C.10-n}_{m.n} + \iota_1 C_{m.n} \cdot asV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.69)$$

$$at(\Delta r)^{C.10-n}_{m.n} = \iota_1 C_{m.n} \cdot atM^{C.10-n}_{m.n} + \iota_2 B_{m.n} \cdot atH^{C.10-n}_{m.n} + \iota_2 C_{m.n} \cdot atV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.70)$$

$$at(\Delta S)^{C.10-n}_{m.n} = -\iota_1 B_{m.n} \cdot atM^{C.10-n}_{m.n} - \iota_3 B_{m.n} \cdot atH^{C.10-n}_{m.n} - \iota_2 B_{m.n} \cdot atV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.71)$$

$$at(\Delta\theta)^{C.10-n}_{m.n} = \iota_1 A_{m.n} \cdot atM^{C.10-n}_{m.n} + \iota_1 B_{m.n} \cdot atH^{C.10-n}_{m.n} + \iota_1 C_{m.n} \cdot atV^{C.10-n}_{m.n} \quad (4.6.72)$$

ii) $9 \geq m \geq 10-n$ のとき

$$arM^{C.10+n}_{m.n} = arM^{C.10+n}_{10.n} + arH^{C.10+n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + arV^{C.10+n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) \quad (4.6.73)$$

$$arH^{C.10+n}_{m.n} = arH^{C.10+n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - arV^{C.10+n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.74)$$

$$arV^{C.10+n}_{m.n} = -arH^{C.10+n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - arV^{C.10+n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.75)$$

$$asM^{C.10+n}_{m.n} = asM^{C.10+n}_{10.n} + asH^{C.10+n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + asV^{C.10+n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) \quad (4.6.76)$$

$$asH^{C.10+n}_{m.n} = asH^{C.10+n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - asV^{C.10+n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.77)$$

$$asV^{C.10+n}_{m.n} = -asH^{C.10+n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - asV^{C.10+n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.78)$$

$$atM^{C.10+n}_{m.n} = atM^{C.10+n}_{10.n} + atH^{C.10+n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + atV^{C.10+n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) \quad (4.6.79)$$

$$atH^{C.10+n}_{m.n} = atH^{C.10+n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - atV^{C.10+n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.80)$$

$$atV^{C.10+n}_{m.n} = -atH^{C.10+n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - atV^{C.10+n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.81)$$

$$arM^{C.10-n}_{m.n} = arM^{C.10-n}_{10.n} + arH^{C.10-n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + arV^{C.10-n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) \quad (4.6.82)$$

$$arH^{C.10-n}_{m.n} = arH^{C.10-n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - arV^{C.10-n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.83)$$

$$arV^{C.10-n}_{m.n} = -arH^{C.10-n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - arV^{C.10-n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.84)$$

$$asM^{C.10-n}_{m.n} = asM^{C.10-n}_{10.n} + asH^{C.10-n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + asV^{C.10-n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) \quad (4.6.85)$$

$$asH^{C.10-n}_{m.n} = asH^{C.10-n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - asV^{C.10-n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.86)$$

$$asV^{C.10-n}_{m.n} = -asH^{C.10-n}_{10.n} \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - asV^{C.10-n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.87)$$

$$atM^{C.10-n}_{m.n} = atM^{C.10-n}_{10.n} + atH^{C.10-n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + atV^{C.10-n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) \quad (4.6.88)$$

$$atH^{C.10-n}_{m.n} = atH^{C.10-n}_{10.n} \cdot \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - atV^{C.10-n}_{10.n} \cdot \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.89)$$

$$atV^{C.10-n}_{m.n} = -atH^{C.10-n}_{10.n} \cdot \sin(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) - atV^{C.10-n}_{10.n} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{10.n}) \quad (4.6.90)$$

$$ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n} = -R1C_{m.n}\cdot arM^{c.10+n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot arH^{c.10+n}_{m.n} + R2C_{m.n}\cdot arV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.91)$$

$$ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n} = R1B_{m.n}\cdot arM^{c.10+n}_{m.n} + R3B_{m.n}\cdot arH^{c.10+n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot arV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.92)$$

$$ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} = -R1A_{m.n}\cdot arM^{c.10+n}_{m.n} - R1B_{m.n}\cdot arH^{c.10+n}_{m.n} + R1C_{m.n}\cdot arV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.93)$$

$$as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n} = -R1C_{m.n}\cdot asM^{c.10+n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot asH^{c.10+n}_{m.n} + R2C_{m.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.94)$$

$$as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n} = R1B_{m.n}\cdot asM^{c.10+n}_{m.n} + R3B_{m.n}\cdot asH^{c.10+n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.95)$$

$$as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} = -R1A_{m.n}\cdot asM^{c.10+n}_{m.n} - R1B_{m.n}\cdot asH^{c.10+n}_{m.n} + R1C_{m.n}\cdot asV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.96)$$

$$at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n} = -R1C_{m.n}\cdot atM^{c.10+n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot atH^{c.10+n}_{m.n} + R2C_{m.n}\cdot atV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.97)$$

$$at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n} = R1B_{m.n}\cdot atM^{c.10+n}_{m.n} + R3B_{m.n}\cdot atH^{c.10+n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot atV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.98)$$

$$at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} = -R1A_{m.n}\cdot atM^{c.10+n}_{m.n} - R1B_{m.n}\cdot atH^{c.10+n}_{m.n} + R1C_{m.n}\cdot atV^{c.10+n}_{m.n} \quad (4.6.99)$$

$$ar(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n} = -R1C_{m.n}\cdot arM^{c.10-n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot arH^{c.10-n}_{m.n} + R2C_{m.n}\cdot arV^{c.10-n}_{m.n} + r2D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.100)$$

$$ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n} = R1B_{m.n}\cdot arM^{c.10-n}_{m.n} + R3B_{m.n}\cdot arH^{c.10-n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot arV^{c.10-n}_{m.n} - r3D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.101)$$

$$ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} = -R1A_{m.n}\cdot arM^{c.10-n}_{m.n} - R1B_{m.n}\cdot arH^{c.10-n}_{m.n} + R1C_{m.n}\cdot arV^{c.10-n}_{m.n} + r1D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.102)$$

$$as(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n} = -R1C_{m.n}\cdot asM^{c.10-n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot asH^{c.10-n}_{m.n} + R2C_{m.n}\cdot asV^{c.10-n}_{m.n} + s2D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.103)$$

$$as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n} = R1B_{m.n}\cdot asM^{c.10-n}_{m.n} + R3B_{m.n}\cdot asH^{c.10-n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot asV^{c.10-n}_{m.n} - s3D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.104)$$

$$as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} = -R1A_{m.n}\cdot asM^{c.10-n}_{m.n} - R1B_{m.n}\cdot asH^{c.10-n}_{m.n} + R1C_{m.n}\cdot asV^{c.10-n}_{m.n} + s1D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.105)$$

$$at(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n} = -R1C_{m.n}\cdot atM^{c.10-n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot atH^{c.10-n}_{m.n} + R2C_{m.n}\cdot atV^{c.10-n}_{m.n} + t_2D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.106)$$

$$at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n} = R1B_{m.n}\cdot atM^{c.10-n}_{m.n} + R3B_{m.n}\cdot atH^{c.10-n}_{m.n} - R2B_{m.n}\cdot atV^{c.10-n}_{m.n} - t_3D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.107)$$

$$at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} = -R1A_{m.n}\cdot atM^{c.10-n}_{m.n} - R1B_{m.n}\cdot atH^{c.10-n}_{m.n} + R1C_{m.n}\cdot atV^{c.10-n}_{m.n} + t_1D^{c.10-n}_{m.n} \quad (4.6.108)$$

(4.6.37)~(4.6.108) を $n=1,2\cdots\cdots6$; $n=10-n, 11-n\cdots\cdots10\cdots\cdots10+n$ について計算する.

4-7. 温度荷重による撓み

$$t_{m+1/4.n} = t_{m.n} + \frac{j}{4}(t_{m+1.n} - t_{m.n}) \quad (4.7.1)$$

$$w_{m+1/4.n} = w_{m.n} + \frac{j}{4}(w_{m+1.n} - w_{m.n}) \quad (4.7.2)$$

(4.7.1)~(4.7.2) を $n=1,2\cdots6$; $m=10-n, 11-n\cdots\cdots10\cdots\cdots10+n$; $j=0,1,2,3$ について計算する. ただし $m=10+n$ のとき $j=0$ 以外の j は計算しない.

$$Lt1D_{m.n} = \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\{w_{i.n}\cdot r_{i.n} + 4w_{i+1/4.n}\cdot r_{i+2/8.n} + 2w_{i+3/4.n}\cdot r_{i+5/8.n} + 4w_{i+3/4.n}\cdot r_{i+5/8.n} + w_{i+1.n}\cdot r_{i+1.n}\} \quad (4.7.3)$$

$$\begin{aligned} Lt2D_{m.n} = {} & \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\{(w_{i.n}(y^{m.n}_{i.n}))r_{i.n} + 4w_{i+1/4.n}(y^{m.n}_{i+2/8.n})r_{i+2/8.n} + 2w_{i+3/4.n}(y^{m.n}_{i+5/8.n})r_{i+5/8.n} + \\ & 4w_{i+3/4.n}(y^{m.n}_{i+5/8.n})\cdot r_{i+5/8.n} + w_{i+1.n}(y^{m.n}_{i+1.n})r_{i+1.n}\} - \frac{C}{12}\sum_{i=n}^{q+n}\{t_{i.n}\cdot r_{i.n}\sin(\phi_{i.n}-\phi_{m.n})\cdot r_{i.n} + 4t_{i+1/4.n}\cdot r_{i+2/8.n} \\ & \sin(\phi_{i+2/8.n}-\phi_{m.n}) + 2t_{i+3/4.n}\cdot r_{i+5/8.n}\sin(\phi_{i+5/8.n}-\phi_{m.n}) + 4t_{i+3/4.n}\cdot r_{i+5/8.n}\sin(\phi_{i+5/8.n}-\phi_{m.n}) + \\ & t_{i+1.n}\cdot r_{i+1.n}\sin(\phi_{i+1.n}-\phi_{m.n})\}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n}) \end{aligned} \quad (4.7.4)$$

$$\begin{aligned} Lt3D_{m.n} = {} & \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\{(w_{i.n}(x^{m.n}_{i.n}))r_{i.n} + 4w_{i+1/4.n}(x^{m.n}_{i+2/8.n})r_{i+2/8.n} + 2w_{i+3/4.n}(x^{m.n}_{i+5/8.n})\cdot r_{i+5/8.n} + \\ & 4w_{i+3/4.n}(x^{m.n}_{i+5/8.n})r_{i+5/8.n} + w_{i+1.n}(x^{m.n}_{i+1.n})r_{i+1.n}\} + \frac{C}{12}\sum_{i=m}^{q+n}(\phi_{i+1.n}-\phi_{i.n})\{t_{i.n}\cdot r_{i.n}\cos(\phi_{i.n}-\phi_{m.n}) + \end{aligned}$$

$$4\,t_{i+\frac{4}{8}n}\cdot r_{i+\frac{2}{8}n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}n}-\phi_{m,n})+2\,t_{i+\frac{2}{8}n}\cdot r_{i+\frac{2}{8}n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{3}{8}n}\cdot r_{i+\frac{5}{8}n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{5}{8}n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\Big] \quad (4.7.5)$$

$$R_{1k}D_{m,n}=\frac{c}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[\omega_{i,n}\cdot r_{i,n}+4\omega_{i+\frac{1}{8}n}\cdot r_{i+\frac{1}{8}n}+2\omega_{i+\frac{2}{8}n}\cdot r_{i+\frac{2}{8}n}+4\omega_{i+\frac{3}{8}n}r_{i+\frac{3}{8}n}+\omega_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\right] \quad (4.7.6)$$

$$R_{t2}D_{m,n}=\frac{c}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[\omega_{i,n}(y_{i,n}^{m,n})r_{i,n}+4\omega_{i+\frac{1}{8}n}(y_{i+\frac{1}{8}n}^{m,n})r_{i+\frac{1}{8}n}+2\omega_{i+\frac{2}{8}n}(y_{i+\frac{2}{8}n}^{m,n})r_{i+\frac{2}{8}n}+4\omega_{i+\frac{3}{8}n}(y_{i+\frac{3}{8}n}^{m,n})r_{i+\frac{3}{8}n}+\omega_{i+1,n}(y_{i+1,n}^{m,n})r_{i+1,n}\right]-\frac{c}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[t_{i,n}r_{i,n}\sin(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{1}{8}n}\cdot r_{i+\frac{1}{8}n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{2}{8}n}-\phi_{m,n})+2\,t_{i+\frac{2}{8}n}\cdot r_{i+\frac{2}{8}n}\sin(\phi_{i+\frac{4}{8}n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{3}{8}n}\cdot r_{i+\frac{5}{8}n}\cdot\sin(\phi_{i+\frac{5}{8}n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\sin(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right] \quad (4.7.7)$$

$$R_{t3}D_{m,n}=\frac{c}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[\omega_{i,n}\cdot(x_{i,n}^{m,n})r_{i,n}+4\omega_{i+\frac{1}{8}n}(x_{i+\frac{1}{8}n}^{m,n})r_{i+\frac{1}{8}n}+2\omega_{i+\frac{2}{8}n}\cdot(x_{i+\frac{2}{8}n}^{m,n})r_{i+\frac{2}{8}n}+4\omega_{i+\frac{3}{8}n}(x_{i+\frac{3}{8}n}^{m,n})r_{i+\frac{3}{8}n}+\omega_{i+1,n}(x_{i+1,n}^{m,n})r_{i+1,n}\right]+\frac{c}{12}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\phi_{i+1,n}-\phi_{i,n})\left[t_{i,n}r_{i,n}\cos(\phi_{i,n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{1}{8}n}\cdot r_{i+\frac{1}{8}n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{2}{8}n}-\phi_{m,n})+2\,t_{i+\frac{2}{8}n}\cdot r_{i+\frac{2}{8}n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{4}{8}n}-\phi_{m,n})+4\,t_{i+\frac{3}{8}n}\cdot r_{i+\frac{5}{8}n}\cdot\cos(\phi_{i+\frac{5}{8}n}-\phi_{m,n})+t_{i+1,n}\cdot r_{i+1,n}\cdot\cos(\phi_{i+1,n}-\phi_{m,n})\right] \quad (4.7.8)$$

(4.7.3)～(4.7.5) を $n=1.2$ ---- 6 ; $m=10.11$ ---- $10+n$ について計算し

(4.7.6)～(4.7.8) を $n=1.2$ ---- 6 ; $m=10-n, 11-n$ ---- 10 について計算する。

$$t_1D_{10,n}=L_{t1}D_{10,n}+R_{t1}D_{10,n} \quad (4.7.9)$$

$$t_2D_{10,n}=L_{t2}D_{10,n}+R_{t2}D_{10,n} \quad (4.7.10)$$

$$t_3D_{10,n}=L_{t3}D_{10,n}+R_{t3}D_{10,n} \quad (4.7.11)$$

$$ta'M_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left[t_1D_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_2B_{10,n})^2\right\}-t_3D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_1C_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}-t_2D_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \quad (4.7.12)$$

$$ta'H_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left[-t_1D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-{}_2B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}\right\}+t_3D_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_2C_{10,n}-({}_1C_{10,n})^2\right\}+t_2D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}\right] \quad (4.7.13)$$

$$ta'V_{10,n}=\frac{1}{Kn}\left[-t_1D_{10,n}\left\{{}_3B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1B_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+t_3D_{10,n}\left\{{}_1B_{10,n}\cdot{}_1C_{10,n}-{}_1A_{10,n}\cdot{}_2B_{10,n}\right\}+t_2D_{10,n}\left\{{}_1A_{10,n}\cdot{}_3B_{10,n}-({}_1B_{10,n})^2\right\}\right] \quad (4.1.14)$$

(4.7.9)～(4.7.14) を $n=1.2$ ---- 6. について計算する。

i) $10\leqq m\leqq 10+n$ のとき

$$ta'M_{m,n}=ta'M_{10,n}+ta'H_{10,n}(x_{m,n}^{10,n})+ta'V_{10,n}(y_{m,n}^{10,n}) \quad (4.7.15)$$

$$ta'H_{m,n}=ta'H_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta'V_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.16)$$

$$ta'V_{m,n}=ta'H_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})+ta'V_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.17)$$

$$ta(\Delta T')_{m,n}=L_1C_{m,n}\cdot ta'M_{m,n}+L_2B_{m,n}\cdot ta'H_{m,n}+L_2C_{m,n}\cdot ta'V_{m,n}-L_{t2}D_{m,n} \quad (4.7.18)$$

$$ta(\Delta S')_{m,n}=-L_1B_{m,n}\cdot ta'M_{m,n}-L_3B_{m,n}\cdot ta'H_{m,n}-L_2B_{m,n}ta'V_{m,n}+L_{t3}D_{m,n} \quad (4.7.19)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n}=L_1A_{m,n}\,ta'M_{m,n}+L_1B_{m,n}\cdot ta'H_{m,n}+L_1C_{m,n}\cdot ta'V_{m,n}-L_{t1}D_{m,n} \quad (4.7.20)$$

ii) $9\geqq m\geqq 10-n$ のとき

$$ta'M_{m,n}=ta'M_{10,n}+ta'H_{10,n}(x_{m,n}^{10,n})+ta'V_{10,n}(y_{m,n}^{10,n}) \quad (4.7.21)$$

$$ta'H_{m,n}=ta'H_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n})-ta'V_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.22)$$

$$ta\bar{V}_{m,n} = -taH'_{10,n}\sin(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) - ta\bar{V}'_{10,n}\cos(\phi_{m,n}-\phi_{10,n}) \quad (4.7.23)$$

$$ta(\Delta r')_{m,n} = -R_1C_{m,n}\cdot taM'_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + R_2C_{m,n}\cdot ta\bar{V}'_{m,n} + R_{t2}D_{m,n} \quad (4.7.24)$$

$$ta(\Delta S')_{m,n} = R_1B_{m,n}\cdot taM'_{m,n} + R_3B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} - R_2B_{m,n}\cdot ta\bar{V}'_{m,n} - R_{t3}D_{m,n} \quad (4.7.25)$$

$$ta(\Delta\theta')_{m,n} = -R_1A_{m,n}\cdot taM'_{m,n} - R_1B_{m,n}\cdot taH'_{m,n} + R_1C_{m,n}\cdot ta\bar{V}'_{m,n} + R_{t1}D_{m,n} \quad (4.7.26)$$

(4.7.15)～(4.7.26) を $n=1.2;\cdots 6$; $m=10-n.\ 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

第5節 片持梁の単位撓み

5.1 片持梁の形状計算

(i) ${}_R\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} \quad (5.1.1)$$

(ii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ で $T=+1$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} + ({}_LT_{A,n} - T_{C,n})\frac{vers(\phi_{m,n}-{}_L\phi_{A,n})}{vers({}_L\phi_{A,n}-{}_L\phi_{A,n})} \quad (5.1.2)$$

(iii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m,n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ で $T=-1$ のとき

$$T_{m,n} = \frac{1}{vers({}_L\phi_{A,n}-{}_L\phi_{A,n})}\left\{T_{C,n}-{}_LT_{A,n}\cdot\cos({}_L\phi_{A,n}-{}_L\phi_{A,n}) + ({}_LT_{A,n}-T_{C,n})\frac{\cos({}_L\phi_{A,n}-{}_L\phi_{A,n})}{\cos(\phi_{m,n}-{}_L\phi_{A,n})}\right. \quad (5.1.3)$$

(iv) ${}_R\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} < {}_R\phi_{A,n}$ で $T=+1$ のとき

$$T_{m,n} = T_{C,n} + ({}_RT_{A,n} - T_{C,n})\frac{vers(\phi_{m,n}-{}_R\phi_{m,n})}{vers({}_R\phi_{A,n}-{}_R\phi_{A,n})} \quad (5.1.4)$$

v) ${}_R\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} < {}_R\phi_{A,n}$ で $T=-1$ のとき

$$T_{m,n} = \frac{1}{vers({}_R\phi_{A,n}-{}_R\phi_{A,n})}\left\{T_{C,n}-{}_RT_{A,n}\cdot\cos({}_R\phi_{A,n}-{}_R\phi_{A,n}) + ({}_RT_{A,n}-T_{C,n})\frac{\cos({}_R\phi_{A,n}-{}_R\phi_{A,n})}{\cos(\phi_{m,n}-{}_R\phi_{A,n})}\right. \quad (5.1.5)$$

$T_{m,n}$ を $m=10,11,\cdots 16$; $n=m-10, m-9.5, m-9.0\cdots 7.0$ と $m=9,8\cdots 4$; $n=10-m, 10.5-m, 11-m,\cdots 7.0$ について計算する。

$$ce_{m,n} = -(\chi_{m,n}-\chi_{m,7})\sec(\phi_{m,n}+{}_0\phi_n) \quad (5.1.6)$$

$$ue_{m,n} = ce_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.7)$$

$$ur_{m,n} = r_{m,n} + \frac{T_{m,n}}{2} \quad (5.1.8)$$

$$A_{m,n} = \frac{T_{m,n}\cdot r_{m,n}}{ar_{m,n}}\cos(\phi_{m,n}+{}_0\phi_n-\phi_{m,7}) \quad (5.1.9)$$

$$\ell g_{m,n} = \frac{T_{m,n}}{2}\left(1-\frac{1}{6}\cdot\frac{T_{m,n}}{r_{m,n}}\right) \quad (5.1.10)$$

$$I_{m,n} = \frac{T^3_{m,n}\cdot r_{m,n}}{12\,ar_{m,n}}\left\{1-\frac{1}{12}\left(\frac{T_{m,n}}{r_{m,n}}\right)^2\right\}\cos(\phi_{m,n}+{}_0\phi_n-\phi_{m,7}) \quad (5.1.11)$$

(5.1.6)～(5.1.10) を $m=10,11,\cdots 16$; $n=m-10, m-9.5, m-9.0\cdots 7.0$ と $m=9,8,4\cdots 4$; $n=10-m, 10.5-m, 11.0-m\cdots 7.0$ について (5.1.11) を $m=10.11\cdots 16$; $n=m-10, m-9\cdots 7$ と $m=9,8\cdots 4$; $n=10-m, 11-m\cdots 7$ について計算する。

5.2 単位荷重による断面諸力

(i) $n \geqq \ell+1$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{n,m} = crH^{m.\ell}_{m.n} = csV^{m.\ell}_{m,n} = csM^{m.\ell}_{m.n} = csH^{m.\ell}_{m.n} = ctM^{m\ell}_{m,n} = cmM^{m.\ell}_{m.n} = 0 \quad (5.2.1)$$

(ii) $n = \ell = 6$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = crM^{m.\ell}_{m.n} = crH^{m.\ell}_{m.n} = csV^{m.\ell}_{m.n} = csM^{m.\ell}_{m.n} = csH^{m.\ell}_{m.n} = ctM^{m.\ell}_{m.n} = cmM^{m.\ell}_{m.n} = 0 \quad (5.2.2)$$

(iii) $n = \ell \leqq 5$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \quad (5.2.3)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\frac{1}{3}(Z_{\ell+1} - Z_\ell) \quad (5.2.4)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = 0 \quad (5.2.5)$$

$$csV^{m.\ell}_{m.n} = 0 \quad (5.2.6)$$

$$csM^{m.\ell}_{m.n} = 0 \quad (5.2.7)$$

$$csH^{m.\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \quad (5.2.8)$$

$$ctM^{m.\ell}_{m,n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \quad (5.2.10)$$

(iv) $n \leqq \ell-1$ で $\ell = 6$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.6} - {}_o\phi_6) \quad (5.2.11)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_6}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.12)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.6} - {}_o\phi_6) \quad (5.2.13)$$

$$csV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.6} - {}_o\phi_6) \quad (5.2.14)$$

$$csM^{m.\ell}_{m.n} = csV^{m.\ell}_{m.n}\cdot\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.15)$$

$$csH^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.6} - {}_o\phi_6) \quad (5.2.16)$$

$$ctM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}} \quad (5.2.17)$$

$$cmM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{r_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.6} - {}_o\phi_6) \quad (5.2.18)$$

(v) $n \leqq \ell-1$ で $(n+1) \leqq \ell \leqq 5$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (5.2.19)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.20)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (5.2.21)$$

$$csV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (5.2.22)$$

$$csM^{m.\ell}_{m.n} = csV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.23)$$

$$csH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (5.2.24)$$

$$ctM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \quad (5.2.25)$$

$$cmM^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{r_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (5.2.26)$$

(5.2.1) ~ (5.2.26) と $m=10,11\cdots16$; $\ell=m-10, m-9,\cdots 6$; $n=m-10, m-9\cdots 7$ と $m=9, 8, 7, \cdots 4$, $\ell=10-m, 11-m\cdots 6$. $n=10-m, 11-m\cdots 7.0$ について計算する.

5-3. 単位撓みの計算

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\right.$$

$$+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\right.$$

$$+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\cos(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+\frac{(1+\nu_c)}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\right.$$

$$+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{Ami}\sin(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-$$

$$\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)-K^c_m\Big[\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.p}\Big\}\cos(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$+\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta s)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta s)^{c.m}_{m.p}\Big\}\sin(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big]$$

$$+\Big\{(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m}+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\beta_m)\cos(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\textcircled{1}_m\sin(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}^{*}$$

(5.3.1)

$$cr(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{-1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\right.$$

$$+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}-\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\right.$$

$$\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{Ami}\sin(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+\frac{(1+\nu_c)}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\cos(\phi_{m.i+1}+\right.$$

$$\left.{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\cos(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\right\}-(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_p)$$

$$\sin(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+K^c_m\Big[\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.p}\Big\}\sin(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$-\Big\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta s)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot as(\Delta s)^{c.m}_{m.p}\Big\}\cos(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big]-\Big[(crM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m}+$$

$$+crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\beta_m)\sin(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)-crH^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\textcircled{1}_m\cos(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big]^{*}$$

(5.3.2)

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}=-K^c_m\left\{crV^{m.\ell}_{m.p}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}+crH^{c.m}_{m.p}\cdot as(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}\right\} \tag{5.3.3}$$

$$cr(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}=-K^c_{20-m}\Big\{crV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p}+crH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p}\Big\}\cos(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$-K^c_{20-m}\Big\{crV^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot ar(\Delta s)^{c.20-m}_{m.p}+crH^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot as(\Delta s)^{c.20-m}_{m.p}\Big\}\sin(\phi_{m.p}+{}_0\phi_p-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n) \tag{5.3.4}$$

$$cr(\Delta s)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n} = K^{c}_{20\text{-}m}\left[cr V^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.P} + cr H^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right] sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$-K^{c}_{20\text{-}m}\left[cr V^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot ar(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.P} + cr H^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right] cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n) \quad (5.3.5)$$

$$cr(\Delta\theta)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n} = -K^{c}_{20\text{-}m}\left[cr V^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.20\text{-}m}_{m.P} + cr H^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta\theta)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right] \quad (5.3.6)$$

$$cs(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{csM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\right.$$

$$+\frac{csM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{csV^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$+\frac{csV^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\cos(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+\frac{1+\nu_c}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{csH^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$+\frac{csH^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\sin(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+(csM^{m.\ell}_{m.P}\cdot cd\varepsilon m+csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot cd\varepsilon 2m)(Z_n-Z_P)\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$-K^{c}_{m}\Big[\Big\{csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.P}+csH^{m.\ell}_{m.P}\cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.P}\Big\}\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+\Big\{csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot ar(\Delta s)^{c.m}_{m.P}$$

$$+csH^{m.\ell}_{m.P}\cdot as(\Delta s)^{c.m}_{m.P}\Big\}\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big]+\Big[(csM^{m.\ell}_{m.P}\cdot cd\varepsilon 2m+csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot c\gamma m)\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$+csH^{m.\ell}_{m.P}\cdot c\textcircled{f}m\cdot\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big]^{*} \quad (5.3.7)$$

$$cs(\Delta s)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{-1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{csM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$+\frac{csM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}-\frac{5(1+\nu_c)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{csV^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-$$

$$\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+\frac{csV^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\sin(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}+\frac{(1+\nu_c)}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big\{\frac{csH^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-$$

$$\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+\frac{csH^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\cos(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big\}-(csM^{m.\ell}_{m.P}\cdot cd\varepsilon m+csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot cd\varepsilon 2m)(Z_n-Z_P)$$

$$\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)+K^{c}_{m}\Big[\Big\{csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.m}_{m.P}+csH^{m.\ell}_{m.P}\cdot as(\Delta r)^{c.m}_{m.P}\Big\}\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$-\Big\{csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot ar(\Delta s)^{c.m}_{m.P}+csH^{m.\ell}_{m.P}\cdot as(\Delta s)^{c.m}_{m.P}\Big\}\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big]-\Big[(csM^{m.\ell}_{m.P}\cdot cd\varepsilon 2m+csV^{m.\ell}_{m.P}$$

$$\cdot c\gamma m)\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)-csH^{m.\ell}_{m.P}\cdot c\textcircled{f}m\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\Big]^{*} \quad (5.3.8)$$

$$cs(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -K^{c}_{m}\left[csV^{m.\ell}_{m.P}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.m}_{m.P}+csH^{m.\ell}_{m.P}\cdot as(\Delta\theta)^{c.m}_{m.P}\right] \quad (5.3.9)$$

$$cs(\Delta r)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n} = -K^{c}_{20\text{-}m}\left[csV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.P}+csH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right]\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$-K^{c}_{20\text{-}m}\left[csV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot ar(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.P}+csH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right]\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n) \quad (5.3.10)$$

$$cs(\Delta s)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n} = K^{c}_{20\text{-}m}\left[csV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot ar(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.P}+csH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right]\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)$$

$$-K^{c}_{20\text{-}m}\left[csV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot ar(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.P}+csH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right]\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n) \quad (5.3.11)$$

$$cs(\Delta\theta)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n} = -K^{c}_{20\text{-}m}\left[csV^{20\text{-}m.\ell}_{m.P}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.20\text{-}m}_{m.P}+csH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.P}\cdot as(\Delta\theta)^{c.20\text{-}m}_{m.P}\right] \quad (5.3.12)$$

$$ct(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = K^{c}_{m} \cdot ct M^{m.\ell}_{m.p} \cdot at(\Delta r)^{c.m}_{m.p} \tag{5.3.13}$$

$$ct(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n} = K^{c}_{m} \cdot ct M^{m.\ell}_{m.p} \cdot at(\Delta S)^{c.m}_{m.p} \tag{5.3.14}$$

$$ct(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1+\nu_c}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{ctM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}+\frac{ctM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}\right\}+K^{c}_{m}\cdot ctM^{m.\ell}_{m.p}\cdot at(\Delta\theta)^{c.m}_{m.n}-\left[ctM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\delta_m\right]^{*} \tag{5.3.15}$$

$$ct(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n} = K^{c}_{20-m}\cdot ctM^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot at(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p} \tag{5.3.16}$$

$$ct(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n} = K^{c}_{20-m}\cdot ctM^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot at(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p} \tag{5.3.17}$$

$$ct(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n} = K^{c}_{20-m}\cdot ctM^{20-m.\ell}_{20-m.p}\cdot at(\Delta\theta)^{c.20-m}_{m.p} \tag{5.3.18}$$

$$cm(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-o\phi_n)+\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+o\phi_i-\phi_{m.n}-o\phi_n)\right\}+cmM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)+\left[cmM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_{2.m}\right]^{*} \tag{5.3.19}$$

$$cm(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{-1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-o\phi_n)+\frac{cmM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+o\phi_i-\phi_{m.n}-o\phi_n)\right\}-cmM^{m.\ell}_{m.p}\cdot c\alpha_m(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n) \tag{5.3.20}$$

$$cm(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = cm(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n} = cm(\Delta S)^{20-m.\ell}_{m.n} = cm(\Delta\theta)^{20-m.\ell}_{m.n} = 0 \tag{5.3.21}$$

たゞし (5.3.1)～(5.3.21) の[ ]*の項は $m=10$ のときにのみ加算し. $\sum_{i=p}^{n-1}\cdot crM^{m.\ell}_{mp}\cdot crH^{m.\ell}_{m.p}$. $crV^{m.\ell}_{m.p}$; …… Z_p; $\phi_{m.p}$; $o\phi_p$ にあらわれる P は次のようにとるものとする.

(i) $m=10$ のとき

$P=0$ このとき $K^{c}_{m}=K^{c}_{20-m}=0$ とする.

(ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$P=m-10$

(iii) $10>m\geqq 4$ のとき

$P=10-m$

(5.3.1)～(5.3.21) を $m=10.11.12\cdots 16$; $n=m-10, m-9\cdots 7$; $\ell=m-10, m-9\cdots 6$ と $m=9, 8\cdots 4$; $n=10-m, 11-m\cdots 7$; $\ell=10-m, 11-m\cdots 6$ について計算する.

5-4 自重に対する単位荷重

ダムが標高 N_1. N_2 および天頂と三段階に継目グラウトが行われ.これによる自重に対する三次元的な分担を考慮する場合には次のような単位荷重を片持梁に追加して考える必要がある.即ち.標高 N_1 にて1. N_1-1 にて0で.その間直線的に変化する.半径方向単位荷重.接線方向単位荷重.ねじれ単位荷重と標高 N_2 にて1. N_2-1 にて0でその間直線的に変化する半径方向単位荷重.接線方向単位荷重.ねじれ単位荷重である。これらの単位荷重による断面諸力を

$$cr^1V^{m.N_1}_{m.n},\ cr^1H^{m.N_1}_{m.n},\ cr^1M^{m.N_1}_{m.n},\ cs^1V^{m.N_1}_{m.n},\ cs^1H^{m.N_1}_{m.n},\ cs^1M^{m.N_1}_{m.n},\ ct^1M^{m.N_1}_{m.n},\ cr^2V^{m.N_2}_{m.n},\ cr^2H^{m.N_2}_{m.n},\ cr^2M^{m.N_2}_{m.n},\ cs^2V^{m.N_2}_{m.n}$$
$$cs^2H^{m.N_2}_{m.n},\ cs^2M^{m.N_2}_{m.n},\ ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$$

とし.各方向撓みと

$$cr^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n},\ cr^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n},\ cr^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n},\ cs^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n},\ cs^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n},\ cs^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n},\ ct^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n},\ ct^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n},\ ct^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$$
$$cr^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n},\ cr^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n},\ cr^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n},\ cs^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n},\ cs^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n},\ cs^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n},\ ct^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n},\ ct^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n},\ ct^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$$

とすれば

i) $n=N_1$ のとき

$$cr^1V^{m.N_1}_{m.n}=cr^1M^{m.N_1}_{m.N}=cr^1H^{m.N_1}_{m.n}=cs^1V^{m.N_1}_{m.n}=cs^1M^{m.N_1}_{m.n}=cs^1H^{m.N_1}_{m.n}=ct^1M^{m.N_1}_{m.n}=0 \qquad (5.4.1)$$

ii) $n<N_1$ のとき

$$cr^1V^{m.N_1}_{m.n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{ur_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.2)$$

$$cr^1M^{m.N_1}_{m.n}=cr^1V^{m.N_1}_{m.n}\left(Z_{N_1}-\frac{Z_{N_1}-Z_{N_1-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.3)$$

$$cr^1H^{m.N_1}_{m.n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{ur_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.4)$$

$$cs^1V^{m.N_1}_{m.n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{r_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.5)$$

$$cs^1M^{m.N_1}_{m.n}=cs^1V^{m.N_1}_{m.n}\left(Z_{N_1}-\frac{Z_{N_1}-Z_{N_1-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.6)$$

$$cs^1H^{m.N_1}_{m.n}=\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{r_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_1}-{}_0\phi_{N_1}) \qquad (5.4.7)$$

$$ct^1M^{m.N_1}_{m.n}=\frac{1}{2}(Z_{N_1}-Z_{N_1-1})\frac{r_{m.N_1}}{ar_{m.N_1}} \qquad (5.4.8)$$

(5.4.1) ~ (5.4.8) を $m=10.11\cdots 9+N_1$, $n=m-10.m-9\cdots N_1$ と $m=9.8\cdots 11-N_1$; $n=10-m.11-m\cdots N_1$ について計算する.

i) $n=N_2$ のとき

$$cr^2V^{m.N_2}_{m.n}=cr^2M^{m.N_2}_{m.n}=cr^2H^{m.N_2}_{m.n}=cs^2V^{m.N_2}_{m.n}=cs^2M^{m.N_2}_{m.n}=cs^2H^{m.N_2}_{m.n}=ct^2M^{m.N_2}_{m.n}=0 \qquad (5.4.9)$$

ii) $n<N_2$ のとき

$$cr^2V^{m.N_2}_{m.n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{ur_{m.N_2}}{ar_{m.N_2}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.10)$$

$$cr^2M^{m.N_2}_{m.n}=cr^2V^{m.N_2}_{m.n}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.11)$$

$$cr^2H^{m.N_2}_{m.n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{ur_{m.N_2}}{ar_{m.N_2}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.12)$$

$$cs^2V^{m.N_2}_{m.n}=-\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{r_{m.N_2}}{ar_{m.N_2}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.13)$$

$$cs^2M^{m.N_2}_{m.n}=cs^2V^{m.N_2}_{m.n}\left(Z_{N_2}-\frac{Z_{N_2}-Z_{N_2-1}}{3}-Z_n\right) \qquad (5.4.14)$$

$$cs^2H^{m.N_2}_{m.n}=\frac{1}{2}(Z_{N_2}-Z_{N_2-1})\frac{r_{m.N_2}}{ar_{m.N_2}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.N_2}-{}_0\phi_{N_2}) \qquad (5.4.15)$$

$$ct^2M^{m.N2}_{m.n} = \frac{1}{2}\,(Z_{N2}-Z_{N2-1})\frac{r_{m.N2}}{\Delta r_{m.N2}} \qquad (5.4.16)$$

(5.4.9)～(5.4.16)で $m = 10, 11 \cdots 9+N_2$; $n = m-10, m-9 \cdots N_2$ と $m = 9, 8 \cdots 11-N_2$; $n = 10-m, 11-m \cdots N_2$ について計算する。

$cr'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $c\acute{t}\,(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $c\acute{t}\,(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$ は (5.3.1)～(5.3.18) の $crM^{m.\ell}_{m.\ell+1}$; $crM^{m.\ell}_{m.\ell}$; $crM^{m.\ell}_{m.p}$; …… 等を $cr'M^{m.N_1}_{m.\ell+1}$; $cr'M^{m.N_1}_{m.\ell}$; $crM^{m.N_1}_{m.p}$; …… 等におきかえ計算すれば求められる。

また同様に $cr^2(\Delta r)^{m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta s)^{m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta\theta)^{m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta r)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta s)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta\theta)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta r)^{m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta s)^{m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta\theta)^{m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta r)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta s)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta\theta)^{20-m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta r)^{m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta s)^{m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta\theta)^{m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta r)^{20-m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta s)^{20-m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta\theta)^{20-m.N2}_{m.n}$ は (5.3.1)～(5.3.18) の $crM^{m.\ell}_{m.\ell+1}$; $crM^{m.\ell}_{m.\ell}$; $crM^{m.\ell}_{m.p}$ …… 等を $cr^2M^{m.N2}_{m.\ell+1}$; $cr^2M^{m.N2}_{m.\ell}$; $cr^2M^{m.N2}_{m.p}$ …… 等におきかえ計算すれば求められる。

$cr'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cr'(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $cs'(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m-n}$; $cs'(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n}$; $ct'(\Delta s)^{20-m.N_1}_{m-n}$; $ct'(\Delta\theta)^{20-m.N_1}_{m.n}$

と $m = 10, 11 \cdots 9+N_1$; $n = m-10, m-9 \cdots N_1$ と $m = 9\,8 \cdots 11-N_1$; $n = 10-m, 11-m \cdots N_1$ について計算し

$cr^2(\Delta r)^{m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta s)^{m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta\theta)^{m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta r)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta s)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta\theta)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta r)^{m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta s)^{m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta\theta)^{m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta r)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta s)^{20-m.N2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta\theta)^{20-m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta r)^{m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta s)^{m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta\theta)^{m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta r)^{20-m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta s)^{20-m.N2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta\theta)^{20-m.N2}_{m.n}$

と $m = 10, 11 \cdots 9+N2$; $n = m-10, m-9 \cdots N_2$ と $m = 9\,8 \cdots 11-N_2$; $n = 10-m, 11-m \cdots N_2$ について計算する。

5-5. 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta r')_{m.n} = -\frac{c}{2}\sum_{\ell=p}^{n-1}(Z_{\ell+1}-Z_\ell)\{w_{m.\ell+1}'(Z_n-Z_{\ell+1})\cos(\phi_{m.\ell+1}+\phi_{\ell+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+w_{m.\ell}(Z_n-Z_\ell)\cos(\phi_{m.\ell}+{}_o\phi_\ell-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\}+ta\,(\Delta r')_{m.p}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+ta\,(\Delta s')_{mp}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \qquad (5.5.1)$$

$$tc(\Delta s')_{mn} = \frac{c}{2}\sum_{\ell=p}^{n-1}(Z_{\ell+1}-Z_\ell)\{w_{m.\ell+1}'(Z_n-Z_{\ell+1})\sin(\phi_{m.\ell+1}+{}_o\phi_{\ell+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+w_{m.\ell}(Z_n-Z_\ell)\sin(\phi_{m.\ell}+{}_o\phi_\ell-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\}-ta\,(\Delta r')_{m.p}\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+ta\,(\Delta s')_{mp}\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n) \qquad (5.5.2)$$

$$tc\,(\Delta\theta')_{mn} = ta\,(\Delta\theta')_{m.p} \qquad (5.5.3)$$

ここに $\sum_{\ell=p}^{n-1}$, $\phi_{m.p}$; ${}_o\phi_p$ の p は次のようにとるものとする。

i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき

$p = m-10$

ii) $10 > m \geq 4$ のとき

$$p = 10 - m$$

(5.5.1)～(5.5.3)を $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 7$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 7$ について計算する。

第6節 初期撓み

6-1 初期撓み

初期撓みとは荷重分割の便宜上 片持梁またはアーチのいづれか一方に特定の荷重を荷重分割に先立って載荷した場合の撓みをいう。

この初期撓みは荷重分割には加味されるもので、荷重分割法では自重以外の鉛直荷重、NO.6のアーチより上部の水圧荷重および地震時の横性力を片持梁に載荷する。

6-2 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

i) $Z_{n+1} \leqq H_0$ のとき

$$w_{m.n} = \frac{1}{2}(P_{m.n} + P_{m.n+1})(u_{em.n} - u_{em.n+1}) \tag{6.2.1}$$

$$v_{em.n} = u_{em.n} - \frac{1}{3}(u_{em.n} - u_{em.n+1})\frac{P_{m.n} + 2P_{m.n+1}}{P_{m.n} + P_{m.n+1}} \tag{6.2.2}$$

ii) $Z_n \leqq H_0 < Z_{n+1}$ のとき

$$w_{m.n} = \frac{1}{2}P_{m.n}(u_{em.n} - u_{em.n+1})\frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.3}$$

$$v_{em.n} = u_{em.n} - \frac{1}{3}(u_{em.n} - u_{em.n+1})\frac{H_0 - Z_n}{Z_{n+1} - Z_n} \tag{6.2.4}$$

iii) $Z_n > H_0$ のとき

$$w_{m.n} = v_{em.n} = 0 \tag{6.2.5}$$

これら $w_{m.n}, v_{em.n}$ を $m = 10, 11 \cdots 16$. $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m$, $11-m$, 6 について計算する。各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは

$$vW_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m.i} \tag{6.2.6}$$

$$vM_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m.i}\,(v_{em.i} - u_{em.n} + l_{g\,m.n}) \tag{6.2.7}$$

6-3 水平荷重による半径方向剪断力 接線方向剪断力 曲げモーメント

i) $Z_7 \geqq H_0 \geqq Z_6$ のとき

$$hV_{m.n} = -\frac{1}{2}P_{m.6}(H_0 - Z_6)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\cos(\phi_{m.n+0}\phi_n - \phi_{m.6-0}\phi_6) \tag{6.3.1}$$

$$hM_{m.n} = hV_{m.n}\left[Z_6 + \frac{1}{3}(H_0 - Z_6) - Z_n\right] \tag{6.3.2}$$

$$hH_{m.n} = -\frac{1}{2}P_{m.6}(H_0 - Z_6)\frac{ur_{m.6}}{ar_{m.6}}\sin(\phi_{m.n+0}\phi_n - \phi_{m.6-0}\phi_6) \tag{6.3.3}$$

ii) $H_0 < Z_6$ のとき

$Z_{\ell+1} > H_0 \geq Z_\ell$ ただし $\ell \leqq 5$ とする。

(a) $n > \ell$ のとき

$$kV_{m.n} = kM_{m.n} = kH_{m.n} = 0 \qquad (6.3.4)$$

(b) $n \leqq \ell$ のとき

$$kV_{m.n} = \frac{1}{2} P_{m.\ell} (Z_{\ell+1} - H_0) \frac{u r_{m.\ell}}{a r_{m.\ell}} \cos(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n - {}_0\phi_{m.\ell} - {}_0\phi_\ell) \qquad (6.3.5)$$

$$kM_{m.n} = kV_{m.n} \left\{ \frac{1}{3} (Z_{\ell+1} + Z_\ell + H_0) - Z_n \right\} \qquad (6.3.6)$$

$$kH_{m.n} = \frac{1}{2} P_{m.\ell} (Z_{\ell+1} - H_0) \frac{u r_{m.\ell}}{a r_{m.\ell}} \sin(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_0\phi_\ell) \qquad (6.3.7)$$

これら $kV_{m.n}$, $kM_{m.n}$, $kH_{m.n}$ を $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-4 地震時慣性力による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$sV_{m.n} = -\sum_{\ell=n}^{6} P_{c\cdot k} \frac{Z_{\ell+1} - Z_\ell}{2} (A_{m.i+1} + A_{mi}) \cos(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n) \qquad (6.4.1)$$

$$sM_{m.n} = -\sum_{\ell=n}^{6} P_{c\cdot k} \frac{Z_{\ell+1} - Z_\ell}{2} \left[A_{m.i+1} (Z_{i+1} - Z_n) + A_{m.i} (Z_i - Z_n) \right] \cos(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n) \qquad (6.4.2)$$

$$sH_{m.n} = -\sum_{\ell=n}^{6} P_{c\cdot k} \frac{Z_{\ell+1} - Z_\ell}{2} (A_{m.i+1} + A_{m.i}) \sin(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n) \qquad (6.4.3)$$

これらを $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-5 全初期荷重による半径方向剪断力，接線方向剪断力，曲げモーメント

$$IV_{m.n} = sV_{m.n} + kV_{m.n} \qquad (6.5.1)$$

$$IM_{m.n} = vM_{m.n} + sM_{m.n} + kM_{m.n} \qquad (6.5.2)$$

$$IH_{m.n} = sH_{m.n} + kH_{m.n} \qquad (6.5.3)$$

これらを $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-6 初期撓みの計算

$$\begin{aligned}
cI(\Delta r)_{m.n} = {} & \frac{1}{2Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{IM_{m.i+1}}{Im.i+1} (Z_n - Z_{i+1}) \cos(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \right. \\
& \frac{IM_{m.i}}{Im.i} (Z_n - Z_i) \cos(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \Big\} + \frac{5(1+\nu)}{4Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{IV_{m.i+1}}{Am.i+1} \cos(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \right. \\
& + \frac{IV_{m.i}}{Am.i} \cos(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \Big\} + \frac{1+\nu c}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i) \left\{ \frac{IH_{m.i+1}}{Am.i+1} \sin(\phi_{m.i+1} + {}_0\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \right. \\
& + \frac{IH_{m.i}}{Am.i} \sin(\phi_{m.i} + {}_0\phi_i - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \Big\} + (IM_{m.p} {}^{c}cd_{m} + IV_{m.p} {}^{c}cd_{2.m}) (Z_n - Z_p) \cos(\phi_{m.p} + {}_0\phi_p - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \\
& - \left\{ k^{c}_{m} \left\{ IV_{m.p} {}^{c}ar(\Delta r)^{c.m}_{m.p} + IH_{m.p} {}^{c}as(\Delta r)^{c.m}_{m.p} \right\} + k^{c}_{20-m} \left\{ IV_{20-m.p} {}^{c}ar(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p} + IH_{20-m.p} {}^{c}as(\Delta r)^{c.20-m}_{m.p} \right\} \right\} \\
& \times \cos(\phi_{m.p} + {}_0\phi_p - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) - \left\{ k^{c}_{m} \left\{ IV_{m.p} {}^{c}ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p} + IH_{m.p} {}^{c}as(\Delta S)^{c.m}_{m.p} \right\} + k^{c}_{20-m} \left\{ IV_{20-m.p} {}^{c}ar(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p} \right. \right. \\
& \left. \left. + IH_{20-m.p} {}^{c}as(\Delta S)^{c.20-m}_{m.p} \right\} \right\} \sin(\phi_{m.p} + {}_0\phi_p - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) + \left\{ (IM_{10.0} {}^{c}cd_{2.10} + IV_{10.0} {}^{c}cr_{10}) \cos(\phi_{100} + {}_0\phi_0 - \phi_{10.n} \right. \\
& \left. - {}_0\phi_n) + IH_{10.0} {}^{c}c\textcircled{1}0 \sin(\phi_{10.0} + {}_0\phi_0 - \phi_{10.n} - {}_0\phi_n) \right\}^{*}
\end{aligned} \qquad (6.6.1)$$

$$cI(\Delta S)_{m.n} = \frac{-1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{IM_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-o\phi_n)+\frac{IM_{m.i}}{Im.i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+o\phi_i-\phi_{m.n}-o\phi_n)\right\}-\frac{\Sigma(IIK)}{4Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{IV_{m.i+1}}{Am.i+1}\sin(\phi_{m.i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-o\phi_n)+\frac{IV_{m.i}}{Am.i}\sin(\phi_{m.i}+o\phi_i-\phi_{m.n}-o\phi_n)\right\}+\frac{I+\nu c}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{IH_{m.i+1}}{Am.i+1}\cos(\phi_{m.i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-o\phi_n)+\frac{IH_{m.i}}{Am.i}\cos(\phi_{m.i}+o\phi_i-\phi_{m.n}-o\phi_n)\right\}-(IM_{m.p}\cdot cd_{1.m}+IV_{m.p}\cdot cd_{2.m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)+\left\{K_m^c\left\{IV_{m.p}\cdot ar(\Delta r)_{m.p}^{c.m}+IH_{m.p}\cdot as(\Delta r)_{m.p}^{c.m}\right\}+K_{20\cdot m}^c\left\{IV_{20\cdot m.p}\cdot ar(\Delta r)_{m.p}^{c.20-m}+IH_{20\cdot m.p}\cdot as(\Delta r)_{m.p}^{c.20-m}\right\}\right\}\times\sin(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)-\left\{K_m^c\left\{IV_{m.p}\cdot ar(\Delta S)_{m.p}^{c.m}+IH_{m.p}\cdot as(\Delta S)_{m.p}^{c.m}\right\}+K_{20\cdot m}^c\left\{IV_{20-m.p}\cdot as(\Delta S)_{m.p}^{c.20-m}+IH_{20-m.p}\cdot as(\Delta S)_{m.p}^{c.20-m}\right\}\right\}\cos(\phi_{m.p}+o\phi_p-\phi_{m.n}-o\phi_n)-\left\{(IM_{10.0}\cdot cd_{2.10}+IV_{10.0}\cdot c\gamma_{10})\sin(\phi_{10.0}+o\phi_0-\phi_{10.n}-o\phi_n)-IH_{10.0}\cdot c\textcircled{\delta}_{10}\cos(\phi_{10.0}+o\phi_0-\phi_{10.n}-o\phi_n)\right\}^{*} \quad (6.6.2)$$

$$cI(\Delta\theta)_{m.n} = -K_m^c\left[IV_{m.p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m.p}^{c.m}+IH_{m.p}\cdot as(\Delta\theta)_{m.p}^{c.m}\right]-K_{20\cdot m}^c\left[IV_{20\cdot m}\cdot ar(\Delta\theta)_{m.p}^{c.20-m}+IH_{20-m.p}\cdot as(\Delta\theta)_{m.p}^{c.20-m}\right] \quad (6.6.3)$$

ただし (6.6.1)・(6.6.2) の〔 〕* の項は $m=10$ のときにのみ加算し, $\sum_{i=p}^{n-1}$, $IM_{m.p}$, $IV_{m.p}$, $IH_{m.p}$, $IV_{20-m.p}$, $IH_{20-m.p}$, ΣP, $\phi_{m.p}$, $o\phi_P$ にあらわれる P は次のようにとるものとする。

i) $m=10$ のとき

$P=0$ このとき $K_m^c = K_{20-m}^c = 0$ とする。

ii) $10 < m \leqq 16$ のとき

$P = m-10$

iii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$P = 10-m$

(6.6.1) ～ (6.6.3) で $m=10, 11 \cdots 16$. $n=m-10, m-9 \cdots 7$ と $m=9, 8 \cdots 4$; $n=10-m$, $11-m \cdots 7$ について計算する。

またアーチの初期荷重による捩みは

$$aI(\Delta r)_{m.n} = -K_{10+n}^c\left[IV_{10+n.n'}ar(\Delta r)_{m.n}^{c.10+n}+IH_{10+n.n'}as(\Delta r)_{m.n}^{c.10+n}\right]-K_{10-n}^c\left[IV_{10-n.n'}ar(\Delta r)_{m.n}^{c.10-n}+IH_{10-n.n'}as(\Delta r)_{m.n}^{c.10-n}\right] \quad (6.6.4)$$

$$aI(\Delta S)_{m.n} = -K_{10+n}^c\left[IV_{10+n.n'}ar(\Delta S)_{m.n}^{c.10+n}+IH_{10+n.n'}as(\Delta S)_{m.n}^{c.10+n}\right]-K_{10-n}^c\left[IV_{10-n.n'}ar(\Delta S)_{m.n}^{c.10-n}+IH_{10-n.n'}as(\Delta S)_{m.n}^{c.10-n}\right] \quad (6.6.5)$$

$$aI(\Delta\theta)_{m.n} = -K_{10+n}^c\left[IV_{10+n.n'}ar(\Delta\theta)_{m.n}^{c.10+n}+IH_{10+n.n'}as(\Delta\theta)_{m.n}^{c.10+n}\right]-K_{10-n}^c\left[IV_{10-n.n'}ar(\Delta\theta)_{m.n}^{c.10-n}+IH_{10-n.n'}as(\Delta\theta)_{m.n}^{c.10-n}\right] \quad (6.6.6)$$

(6.6.4) ～ (6.6.6) で $n=1.2 \cdots 6$; $m=10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

第7節　自　重

7-1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$w1W_{m,n} = \frac{\rho c}{6}\sum_{i=n}^{N_1-1}(Z_{i+1}-Z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.1)$$

$$w1M_{m,n} = \frac{\rho c}{6}\sum_{i=n}^{N_1-1}(Z_{i+1}-Z_i)\{A_{m,i+1}(uc_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i+1}-o\phi_{i+1})+4A_{m,i+0.5}(uc_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i+0.5}-o\phi_{i+0.5})+A_{m,i}(uc_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i-0}-\phi_i)\}-(uc_{m,n}-lg_{m,n})w1W_{m,n} \qquad (7.1.2)$$

$w1W_{m,n}$, $w1M_{m,n}$ と $m=10,11\cdots 9+N_1$; $n=m-10, m-9\cdots N_1$ と $m=9,8\cdots 11-N_1$; $n=10-m$ $11-m\cdots N_1$ について計算する。

$$w2W_{m,n} = \frac{\rho c}{6}\sum_{i=n}^{N_2-1}(Z_{i+1}-Z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.3)$$

$$w2M_{m,n} = \frac{\rho c}{6}\sum_{i=n}^{N_2-1}(Z_{i+1}-Z_i)\{A_{m,i+1}(uc_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i+1-o}\phi_{i+1})+4A_{m,i+0.5}(uc_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i+0.5-o}\phi_{i+0.5})+A_{m,i}(uc_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i-o}\phi_i)\}-(uc_{m,n}-lg_{m,n})w2W_{m,n}$$

$w2W_{m,n}$, $w2M_{m,n}$ と $m=10,11\cdots 9+N_2$; $n=m-10, m-9\cdots N_2$ と $m=9,8\cdots 11-N_2$; $n=10-m$, $11-m\cdots N_2$ について計算する。

$$w3W_{m,n} = \frac{\rho c}{6}\sum_{i=n}^{6}(Z_{i+1}-Z_i)(A_{m,i+1}+4A_{m,i+0.5}+A_{m,i}) \qquad (7.1.5)$$

$$w3M_{m,n} = \frac{\rho c}{6}\sum_{i=n}^{6}(Z_{i+1}-Z_i)\{A_{m,i+1}(uc_{m,i+1}-lg_{m,i+1})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i+1-o}\phi_{i+1})+4A_{m,i+0.5}(uc_{m,i+0.5}-lg_{m,i+0.5})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i+0.5-o}\phi_{i+0.5})+A_{m,i}(uc_{m,i}-lg_{m,i})\cos(\phi_{m,n+0}+\phi_n-\phi_{m,i-o}\phi_i)\}-(uc_{m,n}-lg_{m,n})w3W_{m,n}$$

$w3W_{m,n}$, $w3M_{m,n}$ と $m=10,11\cdots 16$; $n=m-10, m-9\cdots 7$ と $m=9,8\cdots 4$; $n=10-m$ $11-m,\cdots 7$ について計算する。

7-2 自重による捩れ

$$w1(\Delta r)_{m,n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{w2M_{m,i+1}-w1M_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1+o}\phi_{i+1}-\phi_{m,n-o}\phi_n)+\frac{w2M_{m,i}-w1M_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i+o}\phi_i-\phi_{m,n-o}\phi_n)\right\}+(w2M_{m,p}-w1M_{m,p})\cdot cd_m(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m,p+o}\phi_p-\phi_{m,n-o}\phi_n)+\{(w2M_{10,0}-w1M_{10,0})\cdot cd_{2.10}\cdot\cos(\phi_{m,0+o}\phi_o-\phi_{m,n-o}\phi_n)\}^* \qquad (7.2.1)$$

$$w1(\Delta S)_{m,n} = \frac{-1}{2EC}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{w2M_{m,i+1}-w1M_{m,i+1}}{Im,i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1+o}\phi_{i+1}-\phi_{m,n-o}\phi_n)+\frac{w2M_{m,i}-w1M_{m,i}}{Im,i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i+o}\phi_i-\phi_{m,n-o}\phi_n)\right\}-(w2M_{m,p}-w1M_{m,p})\cdot cd_m(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m,p+o}\phi_p-\phi_{m,n-o}\phi_n)-\{(w2M_{10,0}-w1M_{10,0})\cdot cd_{2.10}\cdot\sin(\phi_{m,0+o}\phi_o-\phi_{m,n-o}\phi_n)\}^* \qquad (7.2.2)$$

$w1(\Delta r)_{m,n}$, $w1(\Delta S)_{m,n}$ と $m=10,11\cdots 9+N_1$; $n=m-10, m-9\cdots N_1$ と $m=9,8\cdots 11-N_1$; $n=10-m$ $11-m\cdots N_1$ について計算する。$[\ ]^*$ は $m=10$ のときにのみ加算し p は

(i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき

$p = m - 10$

(ii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$p = 10 - m$

とするものとする。

$$w_2(\Delta r)_{m,n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)+\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\right\}+(w_3M_{m,p}-w_2M_{m,p})\cdot c\alpha_m\cdot(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)+\left[(w_3M_{10,0}-w_2M_{10,0})\cdot \cdot c\alpha_{2,10}\cdot\cos(\phi_{m,o}+{}_o\phi_o-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\right]^* \quad (7.2.3)$$

$$w_2(\Delta S)_{m,n} = \frac{-1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\left\{\frac{w_3M_{m,i+1}-w_2M_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n+Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)+\frac{w_3M_{m,i}-w_2M_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}+{}_o\phi_i-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\right\}-(w_3M_{m,p}-w_2M_{m,p})\cdot c\alpha_m\cdot(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m,p}+{}_o\phi_p-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)-\left\{(w_3M_{10,0}-w_2M_{10,0})\times c\alpha_{2,10}\cdot\sin(\phi_{m,o}+{}_o\phi_o-\phi_{m,n}-{}_o\phi_n)\right\}^* \quad (7.2.4)$$

$w_2(\Delta r)_{m,n}$; $w_2(\Delta S)_{m,n}$ を $m = 10, 11, \cdots 9+N_2$; $n = m-10, m-9, \cdots N_2$; と $m = 9, 8, \cdots 11-N_2$; $n = 10-m, 11-m, \cdots N_2$ について計算する。$[\ ]^*$ および p は $w_1(\Delta r)_{m,n}$; $w_1(\Delta S)_{m,n}$ の場合と同様である。

第8節 荷重分割

8.1 外荷重に対する荷重分割

点(m,n)の片持梁の半径方向分担荷重，接線方向分担荷重，ねじれ分担荷重をそれぞれ $crP_{m,n}$; $csP_{m,n}$; $ctP_{m,n}$ とすれば，点(m,n)の片持梁の半径方向撓み，接線方向撓み，鉛直軸の周りの回転角は

(i) $m = 10$ のとき

$$c(\Delta r)_{10,n} = c_1(\Delta r)_{10,n} + \sum_{\ell=0}^{6}\left[crP_{10,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{c,\ell}_{10,n} + csP_{10,\ell}\cdot cs(\Delta r)^{10,\ell}_{10,n} + ctP_{10,\ell}\cdot ct(\Delta r)^{10,\ell}_{10,n}\right] + \sum_{i=1}^{6}\left[\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,i}-S_{9,\ell})(S_{10,i}-S_{9,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{10,i}\cdot ctM^{10i}_{10,\ell} - ctP_{9,i}\cdot ctM^{9,i}_{9,\ell})\right\} + \frac{S_{10,\ell}-S_{9,\ell}}{(S_{11,i}-S_{9,\ell})(S_{11,i}-S_{10,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{11,i}\cdot ctM^{11,\ell}_{11,\ell} - ctP_{10,i}\cdot ctM^{10,i}_{10,\ell})\right\}\right]\times cm(\Delta r)^{10,\ell}_{10,n} \quad (8.1.1)$$

$$c(\Delta S)_{10,n} = cr(\Delta S)_{10,n} + \sum_{\ell=0}^{6}\Big\{crP_{10,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{10,n}^{10,\ell} + csP_{10,\ell}\cdot cs(\Delta S)_{10,n}^{10,\ell} + ctP_{10,\ell}\cdot ct(\Delta S)_{10,n}^{10,\ell}\Big] + \sum_{\ell=1}^{6}\Big[\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{10,i}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,i} - ctP_{9,i}\cdot ctM_{9,\ell}^{9,i})\Big\} + \frac{S_{10,\ell}-S_{9,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{11,i}\cdot ctM_{11,\ell}^{11,i} - ctP_{10,i}\cdot ctM_{10,\ell}^{10,i})\Big\}\Big] cm(\Delta S)_{10,n}^{10,\ell} \qquad (8.1.2)$$

$$c(\Delta\theta)_{10,n} = cr(\Delta\theta)_{10,n} + \sum_{\ell=0}^{6}\Big\{crP_{10,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)_{10,n}^{10,\ell} + csP_{10,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)_{10,n}^{10,\ell} + ctP_{10,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)_{10,n}^{10,\ell}\Big] \qquad (8.1.3)$$

(ii) $10 < m \leq 16$ のとき

$$c(\Delta r)_{m,n} = cr(\Delta r)_{m,n} + \sum_{\ell=m-10}^{6}\Big\{crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} - crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m,n}^{20-m,\ell} + csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + csP_{20-m,\ell}\cdot cs(\Delta r)_{m,n}^{20-m,\ell} + ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} + ctP_{20-m,\ell}\cdot ct(\Delta r)_{m,n}^{20-m,\ell}\Big] + \cos(\phi_{m,m-10}+{}_0\phi_{m-10}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=20-m}^{m}\Big[(P_{K,m-10}-crP_{K,m-10})\cdot ar(\Delta r)_{m,m-10}^{K,m-10} - csP_{K,m-10}\cdot as(\Delta r)_{m,m-10}^{K,m-10} - ctP_{K,m-10}\cdot at(\Delta r)_{m,m-10}^{K,m-10}\Big] + \sin(\phi_{m,m-10}+{}_0\phi_{m-10}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=20-m}^{m}\Big[(P_{K,m-10}-crP_{K,m-10})\cdot ar(\Delta S)_{m,m-10}^{K,m-10} - csP_{K,m-10}\cdot as(\Delta S)_{m,m-10}^{K,m-10} - ctP_{K,m-10}\times at(\Delta S)_{m,m-10}^{K,m-10}\Big] + \Big[\frac{S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m-10}^{m,i} - ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m-10}^{m-1,i})\Big\} - \frac{S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m-10}^{m,i} - ctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m-10}^{m-2,i})\Big\}\Big]\times cm(\Delta r)_{m,n}^{m,m-10} + \sum_{\ell=m-9}^{6}\Big[\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i} - ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i})\Big\} + \frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m+1,i}\cdot ctM_{m+1,\ell}^{m+1,i} - ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i})\Big\}\Big] cm(\Delta r)_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.1.4)$$

$$c(\Delta S)_{m,n} = cr(\Delta S)_{m,n} + \sum_{\ell=m-10}^{6}\Big\{crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell} + csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + csP_{20-m,\ell}\cdot cs(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell} + ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta S)_{m,n}^{m,\ell} + ctP_{20-m,\ell}\cdot ct(\Delta S)_{m,n}^{20-m,\ell}\Big] - \sin(\phi_{m,m-10}+{}_0\phi_{m-10}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=20-m}^{m}\Big[(P_{K,m-10}-crP_{K,m-10})\cdot ar(\Delta r)_{m,m-10}^{K,m-10} - csP_{K,m-10}\cdot as(\Delta r)_{m,m-10}^{K,m-10} - ctP_{K,m-10}\cdot at(\Delta r)_{m,m-10}^{K,m-10}\Big] + \cos(\phi_{m,m-10}+{}_0\phi_{m-10}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=20-m}^{m}\Big[(P_{K,m-10}-crP_{K,m-10})\cdot ar(\Delta S)_{m,m-10}^{K,m-10} - csP_{K,m-10}\cdot as(\Delta S)_{m,m-10}^{K,m-10} - ctP_{K,m-10}\cdot at(\Delta S)_{m,m-10}^{K,m-10}\Big] + \Big[\frac{(S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10})}{(S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m-10}^{m,i} - ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,m-10}^{m-1,i})\Big\} - \frac{S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,m-10}^{m,i} - ctP_{m-2,i}\cdot ctM_{m-2,m-10}^{m-2,i})\Big\}\Big]\times cm(\Delta S)_{m,n}^{m,m-10} + \sum_{\ell=m-9}^{6}\Big[\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM_{m,\ell}^{m,i} - ctP_{m-1,i}\cdot ctM_{m-1,\ell}^{m-1,i})\Big\}$$

$$+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}-ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell})\right\}\Big]cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}$$

(8.1.5)

$$c(\Delta\theta)_{m,n}=cr(\Delta\theta)_{m,n}+\sum_{\ell=m+10}^{\delta}\Big\{crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}+csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+$$
$$+csP_{20-m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}+ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+ctP_{20-m,n}\cdot ct(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}\Big\}$$
$$+\sum_{K=20-m}^{m}\Big\{(P_{K,m-10}-crP_{K,m-10})ar(\Delta\theta)^{K,m-10}_{m,m-10}-csP_{K,m-10}\cdot cs(\Delta\theta)^{K,m-10}_{m,m-10}$$
$$-ctP_{K,m-10}\cdot at(\Delta\theta)^{K,m-10}_{m,m-10}\Big\}$$

(8.1.6)

(iii) $10>m\geq 4$ のとき

$$c(\Delta r)_{m,n}=cr(\Delta r)_{m,n}+\sum_{\ell=10-m}^{\delta}\Big\{crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}+crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}+csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}+$$
$$csP_{20-m,\ell}\cdot cs(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}+ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}+ctP_{20-m,\ell}\cdot ct(\Delta r)^{20-m,\ell}_{m,n}\Big\}+\cos(\phi_{m,10-m}+{}_0\phi_{10-m}$$
$$-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=m}^{20-m}\Big\{(P_{K,10-m}-crP_{K,10-m})ar(\Delta r)^{K,10-m}_{m,10-m}-csP_{K,10-m}\cdot as(\Delta r)^{K,10-m}_{m,10-m}-ctP_{K,10-m}\times$$
$$at(\Delta r)^{K,10-m}_{m,10-m}\Big\}+\sin(\phi_{m,10-m}+{}_0\phi_{10-m}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=m}^{20-m}\Big\{(P_{K,10-m}-crP_{K,10-m})\cdot ar(\Delta S)^{K,10-m}_{m,10-m}-$$
$$csP_{K,10-m}\cdot as(\Delta S)^{K,10-m}_{m,10-m}-ctP_{K,10-m}\cdot at(\Delta S)^{K,10-m}_{m,10-m}\Big\}+$$
$$\left\{\frac{S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,10-m}-ctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,10-m})\right\}\right.$$
$$\left.-\frac{S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,10-m}-ctP_{m+2i}\cdot ctM^{m+2,i}_{m+2,10-m})\right\}\right\}\times$$
$$cm(\Delta r)^{m,10-m}_{m,n}+\sum_{\ell=11-m}^{6}\left\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}-ctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell})\right\}\right.$$
$$\left.+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}-ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell})\right\}\right\}cm(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}$$

(8.1.7)

$$c(\Delta S)_{m,n}=cr(\Delta S)_{m,n}+\sum_{\ell=10-m}^{\delta}\Big\{crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n}+csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+$$
$$csP_{20-m,\ell}\cdot cs(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n}+ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+ctP_{20-m,\ell}\cdot ct(\Delta S)^{20-m,\ell}_{m,n}\Big\}-\sin(\phi_{m,10-m}+{}_0\phi_{10-m}-$$
$$\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=m}^{20-m}\Big\{(P_{K,10-m}-crP_{K,10-m})ar(\Delta r)^{K,10-m}_{m,10-m}-csP_{K,10-m}\cdot as(\Delta r)^{K,10-m}_{m,10-m}-ctP_{K,10-m}\cdot at(\Delta r)^{K,10-m}_{m,10-m}$$
$$\Big\}+\cos(\phi_{m,10-m}+{}_0\phi_{10-m}-\phi_{m,n}-{}_0\phi_n)\sum_{K=m}^{20-m}\Big\{(P_{K,10-m}-crP_{K,10-m})ar(\Delta S)^{K,10-m}_{m,10-m}-$$
$$csP_{K,10-m}\cdot as(\Delta S)^{K,10-m}_{m,10-m}-ctP_{K,10-m}\cdot at(\Delta S)^{K,10-m}_{m,10-m}\Big\}+$$
$$\left\{\frac{S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,10-m}-ctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,10-m})\right\}\right.$$
$$\left.-\frac{S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}(ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,10-m}-ctP_{m+2,i}\cdot ctM^{m+2i}_{m+2,10-m})\right\}\right\}\times$$
$$cm(\Delta S)^{m,10-m}_{m,n}+\sum_{\ell=11-m}^{6}\left\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(cti^{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell}-ctP_{m-1,i}\cdot ctM^{m-1,i}_{m-1,\ell})\right\}\right.$$
$$\left.+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m+1,i}\cdot ctM^{m+1,i}_{m+1,\ell}-ctP_{m,i}\cdot ctM^{m,i}_{m,\ell})\right\}\right\}cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}$$

(8.1.8)

$$c(\Delta\theta)_{m,n}=cr(\Delta\theta)_{m,n}+\sum_{\ell=10-m}^{\delta}\Big\{crP_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+crP_{20-m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}+csP_{m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}$$
$$+csP_{20-m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}+ctP_{m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+ctP_{20-m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{20-m,\ell}_{m,n}\Big\}$$
$$+\sum_{K=m}^{20-m}\Big\{(P_{K,10-m}-crP_{K,10-m})ar(\Delta\theta)^{K,10-m}_{m,10-m}-csP_{K,10-m}\cdot as(\Delta\theta)^{K,10-m}_{m,10-m}-ctP_{K,10-m}\cdot at(\Delta\theta)^{K,10-m}_{m,10-m}\Big\}$$

(8.1.9)

矢(m.n)のアーチの各方向撓みおよび鉛直軸のまわりの回転は

$$a(\Delta r)_{m.n} = a_1(\Delta r)_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n}\{(P_{k.n} - cr P_{k.n})\,ar(\Delta r)^{k.n}_{m.n} - cs P_{k.n}\,as(\Delta r)^{k.n}_{m.n} - ct P_{k.n}\,at(\Delta r)^{k.n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{cr P_{10-n.\ell}\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n} + cr H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\} + cs P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$+ cs H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\} - ct P_{10-n.\ell}\,ct A^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,at(\Delta r)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{cr P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n} + cr H^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} + cs P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+ cs H^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} - ct P_{10+n.\ell}\,ct A^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.1.10)$$

$$a(\Delta s)_{m.n} = a_1(\Delta s)_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n}\{(P_{k.n} - cr P_{k.n})\,ar(\Delta s)^{k.n}_{m.n} - cs P_{k.n}\,as(\Delta s)^{k.n}_{m.n} - ct P_{k.n}\,at(\Delta s)^{k.n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{cr P_{10-n.\ell}\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n} + cr H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\} + cs P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$+ cs H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\} - ct P_{10-n.\ell}\,ct A^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{cr P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n} + cr H^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} + cs P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+ cs H^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} - ct P_{10+n.\ell}\,ct A^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.1.11)$$

$$a(\Delta\theta)_{m.n} = a_1(\Delta\theta)_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n}\{(P_{k.n} - cr P_{k.n})\,ar(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n} - cs P_{k.n}\,as(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n} - ct P_{k.n}\,at(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10-n}\sum_{\ell=n}^{6}\{cr P_{10-n.\ell}\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n} + cr H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\} + cs P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$+ cs H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\} - ct P_{10-n.\ell}\,ct A^{10-n.\ell}_{10-n.n}\,at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$- K^{c}_{10+n}\sum_{\ell=n}^{6}\{cr P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n} + cr H^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} + cs P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+ cs H^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} - ct P_{10+n.\ell}\,ct A^{10+n.\ell}_{10+n.n}\,at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.1.12)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向の撓みは一致しなければならないから

$$c(\Delta r)_{m.n} = a(\Delta r)_{m.n} \qquad (8.1.13)$$

$$c(\Delta s)_{m.n} = a(\Delta s)_{m.n} \qquad (8.1.14)$$

$$c(\Delta\theta)_{m.n} = a(\Delta\theta)_{m.n} \qquad (8.1.15)$$

(m.n)は $n = 0,1 \cdots\cdots 6$; $m = 10-n, 11-n, \cdots\cdots 10 \cdots\cdots 10+n$ であるから $49\times 3 = 147$ ケの未知数 $crP_{m.n}$; $csP_{m.n}$; $ctP_{m.n}$ と 147 ケの方程式が成立する．しかに $m = 10\pm n$ の矣では (8.1.13) ～ (8.1.15) 式は必ず成立するから

(i) $10 < m \leqq 16$ のとき

$$crP_{m.m-10} = P_{m.m-10}\cdot Sin^{2}{}_{L}\chi_{m-10} \qquad (8.1.16)$$

$$csP_{m.m-10} = ctP_{m.m-10} = 0 \qquad (8.1.17)$$

(ii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$$crP_{m.10-m} = P_{m.10-m}\cdot Sin^{2}{}_{R}\chi_{10-m} \qquad (8.1.18)$$

$$csP_{m.10-m} = ctP_{m.10-m} = 0 \qquad (8.1.19)$$

(iii) $m = 10$ のとき

$$crP_{10.0} = P_{10.0} \qquad (8.1.20)$$

$$csP_{10.0} = ctP_{10.0} = 0 \qquad (8.1.21)$$

として $crP_{m.n}$; $csP_{m.n}$; $ctP_{m.n}$ を未知数とする (8.1.1)～(8.1.12) を $n=1.2\cdots6, m=11-n.12-n\cdots10.\cdots9+n$ において 108 元連方程式をとけば $crP_{m.n}$; $csP_{m.n}$; $ctP_{m.n}$ が求められる.

なおアーチの分担荷重は

$$arP_{m.n}=P_{m.n}-crP_{m.n} \tag{8.1.22}$$

$$asP_{m.n}=-csP_{m.n} \tag{8.1.23}$$

$$atP_{m.n}=-ctP_{m.n} \tag{8.1.24}$$

また片持梁およびアーチの各方向変位は 108 元連立方程式の解 $crP_{m.n}$; $csP_{m.n}$ $ctP_{m.n}$ および (8.1.16)～(8.1.21) を (8.1.12) に代入すれば計算される. これらの値を (8.1.1)～(8.1.9) については $m=10.11\cdots16$; $n=m-10.m-9\cdots7$ と $m=9.8\cdots4.n=10-m.11-m\cdots7$ に対して計算し (8.1.10)～(8.1.12) については $n=1,2\cdots6$; $m=10-n, 11-n\cdots10\cdots10+n$ に対して計算を行う.

8-2 温度荷重に対する荷重分割

(m.n) の片持梁の半径方向分担荷重, 接線方向分担荷重, ねじれ分担荷重をそれぞれ $tcrP_{m.n}$; $tcsP_{m.n}$; $tctP_{m.n}$ とすれば半径方向変位 $tc(\Delta r)_{m.n}$; 接線方向変位 $tc(\Delta S)_{mn}$ 鉛直軸のまわりの回転角 $tc(\Delta\theta)_{m.n}$ は夫々 $c(\Delta r)_{m.n}$ [(8.1.1), (8.1.4), (8.1.7)]; $c(\Delta S)_{m.n}$ [(8.1.2), (8.1.5), (8.1.8)]; $c(\Delta\theta)_{m.n}$ [(8.1.3), (8.1.6), (8.1.9)] において $crP_{m.n}$; $csP_{m.n}$; $ctP_{m.n}$ を夫々 $tcrP_{m.n}$; $tcsP_{m.n}$; $tctP_{m.n}$ におきかえ $P_{m.n}=0$ とし $cI(\Delta r)_{m.n}$; $cI(\Delta S)_{m.n}$; $cI(\Delta\theta)_{m.n}$ を夫々 $tc(\Delta r')_{m.n}$; $tc(\Delta S')_{m.n}$; $tc(\Delta\theta')_{m.n}$ に置換たものによって与えられる.

(m.n) のアーチの半径方向変位 $ta(\Delta r)_{m.n}$; 接線方向変位 $ta(\Delta S)_{m.n}$ 鉛直軸のまわりの回転角 $ta(\Delta\theta)_{m.n}$ は夫々 $a(\Delta r)_{m.n}$ [(8.1.10)]; $a(\Delta S)_{m.n}$ [(8.1.11)] $a(\Delta\theta)_{m.n}$ [(8.1.12)] において $crP_{m.n}$; $csP_{m.n}$; $ctP_{m.n}$ を夫々 $tcrP_{m.n}$; $tcsP_{m.n}$; $tctP_{m.n}$ におきかえ $P_{m.n}=0$ とし $aI(\Delta r)_{m.n}$; $aI(\Delta S)_{m.n}$; $aI(\Delta\theta)_{m.n}$ を夫々 $ta(\Delta r')_{m.n}$; $ta(\Delta S')_{m.n}$, $ta(\Delta\theta')_{m.n}$ におきかえたものにより得られる.

これらアーチおよび片持梁の各方向の撓みは一致しなければならないから

$$tc(\Delta r)_{m.n}=ta(\Delta r)_{m.n} \tag{8.2.1}$$

$$tc(\Delta S)_{m.n}=ta(\Delta S)_{m.n} \tag{8.2.2}$$

$$tc(\Delta\theta)_{m.n}=ta(\Delta\theta)_{m.n} \tag{8.2.3}$$

$m=10+n$ および $m=10-n$ なる点では (8.2.1)～(8.2.3) は必ず成立するから

$$tcrP_{m.m-10}=tcsP_{m.m-10}=tctP_{m.m-10}=0 \quad (10\leqq m\leqq 16\text{ のとき}) \tag{8.2.4}$$

$$tcrP_{m.10-m}=tcsP_{m.10-m}=tctP_{m.10-m}=0 \quad (10>m\geqq 4\text{ のとき}) \tag{8.2.5}$$

において $tcrP_{m.n}$; $tcsP_{m.n}$; $tctP_{m.n}$ を $n=1,2\cdots6$; $m=11-n,12-n\cdots10,\cdots9+n$ において

108元連立方程式をとけば $tcrP_{m.n}$; $tcsP_{m.n}$; $tctP_{m.n}$ が求められる。なおアーチの分担荷重は

$$tarP_{m.n} = -tcrP_{m.n} \tag{8.2.6}$$

$$tasP_{m.n} = -tcsP_{m.n} \tag{8.2.7}$$

$$tatP_{m.n} = -tctP_{m.n} \tag{8.2.8}$$

また片持梁、アーチの各方向撓みは (8.1.1)~(8.1.12)においてcrPm.n; csPmn; ctPm.nを108元連立方程式より求めた $tcrP_{m.n}$; $tcsP_{m.n}$; $tctP_{m.n}$ におきかえて代入し $P_{m.n}=0$ としcI(Δr)m.n cI(Δs)m.n; cI(Δθ)m.n; aI(Δr)m.n; aI(Δs)m.n; aI(Δθ)m.nを夫々 tc(Δr')m.n; tc(Δs')m.n tc(Δθ')m.n; ta(Δr')m.n; ta(Δs')m.n; ta(Δθ')m.nにおきかえれば得られる。

8-3 自重に対する荷重分割

(A)標高 N_1 まで継目グラウトされ標高 N_2 まで打設されたときの荷重分割点(m.n)の片持梁の半径方向分担荷重、接線方向分担荷重、ねじれ分担荷重をそれぞれ $wcr'P_{m.n}$; $wcs'P_{m.n}$; $wct'P_{m.n}$ とすれば (m.n) 点の片持梁の半径方向撓み接線方向撓み鉛直軸のまわりの回転角は

(i) $m=10$ のとき

$$wc'(\Delta r)_{m.n} = w_1(\Delta r)_{m.n} + \sum_{\ell=0}^{N_1-1}\Big\{wcr'P_{10.\ell}\cdot cr(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n} + wcs'P_{10.\ell}\cdot cs(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n} + wct'P_{10.\ell}\cdot ct(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n}\Big\}$$
$$+ wcr'P_{10.N_1}\cdot cr'(\Delta r)^{10.N_1}_{10.n} + wcs'P_{10.N_1}\cdot cs'(\Delta r)^{10.N_1}_{10.n} + wct'P_{10.N_1}\cdot ct'(\Delta r)^{10.N_1}_{10.n}$$
$$+\sum_{\ell=1}^{N_2-1}\Big\{\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\Big[\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct'P_{10.i}\cdot ct'A^{10.i}_{10.\ell} - wct'P_{9.i}\cdot ct'A^{9.i}_{9.\ell}) + wct'P_{10.N_2}ct'A^{10.N_2}_{10.\ell}$$
$$- wct'P_{9.N_2}\cdot ct'A^{9.N_2}_{9.\ell}\Big] + \frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\Big[\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct'P_{11.i}\cdot ct'A^{11.i}_{11.\ell} - wct'P_{10.i}\cdot ct'A^{10.i}_{10.\ell})$$
$$+ wct'P_{11.N_2}\cdot ct'A^{11.N_2}_{11.\ell} - wct'P_{10.N_2}\cdot ct'A^{10.N_2}_{10.\ell}\Big]\Big\}cm(\Delta r)^{10.\ell}_{10.n} \tag{8.3.1}$$

$$wc'(\Delta s)_{m.n} = w_1(\Delta s)_{m.n} + \sum_{\ell=0}^{N_1-1}\Big\{wcr'P_{10.\ell}\cdot cr(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n} + wcs'P_{10.\ell}\cdot cs(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n} + wct'P_{10.\ell}\cdot ct(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n}\Big\}$$
$$+ wcr'P_{10.N_1}\cdot cr'(\Delta s)^{10.N_1}_{10.n} + wcs'P_{10.N_1}\cdot cs'(\Delta s)^{10.N_1}_{10.n} + wct'P_{10.N_1}\cdot ct'(\Delta s)^{10.N_1}_{10.n}$$
$$+\sum_{\ell=1}^{N_2-1}\Big\{\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\Big[\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct'P_{10.i}\cdot ct'A^{10.i}_{10.\ell} - wct'P_{9.i}\cdot ct'A^{9.i}_{9.\ell}) + wct'P_{10.N_2}ct'A^{10.N_2}_{10.\ell}$$
$$- wct'P_{9.N_2}\cdot ct'A^{9.N_2}_{9.\ell}\Big] + \frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\Big[\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct'P_{11.i}\cdot ct'A^{11.i}_{11.\ell} - wct'P_{ai}\cdot ct'A^{10.i}_{10.\ell})$$
$$+ wct'P_{11.N_2}\cdot ct'A^{11.N_2}_{11.\ell} - wct'P_{10.N_2}\cdot ct'A^{10.N_2}_{10.\ell}\Big]\Big\}cm(\Delta s)^{10.\ell}_{10.n} \tag{8.3.2}$$

$$wc'(\Delta\theta)_{m.n} = \sum_{\ell=0}^{N_1-1}\Big\{wcr'P_{10.\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{10.\ell}_{10.n} + wcs'P_{10.\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{10.\ell}_{10.n} + wct'P_{10.\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{10.\ell}_{10.n}\Big\}$$
$$+ wcr'P_{10.N_1}\cdot cr'(\Delta\theta)^{10.N_1}_{10.n} + wcs'P_{10.N_1}\cdot cs'(\Delta\theta)^{10.N_1}_{10.n} + wct'P_{10.N_1}\cdot ct'(\Delta\theta)^{10.N_1}_{10.n} \tag{8.3.3}$$

(ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$$wc'(\Delta r)_{m.n} = w_1(\Delta r)_{m.n} + \sum_{\ell=m-10}^{N_1-1}\Big\{wcr'P_{m.\ell}\cdot cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} + wcs'P_{m.\ell}\cdot cs(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} + wcr'P_{20-m.\ell}\cdot cr(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}$$
$$+wcs'P_{20-m.\ell}\cdot cs(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n} + wct'P_{m.\ell}\cdot ct(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} + wct'P_{20-m.\ell}\cdot ct(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}\Big\} + wcr'P_{m.N_1}\cdot cr'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$$
$$+wcr'P_{20-m.N_1}\cdot cr'(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n} + wcs'P_{m.N_1}\cdot cs'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n} + wcs'P_{20-m.N_1}\cdot cs'(\Delta r)^{20-m.N_1}_{m.n} + wct'P_{m.N_1}\cdot ct'(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$$

$$+wct'P_{20\text{-}m.N_i}\,ct'\,(\Delta r)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n} - \cos(\phi_{m.m\text{-}10}+o\phi_{m\text{-}10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20\text{-}m}^{m}\{wcr'P_{k.m\text{-}10}\,ar\,(\Delta r)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}$$

$$+wcs'P_{k.m\text{-}10}\,as\,(\Delta r)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}+wct'P_{k.m\text{-}10}\,at\,(\Delta r)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}\}-\sin(\phi_{m.m\text{-}10}+o\phi_{m\text{-}10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20\text{-}m}^{m}\{wcr'P_{k.m\text{-}10}\,ar(\Delta S)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}$$

$$+wcs'P_{k.m\text{-}10}\,as(\Delta S)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}+wct'P_{k.m\text{-}10}\,at\,(\Delta S)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}\}$$

$$+\Big\{\frac{S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10}}{(S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}1.m\text{-}10})(S_{m\text{-}1.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10})}\Big\{\sum_{i=m\text{-}10}^{N_i-1}(wct'P_{m.i}\,ct\,M^{m.i}_{m.m\text{-}10}-wct\,P_{m\text{-}1.i}\,'ct\,M^{m\text{-}1.i}_{m\text{-}1.m\text{-}10})$$

$$+wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.m\text{-}10}-wct'P_{m\text{-}1.N_i}\,ct'M^{m\text{-}1.N_i}_{m\text{-}1.m\text{-}10}\Big\}-\frac{S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}1.m\text{-}10}}{(S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10})(S_{m\text{-}1.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10})}$$

$$\times\Big\{\sum_{i=m\text{-}10}^{N_i-1}(wct'P_{m.i}\,ct\,M^{m.i}_{m.m\text{-}10}-wct'P_{m\text{-}2.i}\,ct\,M^{m\text{-}2.i}_{m\text{-}2.m\text{-}10})+wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.m\text{-}10}-wct'P_{m\text{-}2.N_i}\,ct'M^{m\text{-}2.N_i}_{m\text{-}2.m\text{-}10}\Big\}\Big]$$

$$\times\,cm(\Delta r)^{m.m\text{-}10}_{m.n}+\sum_{\ell=m\text{-}9}^{N_n-1}\Big\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m.i}\,ct\,M^{m.i}_{m.\ell}-wct'\,P_{m\text{-}1.i}\,'ct\,M^{m\text{-}1.i}_{m\text{-}1.\ell})$$

$$+wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.\ell}-wct'\,P_{m\text{-}1.N_i}\,ct'M^{m\text{-}1.N_i}_{m\text{-}1.\ell}\Big\}+\frac{S_{m.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m+1.i}\,ct\,M^{m+1.i}_{m+1.\ell}$$

$$-wct'P_{m.i}\,ct\,M^{m.i}_{m.\ell}\Big\}+wct'P_{m+1.N_i}\,ct'M^{m+1.N_i}_{m+1.\ell}-wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.\ell}\Big\}\Big]\,cm(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}\qquad(8.3.4)$$

$$wc(\Delta S)_{m.n}=w_1(\Delta S)_{m.n}+\sum_{\ell=m\text{-}10}^{N_n-1}\{wcr'P_{m.\ell}\,cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{m.\ell}\,cs(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}+wcr'P_{20\text{-}m.\ell}\,cr\,(\Delta S)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}$$

$$+wcs'P_{20\text{-}m.\ell}\,cs(\Delta S)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}+wct'P_{m.\ell}\,ct(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}+wct'P_{20\text{-}m.\ell}\,ct\,(\Delta S)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}\}+wcr'P_{m.N_i}\,cr'(\Delta S)^{m.N_i}_{m.n}$$

$$+wcr'P_{20\text{-}m.N_i}\,cr'\,(\Delta S)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}+wcs'P_{m.N_i}\,cs'(\Delta S)^{m.N_i}_{m.n}+wcs'P_{20\text{-}m.N_i}\,cs'(\Delta S)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}+wct'P_{m.N_i}\,ct'(\Delta S)^{m.N_i}_{m.n}$$

$$+wct'P_{20\text{-}m.N_i}\,ct'(\Delta S)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}+\sin(\phi_{m.m\text{-}10}+o\phi_{m\text{-}10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20\text{-}m}^{m}\{wcr'P_{k.m\text{-}10}\,ar\,(\Delta r)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}$$

$$+wcs'P_{k.m\text{-}10}\,as(\Delta r)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}+wct'P_{k.m\text{-}10}\,at\,(\Delta r)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}\}-\cos(\phi_{m.m\text{-}10}+o\phi_{m\text{-}10}-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{k=20\text{-}m}^{m}\{wcr'P_{k.m\text{-}10}\,ar(\Delta S)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}$$

$$+wcs'P_{k.m\text{-}10}\,as(\Delta S)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}+wct'P_{k.m\text{-}10}\,at\,(\Delta S)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}\}$$

$$+\Big\{\frac{S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10}}{(S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}1.m\text{-}10})(S_{m\text{-}1.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10})}\Big\{\sum_{i=m\text{-}10}^{N_i-1}(wct'P_{m.i}\,ct\,M^{m.i}_{m.m\text{-}10}-wct'P_{m\text{-}1.i}\,ct\,M^{m\text{-}1.i}_{m\text{-}1.m\text{-}10})$$

$$+wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.m\text{-}10}-wct'P_{m\text{-}1.N_i}\,ct'M^{m\text{-}1.N_i}_{m\text{-}1.m\text{-}10}\Big\}-\frac{S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}1.m\text{-}10}}{(S_{m.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10})(S_{m\text{-}1.m\text{-}10}-S_{m\text{-}2.m\text{-}10})}\Big\{\sum_{i=m\text{-}10}^{N_i-1}(wct'P_{m.i}$$

$$\times\,ct\,M^{m.i}_{m.m\text{-}10}-wct'P_{m\text{-}2.i}\,'ct\,M^{m\text{-}2.i}_{m\text{-}2.m\text{-}10})+wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.m\text{-}10}-wct'P_{m\text{-}2.N_i}\,ct'M^{m\text{-}2.N_i}_{m\text{-}2.m\text{-}10}\Big\}\Big]\,cm(\Delta S)^{m.m\text{-}10}_{m.n}$$

$$+\sum_{\ell=m\text{-}9}^{N_n-1}\Big\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m.i}\,ct\,M^{m.i}_{m.\ell}-wct'P_{m\text{-}1.i}\,ct\,M^{m\text{-}1.i}_{m\text{-}1.\ell})$$

$$+wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.\ell}-wct'P_{m\text{-}1.N_i}\,ct'M^{m\text{-}1.N_i}_{m\text{-}1.\ell}\Big\}+\frac{S_{m.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m\text{-}1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m+1.i}\,ct\,M^{m+1.i}_{m+1.\ell}$$

$$-wct'P_{m.i}\,ct\,M^{m.i}_{m.\ell})+wct'P_{m+1.N_i}\,ct'M^{m+1.N_i}_{m+1.\ell}-wct'P_{m.N_i}\,ct'M^{m.N_i}_{m.\ell}\Big\}\Big]\,cm(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}\qquad(8.3.5)$$

$$wc'(\Delta\theta)_{m.n}=\sum_{\ell=m\text{-}10}^{N_n-1}\{wcr'P_{m.\ell}\,cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}+wcr'P_{20\text{-}m.\ell}\,cr(\Delta\theta)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{m.\ell}\,cs(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{20\text{-}m.\ell}\,cs(\Delta\theta)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}$$

$$+wct'P_{m.\ell}\,ct\,(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}+wct'P_{20\text{-}m.\ell}\,ct\,(\Delta\theta)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}\}+wcr'P_{m.N_i}\,cr'\,(\Delta\theta)^{m.N_i}_{m.n}+wcr'P_{20\text{-}m.N_i}\,cr'(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}$$

$$+wcs'P_{m.N_i}\,cs'\,(\Delta\theta)^{m.N_i}_{m.n}+wcs'P_{20\text{-}m.N_i}\,cs'(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}+wct'P_{m.N_i}\,ct'(\Delta\theta)^{m.N_i}_{m.n}+wct'P_{20\text{-}m.N_i}\,ct'(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}$$

$$-\sum_{k=20\text{-}m}^{m}\{wcr'P_{k.m\text{-}10}\,ar(\Delta\theta)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}+wcs'P_{k.m\text{-}10}\,as(\Delta\theta)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}+wct'P_{k.m\text{-}10}\,at(\Delta\theta)^{k.m\text{-}10}_{m.m\text{-}10}\}\qquad(8.3.6)$$

(iii) $10>m\geqq 4$ の とき

$$wc'(\Delta r)_{m.n}=w_1(\Delta r)_{m.n}+\sum_{\ell=10\text{-}m}^{N_n-1}\{wcr'P_{m.\ell}\,cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{m.\ell}\,cs\,(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}+wcr'P_{20\text{-}m.\ell}\,cr\,(\Delta r)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}$$

$$+wcs'P_{20\text{-}m.\ell}\,cs\,(\Delta r)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}+wct'P_{m.\ell}\,ct\,(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}+wct'P_{20\text{-}m.\ell}\,ct\,(\Delta r)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}\}+wcr'P_{m.N_i}\,cr'(\Delta r)^{m.N_i}_{m.n}$$

$$+wcr'P_{20\text{-}m.N_i}\,cr'(\Delta r)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}+wcs'P_{m.N_i}\,cs'\,(\Delta r)^{m.N_i}_{m.n}+wcs'P_{20\text{-}m.N_i}\,cs'(\Delta r)^{20\text{-}m.N_i}_{m.n}+wct'P_{m.N_i}\,ct'(\Delta r)^{m.N_i}_{m.n}$$

$$+wct'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot ct'(\Delta r)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}-\cos(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{m,n}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20-m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar\cdot(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot as(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}$$
$$+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}-\sin(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{mn}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20-m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar\cdot(\Delta s)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot as(\Delta s)^{k,10\text{-}m}_{m,n}$$
$$+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta s)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}+\left\{\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})}\right\}\left\{\sum_{i=10\text{-}m}^{N_i-1}(wct'P_{m\,i}\cdot ct'M^{m,i}_{m,10\text{-}m}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m+1,i}\cdot ct'M^{m+1,i}_{m+1,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,10\text{-}m}\right\}-\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})}$$
$$\times\left\{\sum_{i=10\text{-}m}^{N_i-1}(wct'P_{m\,i}\cdot ct'M^{m,i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+2,i}\cdot ct'M^{m+2,i}_{m+2,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+2,N_i}\cdot ct'M^{m+2,N_i}_{m+2,10\text{-}m}\right\}cm(\Delta r)^{m,10\text{-}m}_{m,n}$$
$$+\sum_{\ell=10\text{-}m}^{N_j-1}\left\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m+1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell})}\right\}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m,i}\cdot ct'M^{m,i}_{m,\ell}-wct'P_{m+1,i}\cdot ct'M^{m+1,i}_{m+1,\ell})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,\ell}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,\ell}\right\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m+1,i}\cdot ct'M^{m+1,i}_{m+1,\ell}-wct'P_{m,i}\cdot ct'M^{m,i}_{m,\ell})\right.$$
$$\left.+wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,\ell}-wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,\ell}\right\}cm(\Delta r)^{m,\ell}_{m,n}\qquad(8.3.7)$$

$$wc'(\Delta S)_{m,n}=w_i(\Delta S)_{m,n}+\sum_{\ell=10\text{-}m}^{N_j-1}\{wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta s)^{m,\ell}_{m,n}+wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+wcr'P_{20\text{-}m,\ell}\cdot cr\cdot(\Delta S)^{20\text{-}m,\ell}_{m,n}$$
$$+wcs'P_{20\text{-}m,\ell}\cdot cs(\Delta S)^{20\text{-}m,\ell}_{m,n}+wct'P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}+wct'P_{20\text{-}m,\ell}\cdot ct(\Delta S)^{20\text{-}m,\ell}_{m,n}\}+wcr'P_{m,N_i}\cdot cr'(\Delta S)^{m,N_i}_{m,n}$$
$$+wcr'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot cr'(\Delta S)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+wcs'P_{m,N_i}\cdot cs'(\Delta S)^{m,N_i}_{m,n}+wcs'P_{20\text{-}m,N_i}cs'(\Delta S)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'(\Delta S)^{m,N_i}_{m,n}$$
$$+wct'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot ct'(\Delta S)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+sin(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{m,n}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20-m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}$$
$$\times as(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta r)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}-\cos(\phi_{m,10\text{-}m}+o\phi_{10\text{-}m}-\phi_{m,n}-o\phi_n)\sum_{k=m}^{20-m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar(\Delta s)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}$$
$$+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot as(\Delta S)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta S)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}+\left\{\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,0\text{-}m})}\right\}$$
$$\left\{\sum_{i=10\text{-}m}^{N_i-1}\{wct'P_{m,i}\times ct'M^{m,i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+1,i}\cdot ct'M^{m+1,i}_{m+1,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,10\text{-}m}\right\}$$
$$-\frac{S_{m,10\text{-}m}-S_{m+1,10\text{-}m}}{(S_{m,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})(S_{m+1,10\text{-}m}-S_{m+2,10\text{-}m})}\left\{\sum_{i=10\text{-}m}^{N_i-1}(wct'P_{m,i}\cdot ct'M^{m,i}_{m,10\text{-}m}-wct'P_{m+2\,i}\cdot ct'M^{m+2,i}_{m+2,10\text{-}m})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,10\text{-}m}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m+2,N_i}\cdot ct'M^{m+2,N_i}_{m+2,10\text{-}m}\right\}cm(\Delta S)^{m,10\text{-}m}_{m,n}+\sum_{\ell=11\text{-}m}^{N_j-1}\left\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m+1,\ell})}\right\}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m\,i}\cdot ct'M^{m,i}_{m,\ell}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m-1,i}\cdot ct'M^{m-1,i}_{m-1,\ell})+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,\ell}-wct'P_{m-1,N_i}\cdot ct'M^{m-1,N_i}_{m-1,\ell}\right\}+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}$$
$$\times\left\{\sum_{i=\ell}^{N_i-1}(wct'P_{m+1,i}\cdot ct'M^{m+1,i}_{m+1,\ell}-wct'P_{m,i}\cdot ct'M^{m,i}_{m,\ell})+wct'P_{m+1,N_i}\cdot ct'M^{m+1,N_i}_{m+1,\ell}-wct'P_{m,N_i}\cdot ct'M^{m,N_i}_{m,\ell}\right\}cm(\Delta S)^{m,\ell}_{m,n}$$
$$(8.3.8)$$

$$wc'(\Delta\theta)_{m,n}=\sum_{\ell=10\text{-}m}^{N_j-1}\{wcr'P_{m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+wcr'P_{20\text{-}m,\ell}\cdot cr(\Delta\theta)^{20\text{-}m,\ell}_{m,n}+wcs'P_{m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+wcs'P_{20\text{-}m,\ell}\cdot cs(\Delta\theta)^{20\text{-}m,\ell}_{m,n}$$
$$+wct'P_{m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{m,\ell}_{m,n}+wct'P_{20\text{-}m,\ell}\cdot ct(\Delta\theta)^{20\text{-}m,\ell}_{m,n}\}+wcr'P_{m,N_i}\cdot cr'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}+wcr'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot cr'(\Delta\theta)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}$$
$$+wcs'P_{m,N_i}\cdot cs'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}+wcs'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot cs'(\Delta\theta)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}+wct'P_{m,N_i}\cdot ct'(\Delta\theta)^{m,N_i}_{m,n}+wct'P_{20\text{-}m,N_i}\cdot ct'(\Delta\theta)^{20\text{-}m,N_i}_{m,n}$$
$$-\sum_{k=m}^{20-m}\{wcr'P_{k,10\text{-}m}\cdot ar\cdot(\Delta\theta)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wcs'P_{k,10\text{-}m}\cdot as(\Delta\theta)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}+wct'P_{k,10\text{-}m}\cdot at(\Delta\theta)^{k,10\text{-}m}_{m,10\text{-}m}\}\qquad(8.3.9)$$

点(m,n)のアーチの半径方向撓み接線方向撓み鉛直軸のまわりの回転角は

$$wa'(\Delta r)_{m,n}=\sum_{k=10\text{-}n}^{19-n}\{wcr'P_{k,n}\cdot ar(\Delta r)^{k,n}_{m,n}+wcs'P_{k,n}\cdot as(\Delta r)^{k,n}_{m,n}+wct'P_{k,n}\cdot at(\Delta r)^{k,n}_{m,n}\}-K^{c}_{10\text{-}n}\cdot\{\sum_{\ell=n}^{N_j-1}(wcr'P_{10\text{-}n,\ell}$$
$$\times\{cr\nabla^{10\text{-}n,\ell}_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}+crH^{10\text{-}n,\ell}_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}+wcs'P_{10\text{-}n,\ell}\{cs\nabla^{10\text{-}n,\ell}_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}+csH^{10\text{-}n,\ell}_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}$$
$$-wct'P_{10\text{-}n,\ell}\cdot ct'M^{10\text{-}n,\ell}_{10\text{-}n,n}\cdot at(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}+wcr'P_{10\text{-}n,N_i}\{cr\cdot\nabla^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}+cr\cdot H^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}$$
$$+wcs'P_{10\text{-}n,N_i}\{cs'\nabla^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}+cs'H^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}\}-wct'P_{10\text{-}n,N_i}\cdot ct'M^{10\text{-}n,N_i}_{10\text{-}n,n}\cdot at(\Delta r)^{c,10\text{-}n}_{m,n}$$
$$-K^{c}_{10+n}\{\sum_{\ell=n}^{N_j-1}\{wcr'P_{10+n,\ell}\{cr\cdot\nabla^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot ar(\Delta r)^{c,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot as(\Delta r)^{c,10+n}_{m,n}\}$$

$$+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ct'A^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cs'H^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot as(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'A^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot at(\Delta r)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.10)$$

$$wa'(\Delta s)_{m.n}=-\sum_{k=10-n}^{10+n}\{wcr'P_{k.n}\cdot ar(\Delta s)^{k.n}_{m.n}+wcs'P_{k.n}\cdot as(\Delta s)^{k.n}_{m.n}+wct'P_{k.n}\cdot at(\Delta s)^{k.n}_{m.n}\}-K\varepsilon_{10-n}\{\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10-n.\ell}$$
$$\times\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcs'P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$-wct'P_{10-n.\ell}\cdot ct'A^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcr'P_{10-n.N_1}\{cr'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$+wcs'P_{10-n.N_1}\{cs'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}+cs'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}-wct'P_{10-n.N_1}\cdot ct'A^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-K\varepsilon_{10+n}\{\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}+cr'H^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ct'A^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cr'H^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot as(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'A^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot at(\Delta s)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.11)$$

$$wa'(\Delta\theta)_{m.n}=-\sum_{k=10-n}^{10+n}\{wcr'P_{k.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}+wcs'P_{k.n}\cdot as(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}+wct'P_{k.n}\cdot at(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n}\}-K\varepsilon_{10-n}\{\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10-n.\ell}$$
$$\times\{cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcs'P_{10-n.\ell}\{cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}$$
$$-wct'P_{10-n.\ell}\cdot ct'A^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}+wcr'P_{10-n.N_1}\{cr'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+cr'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$+wcs'P_{10-n.N_1}\{cs'\nabla^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}+cs'H^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}-wct'P_{10-n.N_1}\cdot ct'A^{10-n.N_1}_{10-n.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10-n}_{m.n}\}$$
$$-K\varepsilon_{10+n}\{\sum_{\ell=n}^{N_1-1}\{wcr'P_{10+n.\ell}\{cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}+cr'H^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.\ell}\{cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}-wct'P_{10+n.\ell}\cdot ct'A^{10+n.\ell}_{10+m.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcr'P_{10+n.N_1}\{cr'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}$$
$$+cr'H^{10+n.N_1}_{10+n.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}+wcs'P_{10+n.N_1}\{cs'\nabla^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot ar(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}+cs'H^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot as(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\}$$
$$-wct'P_{10+n.N_1}\cdot ct'A^{10+n.N_1}_{10+m.n}\cdot at(\Delta\theta)^{c.10+n}_{m.n}\} \qquad (8.3.12)$$

これらアーチおよび片持梁の各方向撓みは一致しなければならないから

$$wc'(\Delta r)_{m.n}=wa'(\Delta r)_{m.n} \qquad (8.3.13)$$
$$wc'(\Delta s)_{m.n}=wa'(\Delta s)_{m.n} \qquad (8.3.14)$$
$$wc'(\Delta\theta)_{m.n}=wa'(\Delta\theta)_{m.n} \qquad (8.3.15)$$

たゞし (8.3.13) ~ (8.3.15) は $n=0.1\cdots N_1$; $m=10-n$; $11-n$; $\cdots 10, \cdots 10+n$ にて成立し、未知数 $wcr'P_{m.n}$; $wcs'P_{m.n}$; $wct'P_{m.n}$ $n=0.1\cdots N_1$; $m=10-n$; $11-n$; $\cdots 10\cdots 10+n$ の範囲でとるものとする。なお $m=10\pm n$ の点では (8.3.13) ~ (8.3.15) は必ず成立するから

$$wcr'P_{m.m-10}=wcs'P_{m.m-10}=wct'P_{m.m-10}=0 \quad (10\leqq m\leqq 16\ \text{のとき}) \qquad (8.3.16)$$
$$wcr'P_{m.10-m}=wcs'P_{m.10-m}=wct'P_{m.10-m}=0 \quad (10>m\geqq 16\ \text{のとき}) \qquad (8.3.17)$$

とする。したがって (8.3.13) ~ (8.3.15) には

	$wcr'P_{m.n}$	$wcs'P_{m.n}$	$wct'P_{m.n}$	計
$N_1=0$	0	0	0	0
$N_1=1$	1	1	1	3
$N_1=2$	4	4	4	12
$N_1=3$	9	9	9	27
$N_1=4$	16	16	16	48
$N_1=5$	25	25	25	75
$N_1=6$	36	36	36	108

ケの未知数を含み.この数と等しい連立方程式が成立することになる。これからこれらの未知数が求められる.

(B) 標高 N_2 まで継目グラウトされ,標高 7 まで打設されたときの荷重分割

$(m.n)$ の片持梁の半径方向分担荷重接線方向分担荷重ねじれ分担荷重とそれぞれ $wcr^2P_{m.n}$; $wcs^2P_{m.n}$; $wct^2P_{m.n}$ とすれば

$(m.n)$ の片持梁の半径方向撓み $wc^2(\Delta r)_{m.n}$ は(8.3.1)(8.3.4)(8.3.7)において $w_1(\Delta r)_{m.n}$; $wcr^1P_{m.n}$; $wcs^1P_{m.n}$; $wct^1P_{m.n}$ を $w_2(\Delta r)_{m.n}$; $wcr^2P_{m.n}$; $wcs^2P_{m.n}$; $wct^2P_{m.n}$ に置換え $wcr^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcs^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wct^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcr^1P_{m.N_1}$; $wcs^1P_{m.N_1}$; $wct^1P_{m.N_1}$; $wcr^1P_{20\text{-}m.N_1}$; $wcs^1P_{20\text{-}m.N_1}$; $wct^1P_{20\text{-}m.N_1}$ を $wcr^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcs^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wct^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcr^2P_{m.N_2}$; $wcs^2P_{m.N_2}$; $wct^2P_{m.N_2}$; $wcr^2P_{20\text{-}m.N_2}$; $wcs^2P_{20\text{-}m.N_2}$; $wct^2P_{20\text{-}m.N_2}$; におきかえ $cr^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct^1(\Delta r)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr^1(\Delta r)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $cs^1(\Delta r)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $ct^1(\Delta r)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $ct^1M^{m.N_1}_{m.n}$ を $cr^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta r)^{m.N_2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta r)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta r)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta r)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$ におきかえ更に $\sum^{N_1-1}$ を $\sum^{N_2-1}$ におきかえれば得られる.

$(m.n)$ の片持梁の接線方向撓み $wc^2(\Delta s)_{m.n}$ は(8.3.2)(8.3.5)(8.3.8)において $w_1(\Delta s)_{m.n}$ を $w_2(\Delta s)_{m.n}$ におきかえ $wcr^1P_{m.n}$; $wcs^1P_{m.n}$; $wct^1P_{m.n}$; $wcr^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcs^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wct^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcr^1P_{m.N_1}$; $wcs^1P_{m.N_1}$; $wct^1P_{m.N_1}$; $wcr^1P_{20\text{-}m.N_1}$; $wcs^1P_{20\text{-}m.N_1}$; $wct^1P_{20\text{-}m.N_1}$ を $wcr^2P_{m.n}$; $wcs^2P_{m.n}$; $wct^2P_{m.n}$; $wcr^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcs^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wct^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcr^2P_{m.N_2}$; $wcs^2P_{m.N_2}$; $wct^2P_{m.N_2}$; $wcr^2P_{20\text{-}m.N_2}$; $wcs^2P_{20\text{-}m.N_2}$; $wct^2P_{20\text{-}m.N_2}$ におきかえ $cr^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct^1(\Delta s)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr^1(\Delta s)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $cs^1(\Delta s)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $ct^1(\Delta s)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $ct^1M^{m.N_1}_{m.n}$ を $cr^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta s)^{m.N_2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta s)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta s)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta s)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$ におきかえ更に $\sum^{N_1-1}$ を $\sum^{N_2-1}$ におきかえれば得られる.

$(m.n)$ 点の片持梁の鉛直軸のまわりの回転角 $wc^2(\Delta\theta)_{m.n}$ は(8.3.3)(8.3.6)(8.3.9)において $w_1(\Delta\theta)_{m.n}$ を $w_2(\Delta\theta)_{m.n}$ におきかえ $wcr^1P_{m.n}$; $wcs^1P_{m.n}$; $wct^1P_{m.n}$; $wcr^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcs^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wct^1P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcr^1P_{m.N_1}$; $wcs^1P_{m.N_1}$; $wct^1P_{m.N_1}$; $wcr^1P_{20\text{-}m.N_1}$; $wcs^1P_{20\text{-}m.N_1}$; $wct^1P_{20\text{-}m.N_1}$ を $wcr^2P_{m.n}$; $wcs^2P_{m.n}$; $wct^2P_{m.n}$; $wcr^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcs^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wct^2P_{20\text{-}m.\ell}$; $wcr^2P_{m.N_2}$; $wcs^2P_{m.N_2}$; $wct^2P_{m.N_2}$; $wcr^2P_{20\text{-}m.N_2}$; $wcs^2P_{20\text{-}m.N_2}$; $wct^2P_{20\text{-}m.N_2}$ におきかえ. $cr^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $cs^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $ct^1(\Delta\theta)^{m.N_1}_{m.n}$; $cr^1(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $cs^1(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$; $ct^1(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_1}_{m.n}$ を $cr^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta\theta)^{m.N_2}_{m.n}$; $cr^2(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $cs^2(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$; $ct^2(\Delta\theta)^{20\text{-}m.N_2}_{m.n}$ におきかえ更に $\sum^{N_1-1}$ を $\sum^{N_2-1}$ におきかえれば得られる.

同様に $(m.n)$ 点のアーチの半径方向撓み $wa^2(\Delta r)_{m.n}$; 接線方向撓み $wa^2(\Delta s)_{m.n}$; 鉛直軸のまわりの回転角は $wa^2(\Delta\theta)_{m.n}$ は(8.3.10).(8.3.11).(8.3.12)において $wcr^1P_{m.n}$; $wcs^1P_{m.n}$; $wct^1P_{m.n}$; $cr^1V^{m.N_1}_{m.n}$; $cs^1V^{m.N_1}_{m.n}$; $cr^1H^{m.N_1}_{m.n}$; $cs^1H^{m.N_1}_{m.n}$; $ct^1M^{m.N_1}_{m.n}$ をそれぞれ $wcr^2P_{m.n}$; $wcs^2P_{m.n}$; $wct^2P_{m.n}$; $cr^2V^{m.N_2}_{m.n}$; $cs^2V^{m.N_2}_{m.n}$; $cr^2H^{m.N_2}_{m.n}$; $cs^2H^{m.N_2}_{m.n}$ $ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$ におきかえ. 更に $\sum_{z=n}^{N_1-1}$ を $\sum_{z=n}^{N_2-1}$ におきかえれば得られる. この場合にも

$$wc^2(\Delta r)_{m.n} = wa^2(\Delta r)_{m.n} \tag{8.3.18}$$

$$wc^2(\Delta s)_{m.n} = wa^2(\Delta s)_{m.n} \tag{8.3.19}$$

$$wc^2(\Delta\theta)_{m.n} = wa^2(\Delta\theta)_{m.n} \tag{8.3.20}$$

(8.3.18)~(8.3.20)は $n=0.1\cdots N_2$; $m=10-n; 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ の範囲にて成立し未知数 $wcr^2P_{m.n}; wcs^2P_{m.n}; wct^2P_{m.n}$ も $n=0.1\cdots N_2$; $m=10-n.\ 11-n\cdots 10\cdots 10+n$ の範囲でとるものとする. なお $m=10\pm n$ の点では(8.3.18)~(8.3.20)は必ず成立するから

$$wcr^2P_{m.m-10}=wcs^2P_{m.m-10}=wct^2P_{m.m-10}=0\ (10\leqq m\leqq 6\ \text{のとき}) \tag{8.3.21}$$

$$wcr^2P_{m.10-m}=wcs^2P_{m.10-m}=wct^2P_{m.10-m}=0\ (0\geqq m\geqq 4\ \text{のとき}) \tag{8.3.22}$$

とする. したがって(8.3.18)~(8.3.20)には N_2 の値に応じて前に示した個数の未知数に対応した連立方程式が成立し, これをとけば $wcr^2P_{m.n}; wcs^2P_{m.n}; wct^2P_{m.n}$ が得られる.

8-4 片持梁およびアーチの断面諸力

片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

(i) $m=10$ のとき

$$cM_{10.n}=1M_{10.n}+\sum_{\ell=0}^{6}\left\{crP_{10.\ell}\cdot crM^{10.\ell}_{10.n}+csP_{10.\ell}\cdot csM^{10.\ell}_{10.n}\right\}+\sum_{\ell=1}^{6}\left\{\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell}-ctP_{9.i}\cdot ctM^{9.i}_{9.\ell})\right\}+\frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{11.i}\cdot ctM^{11.i}_{11.\ell}-ctP_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell})\right\}\right\}\times cmM^{10.\ell}_{10.n} \tag{8.4.1}$$

(ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$$cM_{m.n}=1M_{m.n}+\sum_{\ell=m-10}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crM^{m.\ell}_{m.n}+csP_{m.\ell}\cdot csM^{m.\ell}_{m.n}\right\}+\left\{\frac{S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\times\left\{\sum_{i=m-10}^{6}(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.m-10})\right\}-\frac{S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\times\left\{\sum_{i=m-10}^{6}(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-ctP_{m-2.i}\cdot ctM^{m-2.i}_{m-2.m-10})\right\}\right\}cmM^{m.m-10}_{m.n}$$

$$+\sum_{\ell=m-9}^{6}\left\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m+1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell})\right\}+\frac{S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}-ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell})\right\}\right\}cmM^{m.\ell}_{m.n} \tag{8.4.2}$$

(iii) $10>m\geqq 4$ のとき

$$cM_{m.n}=1M_{m.n}+\sum_{\ell=10-m}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crM^{m.\ell}_{m.n}+csP_{m.\ell}\cdot csM^{m.\ell}_{m.n}\right\}$$

$$+\left\{\frac{S_{m.10-m}-S_{m+2.10-m}}{(S_{m.10-m}-S_{m+1.10-m})(S_{m+1.10-m}-S_{m+2.10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}-ctP_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.10-m})\right\}-\frac{S_{m.10-m}-S_{m+1.10-m}}{(S_{m.10-m}-S_{m+2.10-m})(S_{m+1.10-m}-S_{m+2.10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{6}(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}-ctP_{m+2.i}\cdot ctM^{m+2.i}_{m+2.10-m})\right\}\right\}cmM^{m.10-m}_{m.n}$$

$$+\sum_{\ell=11-m}^{6}\left\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-ctP_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell})\right\}+\frac{S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{6}(ctP_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}-ctP_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell})\right\}\right\}cmM^{m.\ell}_{m.n} \tag{8.4.3}$$

$$cV_{m.n}=1V_{m.n}+\sum_{\ell=p}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crV^{m.\ell}_{m.n}+csP_{m.\ell}\cdot csV^{m.\ell}_{m.n}\right\} \tag{8.4.4}$$

$$cH_{m.n}=1H_{m.n}+\sum_{\ell=p}^{6}\left\{crP_{m.\ell}\cdot crH^{m.\ell}_{m.n}+csP_{m.\ell}\cdot csH^{m.\ell}_{m.n}\right\} \tag{8.4.5}$$

$$ctM_{m.n}=\sum_{\ell=p}^{6}ctP_{m.\ell}\cdot ctM^{m.\ell}_{m.n} \tag{8.4.6}$$

$$
\begin{aligned}
{}_{a}M_{m,n} = {}&\sum_{k=n}^{10+n}\Big\{{}_{ar}P_{k,n}\cdot{}_{ar}M_{m,n}^{k,n} + {}_{as}P_{k,n}\cdot{}_{as}M_{m,n}^{k,n} + {}_{at}P_{k,n}\cdot{}_{at}M_{m,n}^{k,n}\Big\} - K_{10-n}^{c}\Big\{{}_{1}V_{10-n,n}\cdot{}_{ar}M_{m,n}^{c,10-n} + {}_{1}H_{10-n,n}\cdot{}_{as}M_{m,n}^{c,10-n} \\
&+\sum_{\ell=n}^{6}\Big\{{}_{cr}P_{10-n,\ell}\Big({}_{cr}V_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{ar}M_{m,n}^{c,10-n} + {}_{cr}H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{as}M_{m,n}^{c,10-n}\Big) + {}_{cs}P_{10-n,\ell}\Big({}_{cs}V_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{ar}M_{m,n}^{c,10-n} + {}_{cs}H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{as}M_{m,n}^{c,10-n}\Big) \\
&-{}_{ct}P_{10-n,\ell}\cdot{}_{ct}M_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{at}M_{m,n}^{c,10-n}\Big\}\Big\} - K_{10+n}^{c}\Big\{{}_{1}V_{10+n,n}\cdot{}_{ar}M_{m,n}^{c,10+n} + {}_{1}H_{10+n,n}\cdot{}_{as}M_{m,n}^{c,10+n} \\
&+\sum_{\ell=n}^{6}\Big\{{}_{cr}P_{10+n,\ell}\Big({}_{cr}V_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{ar}M_{m,n}^{c,10+n} + {}_{cr}H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{as}M_{m,n}^{c,10+n}\Big) + {}_{cs}P_{10+n,\ell}\Big({}_{cs}V_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{ar}M_{m,n}^{c,10+n} + {}_{cs}H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{as}M_{m,n}^{c,10+n}\Big) \\
&-{}_{ct}P_{10+n,\ell}\cdot{}_{ct}M_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{at}M_{m,n}^{c,10+n}\Big\}\Big\} \qquad (8.4.7)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{a}H_{m,n} = {}&\sum_{k=n}^{10+n}\Big\{{}_{ar}P_{k,n}\cdot{}_{ar}H_{m,n}^{k,n} + {}_{as}P_{k,n}\cdot{}_{as}H_{m,n}^{k,n} + {}_{at}P_{k,n}\cdot{}_{at}H_{m,n}^{k,n}\Big\} - K_{10-n}^{c}\Big\{{}_{1}V_{10-n,n}\cdot{}_{ar}H_{m,n}^{c,10-n} + {}_{1}H_{10-n,n}\cdot{}_{as}H_{m,n}^{c,10-n} \\
&+\sum_{\ell=n}^{6}\Big\{{}_{cr}P_{10-n,\ell}\Big({}_{cr}V_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{ar}H_{m,n}^{c,10-n} + {}_{cr}H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{as}H_{m,n}^{c,10-n}\Big) + {}_{cs}P_{10-n,\ell}\Big({}_{cs}V_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{ar}H_{m,n}^{c,10-n} + {}_{cs}H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{as}H_{m,n}^{c,10-n}\Big) \\
&-{}_{ct}P_{10-n,\ell}\cdot{}_{ct}M_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{at}H_{m,n}^{c,10-n}\Big\} - K_{10+n}^{c}\Big\{{}_{1}V_{10+n,n}\cdot{}_{ar}H_{m,n}^{c,10+n} + {}_{1}H_{10+n,n}\cdot{}_{as}H_{m,n}^{c,10+n} \\
&+\sum_{\ell=n}^{6}\Big\{{}_{cr}P_{10+n,\ell}\Big({}_{cr}V_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{ar}H_{m,n}^{c,10+n} + {}_{cr}H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{as}H_{m,n}^{c,10+n}\Big) + {}_{cs}P_{10+n,\ell}\Big({}_{cs}V_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{ar}H_{m,n}^{c,10+n} + {}_{cs}H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{as}H_{m,n}^{c,10+n}\Big) \\
&-{}_{ct}P_{10+n,\ell}\cdot{}_{ct}M_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{at}H_{m,n}^{c,10+n}\Big\}\Big\} \qquad (8.4.8)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{a}V_{m,n} = {}&\sum_{k=n}^{10+n}\Big\{{}_{ar}P_{k,n}\cdot{}_{ar}V_{m,n}^{k,n} + {}_{as}P_{k,n}\cdot{}_{as}V_{m,n}^{k,n} + {}_{at}P_{k,n}\cdot{}_{at}V_{m,n}^{k,n}\Big\} - K_{10-n}^{c}\Big\{{}_{1}V_{10-n,n}\cdot{}_{ar}V_{m,n}^{c,10-n} + {}_{1}H_{10-n,n}\cdot{}_{as}V_{m,n}^{c,10-n} \\
&+\sum_{\ell=n}^{6}\Big\{{}_{cr}P_{10-n,\ell}\Big({}_{cr}V_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{ar}V_{m,n}^{c,10-n} + {}_{cr}H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{as}V_{m,n}^{c,10-n}\Big) + {}_{cs}P_{10-n,\ell}\Big({}_{cs}V_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{ar}V_{m,n}^{c,10-n} + {}_{cs}H_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{as}V_{m,n}^{c,10-n}\Big) \\
&-{}_{ct}P_{10-n,\ell}\cdot{}_{ct}M_{10-n,n}^{10-n,\ell}\cdot{}_{at}V_{m,n}^{c,10-n}\Big\}\Big\} - K_{10+n}^{c}\Big\{{}_{1}V_{10+n,n}\cdot{}_{ar}V_{m,n}^{c,10+n} + {}_{1}H_{10+n,n}\cdot{}_{as}V_{m,n}^{c,10+n} \\
&+\sum_{\ell=n}^{6}\Big\{{}_{cr}P_{10+n,\ell}\Big({}_{cr}V_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{ar}V_{m,n}^{c,10+n} + {}_{cr}H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{as}V_{m,n}^{c,10+n}\Big) + {}_{cs}P_{10+n,\ell}\Big({}_{cs}V_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{ar}V_{m,n}^{c,10+n} + {}_{cs}H_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{as}V_{m,n}^{c,10+n}\Big) \\
&-{}_{ct}P_{10+n,\ell}\cdot{}_{ct}M_{10+n,n}^{10+n,\ell}\cdot{}_{at}V_{m,n}^{c,10+n}\Big\}\Big\} \qquad (8.4.9)
\end{aligned}
$$

ここに (8.4.4)~(8.4.6) に現れる $\sum_{\ell=p}^{6}$ の p は次のようにとるものとする。

(i) $10 \leq m \leq 16$ のとき

$$p = m-10$$

(ii) $10 > m \geq 4$ のとき

$$p = 10-m$$

温度荷重による不静定諸力は

(i) $m = 10$ のとき

$$
\begin{aligned}
{}_{t}cM_{10,n} = {}&\sum_{\ell=0}^{6}\Big\{{}_{tcr}P_{10,\ell}\cdot{}_{cr}M_{10,n}^{10,\ell} + {}_{tcs}P_{10,\ell}\cdot{}_{cs}M_{10,n}^{10,\ell}\Big\} + \sum_{\ell=\ell}^{6}\Big\{\frac{S_{11,\ell}-S_{10,\ell}}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}\big({}_{tct}P_{10,i}\cdot{}_{ct}M_{10,\ell}^{10,i} - {}_{tct}P_{11,i}\cdot{}_{ct}M_{11,\ell}^{11,i}\big)\Big\} \\
&+\frac{(S_{10,\ell}-S_{9,\ell})}{(S_{11,\ell}-S_{9,\ell})(S_{11,\ell}-S_{10,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}\big({}_{tct}P_{11,i}\cdot{}_{ct}M_{11,\ell}^{11,i} - {}_{tct}P_{10,i}\cdot{}_{ct}M_{10,\ell}^{10,i}\big)\Big\}\Big\}\,{}_{cm}M_{10,n}^{10,\ell} \qquad (8.4.10)
\end{aligned}
$$

(ii) $10 < m \leq 16$ のとき

$$
\begin{aligned}
{}_{t}cM_{m,n} = {}&\sum_{\ell=m-10}^{6}\Big\{{}_{tcr}P_{m,\ell}\cdot{}_{cr}M_{m,n}^{m,\ell} + {}_{tcs}P_{m,\ell}\cdot{}_{cs}M_{m,n}^{m,\ell}\Big\} + \Big\{\frac{S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}\big({}_{tct}P_{m,i}\cdot{}_{ct}M_{m,m-10}^{m,i} \\
&-{}_{tct}P_{m-1,i}\cdot{}_{ct}M_{m-1,m-10}^{m-1,i}\big) - \frac{S_{m,m-10}-S_{m-1,m-10}}{(S_{m,m-10}-S_{m-2,m-10})(S_{m-1,m-10}-S_{m-2,m-10})}\Big\{\sum_{i=m-10}^{6}\big({}_{tct}P_{m,i}\cdot{}_{ct}M_{m,m-10}^{m,i} \\
&-{}_{tct}P_{m-2,i}\cdot{}_{ct}M_{m-2,m-10}^{m-2,i}\big)\Big\}\Big\}\,{}_{cm}M_{m,n}^{m,m-10} + \sum_{\ell=m-9}^{6}\Big\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}\big({}_{tct}P_{m,i}\cdot{}_{ct}M_{m,\ell}^{m,i} - {}_{tct}P_{m+1,\ell}\cdot{}_{ct}M_{m+1,\ell}^{m+1,i}\big)\Big\} \\
&+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}\big({}_{tct}P_{m+1,i}\cdot{}_{ct}M_{m+1,\ell}^{m+1,i} - {}_{tct}P_{m,i}\cdot{}_{ct}M_{m,\ell}^{m,i}\big)\Big\}\Big\}\,{}_{cm}M_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.11)
\end{aligned}
$$

(iii) $10 > m \geq 4$ のとき

$$
\begin{aligned}
{}_{t}cM_{m,n} = {}&\sum_{\ell=10-m}^{6}\Big\{{}_{tcr}P_{m,\ell}\cdot{}_{cr}M_{m,n}^{m,\ell} + {}_{tcs}P_{m,\ell}\cdot{}_{cs}M_{m,n}^{m,\ell}\Big\} + \Big\{\frac{S_{m,10-m}-S_{m+2,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\Big\{\sum_{i=10-m}^{6}\big({}_{tct}P_{m,i} \\
&\times{}_{ct}M_{m,10-m}^{m,i} - {}_{tct}P_{m+1,i}\cdot{}_{ct}M_{m+1,10-m}^{m+1,i}\big) - \frac{S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m}}{(S_{m,10-m}-S_{m+1,10-m})(S_{m+1,10-m}-S_{m+2,10-m})}\Big\{\sum_{i=10-m}^{6}\big({}_{tct}P_{m,i}\cdot{}_{ct}M_{m,10-m}^{m,i} \\
&-{}_{tct}P_{m+2,i}\cdot{}_{ct}M_{m+2,10-m}^{m+2,i}\big)\Big\}\Big\}\,{}_{cm}M_{m,n}^{m,10-m} + \sum_{\ell=11-m}^{6}\Big\{\frac{S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}\big({}_{tct}P_{m,i}\cdot{}_{ct}M_{m,\ell}^{m,i} - {}_{tct}P_{m+1,\ell}\cdot{}_{ct}M_{m+1,\ell}^{m+1,i}\big)\Big\} \\
&+\frac{S_{m,\ell}-S_{m-1,\ell}}{(S_{m+1,\ell}-S_{m-1,\ell})(S_{m+1,\ell}-S_{m,\ell})}\Big\{\sum_{i=\ell}^{6}\big({}_{tct}P_{m+1,i}\cdot{}_{ct}M_{m+1,\ell}^{m+1,i} - {}_{tct}P_{m,i}\cdot{}_{ct}M_{m,\ell}^{m,i}\big)\Big\}\Big\}\,{}_{cm}M_{m,n}^{m,\ell} \qquad (8.4.12)
\end{aligned}
$$

$$tcV_{m.n}=\sum_{\ell=p}^{q}\left\{tcr P_{m.\ell}\cdot cr V_{m.n}^{m.\ell}+tcs P_{m.\ell}\cdot cs V_{m.n}^{m.\ell}\right\} \tag{8.4.13}$$

$$tcH_{m.n}=\sum_{\ell=p}^{q}\left\{tcr P_{m.\ell}\cdot cr H_{m.n}^{m.\ell}+tcs P_{m.\ell}\cdot cs H_{m.n}^{m.\ell}\right\} \tag{8.4.14}$$

$$tcM_{m.n}=\sum_{\ell=p}^{q}\ tcr P_{m.\ell}\cdot ctM_{m.n}^{m.\ell} \tag{8.4.15}$$

$$taM_{m.n}=taM'_{m.n}+\sum_{k=10-n}^{N_2+n}\left\{tar P_{k.n}\cdot arM_{m.n}^{K.n}+tas P_{k.n}\cdot asM_{m.n}^{K.n}+tat P_{k.n}\cdot atM_{m.n}^{K.n}\right\}-K_{10\cdot n}^{q}\sum_{\ell=n}^{q}\left\{tcr P_{10\cdot n.\ell}\left\{crV_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot arM_{m.n}^{C.10\cdot n}+crH_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot asM_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}+tcs P_{10\cdot n.\ell}\left\{csV_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot arM_{m.n}^{C.10\cdot n}+csH_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot asM_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}-tct P_{10\cdot n.\ell}\cdot ctM_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot atM_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}$$
$$-K_{10+n}^{q}\sum_{\ell=n}^{q}\left\{tcr P_{10+n.\ell}\left\{crV_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot arM_{m.n}^{C.10+n}+crH_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot asM_{m.n}^{C.10+n}\right\}+tcs P_{10+n.\ell}\left\{csV_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot arM_{m.n}^{C.10+n}+csH_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot asM_{m.n}^{C.10+n}\right\}-tct P_{10+n.\ell}\cdot ctM_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot atM_{m.n}^{C.10+n}\right\} \tag{8.4.16}$$

$$taH_{m.n}=taH'_{m.n}+\sum_{k=10-n}^{N_2+n}\left\{tar P_{k.n}\cdot arH_{m.n}^{K.n}+tas P_{k.n}\cdot asH_{m.n}^{K.n}+tat P_{k.n}\cdot atH_{m.n}^{K.n}\right\}-K_{5\cdot n}^{q}\sum_{\ell=n}^{q}\left\{tcr P_{10\cdot n.\ell}\left\{crV_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot arH_{m.n}^{C.10\cdot n}+crH_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot asH_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}+tcs P_{10\cdot n.\ell}\left\{csV_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot arH_{m.n}^{C.10\cdot n}+csH_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot asH_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}-tct P_{10\cdot n.\ell}\cdot ctM_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot atH_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}$$
$$-K_{5+n}^{q}\sum_{\ell=n}^{q}\left\{tcr P_{10+n.\ell}\left\{crV_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot arH_{m.n}^{C.10+n}+crH_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot asH_{m.n}^{C.10+n}\right\}+tcs P_{10+n.\ell}\left\{csV_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot arH_{m.n}^{C.10+n}+csH_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot asH_{m.n}^{C.10+n}\right\}-tct P_{10+n.\ell}\cdot ctM_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot atH_{m.n}^{C.10+n}\right\} \tag{8.4.17}$$

$$taV_{m.n}=taV'_{m.n}+\sum_{k=10-n}^{N_2+n}\left\{tar P_{k.n}\cdot arV_{m.n}^{K.n}+tas P_{k.n}\cdot asV_{m.n}^{K.n}+tat P_{k.n}\cdot atV_{m.n}^{K.n}\right\}-K_{5\cdot n}^{q}\sum_{\ell=n}^{q}\left\{tcr P_{10\cdot n.\ell}\left\{crV_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot arV_{m.n}^{C.10\cdot n}+crH_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot asV_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}+tcs P_{10\cdot n.\ell}\left\{csV_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot arV_{m.n}^{C.10\cdot n}+csH_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot asV_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}-tct P_{10\cdot n.\ell}\cdot ctM_{10\cdot n.n}^{10\cdot n.\ell}\cdot atV_{m.n}^{C.10\cdot n}\right\}$$
$$-K_{5+n}^{q}\sum_{\ell=n}^{q}\left\{tcr P_{10+n.\ell}\left\{crV_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot arV_{m.n}^{C.10+n}+crH_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot asV_{m.n}^{C.10+n}\right\}+tcs P_{10+n.\ell}\left\{csV_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot arV_{m.n}^{C.10+n}+csH_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot asV_{m.n}^{C.10+n}\right\}-tct P_{10+n.\ell}\cdot ctM_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot atV_{m.n}^{C.10+n}\right\} \tag{8.4.18}$$

自重による片持梁の不静定諸力は

$$wW_{m.n}=w3W_{m.n} \tag{8.4.19}$$

(i) $6\geqq n\geqq N_2$ のとき

$$wcM_{m.n}=w3M_{m.n} \tag{8.4.20}$$

$$wcV_{m.n}=wcH_{m.n}=wctA_{m.n}=0 \tag{8.4.21}$$

(ii) $N_2>n\geqq N_1$ のとき

(a) $m=10$ のとき

$$wcM_{10.n}=w3M_{10.n}+\sum_{\ell=0}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{0.\ell}\cdot crM_{10.n}^{10.\ell}+wcs^2P_{0.\ell}\cdot csM_{10.n}^{10.\ell}\right\}+wcr^2P_{0.N_2}\cdot cr^2M_{10.n}^{10.N_2}+wcs^2P_{0.N_2}\cdot cs^2M_{10.n}^{10.N_2}$$
$$+\sum_{\ell=1}^{N_2-1}\left\{\frac{(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct^2P_{0.i}\cdot ctM_{10.\ell}^{10.i}-wct^2P_{9.i}\cdot ctM_{9.\ell}^{9.i}\right)+wct^2P_{0.N_2}\cdot ct^2M_{10.\ell}^{10.N_2}-wct^2P_{9.N_2}\cdot ct^2M_{9.\ell}^{9.N_2}\right\}\right.$$
$$\left.+\frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct^2P_{11.i}\cdot ctM_{11.\ell}^{11.i}-wct^2P_{10.i}\cdot ctM_{10.\ell}^{10.i}\right)+wct^2P_{11.N_2}\cdot ct^2M_{11.\ell}^{11.N_2}-wct^2P_{10.N_2}\cdot ct^2M_{10.\ell}^{10.N_2}\right\}\right\}$$
$$\times cmM_{10.n}^{10.\ell} \tag{8.4.22}$$

(β) $10<m\leqq 16$ のとき

$$wcM_{m.n}=w3M_{m.n}+\sum_{\ell=m-10}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m.\ell}\cdot crM_{m.n}^{m.\ell}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csM_{m.n}^{m.\ell}\right\}+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2M_{m.n}^{m.N_2}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2M_{m.n}^{m.N_2}$$
$$+\left\{\frac{S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10})(S_{m+1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\left\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m.i}\cdot ctM_{m.m-10}^{m.i}-wct^2P_{m-1.i}\cdot ctM_{m-1.m-10}^{m-1.i}\right)+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M_{m.m-10}^{m.N_2}\right.\right.$$
$$\left.\left.-wct^2P_{m-1.N_2}\cdot ctM_{m-1.m-10}^{m-1.N_2}\right\}-\frac{S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\left\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m.i}\cdot ctM_{m.m-10}^{m.i}-wct^2P_{m-2.i}\cdot ctM_{m-2.m-10}^{m-2.i}\right)\right.\right.$$
$$\left.\left.+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M_{m.m-10}^{m.N_2}-wct^2P_{m-2.N_2}\cdot ct^2M_{m-2.m-10}^{m-2.N_2}\right\}\right)cmM_{m.n}^{m.m-10}$$

$$+\sum_{\ell=m+1}^{N_2-1}\left\{\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-wct^2P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m-1.\ell})+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m-1.N_2}\cdot ct^2M^{m+N_2}_{m-1.\ell}\right\}+\frac{S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\right\}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m+1.i}\cdot M^{m+1.i}_{m+1.\ell}-wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell})\right.$$

$$\left.+wct^2P_{m+1.N_2}\cdot ct^2M^{m+1.N_2}_{m+1.\ell}-wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}\right\}\right]cmM^{m.\ell}_{m.n}$$

(c) $10>m\geq 4$ のとき (8.4.23)

$$wcM_{m.n}=w3M_{m.n}+\sum_{\ell=10-m}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m.\ell}\cdot crM^{m.\ell}_{m.n}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csM^{m.\ell}_{m.n}\right\}+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2M^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2M^{m.N_2}_{m.n}$$

$$+\left[\frac{S_{m.10-m}-S_{m+2.10-m}}{(S_{m.10-m}-S_{m+1.10-m})(S_{m+1.10-m}-S_{m+2.10-m})}\left\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}-wct^2P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.10-m})+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.10-m}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m+1.N_2}\cdot ct^2M^{m+1.N_2}_{m+1.10-m}\right\}-\frac{S_{m.10-m}-S_{m+1.10-m}}{(S_{m.10-m}-S_{m+2.0-m})(S_{m+1.10-m}-S_{m+2.10-m})}\right\}\left\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}\right.$$

$$\left.-wct^2P_{m+2.i}\cdot ctM^{m+2.i}_{m+2.10-m})+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m-10-m}-wct^2P_{m+2.N_2}\cdot ct^2M^{m+2.N_2}_{m+2.10-m}\right\}\right]cmM^{m.10-m}_{m.n}$$

$$+\sum_{\ell=11-m}^{N_2-1}\left[\frac{S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-wct^2P_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell})+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m-1.N_2}\cdot ct^2M^{m-1.N_2}_{m-1.\ell}\right\}+\frac{S_{m.\ell}-S_{m-1.\ell}}{(S_{m+1.\ell}-S_{m-1.\ell})(S_{m+1.\ell}-S_{m.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell})+wct^2P_{m+1.N_2}\cdot wct^2M^{m+1.N_2}_{m+1.\ell}-wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}\right\}\right]cmM^{m.\ell}_{m.n}$$ (8.4.24)

$$wcV_{m.n}=\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m.\ell}\cdot crV^{m.\ell}_{m.n}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csV^{m.\ell}_{m.n}\right\}+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2V^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2V^{m.N_2}_{m.n}$$ (8.4.25)

$$wcH_{m.n}=\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m.\ell}\cdot crH^{m.\ell}_{m.n}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csH^{m.\ell}_{m.n}\right\}+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2H^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2H^{m.N_2}_{m.n}$$ (8.4.26)

$$wct4_{m.n}=\sum_{\ell=n}^{N_2-1}wct^2P_{m.\ell}\cdot ctM^{m.\ell}_{m.n}+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.n}$$ (8.4.27)

(iii) $N_1>n\geq 0$ のとき

(a) $m=10$ のとき

$$wcM_{10.n}=w3M_{10.n}+\sum_{\ell=0}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{10.\ell}\cdot crM^{10.\ell}_{10.n}+wcs^2P_{10.\ell}\cdot csM^{10.\ell}_{10.n}\right\}+\sum_{\ell=0}^{N_1-1}\left\{wcr'P_{10.\ell}\cdot crM^{10.\ell}_{10.n}+wcs'P_{10.\ell}\cdot csM^{10.\ell}_{10.n}\right\}$$

$$+wcr^2P_{10.N_2}\cdot cr^2M^{10.N_2}_{10.n}+wcs^2P_{10.N_2}\cdot cs^2M^{10.N_2}_{10.n}+wcr'P_{10.N_1}\cdot cr'M^{10.N_1}_{10.n}+wcs'P_{10.N_1}\cdot cs'M^{10.N_1}_{10.n}$$

$$+\sum_{\ell=1}^{N_2-1}\left[\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell}-wct^2P_{9.i}\cdot ctM^{9.i}_{9.\ell})+wct^2P_{10.N_2}\cdot ct^2M^{10.N_2}_{10.\ell}-wct^2P_{9.N_2}\right.\right.$$

$$\left.\left.\times ct^2M^{9.N_2}_{9.\ell}\right\}+\frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}(wct^2P_{11.i}\cdot ctM^{11.i}_{11.\ell}-wct^2P_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell})+wct^2P_{11.N_2}\cdot ct^2M^{11.N_2}_{11.\ell}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct^2P_{10.N_2}\cdot ct^2M^{10.N_2}_{10.\ell}\right\}\right]cmM^{10.\ell}_{10.n}+\sum_{\ell=1}^{N_1-1}\left[\frac{S_{11.\ell}-S_{10.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{10.\ell}-S_{9.\ell})}\left\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1}(wct'P_{10.i}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell}\right.\right.$$

$$\left.\left.-wct'P_{9.i}\cdot ctM^{9.i}_{9.\ell})+wct'P_{10.N_1}\cdot ct'M^{10.N_1}_{10.\ell}-wct'P_{9.N_1}\cdot ct'M^{9.N_1}_{9.\ell}\right\}+\frac{S_{10.\ell}-S_{9.\ell}}{(S_{11.\ell}-S_{9.\ell})(S_{11.\ell}-S_{10.\ell})}\right.$$

$$\left.\times\left\{\sum_{i=\ell}^{N_1-1}(wct'P_{11.i}\cdot ctM^{11.i}_{11.\ell}-wct'P_{10.\ell}\cdot ctM^{10.i}_{10.\ell})+wct'P_{11.N_1}\cdot ct'M^{11.N_1}_{11.\ell}-wct'P_{10.N_1}\cdot ct'M^{10.N_1}_{10.\ell}\right\}\right]cmM^{10.\ell}_{m.n}$$ (8.4.28)

(β) $10<m\leq 16$ のとき

$$wcM_{m.n}=w3M_{m.n}+\sum_{\ell=m-10}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m.\ell}\cdot crM^{m.\ell}_{m.n}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csM^{m.\ell}_{m.n}\right\}+\sum_{\ell=n-0}^{N_1-1}\left\{wcr'P_{m.\ell}\cdot crM^{m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{m.\ell}\cdot csM^{m.\ell}_{m.n}\right\}$$

$$+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2M^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2M^{m.N_2}_{m.n}+wcr'P_{m.N_1}\cdot cr'M^{m.N_1}_{m.n}+wcs'P_{m.N_1}\cdot cs'M^{m.N_1}_{m.n}$$

$$+\left[\frac{S_{m.m-10}-S_{m-2.m-10}}{(S_{m.m-10}-S_{m-1.m-10})(S_{m-1.m-10}-S_{m-2.m-10})}\left\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-wct^2P_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.m-10})\right.\right.$$

$$\sum_{i=m-10}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-wct'P_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.m-10}\right)+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.m-10}-wct^2P_{m-1.N_2}\cdot ct^2M^{m-1.N_2}_{m-1.m-10}$$
$$+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.m-10}-wct'P_{m-1.N_1}\cdot ct'M^{m-1.N_1}_{m-1.m-10}\Big\}-\frac{Sm.m-10-Sm-1.m-10}{(Sm.m-10-Sm-2.m-10)(Sm+1.m-10-Sm-2.m-10)}$$
$$\times\Big\{\sum_{i=m-10}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.m-10}-wct^2P_{m-2.i}\cdot ctM^{m-2.i}_{m-2.m-10}\right)+\sum_{i=m-10}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m-10}-wct'P_{m-2.i}\cdot ctM^{m-2.i}_{m-2.m-10}\right)$$
$$+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.m-10}-wct^2P_{m-2.N_2}\cdot ct^2M^{m-2.N_2}_{m-2.m-10}+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.m-10}-wct'P_{m-2.N_1}\cdot ct'M^{m-2.N_1}_{m-2.m-10}\Big\}\Big]$$
$$\times cmM^{m.m-10}_{m.n}+\sum_{\ell=m-9}^{N_2-1}\Big[\frac{Sm+1.\ell-Sm.\ell}{(Sm+1.\ell-Sm+1.\ell)(Sm.\ell-Sm-1.\ell)}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-wct^2P_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell}\right)+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}$$
$$-wct^2P_{m-1.N_2}\cdot ct^2M^{m-1.N_2}_{m-1.\ell}\Big\}+\frac{Sm.\ell-Sm-1.\ell}{(Sm+1.\ell-Sm-1.\ell)(Sm+1.\ell-Sm.\ell)}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}-wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}\right)$$
$$+wct^2P_{m+1.N_2}\cdot ct^2M^{m+1.N_2}_{m+1.\ell}-wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}\Big\}\Big]cmM^{m.\ell}_{m.n}+\sum_{\ell=m-9}^{N_1-1}\Big[\frac{Sm+1.\ell-Sm.\ell}{(Sm+1.\ell-Sm-1.\ell)(Sm.\ell-Sm-1.\ell)}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}\right.$$
$$\left.-wct'P_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell}\right)+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.\ell}-wct'P_{m-1.N_1}\cdot ct'M^{m-1.N_1}_{m-1.\ell}\Big\}+\frac{Sm.\ell-Sm-1.\ell}{(Sm+1.\ell-Sm-1.\ell)(Sm+1.\ell-Sm.\ell)}$$
$$\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct'P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}-wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}\right)+wct'P_{m+1.N_1}\cdot ct'M^{m+1.N_1}_{m+1.\ell}-wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.\ell}\Big\}\Big]cmM^{m.\ell}_{m.n}$$

(8.4.29)

(c) $10>m\geqq 4$ のとき

$$wcM_{m.n}=w3M_{m.n}+\sum_{\ell=10-m}^{N_2-1}\left(wcr^2P_{m.\ell}\cdot crM^{m.\ell}_{m.n}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csM^{m.\ell}_{m.n}\right)+\sum_{\ell=10-m}^{N_1-1}\left(wcr'P_{m.\ell}\cdot crM^{m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{m.\ell}\cdot csM^{m.\ell}_{m.n}\right)$$
$$+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2M^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2M^{m.N_2}_{m.n}+wcr'P_{m.N_1}\cdot cr'M^{m.N_1}_{m.n}+wcs'P_{m.N_1}\cdot cs'M^{m.N_1}_{m.n}$$
$$+\Big[\frac{Sm.10-m-Sm+2.10-m}{(Sm.10-m-Sm+1.10-m)(Sm+1.10-m-Sm+2.m+10)}\Big\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}-wct^2P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.10-m}\right)$$
$$+\sum_{i=10-m}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}-wct'P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.10-m}\right)+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.10-m}-wct^2P_{m+1.N_2}\cdot ct^2M^{m+1.N_2}_{m+1.10-m}$$
$$+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.10-m}-wct'P_{m+1.N_1}\cdot ct'M^{m+1.N_1}_{m+1.10-m}\Big\}-\frac{Sm.10-m-Sm+1.10-m}{(Sm.10-m-Sm+210-m)(Sm+1.10-m-Sm+2.10-m)}$$
$$\times\Big\{\sum_{i=10-m}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}-wct^2P_{m+2.i}\cdot ctM^{m+2.i}_{m+2.10-m}\right)+\sum_{i=10-m}^{N_1-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.10-m}-wct'P_{m+2.i}\cdot ctM^{m+2.i}_{m+2.10-m}\right)$$
$$+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.10-m}-wct^2P_{m+2.N_2}\cdot ct^2M^{m+2.N_2}_{m+2.10-m}+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.10-m}-wct'P_{m+2.N_1}\cdot ct'M^{m+2.N_1}_{m+2.10-m}\Big\}\Big]$$
$$\times cmM^{m.10-m}_{m.n}+\sum_{\ell=11-m}^{N_2-1}\Big[\frac{Sm+1.\ell-Sm.\ell}{(Sm+1.\ell-Sm-1.\ell)(Sm.\ell-Sm-1.\ell)}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-wct^2P_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell}\right)$$
$$+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}-wct^2P_{m-1.N_2}\cdot ct^2M^{m-1.N_2}_{m-1.\ell}\Big\}+\frac{Sm.\ell-Sm-1.\ell}{(Sm+1.\ell-Sm-1.\ell)(Sm+1.\ell-Sm.\ell)}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct^2P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}\right.$$
$$\left.-wct^2P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}\right)+wct^2P_{m+1.N_2}\cdot ct^2M^{m+1.N_2}_{m+1.\ell}-wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.\ell}\Big\}\Big]cmM^{m.\ell}_{m.n}$$
$$+\sum_{\ell=11-m}^{N_1-1}\Big[\frac{Sm+1.\ell-Sm.\ell}{(Sm+1.\ell-Sm-1.\ell)(Sm.\ell-Sm-1.\ell)}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}-wct'P_{m-1.i}\cdot ctM^{m-1.i}_{m-1.\ell}\right)+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.\ell}$$
$$-wct'P_{m+1.N_1}\cdot ct'M^{m-1.N_1}_{m-1.\ell}\Big\}+\frac{(Sm.\ell-Sm-1.\ell)}{(Sm+1.\ell-Sm-1.\ell)(Sm+1.\ell-Sm.\ell)}\Big\{\sum_{i=\ell}^{N_2-1}\left(wct'P_{m+1.i}\cdot ctM^{m+1.i}_{m+1.\ell}-wct'P_{m.i}\cdot ctM^{m.i}_{m.\ell}\right)$$
$$+wct'P_{m+1.N_1}\cdot ct'M^{m+1.N_1}_{m+1.\ell}-wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.\ell}\Big\}\Big]cmM^{m.\ell}_{m.n}$$

(8.4.30)

$$wcVmn=\sum_{\ell=\rho}^{N_2-1}\left(wcr^2P_{m.\ell}\cdot crV^{m.\ell}_{m.n}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csV^{m.\ell}_{m.n}\right)+\sum_{\ell=\rho}^{N_1-1}\left(wcr'P_{m.\ell}\cdot crV^{m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{m.\ell}\cdot csV^{m.\ell}_{m.n}\right)$$
$$+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2V^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2V^{m.N_2}_{m.n}+wcr'P_{m.N_1}\cdot cr'V^{m.N_1}_{m.n}+wcs'P_{m.N_1}\cdot cs'V^{m.N_1}_{m.n}$$

(8.4.31)

$$wcH_{m.n}=\sum_{\ell=p}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{m.\ell}\cdot crH^{m.\ell}_{m.n}+wcs^2P_{m.\ell}\cdot csH^{m.\ell}_{m.n}\right\}+\sum_{\ell=p}^{N_1-1}\left\{wcr'P_{m.\ell}\cdot crH^{m.\ell}_{m.n}+wcs'P_{m.\ell}\cdot csH^{m.\ell}_{m.n}\right\}\cdot$$
$$+wcr^2P_{m.N_2}\cdot cr^2H^{m.N_2}_{m.n}+wcs^2P_{m.N_2}\cdot cs^2H^{m.N_2}_{m.n}+wcr'P_{m.N_1}\cdot cr'H^{m.N_1}_{m.n}+wcs'P_{m.N_1}\cdot csH^{m.N_1}_{m.n}\quad(8.4.32)$$

$$wcM_{m.n}=\sum_{\ell=p}^{N_2-1}wct^2P_{m.\ell}\cdot ctM^{m.\ell}_{m.n}+\sum_{\ell=p}^{N_1-1}wct'P_{m.\ell}\cdot ctM^{m.\ell}_{m.n}+wct^2P_{m.N_2}\cdot ct^2M^{m.N_2}_{m.n}+wct'P_{m.N_1}\cdot ct'M^{m.N_1}_{m.n}\quad(8.4.33)$$

ここに(8.4.25)~(8.4.27)及び(8.4.31)~(8.4.33)に現れる$\sum_{\ell=p}^{N_2-1}\cdot\sum_{\ell=p}^{N_1-1}$のpは次のようにとるものとする.

(i) $10\leqq m\leqq 16$ のとき

$$p=m-10$$

(ii) $10\geqq m\geqq 4$ のとき

$$p=10-m$$

自重による了-チの不静定力は

(i) $6\geqq n>N_2$ のとき

$$waM_{m.n}=waH_{m.n}=wa\nabla_{m.n}=0\quad(8.4.34)$$

(ii) $n=N_2$ のとき

$$waM_{m.N_2}=waH_{m.N_2}=wa\nabla_{m.N_2}=0\quad(8.4.35)$$

$$waM'_{m.N_2}=-\sum_{K=10-N_2}^{10+N_2}\left(wcr^2P_{K.N_2}\cdot arM^{K.N_2}_{m.N_2}+wcs^2P_{K.N_2}\cdot asM^{K.N_2}_{m.N_2}+wct^2P_{K.N_2}\cdot atM^{K.N_2}_{m.N_2}\right)\quad(8.4.36)$$

$$waH'_{m.N_2}=-\sum_{K=10-N_2}^{10+N_2}\left(wcr^2P_{K.N_2}\cdot arH^{K.N_2}_{m.N_2}+wcs^2P_{K.N_2}\cdot asH^{K.N_2}_{m.N_2}+wct^2P_{K.N_2}\cdot atH^{K.N_2}_{m.N_2}\right)\quad(8.4.37)$$

$$wa\nabla'_{m.N_2}=-\sum_{K=10-N_2}^{10+N_2}\left(wcr^2P_{K.N_2}\cdot ar\nabla^{K.N_2}_{m.N_2}+wcs^2P_{K.N_2}\cdot as\nabla^{K.N_2}_{m.N_2}+wct^2P_{K.N_2}\cdot at\nabla^{K.N_2}_{m.N_2}\right)\quad(8.4.38)$$

(iii) $N_2>n>N_1$ のとき

$$waM_{m.n}=-\sum_{K=10-n}^{10+n}\left(wcr^2P_{K.n}\cdot arM^{K.n}_{m.n}+wcs^2P_{K.n}\cdot asM^{K.n}_{m.n}+wct^2P_{K.n}\cdot atM^{K.n}_{m.n}\right)-K^c_{10\cdot n}\left\{\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{10\cdot n.\ell}\right.\right.$$
$$\times\left(cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot arM^{c.10-n}_{m.n}+crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot asM^{c.10-n}_{m.n}\right)+wcs^2P_{10-n.\ell}\left(cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot arM^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot asM^{c.10-n}_{m.n}\right)$$
$$\left.-wct^2P_{10-n.\ell}\cdot ctM^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot atM^{c.10-n}_{m.n}\right\}+wcr^2P_{10-n.N_2}\left(cr^2\nabla^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot arM^{c.10-n}_{m.n}+cr^2H^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot asM^{c.10-n}_{m.n}\right)$$
$$+wcs^2P_{10-n.N_2}\left(cs^2\nabla^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot arM^{c.10-n}_{m.n}+cs^2H^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot asM^{c.10-n}_{m.n}\right)-wct^2P_{10-n.N_2}\cdot ct^2M^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot atM^{c.10-n}_{m.n}\Big\}$$
$$-K^c_{10+n}\left\{\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{10+n.\ell}\left(cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot arM^{c.10+n}_{m.n}+crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot asM^{c.10+n}_{m.n}\right)+wcs^2P_{10+n.\ell}\left(cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot arM^{c.10+n}_{m.n}\right.\right.\right.$$
$$\left.+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot asM^{c.10+n}_{m.n}\right)-wct^2P_{10+n.\ell}\cdot ctM^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot atM^{c.10+n}_{m.n}\Big\}+wcr^2P_{10+n.N_2}\left(cr^2\nabla^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot arM^{c.10+n}_{m.n}+\right.$$
$$cr^2H^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot asM^{c.10+n}_{m.n}\Big)+wcs^2P_{10+n.N_2}\left(cs^2\nabla^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot arM^{c.10+n}_{m.n}+cs^2H^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot asM^{c.10+n}_{m.n}\right)$$
$$\left.-wct^2P_{10+n.N_2}\cdot ct^2M^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot atM^{c.10+n}_{m.n}\right]\quad(8.4.39)$$

$$waH_{m.n}=-\sum_{K=10-n}^{10+n}\left(wcr^2P_{K.n}\cdot arH^{K.n}_{m.n}+wcs^2P_{K.n}\cdot asH^{K.n}_{m.n}+wct^2P_{K.n}\cdot atH^{K.n}_{m.n}\right)-K^c_{10\cdot n}\left\{\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{10\cdot n.\ell}\cdot\right.\right.$$
$$\times\left(cr\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot arH^{c.10-n}_{m.n}+crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot asH^{c.10-n}_{m.n}\right)+wcs^2P_{10-n.\ell}\left(cs\nabla^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot arH^{c.10-n}_{m.n}+csH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot asH^{c.10-n}_{m.n}\right)$$
$$\left.-wct^2P_{10-n.\ell}\cdot ctH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\cdot atH^{c.10-n}_{m.n}\right\}+wcr^2P_{10-n.N_2}\left(cr^2\nabla^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot arH^{c.10-n}_{m.n}+cr^2H^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot asH^{c.10-n}_{m.n}\right)$$
$$+wcs^2P_{10-n.N_2}\left(cs^2\nabla^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot arH^{c.10-n}_{m.n}+cs^2H^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot asH^{c.10-n}_{m.n}\right)-wct^2P_{10-n.N_2}\cdot ct^2M^{10-n.N_2}_{10-n.n}\cdot atH^{c.10-n}_{m.n}\Big]$$
$$-K^c_{10+n}\left[\sum_{\ell=n}^{N_2-1}\left\{wcr^2P_{10+n.\ell}\left(cr\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot arH^{c.10+n}_{m.n}+crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot asH^{c.10+n}_{m.n}\right)+wcs^2P_{10+n.\ell}\left(cs\nabla^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot arH^{c.10+n}_{m.n}\right.\right.\right.$$
$$\left.+csH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot asH^{c.10+n}_{m.n}\right)-wct^2P_{10+n.\ell}\cdot ctM^{10+n.\ell}_{10+n.n}\cdot atH^{c.10+n}_{m.n}\Big\}+wcr^2P_{10+n.N_2}\left(cr^2\nabla^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot arH^{c.10+n}_{m.n}\right.$$
$$\left.+cr^2H^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot asH^{c.10+n}_{m.n}\right)+wcs^2P_{10+n.N_2}\left(cs^2\nabla^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot arH^{c.10+n}_{m.n}+cs^2H^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot asH^{c.10+n}_{m.n}\right)$$
$$\left.-wct^2P_{10+n.N_2}\cdot ct^2M^{10+n.N_2}_{10+n.n}\cdot atH^{c.10+n}_{m.n}\right]\quad(8.4.40)$$

$$waV_{m.n} = -\sum_{k=10-n}^{10+n} (wcr^2 P_{k.n} \cdot arV_{m.n}^{K.n} + wcs^2 P_{k.n} \cdot asV_{m.n}^{K.n} + wct^2 P_{k.n} \cdot atV_{m.n}^{K.n}) - K\sum_{l=n}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10-n.l} (crV_{10-n.n}^{10-n.l} \times arV_{m.n}^{C.10-n} + crH_{10-n.n}^{10-n.l} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}) + wcs^2 P_{10-n.l} (csV_{10-n.n}^{10-n.l} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n} + csH_{10-n.n}^{10-n.l} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}) - wct^2 P_{10-n.l} \cdot ctM_{10-n.n}^{10-n.l} \cdot atV_{m.n}^{C.10-n} \} + wcr^2 P_{10-n.N_2} (crV_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n} + cr^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}) + wcs^2 P_{10-n.N_2} (cs^2 V_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n} + cs^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}) - wct^2 P_{10-n.N_2} \cdot ctM_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot atV_{m.n}^{C.10-n} \} - K\sum_{l=n}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10+n.l} (crV_{10+n.n}^{10+n.l} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} + crH_{10+n.n}^{10+n.l} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n}) + wcs^2 P_{10+n.l} (csV_{10+n.n}^{10+n.l} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} + csH_{10+n.n}^{10+n.l} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n}) - wct^2 P_{10+n.l} \cdot ctM_{10+n.n}^{10+n.l} \cdot atV_{m.n}^{C.10+n} \} + wcr^2 P_{10+n.N_2} (cr^2 V_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} + cr^2 H_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n}) + wcs^2 P_{10+n.N_2} (cs^2 V_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} + cs^2 H_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n}) - wct^2 P_{10+n.N_2} \cdot ctM_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot atV_{m.n}^{C.10+n} \} \quad (8.4.41)$$

(V) $n = N_1$ のとき

$$waM_{m.N_1} = -\sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr^2 P_{k.N_1} \cdot arM_{m.N_1}^{K.N_1} + wcs^2 P_{k.N_1} asM_{m.N_1}^{K.N_1} + wct^2 P_{k.N_1} \cdot atM_{m.N_1}^{K.N_1}) - K\sum_{l=N_1}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10-N_1.l} (crV_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \times arM_{m.N_1}^{C.10-N_1} + crH_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1.l} (csV_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot arM_{m.N_1}^{C.10-N_1} + csH_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1.l} \cdot ctM_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot atM_{m.N_1}^{C.10-N_1} \} + wcr^2 P_{10-N_1.N_2} (cr^2 V_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot arM_{m.N_1}^{C.10-N_1} + cr^2 H_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1.N_2} (cs^2 V_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot arM_{m.N_1}^{C.10-N_1} + cs^2 H_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1.N_2} \cdot ct^2 M_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot atM_{m.N_1}^{C.10-N_1} \} - K\sum_{l=N_1}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10+N_1.l} (crV_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot arM_{m.N_1}^{C.10+N_1} + crH_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1.l} (csV_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot arM_{m.N_1}^{C.10+N_1} + csH_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1.l} \cdot ctM_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot atM_{m.N_1}^{C.10+N_1} \} + wcr^2 P_{10+N_1.N_2} (cr^2 V_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot arM_{m.N_1}^{C.10+N_1} + cr^2 H_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1.N_2} (cs^2 V_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot arM_{m.N_1}^{C.10+N_1} + cs^2 H_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot asM_{m.N_1}^{C.10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1.N_2} \cdot ct^2 M_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot atM_{m.N_1}^{C.10+N_1} \] \quad (8.4.42)$$

$$waH_{m.N_1} = -\sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr^2 P_{k.N_1} \cdot arH_{m.N_1}^{K.N_1} + wcs^2 P_{k.N_1} asH_{m.N_1}^{K.N_1} + wct^2 P_{k.N_1} atH_{m.N_1}^{K.N_1}) - K\sum_{l=N_1}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10-N_1.l} (crV_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \times arH_{m.N_1}^{C.10-N_1} + crH_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1.l} (csV_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot arH_{m.N_1}^{C.10-N_1} + csH_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1.l} \cdot ctM_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot atH_{m.N_1}^{C.10-N_1} \} + wcr^2 P_{10-N_1.N_2} (cr^2 V_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot arH_{m.N_1}^{C.10-N_1} + cr^2 H_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1.N_2} (cs^2 V_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot arH_{m.N_1}^{C.10-N_1} + cs^2 H_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1.N_2} \cdot ct^2 M_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot atH_{m.N_1}^{C.10-N_1} \} - K\sum_{l=N_1}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10+N_1.l} (crV_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot arH_{m.N_1}^{C.10+N_1} + crH_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1.l} (csV_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot arH_{m.N_1}^{C.10+N_1} + csH_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1.l} \cdot ctM_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot atH_{m.N_1}^{C.10+N_1} \} + wcr^2 P_{10+N_1.N_2} (cr^2 V_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot arH_{m.N_1}^{C.10+N_1} + cr^2 H_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1.N_2} (cs^2 V_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot arH_{m.N_1}^{C.10+N_1} + cs^2 H_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot asH_{m.N_1}^{C.10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1.N_2} \cdot ct^2 M_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot atH_{m.N_1}^{C.10+N_1} \] \quad (8.4.43)$$

$$waV_{m.N_1} = -\sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr^2 P_{k.N_1} \cdot arV_{m.N_1}^{K.N_1} + wcs^2 P_{k.N_1} \cdot asV_{m.N_1}^{K.N_1} + wct^2 P_{k.N_1} \cdot atV_{m.N_1}^{K.N_1}) - K\sum_{l=N_1}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10-N_1.l} (crV_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10-N_1} + crH_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1.l} (csV_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10-N_1} + csH_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1.l} \cdot ctM_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.l} \times atV_{m.N_1}^{C.10-N_1} \} + wcr^2 P_{10-N_1.N_2} (cr^2 V_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10-N_1} + cr^2 H_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10-N_1}) + wcs^2 P_{10-N_1.N_2} (cs^2 V_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10-N_1} + cs^2 H_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10-N_1}) - wct^2 P_{10-N_1.N_2} \cdot ct^2 M_{10-N_1.N_1}^{10-N_1.N_2} \cdot atV_{m.N_1}^{C.10-N_1} \} - K\sum_{l=N_1}^{N_2-1} \{ wcr^2 P_{10+N_1.l} (crV_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10+N_1} + crH_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1.l} (csV_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10+N_1} + csH_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1.l} \cdot ctM_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.l} \times atV_{m.N_1}^{C.10+N_1} \} + wcr^2 P_{10+N_1.N_2} (cr^2 V_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10+N_1} + cr^2 H_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10+N_1}) + wcs^2 P_{10+N_1.N_2} (cs^2 V_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot arV_{m.N_1}^{C.10+N_1} + cs^2 H_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot asV_{m.N_1}^{C.10+N_1}) - wct^2 P_{10+N_1.N_2} \cdot ct^2 M_{10+N_1.N_1}^{10+N_1.N_2} \cdot atV_{m.N_1}^{C.10+N_1} \] \quad (8.4.44)$$

$$waM'_{m.N_1} = waM_{m.N_1} - \sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr'P_{k.N_1} \cdot arM_{m.N_1}^{K.N_1} + wcs'P_{k.N_1} \cdot asM_{m.N_1}^{K.N_1} + wct'P_{k.N_1} \cdot atM_{m.N_1}^{K.N_1}) \quad (8.4.45)$$

$$waH'_{m.N_1} = waH_{m.N_1} - \sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr'P_{k.N_1} \cdot arH_{m.N_1}^{K.N_1} + wcs'P_{k.N_1} \cdot asH_{m.N_1}^{K.N_1} + wct'P_{k.N_1} \cdot atH_{m.N_1}^{K.N_1}) \quad (8.4.46)$$

$$waV'_{m.N_1} = waV_{m.N_1} - \sum_{k=10-N_1}^{10+N_1} (wcr'P_{k.N_1} \cdot arV_{m.N_1}^{K.N_1} + wcs'P_{k.N_1} \cdot asV_{m.N_1}^{K.N_1} + wct'P_{k.N_1} \cdot atV_{m.N_1}^{K.N_1}) \quad (8.4.47)$$

(V) $N_1 > n \geq 0$ のとき

$$
\begin{aligned}
wa M_{m.n} = & -\sum_{k=10-n}^{10+n} \Big\{ (wcr' P_{k.n} + wcr^2 P_{k.n}) ar M_{m.n}^{K.n} + (wcs' P_{k.n} + wcs^2 P_{k.n}) as M_{m.n}^{K.n} + (wct' P_{k.n} + wct^2 P_{k.n}) at M_{m.n}^{K.n} \Big\} \\
& - K_{10-n}^{C} \Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big\{ wcr^2 P_{10-n.\ell} \left(cr \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cr H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as M_{m.n}^{C.10-n} \right) + wcs^2 P_{10-n.\ell} \left(cs \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cs H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \right. \\
& \times as M_{m.n}^{C.10-n} \Big) - wct^2 P_{10-n.\ell} \cdot ct A_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot at M_{m.n}^{C.10-n} \Big\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \Big\{ wcr' P_{10-n.\ell} \left(cr \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cr H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as M_{m.n}^{C.10-n} \right) \\
& + wcs' P_{10-n.\ell} \left(cs \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cs H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as M_{m.n}^{C.10-n} \right) - wct' P_{10-n.\ell} \cdot ct A_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot at M_{m.n}^{C.10-n} \Big\} \\
& + wcr^2 P_{10-n.N_2} \left(cr^2 \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cr^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot as M_{m.n}^{C.10-n} \right) + wcs^2 P_{10-n.N_2} \left(cs^2 \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cs^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \right. \\
& \times as M_{m.n}^{C.10-n} \Big) - wct^2 P_{10-n.N_2} \cdot ct A_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot at M_{m.n}^{C.10-n} + wcr' P_{10-n.N_1} \left(cr' \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cr' H_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot as M_{m.n}^{C.10-n} \right) \\
& + wcs' P_{10-n.N_1} \left(cs' \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot ar M_{m.n}^{C.10-n} + cs' H_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot as M_{m.n}^{C.10-n} \right) - wct' P_{10-n.N_1} \cdot ct A_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot at M_{m.n}^{C.10-n} \Big] \\
& - K_{10+n}^{C} \Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big\{ wcr^2 P_{10+n.\ell} \left(cr \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cr H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot as M_{m.n}^{C.10+n} \right) + wcs^2 P_{10+n.\ell} \left(cs \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cs H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \right. \\
& \times as M_{m.n}^{C.10+n} \Big) - wct^2 P_{10+n.\ell} \cdot ct A_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot at M_{m.n}^{C.10+n} \Big\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \Big\{ wcr' P_{10+n.\ell} \left(cr \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cr H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot as M_{m.n}^{C.10+n} \right) \\
& + wcs' P_{10+n.\ell} \left(cs \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cs H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot as M_{m.n}^{C.10+n} \right) - wct' P_{10+n.\ell} \cdot ct A_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot at M_{m.n}^{C.10+n} \Big\} \\
& + wcr^2 P_{10+n.N_2} \left(cr^2 \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cr^2 H_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot as M_{m.n}^{C.10+n} \right) + wcs^2 P_{10+n.N_2} \left(cs^2 \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cs^2 H_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot as M_{m.n}^{C.10+n} \right) \\
& - wct^2 P_{10+n.N_2} \cdot ct^2 A_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot at M_{m.n}^{C.10+n} + wcr' P_{10+n.N_1} \left(cr' \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cr' H_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot as M_{m.n}^{C.10+n} \right) + wcs' P_{10+n.N_1} \\
& \times \left(cs' \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot ar M_{m.n}^{C.10+n} + cs' H_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot as M_{m.n}^{C.10+n} \right) - wct' P_{10+n.N_1} \cdot ct' A_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot at M_{m.n}^{C.10+n} \Big] \qquad (8.4.48) \\
wa H_{m.n} = & -\sum_{k=10-n}^{10+n} \Big\{ (wcr' P_{k.n} + wcr^2 P_{k.n}) ar H_{m.n}^{K.n} + (wcs' P_{K.n} + wcs^2 P_{k.n}) as H_{m.n}^{K.n} + (wct' P_{k.n} + wct^2 P_{k.n}) at H_{m.n}^{K.n} \Big\} \\
& - K_{10-n}^{C} \Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big\{ wcr^2 P_{10-n.\ell} \left(cr \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10-n} + cr H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \right) + wcs^2 P_{10-n.\ell} \left(cs \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10-n} + cs H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \right) \\
& - wct^2 P_{10-n.\ell} \cdot ct H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot at H_{m.n}^{C.10-n} \Big\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \Big\{ wcr' P_{10-n.\ell} \left(cr \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10-n} + cr H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \right) + wcs' P_{10-n.\ell} \\
& \times \left(cs \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10-n} + cs H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \right) - wct' P_{10-n.\ell} \cdot ct A_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot at H_{m.n}^{C.10-n} \Big\} + wcr^2 P_{10-n.N_2} \left(cr^2 \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot \right. \\
& \times ar H_{m.n}^{C.10-n} + cr^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \Big) + wcs^2 P_{10-n.N_2} \left(cs^2 \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot ar H_{m.n}^{C.10-n} + cs^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \right) \\
& - wct^2 P_{10-n.N_2} \cdot ct^2 A_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot at H_{m.n}^{C.10-n} + wcr' P_{10-n.N_1} \left(cr' \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot ar H_{m.n}^{C.10-n} + cr' H_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \right) \\
& + wcs' P_{10-n.N_1} \left(cs' \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot ar H_{m.n}^{C.10-n} + cs' H_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot as H_{m.n}^{C.10-n} \right) - wct' P_{10-n.N_1} \cdot ct' A_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot at H_{m.n}^{C.10-n} \Big] \\
& - K_{10+n}^{C} \Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big\{ wcr^2 P_{10+n.\ell} \left(cr \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10+n} + cr H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot as H_{m.n}^{C.10+n} \right) + wcs^2 P_{10+n.\ell} \left(cs \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10+n} + cs H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \right. \\
& \times as H_{m.n}^{C.10+n} \Big) - wct^2 P_{10+n.\ell} \cdot ct A_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot at H_{m.n}^{C.10+n} \Big\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \Big\{ wcr' P_{10+n.\ell} \left(cr \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10+n} + cr H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot as H_{m.n}^{C.10+n} \right) + wcs' P_{10+n.\ell} \\
& \times \left(cs \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar H_{m.n}^{C.10+n} + cs H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot as H_{m.n}^{C.10+n} \right) - wct' P_{10+n.\ell} \cdot ct A_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot at H_{m.n}^{C.10+n} \Big\} + wcr^2 P_{10+n.N_2} \left(cr^2 \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_2} \right. \\
& \times ar H_{m.n}^{C.10+n} + cr^2 H_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot as H_{m.n}^{C.10+n} \Big) + wcs^2 P_{10+n.N_2} \left(cs^2 \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot ar H_{m.n}^{C.10+n} + cs^2 H_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot as H_{m.n}^{C.10+n} \right) - wct^2 P_{10+n.N_2} \\
& \times ct^2 A_{10+n.n}^{10+n.N_2} \cdot at H_{m.n}^{C.10+n} + wcr' P_{10+n.N_1} \left(cr' \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot ar H_{m.n}^{C.10+n} + cr' H_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot as H_{m.n}^{C.10+n} \right) + wcs' P_{10+n.N_1} \left(cs' \nabla_{10+n.n}^{10+n.N_1} \right. \\
& \times ar H_{m.n}^{C.10+n} + cs' H_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot as H_{m.n}^{C.10+n} \Big) - wct' P_{10+n.N_1} \cdot ct' A_{10+n.n}^{10+n.N_1} \cdot at H_{m.n}^{C.10+n} \Big] \qquad (8.4.49) \\
wa \nabla_{m.n} = & -\sum_{k=10-n}^{10+n} \Big\{ (wcr' P_{k.n} + wcr^2 P_{k.n}) ar \nabla_{m.n}^{K.n} + (wcs' P_{K.n} + wcs^2 P_{k.n}) as \nabla_{m.n}^{K.n} + (wct' P_{k.n} + wct^2 P_{k.n}) at \nabla_{m.n}^{K.n} \Big\} \\
& - K_{10-n}^{C} \Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big\{ wcr^2 P_{10-n.\ell} \left(cr \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} + cr H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \right) + wcs^2 P_{10-n.\ell} \left(cs \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} + cs H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \right) \\
& - wct^2 P_{10-n.\ell} \cdot ct A_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot at \nabla_{m.n}^{C.10-n} \Big\} + \sum_{\ell=n}^{N_1-1} \Big\{ wcr' P_{10-n.\ell} \left(cr \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} + cr H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \right) + wcs' P_{10-n.\ell} \left(cs \nabla_{10-n.n}^{10-n.\ell} \right. \\
& \times ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} + cs H_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \Big) - wct' P_{10-n.\ell} \cdot ct A_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot at \nabla_{m.n}^{C.10-n} \Big\} + wcr^2 P_{10-n.N_2} \left(cr^2 \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} \right. \\
& + cr^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \Big) + wcs^2 P_{10-n.N_2} \left(cs^2 \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} + cs^2 H_{10-n.n}^{10-n.N_2} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \right) - wct^2 P_{10-n.N_2} \cdot ct^2 A_{10-n.n}^{10-n.N_2} \\
& \times at \nabla_{m.n}^{C.10-n} + wcr' P_{10-n.N_1} \left(cr' \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} + cr' H_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \right) + wcs' P_{10-n.N_1} \left(cs' \nabla_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10-n} \right. \\
& + cs' H_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot as \nabla_{m.n}^{C.10-n} \Big) - wct' P_{10-n.N_1} \cdot ct' A_{10-n.n}^{10-n.N_1} \cdot at \nabla_{m.n}^{C.10-n} \Big] - K_{10+n}^{C} \Big[\sum_{\ell=n}^{N_2-1} \Big\{ wcr^2 P_{10+n.\ell} \left(cr \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10+n} \right. \\
& + cr H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10+n} \Big) + wcs^2 P_{10+n.\ell} \left(cs \nabla_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot ar \nabla_{m.n}^{C.10+n} + cs H_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot as \nabla_{m.n}^{10+n} \right) - wct^2 P_{10+n.\ell} \cdot ct A_{10+n.n}^{10+n.\ell}
\end{aligned}
$$

$$atV^{C,10+n}_{m,n}\Big\}+\sum_{\ell=n}^{N-1}\Big\{wcr'P_{10+n,\ell}(crV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}+crH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n})+wcsP_{10+n,\ell}(csV^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}$$
$$+csH^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n})-wct'P_{10+n,\ell}\cdot ctM^{10+n,\ell}_{10+n,n}\cdot atV^{C,10+n}_{m,n}\Big\}+wcr^2P_{10+n,N_2}(cr^2V^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}+cr^2H^{10+n,N_2}_{10+n,n}\times$$
$$asV^{C,10+n}_{m,n})+wcs^2P_{10+n,N_2}\cdot(cs^2V^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}+cs^2H^{10+n,N_2}_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n})-wct^2P_{10+n,N_2}\cdot ct^2M^{10+n,N_2}_{10+n,n}\times$$
$$atV^{C,10+n}_{m,n}+wcr^2P_{10+n,N_1}\cdot(cr'V^{10+n,N_1}_{10+n,n}\cdot arV^{C,10+n}_{m,n}+cr'H^{10+n,N_1}_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n})+wcs'P_{10+n,N_1}\cdot(cs'V^{10+n,N_1}_{10+n,n}\times$$
$$arV^{C,10+n}_{m,n}+cs'H^{10+n,N_1}_{10+n,n}\cdot asV^{C,10+n}_{m,n})-wct'P_{10+n,N_1}\cdot ctM^{10+n,N_1}_{10+n,n}\cdot atV^{C,10+n}_{m,n}\Big\} \qquad (8.4.50)$$

cMm,n; cVm,n; cHm,n; $ctMm,n$; $tcMm,n$; $tcVm,n$; $tcHm,n$; $tcMm,n$; $wcMm,n$; $wcVm,n$; $wcHm,n$; $wcVm,n$; $wcMm,n$; ξ $m=10,11,\cdots16$; $n=m-10,m-9\cdots6$ および $m=9,8,7,\cdots4$; $n=10-m,\cdots6$ について計算する。

aMm,n; aVm,n; aHm,n; $taMm,n$; $taHm,n$; $taVm,n$; $waMm,n$; $waHm,n$; $waVm,n$ を $n=1,2,\cdots6$; $m=10-n,\cdots10\cdots10+n$ について計算する.

第9節 応力計算

9.1 鉛直水平応力

点(m,n)の外荷重による片持梁応力は

$$c\sigma u,m,n=\frac{vWm,n}{Am,n}+\frac{cMm,n}{Im,n}\ell g\,m,n \qquad (9.1.1)$$

$$c\sigma d,m,n=c\sigma u,m,n-\frac{cMm,n}{Im,n}Tm,n \qquad (9.1.2)$$

(m,n)の温度荷重による片持梁応力は

$$t\sigma u,m,n=\frac{tcMm,n}{Im,n}\ell g\,m,n \qquad (9.1.3)$$

$$t\sigma d,m,n=t\sigma u,m,n-\frac{tcMm,n}{Im,n}Tm,n \qquad (9.1.4)$$

(m,n)の自重による片持梁応力は

$$w\sigma u,m,n=\frac{wWm,n}{Am,n}+\frac{wcMm,n}{Im,n}\ell gm,n \qquad (9.1.5)$$

$$w\sigma d,m,n=w\sigma u,m,n-\frac{wcMm,n}{Im,n}Tm,n \qquad (9.1.6)$$

(m,n)の全鉛直応力は

$$\sigma u,m,n=c\sigma u,m,n+t\sigma u,m,n+w\sigma u,m,n \qquad (9.1.7)$$

$$\sigma d,m,n=c\sigma d,m,n+t\sigma d,m,n+w\sigma d,m,n \qquad (9.1.8)$$

点(m,n)の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma E,m,n=\frac{aHm,n}{Tm,n}+6\frac{aMm,n}{Tm,n^2} \qquad (9.1.9)$$

$$c\sigma I,m,n=\frac{aHm,n}{Tm,n}-6\frac{aMm,n}{Tm,n^2} \qquad (9.1.10)$$

(m,n)の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma E,m,n=\frac{taHm,n}{Tm,n}+6\frac{taMm,n}{Tm,n^2} \qquad (9.1.11)$$

$$t\sigma I,m,n=\frac{taHm,n}{Tm,n}-6\frac{taMm,n}{Tm,n^2} \qquad (9.1.12)$$

(m,n) の自重によるアーチ応力は

$$w\sigma_{E,m,n} = \frac{waH_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{waM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.13)$$

$$w\sigma_{I,m,n} = \frac{waH_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{waM_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.14)$$

この外 $n = N_1$ および $n = N_2$ にては

$$w\sigma'_{E,m,n} = \frac{waH'_{m,n}}{T_{m,n}} + 6\frac{waM'_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.15)$$

$$w\sigma'_{I,m,n} = \frac{waH'_{m,n}}{T_{m,n}} - 6\frac{waM'_{m,n}}{T^2_{m,n}} \qquad (9.1.16)$$

も計算する。(m,n) の全アーチ応力は

$$\sigma_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} + w\sigma_{E,m,n} \qquad (9.1.17)$$

$$\sigma_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} + w\sigma_{I,m,n} \qquad (9.1.18)$$

この外, $n = N_1$; $n = N_2$ にては

$$\sigma'_{E,m,n} = c\sigma_{E,m,n} + t\sigma_{E,m,n} + w\sigma'_{E,m,n} \qquad (9.1.19)$$

$$\sigma'_{I,m,n} = c\sigma_{I,m,n} + t\sigma_{I,m,n} + w\sigma'_{I,m,n} \qquad (9.1.20)$$

点 (m,n) の外荷重による剪断応力は

$$c\tau_{u,m,n} = -\frac{cH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} l_{g\,m,n} \qquad (9.1.21)$$

$$c\tau_{d,m,n} = c\tau_{u,m,n} + \frac{cM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.22)$$

(m,n) の温度荷重による剪断応力は

$$t\tau_{u,m,n} = -\frac{tcH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} l_{g\,m,n} \qquad (9.1.23)$$

$$t\tau_{d,m,n} = t\tau_{u,m,n} + \frac{tcM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.24)$$

(m,n) の自重による剪断応力は

$$w\tau_{u,m,n} = -\frac{wcH_{m,n}}{A_{m,n}} - \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} l_{g\,m,n} \qquad (9.1.25)$$

$$w\tau_{d,m,n} = w\tau_{u,m,n} + \frac{wcM_{m,n}}{I_{m,n}} T_{m,n} \qquad (9.1.26)$$

(m,n) の全剪断応力は

$$\tau_{u,m,n} = c\tau_{u,m,n} + t\tau_{u,m,n} + w\tau_{u,m,n} \qquad (9.1.27)$$

$$\tau_{d,m,n} = c\tau_{d,m,n} + t\tau_{u,m,n} + w\tau_{d,m,n} \qquad (9.1.28)$$

(9.1.1)~(9.1.8) を $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ および $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-n, 11-n, \cdots 6$ について計算する。

(9.1.9)~(9.1.14), (9.1.17), (9.1.18) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

(9.1.15), (9.1.16), (9.1.19), (9.1.20) を $n = N_1$, $m = 10-N_1, 11-N_1 \cdots 10 \cdots 10+N_1$ と $n = N_2$; $m = 10-N_2, 11-N_2, \cdots 10 \cdots 10+N_2$ について計算する。(9.1.21)~(9.1.28) を $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9, \cdots 6$ および $m = 9, 8, \cdots 4$; $n = 10-n, 11-n, \cdots 6$ について計算する。

9.2 主応力計算

$$\alpha e_{m,n} = ce_{m,n} - \frac{T_{m,n}}{2} \qquad (9.2.1)$$

(i) $m \geqq 10$ で $6 \geqq n \geqq m-9$ か $m<10$ で $6 \geqq n > 11-m$ のとき

$$\tan {}_u\alpha_{m,n} = -\frac{Z_n - Z_{n-1}}{(Z_{n+1}-Z_{n-1})(Z_{n+1}-Z_n)}\left\{ {}_u e_{m,n+1}\cdot \sec(\phi_{m,n}-\phi_{m,n+1}) - {}_u e_{m,n}\right\}$$
$$-\frac{Z_{n+1}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n-1})(Z_n - Z_{n-1})}\left\{ {}_u e_{m,n} - {}_u e_{m,n-1}\cdot \sec(\phi_{m,n-1}-\phi_{m,n})\right\} \quad (9.2.2)$$

$$\tan {}_d\alpha_{m,n} = -\frac{Z_n - Z_{n-1}}{(Z_{n+1}-Z_{n-1})(Z_{n+1}-Z_n)}\left\{ {}_d e_{m,n+1}\cdot \sec(\phi_{m,n}-\phi_{m,n+1}) - {}_d e_{m,n}\right\}$$
$$-\frac{Z_{n+1}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n-1})(Z_n - Z_{n-1})}\left\{ {}_d e_{m,n} - {}_d e_{m,n-1}\cdot \sec(\phi_{m,n-1}-\phi_{m,n})\right\} \quad (9.2.3)$$

(ii) $m \geqq 10$ で $n = m-10$ のとき および $m<10$ で $n = 10-m$ のとき

$$\tan {}_u\alpha'_{m,n} = -\frac{Z_{n+1}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+0.5}-Z_n)}\left\{ {}_u e_{m,n+0.5}\cdot \sec(\phi_{m,n}-\phi_{m,n+0.5}) - {}_u e_{m,n}\right\}$$
$$+\frac{Z_{n+0.5}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+1}-Z_n)}\left\{ {}_u e_{m,n+1}\cdot \sec(\phi_{m,n}-\phi_{m,n+1}) - {}_u e_{m,n}\right\} \quad (9.2.4)$$

$$\tan {}_d\alpha_{m,n} = -\frac{Z_{n+1}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+0.5}-Z_n)}\left\{ {}_d e_{m,n+0.5}\cdot \sec(\phi_{m,n}-\phi_{m,n+0.5}) - {}_d e_{m,n}\right\}$$
$$+\frac{Z_{n+0.5}-Z_n}{(Z_{n+1}-Z_{n+0.5})(Z_{n+1}-Z_n)}\left\{ {}_d e_{m,n+1}\cdot \sec(\phi_{m,n}-\phi_{m,n+1}) - {}_d e_{m,n}\right\} \quad (9.2.5)$$

(i) ${}_R\phi_{A,n} \leqq \phi_{m,n} \leqq {}_L\phi_{A,n}$ のとき

$$\tan {}_u\beta_{m,n} = 0 \quad (9.2.6)$$

(ii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m,n}$ で $T=+1$ のとき

$$\tan {}_u\beta_{m,n} = \frac{{}_L T_{A,n} - T_{C,n}}{2r_{m,n}}\cdot \frac{\sin(\phi_{m,n}-{}_L\phi_{A,n})}{\mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n}-{}_L\phi_{A,n})} \quad (9.2.7)$$

(iii) ${}_L\phi_{A,n} < \phi_{m,n}$ で $T=-1$ のとき

$$\tan {}_u\beta_{m,n} = \frac{({}_L T_{A,n} - T_{C,n})\cos({}_L\phi_{A,n}-{}_L\phi_{A,n})\sin(\phi_{m,n}-{}_L\phi_{A,n})}{2r_{m,n}\cdot \mathrm{vers}({}_L\phi_{A,n}-{}_L\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m,n}-{}_L\phi_{A,n})} \quad (9.2.8)$$

(iv) ${}_R\phi_{A,n} > \phi_{m,n}$ で $T=+1$ のとき

$$\tan {}_u\beta_{m,n} = \frac{{}_R T_{A,n} - T_{C,n}}{2r_{m,n}}\cdot \frac{\sin(\phi_{m,n}-{}_R\phi_{A,n})}{\mathrm{vers}({}_R\phi_{A,n}-{}_R\phi_{A,n})} \quad (9.2.9)$$

(v) ${}_R\phi_{A,n} > \phi_{m,n}$ で $T=-1$ のとき

$$\tan {}_u\beta_{m,n} = \frac{({}_R T_{A,n} - T_{C,n})\cos({}_R\phi_{A,n}-{}_R\phi_{A,n})\sin(\phi_{m,n}-{}_R\phi_{A,n})}{2r_{m,n}\cdot \mathrm{vers}({}_R\phi_{A,n}-{}_R\phi_{A,n})\cos^2(\phi_{m,n}-{}_R\phi_{A,n})} \quad (9.2.10)$$

$$\tan {}_d\beta_{m,n} = -\tan {}_u\beta_{m,n} \quad (9.2.11)$$

$$\tan {}_u\alpha'_{m,n} = \tan {}_u\alpha_{m,n}\cdot \cos {}_u\beta_{m,n} \quad (9.2.12)$$

$$\tan {}_d\alpha'_{m,n} = \tan {}_d\alpha_{m,n}\cdot \cos {}_d\beta_{m,n} \quad (9.2.13)$$

$$\sec {}_u\alpha'_{m,n} = \sqrt{1+(\tan {}_u\alpha'_{m,n})^2} \quad (9.2.14)$$

$$\sec {}_d\alpha'_{m,n} = \sqrt{1+(\tan {}_d\alpha'_{m,n})^2} \quad (9.2.15)$$

$$\sec {}_u\beta_{m,n} = \sqrt{1+(\tan {}_u\beta_{m,n})^2} \quad (9.2.16)$$

$$\sec {}_d\beta_{m,n} = \sqrt{1+(\tan {}_d\beta_{m,n})^2} \quad (9.2.17)$$

これら(9.2.1)~(9.2.17)と $n=0,1,\cdots 6$; $m=10-n, 11-n, \cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

$$y\delta_{u,m,n} = \delta_{E,m,n}\sec^2 {}_u\beta_{m,n} + \delta_{u,m,n}\tan^2 {}_u\alpha'_{m,n}\tan^2 {}_u\beta_{m,n} - P_{m,n}\sec^2 {}_u\alpha'_{m,n}\tan^2 {}_u\beta_{m,n}$$
$$+2\tau_{u,m,n}\tan {}_u\alpha'_{m,n}\tan {}_u\beta_{m,n}\sec {}_u\beta_{m,n} \quad (9.2.18)$$

$$z\delta_{u,m,n} = \delta_{u,m,n}\sec^2 {}_u\alpha'_{m,n} - P_{m,n}\tan^2 {}_u\alpha'_{m,n} \quad (9.2.19)$$

$$yz\tau_{u,m,n} = \tau_{u,m,n}\sec {}_u\alpha'_{m,n}\sec {}_u\beta_{m,n} + (\delta_{u,m,n} - P_{m,n})\tan {}_u\alpha'_{m,n}\sec {}_u\alpha'_{m,n}\tan {}_u\beta_{m,n} \quad (9.2.20)$$

$$y\delta_{d,m,n} = \delta_{i,m,n}\sec^2 {}_d\beta_{m,n} + \delta_{d,m,n}\tan^2 {}_d\alpha'_{m,n}\tan^2 {}_d\beta_{m,n} + 2\tau_{d,m,n}\tan {}_d\alpha'_{m,n}\cdot$$
$$\tan {}_d\beta_{m,n}\cdot \sec {}_d\beta_{m,n} \quad (9.2.21)$$

$$z\delta\alpha_{m,n} = \delta\alpha_{m,n}\sec^2\alpha\alpha'_{m,n} \tag{9.2.22}$$

$$y_z\tau_{\alpha m,n} = \tau_{\alpha m,n}\sec\alpha\alpha'_{m,n}\sec\alpha\beta_{m,n} + \delta\alpha_{m,n}\tan\alpha\alpha'_{m,n}\sec\alpha\alpha'_{m,n}\tan\alpha\beta_{m,n} \tag{9.2.23}$$

こゝに $m=10$, $n=0$ にては $\delta\varepsilon_{m,n} = \delta\iota_{m,n} = 0$ とする。

なお $n = N_1$ および $n = N_2$ においては

$$y\delta u_{m,n} = \delta\varepsilon_{m,n}\sec^2 u\beta_{m,n} + \delta u_{m,n}\tan^2 u\alpha'_{m,n}\cdot\tan^2 u\beta_{m,n} - p_{m,n}\sec^2 u\alpha'_{m,n}\tan^2 u\beta_{m,n} + 2\tau_{u,m,n}\tan u\alpha'_{m,n}\tan u\beta_{m,n}\sec u\beta_{m,n} \tag{9.2.24}$$

$$y\delta'_{d,m,n} = \delta'_{\iota,m,n}\sec^2 d\beta_{m,n} + \delta\alpha_{m,n}\tan^2 d\alpha'_{m,n}\tan^2 d\beta_{m,n} + 2\tau_{d,m,n}\tan d\alpha'_{m,n}\tan d\beta_{m,n}\sec d\beta_{m,n} \tag{9.2.25}$$

も計算する.

$z\delta u_{m,n}$; $z\delta_{d,m,n}$; $y_z\tau_{u,m,n}$; $y_z\tau_{d,m,n}$; $y\delta u_{m,n}$; $y\delta_{d,m,n}$ を $n=0, 1, 2\cdots\cdots 6$; $m=10-n$, $11-n, \cdots\cdots 10, \cdots\cdots 10+n$ について計算し. また $y\delta'_{u,m,n}$; $y\delta'_{d,m,n}$ を $n=N_1, N_2$; $m=10-n$, $11-n\cdots\cdots 10, \cdots\cdots 10+n$ について計算する.

$$_1\delta u_{m,n} = \frac{y\delta u_{m,n} + z\delta u_{m,n}}{2} + \sqrt{\left(\frac{y\delta u_{m,n} - z\delta u_{m,n}}{2}\right)^2 + (y_z\tau_{u,m,n})^2} \tag{9.2.26}$$

$$_2\delta u_{m,n} = \frac{y\delta u_{m,n} + z\delta u_{m,n}}{2} - \sqrt{\left(\frac{y\delta u_{m,n} - z\delta u_{m,n}}{2}\right)^2 + (y_z\tau_{u,m,n})^2} \tag{9.2.27}$$

$$_1\delta_{d,m,n} = -\frac{y\delta_{d,m,n} + z\delta_{d,m,n}}{2} + \sqrt{\left(\frac{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}}{2}\right)^2 + (y_z\tau_{d,m,n})^2} \tag{9.2.28}$$

$$_2\delta_{d,m,n} = -\frac{y\delta_{d,m,n} + z\delta_{d,m,n}}{2} - \sqrt{\left(\frac{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}}{2}\right)^2 + (y_z\tau_{d,m,n})^2} \tag{9.2.29}$$

1) $y\delta u_{m,n} \geq z\delta u_{m,n}$ のとき

$$u\theta_{m,n} = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2y_z\tau_{u,m,n}}{y\delta u_{m,n} - z\delta u_{m,n}} \tag{9.2.30}$$

ロ) $y\delta u_{m,n} < z\delta u_{m,n}$ のとき

$$u\theta_{m,n} = 90^\circ + \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2y_z\tau_{u,m,n}}{y\delta u_{m,n} - z\delta u_{m,n}} \tag{9.2.31}$$

ハ) $y\delta_{d,m,n} \geq z\delta_{d,m,n}$ のとき

$$d\theta_{m,n} = \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2y_z\tau_{d,m,n}}{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}} \tag{9.2.32}$$

ニ) $y\delta_{d,m,n} < z\delta_{d,m,n}$ のとき

$$d\theta_{m,n} = 90^\circ + \frac{1}{2}\tan^{-1}\frac{2y_z\tau_{d,m,n}}{y\delta_{d,m,n} - z\delta_{d,m,n}} \tag{9.2.33}$$

こゝに (9.2.56)~(9.2.59) の $\tan^{-1}$ は度で計算し.

$$-90^\circ \leqq \tan^{-1}\frac{2\,{}_{yz}\tau_{m,n}}{{}_{y}\delta_{m,n}-{}_{z}\delta_{m,n}} \leqq 90^\circ$$

とする。

これら ${}_{1}\delta u_{m,n}, {}_{2}\delta u_{m,n}, u\theta_{m,n}, {}_{1}\delta\alpha_{m,n}, {}_{2}\delta\alpha_{m,n}, \alpha\theta_{m,n}$ を $n=0,1,2\cdots6$; $m=10-n,11-n,\cdots10,\cdots10+n$ について計算し、さらに $n=N_1,N_2$; $m=10-n,11-n\cdots10\cdots10+n$, (9.2.26)~(9.2.33)の ${}_{y}\delta u_{m,n}$, ${}_{y}\delta\alpha_{m,n}$, を ${}_{y}\delta\bar{u}_{m,n}$, ${}_{y}\delta\bar{\alpha}_{m,n}$ におきかえ、${}_{1}\delta\bar{u}_{m}$, ${}_{2}\delta\bar{u}_{m,n}$, $u\theta'_{m,n}$, ${}_{1}\delta\bar{u}_{m,n}$, ${}_{2}\delta\bar{\alpha}_{m,n}$, $\alpha\theta'_{m,n}$ とも計算する。

第10節 出力

a) 入力データ

入力データを出力する。

b) 荷重

$P_{m,n}$, $crP_{m,n}$, $arP_{m,n}$, $csP_{m,n}$, $asP_{m,n}$, $ctP_{m,n}$, $atP_{m,n}$, $tcrP_{m,n}$, $tarP_{m,n}$, $tcsP_{m,n}$, $tasP_{m,n}$, $tctP_{m,n}$, $tatP_{m,n}$ を $n=0,1,2,\cdots6$, $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力する。

$wcr'P_{m,n}$, $wcs'P_{m,n}$, $wct'P_{m,n}$ を $n=0,1,\cdots N_1$; $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力する。

$wcr''P_{m,n}$, $wcs''P_{m,n}$, $wct''P_{m,n}$ を $n=0,1,\cdots N_2$; $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力する。

出力形式は表-19のごとくである。

c) 撓み

$c(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}$, $c(\Delta\theta)_{m,n}$, $tc(\Delta r)_{m,n}$, $tc(\Delta S)_{m,n}$, $tc(\Delta\theta)_{m,n}$, $c(\Delta r)_{m,n}+tc(\Delta r)_{m,n}$, $c(\Delta S)_{m,n}+tc(\Delta S)_{m,n}$, $c(\Delta\theta)_{m,n}+tc(\Delta\theta)_{m,n}$ を $n=0,1,\cdots7$; $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力する。

$a(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}$, $a(\Delta\theta)_{m,n}$, $ta(\Delta r)_{m,n}$, $ta(\Delta S)_{m,n}$; $ta(\Delta\theta)_{m,n}$, $a(\Delta r)_{m,n}+ta(\Delta r)_{m,n}$, $a(\Delta S)_{m,n}+ta(\Delta S)_{m,n}$, $a(\Delta\theta)_{m,n}+ta(\Delta\theta)_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots6$; $m=10-n,11-n\cdots10\cdots10+n$ について出力する。

$c(\Delta r)_{m,n}\cdots c(\Delta\theta)_{m,n}+tc(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-16のごとくである。また $a(\Delta r)_{m,n}\cdots a(\Delta\theta)_{m,n}+ta(\Delta\theta)_{m,n}$ の出力形式は表-20のごとくである。

d) 不静定諸力

$uW_{m,n}$, $wW_{m,n}$, $cM_{m,n}$, $cV_{m,n}$, $cH_{m,n}$, $cA_{m,n}$, $tcM_{m,n}$, $tcV_{m,n}$, $tcH_{m,n}$, $tcA_{m,n}$, $wcM_{m,n}$, $wcV_{m,n}$, $wcH_{m,n}$, $wcA_{m,n}$ を $n=0,1,2,\cdots6$; $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力する。出力形式は表-19のごとくである。

$aM_{m,n}$, $aH_{m,n}$, $aV_{m,n}$, $taM_{m,n}$, $taH_{m,n}$, $taV_{m,n}$, $waM_{m,n}$, $waH_{m,n}$, $waV_{m,n}$ を $n=1,2,\cdots6$; $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力し $waM'_{m,n}$, $waH'_{m,n}$, $waV'_{m,n}$ を $n=N_1$; $m=10-N_1;11-N_1\cdots10\cdots10+N_1$ と $n=N_2$, $m=10-N_2,11-N_2\cdots10\cdots10+N_2$ について出力する。

$aM_{m,n}$, $aH_{m,n}$, $aV_{m,n}$, $taM_{m,n}$, $taH_{m,n}$, $taV_{m,n}$ の出力形式は表-20のごとくである。

$waM_{m,n}$ と $waM'_{m,n}$, $waH_{m,n}$ と $waH'_{m,n}$, $waV_{m,n}$ と $waV'_{m,n}$ は同時に出力するものとして、出力形式は表-23のごとくである。

e) 応力

${}_{c}\delta u_{,m,n}$; ${}_{c}\delta\alpha_{,m,n}$; ${}_{t}\delta u_{,m,n}$; ${}_{t}\delta\alpha_{,m,n}$; ${}_{w}\delta u_{,m,n}$; ${}_{w}\delta\alpha_{,m,n}$; $\delta u_{,m,n}$; $\delta\alpha_{,m,n}$ を $n=0,1,2,\cdots6$; $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力し、出力形式は表-19のごとくである。

${}_{c}\delta\bar{E}_{,m,n}$; ${}_{c}\delta\bar{I}_{,m,n}$; ${}_{t}\delta\bar{E}_{,m,n}$; ${}_{t}\delta\bar{I}_{,m,n}$ を $n=1,2,\cdots6$; $m=10-n,11-n,\cdots10\cdots10+n$ について出力し、出力形式は表-20のごとくである。

${}_{w}\delta\bar{E}_{,m,n}$; ${}_{w}\delta\bar{E}_{,m,n}$; ${}_{w}\delta\bar{I}_{,m,n}$; ${}_{w}\delta\bar{I}_{,m,n}$; $\delta\bar{E}_{,m,n}$; $\delta\bar{I}_{,m,n}$ について出力し、出力形式は表-23のごとくである。

${}_{c}\tau_{u,m,n}$; ${}_{c}\tau_{\alpha,m,n}$; ${}_{t}\tau_{u,m,n}$; ${}_{t}\tau_{\alpha,m,n}$; ${}_{w}\tau_{u,m,n}$; ${}_{w}\tau_{\alpha,m,n}$; $\tau_{u,m,n}$; $\tau_{\alpha,m,n}$; $\delta u_{,m,n}$; ${}_{2}\delta u_{,m,n}$; ${}_{1}\delta\bar{u}_{,m,n}$; ${}_{2}\delta\bar{u}_{,m,n}$; ${}_{1}\delta\bar{\alpha}_{,m,n}$; ${}_{2}\delta\bar{\alpha}_{,m,n}$; $u\theta_{m,n}$; $\alpha\theta_{m,n}$; $u\theta'_{m,n}$; $\alpha\theta'_{m,n}$ について出力し、出力形式は表-23のごとくである。

第9章 有効アーチ法を適用する場合の非対称二心不等厚アーチ半径方向調整(NO.9プログラム)

第1節 入力データの作製方法

入力データは表-25に示すような方式によりI.B.M.の入力データーシートに記入する。即ち、第2行目から第16行目までに $Z_n, T_{c.n}, {}_o\chi_n, {}_o y_n, {}_o\phi_n$ を上から $n=7.0, 6.5, 6.0 \cdots 0$ の順に記入する。Z_n は1~10欄に、$T_{c.n}$ は11~20欄に、${}_o\chi_n$ は21~30欄に ${}_o y_n$ は31~40欄に、${}_o\phi_n$ は41~50欄に記入する。第17行目から第31行目までに ${}_L r_n, {}_L T_{A.n}, {}_L\phi_{A.n}, {}_R r_n, {}_R T_{A.n}, {}_R\phi_{A.n}$ を $n=7.0, 6.5, 6.0 \cdots 0$ の順に記入する。${}_L r_n$ は1~10欄に、${}_L T_{A.n}$ は11~20欄に、${}_L\phi_{A.n}$ は21~30欄に、${}_R r_n$ は31~40欄に、${}_R T_{A.n}$ は41~50欄に、${}_R\phi_{A.n}$ は51~60欄に記入する。第32行目から第35行目までは非対称三心不等厚アーチ半径方向調整の場合と全く同一である。第36行目から第38行目までは ${}_{oa}C_n, {}_{La}C_n, {}_{Ra}C_n$ を左から $n=6.5, \cdots 0$ の順に浮動小数点法で記入する。第39行目から第44行目までは $t_{m.n}$、第45行目から第52行目までは $\omega_{m.n}$ を固定小数点法により記入する。その記入方法は非対称三心不等厚アーチ半径方向調整の場合と全く同様である。

第2節 座標および荷重の計算

2-1. 座標計算

i) $10 \leqq m \leqq 17$ で ${}_o\chi_{m-10} \cdot \sin({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10}) + {}_o y_{m-10} \cdot \cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10}) \geqq 0$ のとき

$$\phi_{m.7} = {}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10} - \sin^{-1}\frac{1}{{}_L r_7}\left[({}_L r_7 - {}_o\chi_{m-10})\sin({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10}) - {}_o y_{m-10} \cdot \cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10})\right] \quad (2.1.1)$$

$$\chi_{m.7} = {}_L r_7 (1 - \cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.2)$$

$$y_{m.7} = {}_L r_7 \cdot \sin\phi_{m.7} \quad (2.1.3)$$

ii) $10 \leqq m \leqq 17$ で ${}_o\chi_{m-10} \cdot \sin({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10}) + {}_o y_{m-10} \cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10}) < 0$ のとき

$$\phi_{m.7} = {}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10} - \sin^{-1}\frac{1}{{}_R r_7}\left[({}_R r_7 - {}_o\chi_{m-10})\sin({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10}) - {}_o y_{m-10} \cdot \cos({}_o\phi_{m-10} + {}_L\phi_{A.m-10})\right] \quad (2.1.4)$$

$$\chi_{m.7} = {}_R r_7 (1 - \cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.5)$$

$$y_{m.7} = {}_R r_7 \cdot \sin\phi_{m.7} \quad (2.1.6)$$

iii) $3 \leqq m < 10$ で

${}_o\chi_{10-m} \sin({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) + {}_o y_{10-m} \cdot \cos({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) + ({}_R r_{10-m} - {}_L r_{10-m}) \sin {}_R\phi_{A.10-m} \leqq 0$ のとき

$$\phi_{m.7} = {}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \sin^{-1}\frac{1}{{}_R r_7}\left[({}_R r_7 - {}_o\chi_{10-m})\sin({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) - {}_o y_{10-m} \cdot \cos({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) - ({}_R r_{10-m} - {}_L r_{10-m})\sin {}_R\phi_{A.10-m}\right] \quad (2.1.7)$$

$$\chi_{m.7} = {}_R r_7 (1 - \cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.8)$$

$$y_{m.7} = {}_R r_7 \cdot \sin\phi_{m.7} \quad (2.1.9)$$

iv) $3 \leqq m < 10$ で

${}_o\chi_{10-m} \cdot \sin({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) + {}_o y_{10-m} \cdot \cos({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) + ({}_R r_{10-m} - {}_L r_{10-m}) \sin {}_R\phi_{A.10-m} > 0$ のとき

$$\phi_{m.7} = {}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m} - \sin^{-1}\frac{1}{{}_L r_7}\left[({}_L r_7 - {}_o\chi_{10-m})\sin({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) - {}_o y_{10-m} \cdot \cos({}_o\phi_{10-m} + {}_R\phi_{A.10-m}) - ({}_R r_{10-m} - {}_L r_{10-m})\sin {}_R\phi_{A.10-m}\right] \quad (2.1.10)$$

$$\chi_{m.7} = {}_L r_7 (1 - \cos\phi_{m.7}) \quad (2.1.11)$$

$$y_{m.7} = {}_L r_7 \cdot \sin\phi_{m.7} \quad (2.1.12)$$

これら $\phi_{m.7}$; $\chi_{m.7}$; $y_{m.7}$ を $m = 3, 4 \cdots 10 \cdots 16, 17$ について計算する。

表-25 NO.9 プログラム入力データー

IBM DATA SHEET

PROBLEM ダム NO.9 プログラム WRITTEN BY _____ PAGE ____ OF ____

IBMデータ・センター

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
1							ダム名(ローマ字):																																				タイプ名:																		

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

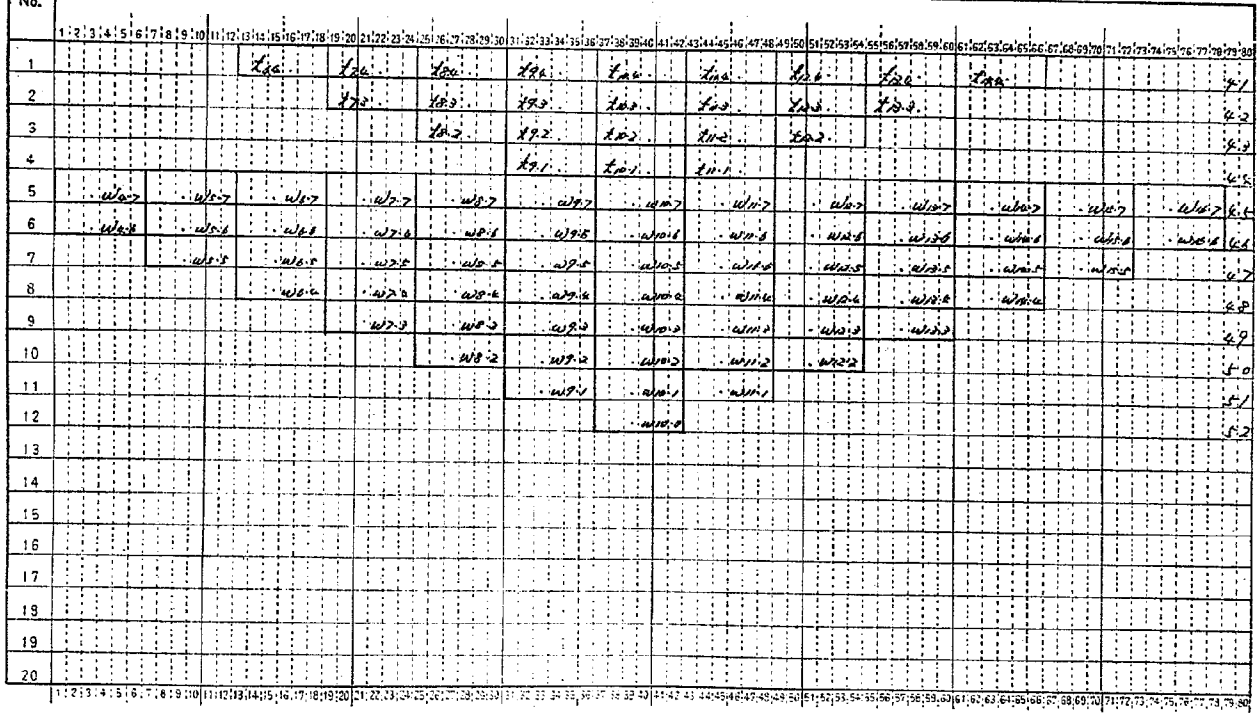
IBMデータ・センター

| No. | | |

IBM DATA SHEET

PROBLEM _____ WRITTEN BY _____ PAGE _____ OF _____

IBMデータ・センター



(i) $\frac{y_{m.7}-{}_oy_n}{{}_ox_n-x_{m.7}} \geq \tan {}_o\phi_n$ のとき

$$\phi_{m.n} = -{}_o\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m.7}-{}_oy_n}{{}_ox_n-x_{m.7}} \quad (2.1.13)$$

$$x_{m.n} = {}_ox_n - {}_lr_n \cos({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) \quad (2.1.14)$$

$$y_{m.n} = {}_oy_n + {}_lr_n \sin({}_o\phi_n + \phi_{m.n}) \quad (2.1.15)$$

$$r_{m.n} = {}_lr_n \quad (2.1.16)$$

$$s'_{m.n} = {}_lr_n \cdot \phi_{m.n} \quad (2.1.17)$$

(ii) $\frac{y_{m.7}-{}_oy_n}{{}_ox_n-x_{m.7}} < \tan {}_o\phi_n$ のとき

$$\phi_{m.n} = -{}_o\phi_n + \tan^{-1}\frac{y_{m.7}-{}_oy_n+({}_Rr_n-{}_lr_n)\sin{}_o\phi_n}{{}_ox_n+({}_Rr_n-{}_lr_n)\cos{}_o\phi_n-x_{m.7}} \quad (2.1.18)$$

$$x_{m.n} = {}_ox_n + ({}_Rr_n-{}_lr_n)\cos{}_o\phi_n - {}_Rr_n\cos({}_o\phi_n+\phi_{m.n}) \quad (2.1.19)$$

$$y_{m.n} = {}_oy_n - ({}_Rr_n-{}_lr_n)\sin\phi_n + {}_Rr_n\sin({}_o\phi_n+\phi_{m.n}) \quad (2.1.20)$$

$$r_{m.n} = {}_Rr_n \quad (2.1.21)$$

$$s'_{m.n} = {}_Rr_n\ \phi_{m.n} \quad (2.1.22)$$

$$ar_{m.n} = r_{m.n} + (x_{m.n}-x_{m.7})\sec({}_o\phi_n+\phi_{m.n}) \quad (2.1.23)$$

$$s_{m.n} = s'_{m.n} - s_{io.n} \quad (2.1.24)$$

これら $\phi_{m.n}$; $x_{m.n}$; $y_{m.n}$; $r_{m.n}$; $ar_{m.n}$ を $m=10,11\cdots17$; $n=m-10$; $m-9.5$; $\cdots 7.0$ $m=9,8,\cdots3$; $n=10-m$, $10.5-m$, $11-m$, $\cdots 7.0$ について計算する。

また $s_{m.n}$ を $m=10,11\cdots17$; $n=m-10, m-9, \cdots7$ と $m=9,8\cdots3$; $n=10-m, 11-m, \cdots7$ について計算する。

2-2 荷重計算

i) $H_o \leqq z_n$ のとき

$${}_oP_n = 0 \quad (2.2.1)$$

ii) $H_o > z_n$ のとき

$${}_oP_n = H_o - z_n \quad (2.2.2)$$

i) $H_d \leqq z_n$ のとき

$${}_dP_{m.n} = 0 \quad (2.2.3)$$

ii) $H_d > z_n$ で $16 \geqq m \geqq 10$ のとき

$${}_dP_{m.n} = \frac{7}{8}k\sqrt{(H_d-z_{m-10})(H_d-z_n)} \quad (2.2.4)$$

iii) $H_d > z_n$ で $10 > m \geqq 4$ のとき

$${}_dP_{m.n} = \frac{7}{8}k\sqrt{(H_d-z_{10-m})(H_d-z_n)} \quad (2.2.5)$$

i) $H_s \leqq z_n$ のとき

$${}_sP_n = 0 \quad (2.2.6)$$

ii) $H_s > z_n$ のとき

$${}_sP_n = Ce\cdot fs\,(H_s-z_n) \quad (2.2.7)$$

$$P_{m.n} = {}_oP_n + {}_dP_{m.n} + {}_sP_n \qquad (2.4.8)$$

$P_{m.n}$ を $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8.7 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

3 三節基礎岩盤の変形常数

3-1. 基礎の面積係数と傾角

${}_LTA.n$ の最大値を a_L ; ${}_RTA.n$ の最大値を a_R とする。

$$\beta_L = \sum_{n=0}^{6} \sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2 + (X_{n+11.n+1}-X_{n+10.n})^2 + (Y_{n+11.n+1}-Y_{n+10.n})^2} \qquad (3.1.1)$$

$$\beta_R = \sum_{n=0}^{6} \sqrt{(Z_{n+1}-Z_n)^2 + (X_{9-n.n+1}-X_{10-n.n})^2 + (Y_{9-n.n+1}-Y_{10-n.n})^2} \qquad (3.1.2)$$

面積係数は

$$\zeta_L = \beta_L / a_L \qquad (3.1.3)$$

$$\zeta_R = \beta_R / a_R \qquad (3.1.4)$$

$$\zeta = \frac{2(\beta_L + \beta_R)}{a_R + a_L} \qquad (3.1.5)$$

傾角は

i) $6 \leqq n < 1$ のとき

$${}_L\chi_n = \tan^{-1}\left[\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{n+11.n+1} - S_{n+10.n}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{n+10.n} - S_{n+9.n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}\right] \qquad (3.1.6)$$

$${}_R\chi_n = -\tan^{-1}\left[\frac{Z_n - Z_{n-1}}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{9-n.n+1} - S_{10-n.n}}{Z_{n+1} - Z_n} + \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} - Z_{n-1}} \cdot \frac{S_{10-n.n} - S_{11-n.n-1}}{Z_n - Z_{n-1}}\right] \qquad (3.1.7)$$

ii) $n = 1$ のとき

$${}_L\chi_1 = \tan^{-1}\left[\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{12.2} - S_{11.1}}{Z_2 - Z_1} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{13.3} - S_{11.1}}{Z_3 - Z_1}\right] \qquad (3.1.8)$$

$${}_R\chi_1 = -\tan^{-1}\left[\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{8.2} - S_{9.1}}{Z_2 - Z_1} - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_3 - Z_2} \cdot \frac{S_{7.3} - S_{9.1}}{Z_3 - Z_1}\right] \qquad (3.1.9)$$

${}_L\chi_n, {}_R\chi_n$ は $n = 1, 2, \cdots 6$ につき計算する。

3-2. 基礎岩盤の変形常数

$$K_1 = \frac{24}{\pi}(1-\nu_R^2)\left[\frac{\sqrt{1+\zeta^2}\,(3-14\zeta^2-2\zeta^4) + 15\zeta^3 + 2\zeta^5 - 3}{15\zeta} + \zeta \log \frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right] \qquad (3.2.1)$$

$${}_LK_2 = 2/\pi\,(1-\nu_R^2)\left[\log(\zeta_L + \sqrt{1+\zeta_L^2}) + \zeta_L \log \frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L} - \frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3 - 1 - \zeta_L^3}{3\zeta_L}\right] \qquad (3.2.2)$$

$${}_RK_2 = 2/\pi\,(1-\nu_R^2)\left[\log(\zeta_R + \sqrt{1+\zeta_R^2}) + \zeta_R \log \frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R} - \frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3 - 1 - \zeta_R^3}{3\zeta_R}\right] \qquad (3.2.3)$$

$$K_3 = \frac{2}{\pi}\left[(1-V_R^2)\left\{\log(\zeta+\sqrt{1+\zeta^2}) + \zeta\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta} - \frac{(\sqrt{1+\zeta^2})^3-1-\zeta^3}{3\zeta}\right\} + (V_R+V_R^2)\left\{\zeta\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta^2}}{\zeta}\right) - \frac{\sqrt{1+\zeta^2}(2\zeta^2-1)-2\zeta^3+1}{3\zeta}\right\}\right] \quad (3.2.4)$$

$$_LK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[(90 - \frac{24}{\zeta_L} + \frac{5}{\zeta_L^2} - \frac{3}{8\zeta_L^4} + \frac{9}{112\zeta_L^6}) + V_R(90 - \frac{48}{\zeta_L} + \frac{15}{\zeta_L^2} - \frac{15}{8\zeta_L^4} + \frac{63}{112\zeta_L^6}) - V_R^2(\frac{24}{\zeta_L} - \frac{10}{\zeta_L^2} + \frac{3}{2\zeta_L^4} - \frac{27}{56\zeta_L^6})\right] \quad (3\cdot2\cdot5)$$

$$_RK_4 = \frac{1}{5\pi}\left[(90 - \frac{24}{\zeta_R} + \frac{5}{\zeta_R^2} - \frac{3}{8\zeta_R^4} + \frac{9}{112\zeta_R^6}) + V_R(90 - \frac{48}{\zeta_R} + \frac{15}{\zeta_R^2} - \frac{15}{8\zeta_R^4} + \frac{63}{112\zeta_R^6}) - V_R^2(\frac{24}{\zeta_R} - \frac{10}{\zeta_R^2} + \frac{3}{2\zeta_R^4} - \frac{27}{56\zeta_R^6})\right] \quad (3.2.6)$$

$$K_5 = (1-V_R-2V_R^2)\left[1 - \frac{1}{2\pi}\left\{4(1+\zeta^2)\tan^{-1}(1/\zeta) - 3\zeta - \zeta^3\log\frac{1+\zeta^2}{\zeta^2} + 1/\zeta\log(1+\zeta^2)\right\}\right] \quad (3.2.7)$$

$$_LK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-V_R^2)\left\{\log\left(\frac{1+\sqrt{1+\zeta_L^2}}{\zeta_L}\right) + 1/\zeta_L\log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}) - \frac{(\sqrt{1+\zeta_L^2})^3-1-\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\} + (V_R+V_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_L}\log(\zeta_L+\sqrt{1+\zeta_L^2}) - \frac{\sqrt{1+\zeta_L^2}(2-\zeta_L^2)-2+\zeta_L^3}{3\zeta_L^2}\right\}\right] \quad (3.2.8)$$

$$_RK_6 = \frac{2}{\pi}\left[(1-V_R^2)\left\{\log\frac{1+\sqrt{1+\zeta_R^2}}{\zeta_R} + 1/\zeta_R\log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}) - \frac{(\sqrt{1+\zeta_R^2})^3-1-\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\} + (V_R+V_R^2)\left\{\frac{1}{\zeta_R}\log(\zeta_R+\sqrt{1+\zeta_R^2}) - \frac{\sqrt{1+\zeta_R^2}(2-\zeta_R^2)-2+\zeta_R^3}{3\zeta_R^2}\right\}\right] \quad (3.2.9)$$

$$_L\alpha'_n = K_1/\{_LE_{R.n}(_LTA.n)^3\} \quad (3.2.10)$$

$$_R\alpha'_n = K_1/\{_RE_{R.n}(_RTA.n)^3\} \quad (3.2.11)$$

$$_L\beta'_n = {}_LK_2/{}_LE_{R.n} \quad (3.2.12)$$

$$_R\beta'_n = {}_RK_2/{}_RE_{R.n} \quad (3.2.13)$$

$$_L\gamma'_n = K_3/{}_LE_{R.n} \quad (3.2.14)$$

$$_R\gamma'_n = K_3/{}_RE_{R.n} \quad (3.2.15)$$

$$_L\delta'_n = {}_LK_4/\{_LE_{R.n}(_LTA.n)^3\} \quad (3.2.16)$$

$$_R\delta'_n = {}_RK_4/\{_RE_{R.n}(_RTA.n)^3\} \quad (3.2.17)$$

$$_L\alpha''_n = K_5/\{_LE_{R.n}(_LTA.n)\} \quad (3.2.18)$$

$$_R\alpha''_n = K_5/\{_RE_{R.n}(_RTA.n)\} \quad (3.2.19)$$

$$_L(\gamma)_n = {}_LK_6/{}_LE_{R.n} \quad (3.2.20)$$

$$_R(\gamma)_n = {}_RK_6/{}_RE_{R.n} \quad (3.2.21)$$

(3.2.10) ~ (3.2.21) を $n = 1, 2 \cdots\cdots 6$ について計算する

3-3 アーチの基礎常数

$$_La\alpha_n = (_L\alpha'_n\cos^3{}_L\chi_n + {}_L\delta'_n\sin^2{}_L\chi_n\cos{}_L\chi_n)\left(\frac{_LTA.n}{_LTA.n - {}_LaCn}\right)^2 \quad (3.3.1)$$

$$_Ra\alpha_n = (_R\alpha'_n\cos^3{}_R\chi_n + {}_R\delta'_n\sin^2{}_R\chi_n\cos{}_R\chi_n)\left(\frac{_RTA.n}{_RTA.n - {}_RaCn}\right)^2 \quad (3.3.2)$$

$$_La\alpha_{2.n} = {}_L\alpha''_n\cos^2{}_L\chi_n\left(\frac{_LTA.n}{_LTA.n - {}_LaCn}\right) \quad (3.3.3)$$

$$_{R}a\alpha_{2.n} = {}_{R}\alpha''_{n}\cos^2{}_{R}\chi_n\left(\frac{{}_{R}T_{A.n}}{{}_{R}T_{A.n}-{}_{R}aC_n}\right) \quad (3.3.4)$$

$$_{L}a\beta_n = {}_{L}\beta'_n\cos^3{}_{L}\chi_n + {}_{L}\textcircled{\gamma}_n\sin^2{}_{L}\chi_n\cos{}_{L}\chi_n \quad (3.3.5)$$

$$_{R}a\beta_n = {}_{R}\beta'_n\cos^3{}_{R}\chi_n + {}_{R}\textcircled{\gamma}_n\sin^2{}_{R}\chi_n\cos{}_{R}\chi_n \quad (3.3.6)$$

$$_{L}a\gamma_n = {}_{L}\gamma'_n\cos{}_{L}\chi_n \quad (3.3.7)$$

$$_{R}a\gamma_n = {}_{R}\gamma'_n\cos{}_{R}\chi_n \quad (3.3.8)$$

(3.3.1) ~ (3.3.8) を $n=1,2\cdots6$ について計算する。

3-4 片持梁の基礎常数

i) $10<m\leqq16$ のとき

$$c\alpha_m = ({}_{L}\alpha'_{m-10}\cdot\sin^3{}_{L}\chi_{m-10} + {}_{L}\delta'_{m-10}\cos^2{}_{L}\chi_{m-10}\sin{}_{L}\chi_{m-10})\frac{a\gamma_{m.m-10}}{\gamma_{m.m-10}} \quad (3.4.1)$$

$$c\alpha_{2.m} = ({}_{L}\alpha''_{m-10}\cdot\sin^2{}_{L}\chi_{m-10})\frac{a\gamma_{m.m-10}}{\gamma_{m.m-10}} \quad (3.4.2)$$

ii) $10>m\geqq4$ のとき

$$c\alpha_m = ({}_{R}\alpha'_{10-m}\cdot\sin^3{}_{R}\chi_{10-m} + {}_{R}\delta'_{10-m}\cdot\cos^2{}_{R}\chi_{10-m}\cdot\sin{}_{R}\chi_{10-m})\frac{a\gamma_{m.10-m}}{\gamma_{m.10-m}} \quad (3.4.3)$$

$$c\alpha_{2.m} = ({}_{R}\alpha''_{10-m}\cdot\sin^2{}_{R}\chi_{10-m})\frac{a\gamma_{m.10-m}}{\gamma_{m.10-m}} \quad (3.4.4)$$

iii) $m=10$ のとき

$$c\alpha_{10} = \frac{K_1}{{}_{L}E_{R.0}\cdot T_{c.0}^2}\cdot\frac{a\gamma_{10.0}}{\gamma_{10.0}} \quad (3.4.5)$$

$$c\alpha_{2.10} = \frac{K_5}{{}_{L}E_{R.0}\cdot T_{c.0}}\cdot\frac{a\gamma_{10.0}}{\gamma_{10.0}} \quad (3.4.6)$$

$$c\gamma_{10} = \frac{K_3}{{}_{L}E_{R.0}}\cdot\frac{a\gamma_{10.0}}{\gamma_{10.0}} \quad (3.4.7)$$

$$c\textcircled{\gamma}_{10} = \frac{{}_{L}K_6 + {}_{R}K_6}{2E_{R.0}}\cdot\frac{a\gamma_{10.0}}{\gamma_{10.0}} \quad (3.4.8)$$

$$c\delta_{10} = \frac{{}_{L}K_4 + {}_{R}K_4}{2E_{R.0}\cdot T_{c.0}^2}\cdot\frac{a\gamma_{10.0}}{\gamma_{10.0}} \quad (3.4.9)$$

これら $c\alpha_m, c\alpha_{2.m}$ を $m=4,5,6\cdots10\cdots16$ について計算し $c\gamma_{10}, c\textcircled{\gamma}_{10}, c\delta_{10}$ を計算する。

3-5 集中荷重の係数

i) $10\leqq m\leqq16$ のとき

$$K^c_m = \frac{a\gamma_{m.m-10}}{\gamma_{m.m-10}}\tan{}_{L}\chi_{m-10} \quad (3.5.1)$$

ii) $4\leqq m<10$ のとき

$$K^c_m = \frac{a\gamma_{m.10-m}}{\gamma_{m.10-m}}\tan{}_{R}\chi_{10-m} \quad (3.5.2)$$

K^c_m を $m=4,5\cdots9,11,12\cdots16$ について計算する。

第4節 アーチの単位挽み

4-1. アーチの形状計算

i) $\phi_{m,n} \geqq 0$ のとき

$$e r_{m,n} = \frac{\left(\frac{{}_{oa}C_n + {}_{ia}C_n}{2}\right)^2 + 2\left({}_{L}r_n - \frac{{}_{La}C_n}{2}\right)\left({}_{L}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right)(1-\cos\phi_{10+n.n})}{2\left[\left({}_{L}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right) - \left({}_{L}r_n - \frac{{}_{La}C_n}{2}\right)\cos\phi_{10+n.n}\right]} \qquad (4.1.1)$$

ii) $\phi_{m.n} < 0$ のとき

$$e r_{m,n} = \frac{\left(\frac{{}_{oa}C_n + {}_{Ra}C_n}{2}\right)^2 + 2\left({}_{R}r_n - \frac{{}_{Ra}C_n}{2}\right)\left({}_{R}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right)(1-\cos\phi_{10-n.n})}{2\left[\left({}_{R}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right) - \left({}_{R}r_n - \frac{{}_{Ra}C_n}{2}\right)\cos\phi_{10-n.n}\right]} \qquad (4.1.2)$$

$$\psi_{m.n} = \tan^{-1}\frac{\sin\phi_{m.n}\sqrt{e r_{m.n}^2 - \left(r_{m.n} - e r_{m.n} + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right)^2 \sin^2\phi_{m.n}} + \left(r_{m.n} - e r_{m.n} + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right)\sin\phi_{m.n}\cos\phi_{m.n}}{\cos\phi_{m.n}\sqrt{e r_{m.n}^2 - \left(r_{m.n} - e r_{m.n} + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right)^2 \sin^2\phi_{m.n}} - \left(r_{n.n} - e r_{m.n} + \frac{{}_{Ra}C_n}{2}\right)\sin^2\phi_{m.n}} \qquad (4.1.3)$$

これより $e r_{m.n}$; $\psi_{m.n}$ を $n = 1, 2, \cdots\cdots 6$; $m = 10-n$, $11-n$, $\cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

$\psi_{m+{}^{1}/_{2}.n} = \psi_{m.n} + {}^{1}/_{2}\left(\psi_{m+1.n} - \psi_{m.n}\right)$

i) $\psi_{m+{}^{1}/_{2}.n} \geqq 0$ のとき (4.1.4)

$$r_{m+{}^{1}/_{2}.n} = {}_{L}r_n \qquad (4.1.5)$$

$$e r_{m+{}^{1}/_{2}.n} = \frac{\left(\frac{{}_{oa}C_n + {}_{ia}C_n}{2}\right)^2 + 2\left({}_{L}r_n - \frac{{}_{La}C_n}{2}\right)\left({}_{L}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right)(1-\cos\phi_{10+n.n})}{2\left[\left({}_{L}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right) - \left({}_{L}r_n - \frac{{}_{La}C_n}{2}\right)\cos\phi_{10+n.n}\right]} \qquad (4.1.6)$$

$$e T_{m+{}^{1}/_{2}.n} = \left(T_{c.n} - {}_{oa}C_n\right) + \left({}_{L}T_{A.n} - T_{c.n} + {}_{oa}C_n - {}_{La}C_n\right)\frac{vers\,\psi_{m+{}^{1}/_{2}.n}}{vers\,\psi_{10+n.n}} \qquad (4.1.7)$$

ii) $\psi_{m+{}^{1}/_{2}.n} < 0$ のとき.

$$r_{m+{}^{1}/_{2}.n} = {}_{R}r_n \qquad (4.1.8)$$

$$e r_{m+{}^{1}/_{2}.n} = \frac{\left(\frac{{}_{oa}C_n + {}_{Ra}C_n}{2}\right)^2 + 2\left({}_{R}r_n - \frac{{}_{Ra}C_n}{2}\right)\left({}_{R}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right)(1-\cos\phi_{10-n.n})}{2\left[\left({}_{R}r_n + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right) - \left({}_{R}r_n - \frac{{}_{Ra}C_n}{2}\right)\cos\phi_{10-n.n}\right]} \qquad (4.1.9)$$

$$e T_{m+{}^{1}/_{2}.n} = \left(T_{c.n} - {}_{oa}C_n\right) + \left({}_{R}T_{A.n} - T_{c.n} + {}_{oa}C_n - {}_{Ra}C_n\right)\frac{vers\,\psi_{m+{}^{1}/_{2}.n}}{vers\,\psi_{10-n.n}} \qquad (4.1.10)$$

$$\phi_{m+{}^{1}/_{2}.n} = \tan^{-1}\frac{e r_{m+{}^{1}/_{2}.n} \cdot \sin\psi_{m+{}^{1}/_{2}.n}}{\left(r_{m+{}^{1}/_{2}.n} - e r_{m+{}^{1}/_{2}.n} + \frac{{}_{oa}C_n}{2}\right) + e r_{m+{}^{1}/_{2}.n}\cos\psi_{m+{}^{1}/_{2}.n}} \qquad (4.1.11)$$

i) $\phi_{m+{}^{1}/_{2}.n} \geqq 0$ のとき

$$T_{m+{}^{1}/_{2}.n} = T_{c.n} + \left({}_{L}T_{A.n} - T_{c.n}\right)\frac{vers\,\phi_{m+{}^{1}/_{2}.n}}{vers\,\phi_{10+n.n}} \qquad (4.1.12)$$

$$\frac{A}{d\phi}\left(T_{m+{}^{1}/_{2}.n}\right) = \left({}_{L}T_{A.n} - T_{c.n}\right)\frac{\sin\phi_{m+{}^{1}/_{2}.n}}{vers\,\phi_{10+n.n}} \qquad (4.1.13)$$

ii) $\phi_{m+j/6,n} < 0$ のとき

$$T_{m+j/6,n} = T_{c,n} + (rT_{A,n} - T_{c,n}) \frac{\mathrm{vers}\phi_{m+j/6,n}}{\mathrm{vers}\phi_{10-n,n}} \tag{4.1.14}$$

$$\frac{d}{d\phi}(T_{m+j/6,n}) = (rT_{A,n} - T_{c,n}) \frac{\sin\phi_{m+j/6,n}}{\mathrm{vers}\phi_{10-n,n}} \tag{4.1.15}$$

$$\frac{d}{d\psi}(\phi_{m+j/6,n}) = \frac{e\bar{r}_{m+j/6,n}\left[\left(\bar{r}_{m+j/6,n} - e\bar{r}_{m+j/6,n} + \frac{\alpha C_n}{2}\right)\cos\psi_{m+j/6,n} + e\bar{r}_{m+j/6,n}\right]}{\left(\bar{r}_{m+j/6,n} - e\bar{r}_{m+j/6,n} + \frac{\alpha C_n}{2}\right)^2 + 2e\bar{r}_{m+j/6,n}\left(\bar{r}_{m+j/6,n} - e\bar{r}_{m+j/6,n} + \frac{\alpha C_n}{2}\right)\cos\psi_{m+j/6,n} + e\bar{r}^2_{m+j/6,n}} \tag{4.1.16}$$

$$e\chi_{m+j/6,n} = e\bar{r}_{m+j/6,n}(1 - \cos\psi_{m+j/6,n}) - \frac{\alpha C_n}{2} \tag{4.1.17}$$

$$e\eta_{m+j/6,n} = e\bar{r}_{m+j/6,n} \sin\psi_{m+j/6,n} \tag{4.1.18}$$

$$u\chi_{m+j/6,n} = \bar{r}_{m+j/6,n}(1 - \cos\phi_{m+j/6,n}) - \frac{1}{2} T_{m+j/6,n} \cos\phi_{m+j/6,n} \tag{4.1.19}$$

$$u\eta_{m+j/6,n} = \bar{r}_{m+j/6,n} \sin\phi_{m+j/6,n} + \frac{1}{2} T_{m+j/6,n} \sin\phi_{m+j/6,n} \tag{4.1.20}$$

$$\frac{d}{d\psi}(u\chi_{m+j/6,n}) = \left[\left(\bar{r}_{m+j/6,n} + \frac{1}{2} T_{m+j/6,n}\right)\sin\phi_{m+j/6,n} - \frac{1}{2}\frac{d}{d\phi}(T_{m+j/6,n})\cos\phi_{m+j/6,n}\right]\frac{d}{d\psi}(\phi_{m+j/6,n}) \tag{4.1.21}$$

$$\frac{d}{d\psi}(u\eta_{m+j/6,n}) = \left[\left(\bar{r}_{m+j/6,n} + \frac{1}{2} T_{m+j/6,n}\right)\cos\phi_{m+j/6,n} + \frac{1}{2}\frac{d}{d\phi}(T_{m+j/6,n})\sin\phi_{m+j/6,n}\right]\frac{d}{d\psi}(\phi_{m+j/6,n}) \tag{4.1.22}$$

これら (4.1.4) ~ (4.1.22) を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$, $j = 0, 1, 2 \cdots 7$ について計算する。ただし、$m = 10+n$ のときは $j = 0$ 以外の j については計算しない。

$10 \leqq m \leqq i$ または $10 \geqq m \geqq i$ としたとき $(e\chi_{m,n}, e\eta_{m,n})$ に原点をおきアーチ中心線の法線を X 軸横線を軸としたときの $(e\chi_{i+j/6,n}, e\eta_{i+j/6,n})$ の座標を $(\chi^{m,n}_{i+j/6,n})$, $(\eta^{m,n}_{i+j/6,n})$ とする。

$$(\chi^{m,n}_{i+j/6,n}) = (e\chi_{i+j/6,n} - e\chi_{m,n})\cos\psi_{m,n} - (e\eta_{i+j/6,n} - e\eta_{m,n})\sin\psi_{m,n} \tag{4.1.23}$$

$$(\eta^{m,n}_{i+j/6,n}) = (e\chi_{i+j/6,n} - e\chi_{m,n})\sin\psi_{m,n} + (e\eta_{i+j/6,n} - e\eta_{m,n})\cos\psi_{m,n} \tag{4.1.24}$$

これら $(\chi^{m,n}_{i+j/6,n})(\eta^{m,n}_{i+j/6,n})$ を $n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10, 11 \cdots 10+n$, $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。ただし、$i = 10+n$ のとき $j = 0$ 以外の j については計算しない。さらに、$n = 1, 2, \cdots 6$; $m = 10, 9, \cdots 10-n$ $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。ただし、$m = i$ のとき $j = 0$ 以外の j については計算しない。

4-2 アーチ常数の計算

$$\mathrm{LI}A_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{i=10+n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\left\{\frac{e\bar{r}_{i,n}}{e\bar{r}^3_{i,n}} + 4\frac{e\bar{r}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{r}^3_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{e\bar{r}_{i+\frac{2}{6},n}}{e\bar{r}^3_{i+\frac{2}{6},n}} + 4\frac{e\bar{r}_{i+\frac{3}{6},n}}{e\bar{r}^3_{i+\frac{3}{6},n}} + \frac{e\bar{r}_{i+1,n}}{e\bar{r}^3_{i+1,n}}\right\} + \mathrm{La}_n \tag{4.2.1}$$

$$\mathrm{RI}A_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{i=10-n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\left\{\frac{e\bar{r}_{i,n}}{e\bar{r}^3_{i,n}} + 4\frac{e\bar{r}_{i+\frac{1}{6},n}}{e\bar{r}^3_{i+\frac{1}{6},n}} + 2\frac{e\bar{r}_{i+\frac{2}{6},n}}{e\bar{r}^3_{i+\frac{2}{6},n}} + 4\frac{e\bar{r}_{i+\frac{3}{6},n}}{e\bar{r}^3_{i+\frac{3}{6},n}} + \frac{e\bar{r}_{i+1,n}}{e\bar{r}^3_{i+1,n}}\right\} + \mathrm{Ra}_n \tag{4.2.2}$$

$$L_1B_{m,n} = -\frac{1}{Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{(\alpha^{m,n}_{i,n})e\bar{I}_{i,n}}{e\bar{I}^2_{i,n}} + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}} + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}}\right] + La\alpha_n(\alpha^{m,n}_{i0,m,n}) + La\alpha_{2n}\sin(\psi_{i0,m,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.3)$$

$$R_1B_{m,n} = -\frac{1}{Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{(\alpha^{m,n}_{i,n})e\bar{I}_{i,n}}{e\bar{I}^2_{i,n}} + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}} + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}}\right] + Ra\chi_n(\alpha^{m,n}_{i0,m,n}) - Ra\alpha_{2n}\sin(\psi_{i0,n,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.4)$$

$$L_1C_{m,n} = -\frac{1}{Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{(y^{m,n}_{i,n})e\bar{I}_{i,n}}{e\bar{I}^2_{i,n}} + 4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}} + 4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{(y^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}}\right] + La\alpha_n(y^{m,n}_{i0,m,n}) + La\alpha_{2n}\cos(\psi_{i0,m,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.5)$$

$$R_1C_{m,n} = -\frac{1}{Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{(y^{m,n}_{i,n})e\bar{I}_{i,n}}{e\bar{I}^2_{i,n}} + 4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{(y^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}} + 4\frac{(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{(y^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}}\right] + Ra\alpha_n(y^{m,n}_{i0,n,n}) - Ra\alpha_{2n}\cos(\psi_{m,n,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.6)$$

$$L_2B_{m,n} = -\frac{1}{Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{(\alpha^{m,n}_{i,n}\chi^{m,n}_{i,n})e\bar{I}_{i,n}}{e\bar{I}^2_{i,n}} + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n}\chi^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}} + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n}\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}^2_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n}\chi^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}^2_{i+1,n}}\right] + \frac{1}{6Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[$$

$$\frac{\sin(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i,n}}{e\bar{I}_{i,n}} + 4\frac{\sin(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}} +$$

$$2\frac{\sin(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}} + 4\frac{\sin(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}$$

$$+\frac{\sin(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}_{i+1,n}}\Big] + La\alpha_n(\alpha^{m,n}_{i0,m,n}\chi^{m,n}_{i0,m,n}) + La\alpha_{2n}\left[(\alpha^{m,n}_{i0,m,n})\cos(\psi_{i0,m,n}\right.$$

$$\left.-\psi_{m,n}) + (y^{m,n}_{i0,m,n})\sin(\psi_{i0,m,n}-\psi_{m,n})\right] + (La\gamma_n - La\beta_n)\sin(\psi_{i0,m,n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i0,m,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.7)$$

$$R_2B_{m,n} = -\frac{1}{Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{(\alpha^{m,n}_{i,n}\chi^{m,n}_{i,n})e\bar{I}_{i,n}}{e\bar{I}_{i,n}} + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})(y^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}} + 2\frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n}\chi^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}_{i+1,n}}\right.$$

$$\left. + 4\frac{(\alpha^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n}\chi^{m,n}_{i+\frac{1}{2},n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}} + \frac{(\alpha^{m,n}_{i+1,n}\chi^{m,n}_{i+1,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}_{i+1,n}}\right] + \frac{1}{6Ec}\sum_{i=0}^{e_{in}-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[$$

$$\frac{\sin(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}_{i+1,n}} + 4\frac{\sin(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}} +$$

$$2\frac{\sin(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}} + 4\frac{\sin(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\bar{I}_{i+\frac{1}{2},n}} +$$

$$\frac{\sin(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})e\bar{I}_{i+1,n}}{e\bar{I}_{i+1,n}}\Big] + Ra\alpha_n(\alpha^{m,n}_{i0,n,n})(y^{m,n}_{i0,n,n}) - Ra\alpha_{2n}\left[(\alpha^{m,n}_{i0,n,n})\cos(\psi_{i0,n,n}\right.$$

$$\left.-\psi_{m,n}) + (y^{m,n}_{i0,n,n})\sin(\psi_{i0,n,n}-\psi_{m,n})\right] + (Ra\gamma_n - Ra\beta_n)\sin(\psi_{i0,n,n}-\psi_{m,n})\cos(\psi_{i0,n,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.8)$$

$$L_2C_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=n}^{y-n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y_{i,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i,n}}{e\overline{I}_{i,n}^3}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{(y_{i+1,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+1,n}}{e\overline{I}_{i+1,n}^3}+4\frac{(y_{i+\frac{3}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}^3}+\frac{(y_{i+2,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+2,n}}{e\overline{I}_{i+2,n}^3}\right\}+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=n}^{y-n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\cos^2(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i,n}}e\overline{r}_{i,n}+4\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}+2\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+1,n}}e\overline{r}_{i+1,n}+4\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+\frac{3}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}+\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+2,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+2,n}}e\overline{r}_{i+2,n}\right\}+L_a d_n(y_{i,n}^{m,n})^2+L_a\beta_n\sin^2(\psi_{i,n,n}-\psi_{m,n})+L_a\gamma_n\cos^2(\psi_{i,n,n}-\psi_{m,n})+2L_a d_{2n}(y_{i,n}^{m,n})\cos(\psi_{i,n,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.9)$$

$$R_2C_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(y_{i,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i,n}}{e\overline{I}_{i,n}^3}+4\frac{(y_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{(y_{i+1,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+1,n}}{e\overline{I}_{i+1,n}^3}+4\frac{(y_{i+\frac{3}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}^3}+\frac{(y_{i+2,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+2,n}}{e\overline{I}_{i+2,n}^3}\right\}+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\cos^2(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i,n}}e\overline{r}_{i,n}+4\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}+2\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+1,n}}e\overline{r}_{i+1,n}+4\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+\frac{3}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}+\frac{1+2\cos^2(\psi_{i+2,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+2,n}}e\overline{r}_{i+2,n}\right\}+R_a d_n(y_{10,n}^{m,n})^2+R_a\beta_n\sin^2(\psi_{10,n,n}-\psi_{m,n})+R_a\gamma_n\cos^2(\psi_{10,n,n}-\psi_{m,n})-2R_a d_{2n}(y_{10,n}^{m,n})\cos(\psi_{10,n,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.10)$$

$$L_3B_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{o-n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi_{i,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i,n}}{e\overline{I}_{i,n}^3}+4\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{(\chi_{i+1,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+1,n}}{e\overline{I}_{i+1,n}^3}+4\frac{(\chi_{i+\frac{3}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}^3}+\frac{(\chi_{i+2,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+2,n}}{e\overline{I}_{i+2,n}^3}\right\}+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=m}^{o-n}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\sin^2(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i,n}}e\overline{r}_{i,n}+4\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}+2\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+1,n}}e\overline{r}_{i+1,n}+4\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+\frac{3}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}+\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+2,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+2,n}}e\overline{r}_{i+2,n}\right\}+L_a d_n(\chi_{i,n,n}^{m,n})^2+L_a\beta_n\cos^2(\psi_{i,n,n}-\psi_{m,n})+L_a\gamma_n\sin^2(\psi_{i,n,n}-\psi_{m,n})+2L_a d_{2n}(\chi_{i,n,n}^{m,n})\sin(\psi_{i,n,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.11)$$

$$R_3B_{m,n}=\frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{(\chi_{i,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i,n}}{e\overline{I}_{i,n}^3}+4\frac{(\chi_{i+\frac{1}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}^3}+2\frac{(\chi_{i+1,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+1,n}}{e\overline{I}_{i+1,n}^3}+4\frac{(\chi_{i+\frac{3}{2},n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}^3}+\frac{(\chi_{i+2,n}^{m,n})^2 e\overline{r}_{i+2,n}}{e\overline{I}_{i+2,n}^3}\right\}+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left\{\frac{1+2\sin^2(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i,n}}e\overline{r}_{i,n}+4\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+\frac{1}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{1}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{1}{2},n}+2\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+1,n}}e\overline{r}_{i+1,n}+4\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+\frac{3}{2},n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+\frac{3}{2},n}}e\overline{r}_{i+\frac{3}{2},n}+\frac{1+2\sin^2(\psi_{i+2,n}-\psi_{m,n})}{e\overline{I}_{i+2,n}}e\overline{r}_{i+2,n}\right\}+R_a d_n(\chi_{10,n,n}^{m,n})^2+R_a\beta_n\cos^2(\psi_{10,n,n}-\psi_{m,n})+R_a\gamma_n\sin^2(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n})-2R_a d_{2n}(\chi_{10,n,n}^{m,n})\sin(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n}) \quad (4.2.12)$$

(4.2.1). (4.2.3) (4.2.5) (4.2.7) (4.2.9). (4.2.11) と $n=1.2\cdots 6$. $m=10.11\cdots 10+n$ について (4.2.2), (4.2.4). (4.2.6) (4.2.8) (4.2.10). (4.2.12) と $n=1.2.\cdots 6$. $m=10.9\cdots 10-n$ について計算する.

$$iA_{10,n}=L_iA_{10,n}+R_iA_{10,n} \quad (4.2.13)$$

$$iB_{10,n}=L_iB_{10,n}+R_iB_{10,n} \quad (4.2.14)$$

$$iC_{10,n}=L_iC_{10,n}+R_iC_{10,n} \quad (4.2.15)$$

$$2B_{10,n}=L_2B_{10,n}+R_2B_{10,n} \quad (4.2.16)$$

$$2C_{10,n}=L_2C_{10,n}+R_2C_{10,n} \quad (4.2.18)$$

$$ {}_3B_{10,n} = {}_2B_{10,n} + {}_3B_{10,n} \qquad (4.2.18) $$

(4.2.13) ~ (4.2.18) を $n = 1, 2, \cdots\cdots 6$ について計算する.

4-3. 単位荷重による M_L, H_L, V_L

$$ {}_LM(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}) = \frac{1}{24}\sum_{s=0}^{P-1}\Big(\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\Big\{\big(_eX_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uX_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big) + \Big\{\big(_eY_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uY_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big)\Big] + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\Big[\big\{\big(_eX_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uX_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\big\} \times \frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \Big\{\big(_eY_{i+\frac{2j}{\delta},n}\big) - \big(uY_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\Big] + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big) \times \Big[\big\{\big(_eX_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uX_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\big\}\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big) + \Big\{\big(_eY_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uY_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big]\Big) + \frac{1}{24}\sum_{s=0}^{\delta-1}\Big(\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\Big[\big\{\big(_eX_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uX_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big) + \Big\{\big(_eY_{i+\frac{2j}{\delta},n}\big) - \big(uY_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\Big\} \times \frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\Big] + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\Big[\Big\{\big(_eX_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uX_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \Big\{\big(_eY_{i+\frac{2j}{\delta},n}\big) - \big(uY_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\Big] + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big[\Big\{\big(_eX_{i+2j/\delta,n}\big) - \big(uX_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big) + \Big\{\big(_eY_{i+\frac{2j}{\delta},n}\big) - \big(uY_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big]\Big) \qquad (4.3.1) $$

$$ {}_LH(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}) = \frac{1}{24}\Big(\sin\psi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big) \times \frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\} + \sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\}\Big] - \cos\psi_{i+\frac{2j}{\delta},n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\} + \sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.2) $$

$$ {}_LV(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}) = \frac{1}{24}\Big(\sin\psi_{i+2j/\delta,n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\big(\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\} + \sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) \times \big(uX_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uX_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\}\Big] + \cos\psi_{i+2j/\delta,n}\Big[\sum_{s=0}^{P-1}\Big\{\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\Big\}\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n} - \psi_{K-1,n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\} + \sum_{s=0}^{\delta-1}\Big\{\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s}{\delta},n}\big) + 4\big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) \times \big(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}\big) + \big(\psi_{K+1,n} - \psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\frac{d}{d\psi}\big(uY_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}\big)\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.3) $$

(4.3.1) ~ (4.3.3) に現れる $\sum_{s=0}^{P-1}$, $\sum_{s=0}^{\delta-1}$ は次のようにとるものとする.

1) $K = i = 10$ のとき

$P = 0$, $\delta = j$

すなわち $\sum_{s=0}^{P-1}$ は計算しない.

ii) $K=10,11 \leqq i \leqq 10+n$ のとき

$P=0$, $q=4$

すなわち $\sum_{s=0}^{P-1}$ は計算しない。

iii) $10 \leqq i < K-1$ のとき

$P=0$, $q=0$

すなわち $rrM(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}) = rrH(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}) = rrV(n,K,10,i+\frac{2j}{\delta}) = 0$

iv) $10+n \geqq i = K-1 \geqq 10$ のとき

$P=j$, $q=0$

すなわち $\sum_{s=0}^{q-1}$ は計算しない。

v) $10+n \geqq i = K \geqq 11$

$P=4$, $q=j$

vi) $10+n \geqq i > K \geqq 11$

$P=4$, $q=4$

以上の P, q を用いて (4.3.1)~(4.3.3) を $n=1,2\cdots6$, $K=10,11\cdots10+n$, $i=10,11\cdots10+n$, $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=10+n$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$rrM(n,k,10,i+\tfrac{2j}{\delta}) = \frac{1}{24}\sum_{s=P}^{3}\Big((\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\Big[\Big\{(\alpha\chi_{i+2j/\delta,n})-(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n}) + \Big\{(\alpha y_{i+2j/\delta,n})-(u y_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K+\frac{2s}{\delta},n})\Big] + 4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\Big[\Big\{(\alpha\chi_{i+2j/\delta,n})-(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\times\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}) + \Big\{(\alpha y_{i+2j/\delta,n})-(u y_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big] + (\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\Big[\Big\{(\chi_{i+2j/\delta,n}) - (u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}) + \Big\{(\alpha y_{i+2j/\delta,n}) - (u y_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big) + \frac{1}{24}\sum_{s=q}^{3}\Big((\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big[\Big\{(\alpha\chi_{i+2j/\delta,n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}) + \Big\{(\alpha y_{i+2j/\delta,n}) - (u y_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\Big] + 4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big[\Big\{(\alpha\chi_{i+2j/\delta,n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}) + \Big\{(\alpha y_{i+2j/\delta,n})-(u y_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\Big] + (\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big[\Big\{(\alpha\chi_{i+2j/\delta,n})-(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\times\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n}) + \Big\{(\alpha y_{i+2j/\delta,n})-(u y_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big]\Big) \qquad (4.3.4)$$

$$rrH(n,K,10,i+\tfrac{2j}{\delta}) = \frac{1}{24}\Big(\sin\psi_{i+2j/\delta,n}\Big[\sum_{s=P}^{3}\Big\{(\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K+\frac{2s}{\delta},n}) + 4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\times\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}) + (\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\} + \sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}) + 4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}) + (\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u y_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big] - \cos\psi_{i+2j/\delta,n}\Big[\sum_{s=P}^{3}\Big\{(\psi_{K+\frac{2s}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\delta},n}) + 4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\cdot\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\delta},n}) + (\psi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\} + \sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\delta},n}) + 4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\delta},n}) + (\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\frac{\alpha}{\alpha\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\delta},n})\Big\}\Big]\Big) \qquad (4.3.5)$$

$$RrV(n,K,10,i+2j/\theta) = -\frac{1}{24}(si)n\psi_{i+2j/\theta,n}\left[\sum_{s=p}^{3}\left\{(\psi_{K+\frac{2s}{\theta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{K+\frac{2s}{\theta},n})+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n})\times\right.\right.$$
$$\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\psi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})+$$
$$4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\frac{\partial}{\partial\psi}(u\chi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big]+$$
$$\cos\psi_{i+2j/\theta,n}\left[\sum_{s=p}^{3}\left\{(\psi_{K+\frac{2s}{\theta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\psi}(uy_{K+\frac{2s}{\theta},n})+4(\psi_{K+\frac{2s+1}{\theta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\psi}(uy_{K+\frac{2s+1}{\theta},n})+\right.\right.$$
$$(\psi_{K+\frac{2s+2}{\theta},n}-\psi_{K+1,n})\frac{\partial}{\partial\psi}(uy_{K+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}+\sum_{s=q}^{3}\Big\{(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})\frac{\partial}{\partial\psi}(uy_{K-1+\frac{2s}{\theta},n})+$$
$$4(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})\frac{\partial}{\partial\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+1}{\theta},n})+(\psi_{K-1,n}-\psi_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\frac{\partial}{\partial\psi}(uy_{K-1+\frac{2s+2}{\theta},n})\Big\}\Big] \qquad (4.3.6)$$

(4.3.4) ~ (4.3.6) に表われる $\sum_{s=p}^{3}$, $\sum_{s=q}^{3}$ は次のようにとるものとする.

i) $K=i=10$ のとき $j=0$ 以外の j については計算を行わず.

$P=4$, $q=4$

すなわち $RrM(n,K,10,i+2j/\theta) = RrH(n,K,10,i+2j/\theta) = RrV(n,K,10,i+2j/\theta) = 0$

ii) $K=10$, $i=9$ のとき

$P=4$, $q=j$

すなわち $\sum_{s=p}^{3}$ は計算しない。

iii) $K=10$, $9>i\geq 10-n$ のとき

$P=4$, $q=0$

すなわち $\sum_{s=p}^{3}$ は計算しない。

iv) $10\geq i\geq K+1$ のとき

$P=4$, $q=4$

すなわち $RrM(n,K,10,i+2j/\theta) = RrH(n,K,10,i+2j/\theta) = RrV(n,K,10,i+2j/\theta) = 0$

v) $10-n\leq i=K<10$ のとき

$P=j$, $q=4$

すなわち $\sum_{s=q}^{3}$ は計算しない。

vi) $10-n\leq i=K-1<9$ のとき

$P=0$, $q=j$

vii) $10-n\leq i<K-1<9$ のとき

$P=0$, $q=0$

以上の P,q を用いて (4.3.3) ~ (4.3.6) を $n=1,2,\cdots,6$; $K=10,9,8,\cdots,10-n$, $i=10,9,\cdots,10-n$, $j=0,1,2,3$ について計算する。ただし $i=10$ のときは $j=0$ 以外の j については計算しない。

$$LrM(n.K.m.i+\tfrac{2S}{\theta}) = LrM(n.K.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - LrM(n.K.10.m) + LrH(n.K.10.m)(\chi^{m.n}_{i+2j/\theta.n}) - LrV(n.K.10.m)(y^{m.n}_{i+2j/\theta.n}) \quad (4.3.7)$$

$$LrH(n.K.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = LrH(n.K.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - LrH(n.K.10.m)\cos(\psi_{i+2j/\theta.n} - \psi_{m.n}) - LrV(n.K.10.m)\sin(\psi_{i+2j/\theta.n} - \psi_{m.n}) \quad (4.3.8)$$

$$LrV(n.K.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = LrV(n.K.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) + LrH(n.K.10.m)\sin(\psi_{i+2j/\theta.n} - \psi_{m.n}) - LrV(n.K.10.m)\cos(\psi_{i+2j/\theta.n} - \psi_{m.n}) \quad (4.3.9)$$

(4.3.7) ~ (4.3.9) を $n = 1, 2 \cdots 6$; $K = 10, 11 \cdots 10+n$, $m = 10, 11 \cdots 10+n$; $i = m, m+1 \cdots 10+n$; $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。ただし $i = 10+n$ のとき $j = 0$ 以外の j については計算しない。

$$RrM(n.K.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RrM(n.K.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RrM(n.K.0.m) + RrH(n.K.10.m)(\chi^{m.n}_{i+2j/\theta.n}) + RrV(n.K.10.m)(y^{m.n}_{i+2j/\theta.n}) \quad (4.3.10)$$

$$RrH(n.K.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RrH(n.K.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RrH(n.K.10.m)\cos(\psi_{i+2j/\theta.n} - \psi_{m.n}) + RrV(n.K.10.m)\sin(\psi_{i+2j/\theta.n} - \psi_{m.n}) \quad (4.3.11)$$

$$RrV(n.K.m.i+\tfrac{2j}{\theta}) = RrV(n.K.10.i+\tfrac{2j}{\theta}) - RrH(n.K.10.m)\sin(\psi_{i+\frac{2j}{\theta}.n} - \psi_{m.n}) - RrV(n.K.10.m)\cos(\psi_{i+\frac{2S}{\theta}.n} - \psi_{m.n}) \quad (4.3.12)$$

(4.3.10) ~ (4.3.12) を $n = 1, 2 \cdots 6$; $K = 10.9 \cdots 10-n$, $m = 10, 9 \cdots 10-n$; $i = m, m-1 \cdots 10-n$; $j = 0, 1, 2, 3$ について計算する。ただし $i = 10$ のとき $j = 0$ 以外の j については計算しない。

4-4. 荷重常数

$$LrlD^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n+9}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\left[\frac{LrM(n.K.m.i)}{eTi.n^3}e\gamma_{i.n} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{2}{\theta})}{eT_{i+\frac{2}{\theta}.n}^3}e\gamma_{i+\frac{2}{\theta}.n} + 2\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{4}{\theta})}{eT_{i+\frac{4}{\theta}.n}^3}e\gamma_{i+\frac{4}{\theta}.n} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{6}{\theta})}{eT_{i+\frac{6}{\theta}.n}^3}e\gamma_{i+\frac{6}{\theta}.n} + \frac{LrM(n.K.m.i+1)}{eT_{i+1.n}^3}e\gamma_{i+1.n}\right] + LrM(n.K.m.10+n)La\alpha_n + LrV(n.K.m.10+n)La\alpha_{2.n} \quad (4.4.1)$$

$$Lr2D^{K.n}_{m.n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n+9}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\left[\frac{LrM(n.K.m.i)}{eTi.n^3}(y^{m.n}_{i.n})e\gamma_{i.n} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{2}{\theta})}{eT_{i+\frac{2}{\theta}.n}^3}(y^{m.n}_{i+\frac{2}{\theta}.n})e\gamma_{i+\frac{2}{\theta}.n} + 2\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{4}{\theta})}{eT_{i+\frac{4}{\theta}.n}^3}(y^{m.n}_{i+\frac{4}{\theta}.n})e\gamma_{i+\frac{4}{\theta}.n} + 4\frac{LrM(n.K.m.i+\frac{6}{\theta})}{eT_{i+\frac{6}{\theta}.n}^3}(y^{m.n}_{i+\frac{6}{\theta}.n})e\gamma_{i+\frac{6}{\theta}.n} + \frac{LrM(n.K.m.i+1)}{eT_{i+1.n}^3}(y^{m.n}_{i+1.n})e\gamma_{i+1.n}\right]$$
$$+\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{n+9}(\psi_{i+1.n} - \psi_{i.n})\left[\frac{LrH(n.K.m.i)\sin(\psi_{i.n} - \psi_{m.n}) + 3LrV(n.K.m.i)\cos(\psi_{i.n} - \psi_{m.n})}{eTi.n}e\gamma_{i.n}\right.$$
$$+4\frac{LrH(n.K.m.i+\frac{2}{\theta})\sin(\psi_{i+\frac{2}{\theta}.n} - \psi_{m.n}) + 3LrV(n.K.m.i+\frac{2}{\theta})\cos(\psi_{i+\frac{2}{\theta}.n} - \psi_{m.n})}{eT_{i+\frac{2}{\theta}.n}}e\gamma_{i+\frac{2}{\theta}.n}$$
$$+2\frac{LrH(n.K.m.i+\frac{4}{\theta})\sin(\psi_{i+\frac{4}{\theta}.n} - \psi_{m.n}) + 3LrV(n.K.m.i+\frac{4}{\theta})\cos(\psi_{i+\frac{4}{\theta}.n} - \psi_{m.n})}{eT_{i+\frac{4}{\theta}.n}}e\gamma_{i+\frac{4}{\theta}.n}$$
$$+4\frac{LrH(n.K.m.i+\frac{6}{\theta})\sin(\psi_{i+\frac{6}{\theta}.n} - \psi_{m.n}) + 3LrV(n.K.m.i+\frac{6}{\theta})\cos(\psi_{i+\frac{6}{\theta}.n} - \psi_{m.n})}{eT_{i+\frac{6}{\theta}.n}}e\gamma_{i+\frac{6}{\theta}.n}$$
$$\left.+\frac{LrH(n.K.m.i+1)\sin(\psi_{i+1.n} - \psi_{m.n}) + 3LrV(n.K.m.i+1)\cos(\psi_{i+1.n} - \psi_{m.n})}{eT_{i+1.n}}e\gamma_{i+1.n}\right]$$
$$+LrM(n.K.m.10+n)\left[La\alpha_n(y^{m.n}_{10+n.n}) + La\alpha_{2.n}\cdot\cos(\psi_{10+n.n} - \psi_{m.n})\right] + LrH(n.K.m.10+n)La\beta_n \times \sin(\psi_{10+n.n} - \psi_{m.n}) + LrV(n.K.m.10+n)\left[La\beta_n\cos(\psi_{10+n.n} - \psi_{m.n}) + La\alpha_{2.n}(y^{m.n}_{10+n.n})\right] \quad (4.4.2)$$

$$
{}_{LrS}D^{K,n}_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{m+9}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{LrM(n,K,m,i)(\chi^{m,n}_{i,n})}{eI_{i,n}^{3}}er_{i,n}+4\frac{LrM(n,K,m,i+\frac{2}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{eI^{3}_{i+\frac{2}{8},n}}er_{i+\frac{2}{8},n}\right.
$$

$$
+2\frac{LrM(n,K,m,i+\frac{4}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})}{eI^{3}_{i+\frac{4}{8},n}}er_{i+\frac{4}{8},n}+4\frac{LrM(n,K,m,i+\frac{6}{8})(\chi^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})}{eI^{3}_{i+\frac{6}{8},n}}er_{i+\frac{6}{8},n}+\left.\frac{LrM(n,K,m,i+1)(\chi^{m,n}_{i+1,n})}{eI^{3}_{i+1,n}}r_{i+1,n}\right]
$$

$$
+\frac{1}{Ec}\sum_{i=m}^{m+9}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{-LrH(n,K,m,i)\cos(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})+3LrV(n,K,m,i)\sin(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})}{eI_{i,n}}er_{i,n}\right.
$$

$$
+4\frac{-LrH(n,K,m,i+\frac{2}{8})\cos(\psi_{i+\frac{2}{8},n}-\psi_{m,n})+3LrV(n,K,m,i+\frac{2}{8})\sin(\psi_{i+\frac{2}{8},n}-\psi_{m,n})}{eI_{i+\frac{2}{8},n}}er_{i+\frac{2}{8},n}
$$

$$
+2\frac{-LrH(n,K,m,i+\frac{4}{8})\cos(\psi_{i+\frac{4}{8},n}-\psi_{m,n})+3LrV(n,K,m,i+\frac{4}{8})\sin(\psi_{i+\frac{4}{8},n}-\psi_{m,n})}{eI_{i+\frac{4}{8},n}}er_{i+\frac{4}{8},n}
$$

$$
+4\frac{-LrH(n,K,m,i+\frac{6}{8})\cos(\psi_{i+\frac{6}{8},n}-\psi_{m,n})+3LrV(n,K,m,i+\frac{6}{8})\sin(\psi_{i+\frac{6}{8},n}-\psi_{m,n})}{eI_{i+\frac{6}{8},n}}er_{i+\frac{6}{8},n}
$$

$$
+\frac{-LrH(n,K,m,i+1)\cos(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})+3LrV(n,K,m,i+1)\sin(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})}{eI_{i+1,n}}er_{i+1,n}\Big]
$$

$$
+LrM(n,K,m,10+m)\left[La\alpha_{1,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n})+La\alpha_{2,n}\sin(\psi_{10+n,n}-\psi_{m,n})\right]-LrH(n,K,m,10+n)\times
$$

$$
La\beta_n\cdot\cos(\psi_{10+n,n}-\psi_{m,n})+LrV(n,K,m,10+m)\left[La\gamma_n\cdot\sin(\psi_{10+n,n}-\psi_{m,n})+La\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10+n,n})\right]
$$

(4.4.3)

(4.4.1) ~ (4.4.3) で $n=1,2\cdots\cdots6$, $K=10,11\cdots\cdots10+n$, $m=10,11\cdots\cdots10+n$ について計算する。

$$
{}_{RrI}D^{K,n}_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RrM(n,K,mi)}{eI_{i,n}^{3}}er_{i,n}+4\frac{RrM(n,K,m,i+\frac{2}{8})}{eI^{3}_{i+\frac{2}{8},n}}er_{i+\frac{2}{8},n}+2\frac{RrM(n,K,m,i+\frac{4}{8})}{eI^{3}_{i+\frac{4}{8},n}}er_{i+\frac{4}{8},n}\right.
$$

$$
\left.+4\frac{RrM(n,K,m,i+\frac{6}{8})}{eI^{3}_{i+\frac{6}{8},n}}er_{i+\frac{6}{8},n}+\frac{RrM(n,K,m,i+1)}{eI^{3}_{i+1,n}}er_{i+1,n}\right]+Ra\alpha_n\cdot RrM(n,K,m,10-n)
$$

$$
+Ra\alpha_{2,n}\cdot RrV(n,K,m,10-n)
$$

(4.4.4)

$$
{}_{Rr2}D^{K,n}_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\frac{RrM(n,K,m,i)(y^{m,n}_{i,n})}{eI_{i,n}^{3}}er_{i,n}+4\frac{RrM(n,K,m,i+\frac{2}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{2}{8},n})}{eI^{3}_{i+\frac{2}{8},n}}er_{i+\frac{2}{8},n}+\right.
$$

$$
\left.2\frac{RrM(n,K,m,i+\frac{4}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{4}{8},n})}{eI^{3}_{i+\frac{4}{8},n}}er_{i+\frac{4}{8},n}+4\frac{RrM(n,K,m,i+\frac{6}{8})(y^{m,n}_{i+\frac{6}{8},n})}{eI^{3}_{i+\frac{6}{8},n}}er_{i+\frac{6}{8},n}+\frac{RrM(n,K,m,i+1)(y^{m,n}_{i+1,n})}{eI^{3}_{i+1,n}}er_{i+1,n}\right]
$$

$$
+\frac{1}{12Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\left[\left\{RrH(n,K,m,i)\sin(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})-3RrV(n,K,m,i\cdots)\cdot\cos(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})\right\}\frac{er_{i,n}}{eI_{i,n}}\right.
$$

$$
+4\left\{RrH(n,K,m,i+\tfrac{2}{8})\sin(\psi_{i+\frac{2}{8},n}-\psi_{m,n})-3RrV(n,K,m,i+\tfrac{2}{8})\cos(\psi_{i+\frac{2}{8},n}-\psi_{m,n})\right\}\frac{er_{i+\frac{2}{8},n}}{eI_{i+\frac{2}{8},n}}
$$

$$
+2\left\{RrH(n,K,m,i+\tfrac{4}{8})\sin(\psi_{i+\frac{4}{8},n}-\psi_{m,n})-3RrV(n,K,m,i+\tfrac{4}{8})\cos(\psi_{i+\frac{4}{8},n}-\psi_{m,n})\right\}\frac{er_{i+\frac{4}{8},n}}{eI_{i+\frac{4}{8},n}}
$$

$$
+4\left\{RrH(n,K,m,i+\tfrac{6}{8})\sin(\psi_{i+\frac{6}{8},n}-\psi_{m,n})-3RrV(n,K,m,i+\tfrac{6}{8})\cos(\psi_{i+\frac{6}{8},n}-\psi_{m,n})\right\}\frac{er_{i+\frac{6}{8},n}}{eI_{i+\frac{6}{8},n}}
$$

$$
\left.+\left\{RrH(n,K,m,i+1)\sin(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})-3RrV(n,K,m,i+1)\cos(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})\right\}\frac{er_{i+1,n}}{eI_{i+1,n}}\right]
$$

$$
+RrM(n,K,m,10-n)\left[Ra\alpha_n(y^{m,n}_{10-n,n})-Ra\alpha_{2,n}\cos(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n})\right]+RrH(n,K,m,10-n)Ra\beta_n\sin(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n})
$$

$$
-RrV(n,K,m,10-n)\left[Ra\gamma_n\cos(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n})-Ra\alpha_{2,n}(y^{m,n}_{10-n,n})\right]
$$

$$
\begin{aligned}
{}_{RR}r3D^{K,n}_{m,n} = \frac{1}{Ec}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n})\Big[\Big\{{}_{RR}M(n,K,m,i)\Big\}(\chi^{m,n}_{i,n})\Big\}\frac{e\bar{r}_{i,n}}{eT^{\frac{2}{\theta}}_{i,n}} + 4\Big\{{}_{RR}M(n,K,m,i+\tfrac{2}{\theta})\Big\}(\chi^{m,n}_{i+\frac{2}{\theta},n})\Big\}\frac{e\bar{r}_{i+\frac{2}{\theta},n}}{eT^{\frac{2}{\theta}}_{i+\frac{2}{\theta},n}} + \\
2\Big\{{}_{RR}M(n,K,m,i+\tfrac{4}{\theta})\Big\}(\chi^{m,n}_{i+\frac{4}{\theta},n})\Big\}\frac{e\bar{r}_{i+\frac{4}{\theta},n}}{eT^{\frac{4}{\theta}}_{i+\frac{4}{\theta},n}} + 4\Big\{{}_{RR}M(n,K,m,i+\tfrac{6}{\theta})\Big\}(\chi^{m,n}_{i+\frac{6}{\theta},n})\Big\}\frac{e\bar{r}_{i+\frac{6}{\theta},n}}{eT^{\frac{6}{\theta}}_{i+\frac{6}{\theta},n}} + \\
\Big\{{}_{RR}M(n,K,m,i+1)\Big\}(\chi^{m,n}_{i+1,n})\Big\}\frac{e\bar{r}_{i+1,n}}{eT^{8}_{i+1,n}}\Big] - \frac{1}{12E}\sum_{i=10-n}^{m-1}(\psi_{i+1,n}-\psi_{i,n}) \\
\Big[\Big\{{}_{RR}H(n,K,m,i)\cos(\psi_{i,n}-\psi_{m,n}) + 3{}_{RR}V(n,K,m,i)\sin(\psi_{i,n}-\psi_{m,n})\Big\}\frac{e\bar{r}_{i,n}}{eT_{i,n}} + \\
4\Big\{{}_{RR}H(n,K,m,i+\tfrac{2}{\theta})\cos(\psi_{i+\frac{2}{\theta},n}-\psi_{m,n}) + 3{}_{RR}V(n,K,m,i+\tfrac{2}{\theta})\sin(\psi_{i+\frac{2}{\theta},n}-\psi_{m,n})\Big\}\frac{e\bar{r}_{i+\frac{2}{\theta},n}}{eT_{i+\frac{2}{\theta},n}} \\
+ 2\frac{{}_{RR}H(n,K,m,i+\frac{4}{\theta})\cos(\psi_{i+\frac{4}{\theta},n}-\psi_{m,n}) + 3{}_{RR}V(n,K,m,i+\frac{4}{\theta})\sin(\psi_{i+\frac{4}{\theta},n}-\psi_{m,n})}{eT_{i+\frac{4}{\theta},n}}e\bar{r}_{i+\frac{4}{\theta},n} \\
+ 4\frac{{}_{RR}H(n,K,m,i+\frac{6}{\theta})\cos(\psi_{i+\frac{6}{\theta},n}-\psi_{m,n}) + 3{}_{RR}V(n,K,m,i+\frac{6}{\theta})\sin(\psi_{i+\frac{6}{\theta},n}-\psi_{m,n})}{eT_{i+\frac{6}{\theta},n}}e\bar{r}_{i+\frac{6}{\theta},n} \\
+ \frac{{}_{RR}H(n,K,m,i+1)\cos(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n}) + 3{}_{RR}V(n,K,m,i+1)\sin(\psi_{i+1,n}-\psi_{m,n})}{eT_{i+1,n}}e\bar{r}_{i+1,n}\Big] \\
+ {}_{RR}M(n,K,m,10-n)\Big[{}_{Ra}\alpha_n(\chi^{m,n}_{10-n,n}) - {}_{Ra}\alpha_{2,n}\sin(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n})\Big] - {}_{RR}H(n,K,m,10-n)\times \\
{}_{Ra}\beta_n\cos(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n}) - {}_{RR}V(n,K,m,10-n)\Big[{}_{Ra}\gamma_n\sin(\psi_{10-n,n}-\psi_{m,n}) - {}_{Ra}\alpha_{2,n}(\chi^{m,n}_{10-n,n})\Big]
\end{aligned}
\qquad (4.4.6)
$$

(4.4.4) ~ (4.4.6) と $n=1,2\text{---}6$; $K=10,9\text{----}10-n$; $m=10,9\text{----}10-n$ について計算する。

i) $11 \leqq K \leqq 10+n$ のとき

$$ {}_{r1}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Lr1}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.7) $$

$$ {}_{r2}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Lr2}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.8) $$

$$ {}_{r3}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Lr3}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.9) $$

ii) $K=10$ のとき

$$ {}_{r1}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Lr1}D^{K,n}_{10,n} + {}_{Rr1}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.10) $$

$$ {}_{r2}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Lr2}D^{K,n}_{10,n} + {}_{Rr2}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.11) $$

$$ {}_{r3}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Lr3}D^{K,n}_{10,n} + {}_{Rr3}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.12) $$

iii) $9 \geqq K \geqq 10-n$ のとき

$$ {}_{r1}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Rr1}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.13) $$

$$ {}_{r2}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Rr2}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.14) $$

$$ {}_{r3}D^{K,n}_{10,n} = {}_{Rr3}D^{K,n}_{10,n} \qquad (4.4.15) $$

${}_{r1}D^{K,n}_{10,n}$, ${}_{r2}D^{K,n}_{10,n}$, ${}_{r3}D^{K,n}_{10,n}$ と $n=1,2\text{---}6$; $K=10-n,11-n\text{----}10\text{----}10+n$ について計算する。

4-5 不静定諸力および単位撓みの計算

$$K_n = {}_1A_{10.n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-(2B_{10.n})^2\right\}-{}_1B_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+{}_1C_{10.n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\} \quad (4.5.1)$$

$$ar M^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[{}_1D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-(2B_{10.n})^2\right\}-{}_3D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-{}_2D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.5.2)$$

$$ar H^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-{}_1D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+{}_3D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+{}_2D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.5.3)$$

$$ar V^{K.n}_{10.n} = \frac{1}{K_n}\left[-{}_1D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+{}_3D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+{}_2D^{K.n}_{10.n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-(1B_{10.n})^2\right\}\right] \quad (4.5.4)$$

K_n と $n = 1, 2\cdots 6$ について計算し、$ar M^{K.n}_{10.n}, ar H^{K.n}_{10.n}, ar V^{K.n}_{10.n}$ については $n = 1, 2\cdots 6$, $K = 10-n$ $11-n \cdots\cdots 10 \cdots\cdots 10+n$ について計算する。

i) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$ar M^{K.n}_{m.n} = ar M^{K.n}_{10.n} + ar H^{K.n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + ar V^{K.n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) - {}_1rM(n.k.10.m) \quad (4.5.5)$$

$$ar H^{K.n}_{m.n} = ar H^{K.n}_{10.n}\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) - ar V^{K.n}_{10.n}\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) + {}_1rH(n.K.10.m) \quad (4.5.6)$$

$$ar V^{K.n}_{m.n} = ar H^{K.n}_{10.n}\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) + ar V^{K.n}_{10.n}\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) - {}_1rV(n.K.10.m) \quad (4.5.7)$$

$$ar(\Delta r)^{K.n}_{m.n} = \left[{}_1C_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} + {}_2B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} + {}_2C_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} - {}_1r_2D^{K.n}_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) + \left[-{}_1B_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} - {}_3B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} - {}_2B_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} + {}_1r_3D^{K.n}_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) \quad (4.5.8)$$

$$ar(\Delta s)^{K.n}_{m.n} = -\left[{}_1C_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} + {}_2B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} + {}_2C_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} - {}_1r_2D^{K.n}_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) + \left[-{}_1B_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} - {}_3B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} - {}_2B_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} + {}_1r_3D^{K.n}_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) \quad (4.5.9)$$

$$ar(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n} = {}_1A_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} + {}_1B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} + {}_1C_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} - {}_1rD^{K.n}_{m.n} \quad (4.5.10)$$

ii) $9 \geqq m \geqq 10-n$ のとき

$$ar M^{K.n}_{m.n} = ar M^{K.n}_{10.n} + ar H^{K.n}_{10.n}(x^{10.n}_{m.n}) + ar V^{K.n}_{10.n}(y^{10.n}_{m.n}) - {}_RrM(n.K.10.m) \quad (4.5.11)$$

$$ar H^{K.n}_{m.n} = ar H^{K.n}_{10.n}\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) - ar V^{K.n}_{10.n}\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) + {}_RrH(n.K.10.m) \quad (4.5.12)$$

$$ar V^{K.n}_{m.n} = -ar H^{K.n}_{10.n}\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) - ar V^{K.n}_{10.n}\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) - {}_RrV(n.K.10.m) \quad (4.5.13)$$

$$ar(\Delta r)^{K.n}_{m.n} = \left[-{}_RC_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} - {}_R2B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} + {}_R2C_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} + {}_Rr_2D^{K.n}_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) + \left[{}_RB_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} + {}_R3B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} - {}_R2B_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} - {}_Rr_3D^{K.n}_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) \quad (4.5.14)$$

$$ar(\Delta s)^{K.n}_{m.n} = -\left[-{}_RC_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} - {}_R2B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} + {}_R2C_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} + {}_Rr_2D^{K.n}_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) + \left[{}_RB_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} + {}_R3B_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} - {}_R2B_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} - {}_Rr_3D^{K.n}_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n}-\phi_{m.n}) \quad (4.5.15)$$

$$ar(\Delta\theta)^{K.n}_{m.n} = -{}_RA_{m.n}\cdot ar M^{K.n}_{m.n} - {}_RB_{m.n}\cdot ar H^{K.n}_{m.n} + {}_RC_{m.n}\cdot ar V^{K.n}_{m.n} + {}_Rr_1D^{K.n}_{m.n} \quad (4.5.16)$$

(4.5.5)~(4.5.16)を $n=1.2\cdots6$; $K=10-n, 11-n\cdots10\cdots10+n$, $m=10-n, 11-n\cdots10\cdots10+n$ について計算する。ただし $10-n \leqq K \leqq 9$ のとき

$$L_{r}M(n.K\,10.m)=L_{r}H(n.K.10.n)=L_{r}\nabla(n.K\,10.m)=L_{r1}D^{K.n}_{m.n}=L_{r2}D^{K.n}_{m.n}=L_{r3}D^{K.n}_{m.n}=0$$

$10+n \geqq K \geqq 11$ のとき

$$R_{r}M(n.K\,10.m)=R_{r}H(n.K.10.m)=R_{r}\nabla(n.K\,10.m)=R_{r1}D^{K.n}_{m.n}=R_{r2}D^{K.n}_{m.n}=R_{r3}D^{K.n}_{m.n}=0$$ とする。

4-6 集中荷重

$$r_1D^{C.10+n}_{m.n}=L\alpha_{2.n}$$

$$r_2D^{C.10+n}_{m.n}=L\alpha\cos(\psi_{10+m.n}-\psi_{m.n})+L\alpha_{2.n}(y^{m.n}_{10+n.n}) \quad (4.6.1)$$

$$r_3D^{C.10+n}_{m.n}=L\alpha\sin(\psi_{10+n.n}-\psi_{m.n})+L\alpha_{2.n}(x^{m.n}_{10+n.n}) \quad (4.6.3)$$

$$s_1D^{C.10+n}_{m.n}=0 \quad (4.6.4)$$

$$s_2D^{C.10+n}_{m.n}=L\alpha\beta n\sin(\psi_{10+n.n}-\psi_{m.n}) \quad (4.6.5)$$

$$s_3D^{C.10+n}_{m.n}=-L\alpha\beta n\cos(\psi_{10+n.n}-\psi_{m.n}) \quad (4.6.6)$$

$$r_1D^{C.10-n}_{m.n}=R\alpha_{2.n} \quad (4.6.7)$$

$$r_2D^{C.10-n}_{m.n}=-R\alpha\gamma n\cos(\psi_{10-n.n}-\psi_{m.n})+R\alpha_{2.n}(y^{m.n}_{10-n.n}) \quad (4.6.8)$$

$$r_3D^{C.10-n}_{m.n}=-R\alpha\gamma n\sin(\psi_{10-n.n}-\psi_{m.n})+R\alpha_{2.n}(x^{m.n}_{10-n.n}) \quad (4.6.9)$$

$$s_1D^{C.10-n}_{m.n}=0 \quad (4.6.10)$$

$$s_2D^{C.10-n}_{m.n}=-R\alpha\beta n\sin(\psi_{10-n.n}-\psi_{m.n}) \quad (4.6.11)$$

$$s_3D^{C.10-n}_{m.n}=+R\alpha\beta n\cos(\psi_{10-n.n}-\psi_{m.n}) \quad (4.6.12)$$

(4.6.1)~(4.6.6)を $n=1.2\cdots6$; $m=10,11\cdots10+n$ について (4.6.7)~(4.6.12)を $n=1,2\cdots6$; $m=10,9\cdots10-n$ について計算する。

$$a_{r}M^{C.10+n}_{10.n}=\frac{1}{Kn}\left[r_1D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}^2C_{10.n}-(2B_{10.n})^2\right\}-r_3D^{C.10+n}_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}^2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}{}^2B_{10.n}\right\}-r_2D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}_1C_{10.n}\cdot B_{10.n}{}^2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.13)$$

$$a_{r}H^{C.10+n}_{10.n}=\frac{1}{Kn}\left[-r_1D^{C.10+n}_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}_2C_{10.n}-2B_{10.n}{}_1C_{10.n}\right\}+r_3D^{C.10+n}_{10.n}\left\{1A_{10.n}{}^2C_{10.n}-(1C_{10.n})^2\right\}+r_2D^{C.10+n}_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}{}^2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.14)$$

$$a_{r}\nabla^{C.10+n}_{10.n}=\frac{1}{Kn}\left[-r_1D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}{}^2B_{10.n}\right\}+r_3D^{C.10+n}_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}{}^2B_{10.n}\right\}+r_2D^{C.10+n}_{10.n}\left\{1A_{10.n}{}^3B_{10.n}-(1B_{10.n})^2\right\}\right] \quad (4.6.15)$$

$$a_{s}M^{C.10+n}_{10.n}=\frac{1}{Kn}\left[s_1D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}^2C_{10.n}-(2B_{10.n})^2\right\}-s_3D^{C.10+n}_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}^2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}{}^2B_{10.n}\right\}-s_2D^{C.10+n}_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}{}^2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.16)$$

$$asH_{10.n}^{c.10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-s1D_{10.n}^{c.10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+s3D_{10.n}^{c.10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+s2D_{10.n}^{c.10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.17)$$

$$asV_{10.n}^{c.10+n}=\frac{1}{Kn}\left[-s1D_{10.n}^{c.10+n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+s3D_{10.n}^{c.10+n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+s2D_{10.n}^{c.10+n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \quad (4.6.18)$$

$$arM_{10.n}^{c.10-n}=\frac{1}{Kn}\left[r1D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_2B_{10.n})^2\right\}-r3D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-r2D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.19)$$

$$arH_{10.n}^{c.10-n}=\frac{1}{Kn}\left[-r1D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+r3D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+r2D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.20)$$

$$arV_{10.n}^{c.10-n}=\frac{1}{Kn}\left[-r1D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+r3D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+r2D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \quad (4.6.21)$$

$$asM_{10.n}^{c.10-n}=\frac{1}{Kn}\left[s1D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_2B_{10.n})^2\right\}-s3D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_1C_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}-s2D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.22)$$

$$asH_{10.n}^{c.10-n}=\frac{1}{Kn}\left[-s1D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-{}_2B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}\right\}+s3D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_2C_{10.n}-({}_1C_{10.n})^2\right\}+s2D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}\right] \quad (4.6.23)$$

$$asV_{10.n}^{c.10-n}=\frac{1}{Kn}\left[-s1D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_3B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1B_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+s3D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1B_{10.n}\cdot{}_1C_{10.n}-{}_1A_{10.n}\cdot{}_2B_{10.n}\right\}+s2D_{10.n}^{c.10-n}\left\{{}_1A_{10.n}\cdot{}_3B_{10.n}-({}_1B_{10.n})^2\right\}\right] \quad (4.6.24)$$

(4.6.13)～(4.6.24) を $n=1,2\cdots6$ について計算する。

i) $10\leqq m\leqq 10+n$ のとき

$$arM_{m.n}^{c.10+n}=arM_{10.n}^{c.10-n}+arH_{10.n}^{c.10+n}(\chi_{m.n}^{10.n})+arV_{10.n}^{c.10+n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.25)$$

$$arH_{m.n}^{c.10+n}=arH_{m.n}^{c.10+n}\cdot\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n})-arV_{m.n}^{c.10+n}\cdot\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) \quad (4.6.26)$$

$$arV_{m.n}^{c.10+n}=arH_{10.n}^{c.10+n}\cdot\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n})+arV_{10.n}^{c.10+n}\cdot\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) \quad (4.6.27)$$

$$asM_{m.n}^{c.10+n}=asM_{10.n}^{c.10+n}+asH_{10.n}^{c.10+n}(\chi_{m.n}^{10.n})+asV_{10.n}^{c.10+n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.28)$$

$$asH_{m.n}^{c.10+n}=asH_{10.n}^{c.10+n}\cdot\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n})-asV_{10.n}^{c.10+n}\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) \quad (4.6.29)$$

$$asV_{m.n}^{c.10+n}=asH_{10.n}^{c.10+n}\cdot\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n})+asV_{10.n}^{c.10+n}\cdot\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) \quad (4.6.30)$$

$$arM_{m.n}^{c.10-n}=arM_{10.n}^{c.10-n}+arH_{10.n}^{c.10-n}(\chi_{m.n}^{10.n})+arV_{10.n}^{c.10-n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.31)$$

$$arH_{m.n}^{c.10-n}=arH_{10.n}^{c.10-n}\cdot\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n})-arV_{10.n}^{c.10-n}\cdot\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) \quad (4.6.32)$$

$$arV_{m.n}^{c.10-n}=arH_{10.n}^{c.10-n}\cdot\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n})+arV_{10.n}^{c.10-n}\cdot\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) \quad (4.6.33)$$

$$asM_{m.n}^{c.10-n}=asM_{10.n}^{c.10-n}+asH_{10.n}^{c.10-n}(\chi_{m.n}^{10.n})+asV_{10.n}^{c.10-n}(y_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.34)$$

$$asH_{m.n}^{c.10-n}=asH_{10.n}^{c.10-n}\cdot\cos(\psi_{m.n}-\psi_{10.n})-asV_{10.n}^{c.10-n}\cdot\sin(\psi_{m.n}-\psi_{10.n}) \quad (4.6.35)$$

$$asV_{m.n}^{C.10-n} = asH_{10.n}^{C.10-n} \cdot \sin(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) + asV_{10.n}^{C.10-n} \cdot \cos(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) \quad (4.6.36)$$

$$ar(\Delta r)_{m.n}^{C.10+n} = [L_1 C_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10+n} + L_2 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10+n} + L_2 C_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} - r_2 D_{m.n}^{C.10+n}] \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10+n} - L_3 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10+n} - L_2 B_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} + r_3 D_{m.n}^{C.10+n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.37)$$

$$ar(\Delta s)_{m.n}^{C.10+n} = -[L_1 C_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10+n} + L_2 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10+n} + L_2 C_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} - r_2 D_{m.n}^{C.10+n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10+n} - L_3 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10+n} - L_2 B_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} + r_3 D_{m.n}^{C.10+n}] \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.38)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10+n} = L_1 A_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10+n} + L_1 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10+n} + L_1 C_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10+n} - r_1 D_{m.n}^{C.10+n} \quad (4.6.39)$$

$$as(\Delta r)_{m.n}^{C.10+n} = [L_1 C_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10+n} + L_2 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10+n} + L_2 C_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n} - s_2 D_{m.n}^{C.10+n}] \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10+n} - L_3 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10+n} - L_2 B_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n} + s_3 D_{m.n}^{C.10+n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.40)$$

$$as(\Delta s)_{m.n}^{C.10+n} = -[L_1 C_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10+n} + L_2 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10+n} + L_2 C_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n} - s_2 D_{m.n}^{C.10+n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10+n} - L_3 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10+n} - L_2 B_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n} + s_3 D_{m.n}^{C.10+n}] \cdot \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.41)$$

$$as(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10+n} = L_1 A_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10+n} + L_1 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10+n} + L_1 C_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10+n} - s_1 D_{m.n}^{C.10+n} \quad (4.6.42)$$

$$ar(\Delta r)_{m.n}^{C.10-n} = [L_1 C_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10-n} + L_2 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10-n} + L_2 C_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n}] \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10-n} - L_3 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10-n} - L_2 B_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.43)$$

$$ar(\Delta s)_{m.n}^{C.10-n} = -[L_1 C_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10-n} + L_2 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10-n} + L_2 C_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10-n} - L_3 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10-n} - L_2 B_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n}] \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.44)$$

$$ar(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10-n} = L_1 A_{m.n} \cdot arM_{m.n}^{C.10-n} + L_1 B_{m.n} \cdot arH_{m.n}^{C.10-n} + L_1 C_{m.n} \cdot arV_{m.n}^{C.10-n} \quad (4.6.45)$$

$$as(\Delta r)_{m.n}^{C.10-n} = +[L_1 C_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10-n} + L_2 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10-n} + L_2 C_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}] \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10-n} - L_3 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10-n} - L_2 B_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.46)$$

$$as(\Delta s)_{m.n}^{C.10-n} = -[L_1 C_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10-n} + L_2 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10-n} + L_2 C_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}] \sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n})$$
$$+ [-L_1 B_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10-n} - L_3 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10-n} - L_2 B_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n}] \cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \quad (4.6.47)$$

$$as(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10-n} = L_1 A_{m.n} \cdot asM_{m.n}^{C.10-n} + L_1 B_{m.n} \cdot asH_{m.n}^{C.10-n} + L_1 C_{m.n} \cdot asV_{m.n}^{C.10-n} \quad (4.6.48)$$

ii) $q \leqq m \leqq 10-n$ のとき

$$arM_{m.n}^{C.10+n} = arM_{10.n}^{C.10+n} + arH_{10.n}^{10+n}(\chi_{m.n}^{10.n}) + arV_{10.n}^{C.10+n}(\zeta_{m.n}^{10.n}) \quad (4.6.49)$$

$$arH_{m.n}^{C.10+n} = arH_{10.n}^{C.10+n} \cos(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) - arV_{10.n}^{C.10+n} \sin(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) \quad (4.6.50)$$

$$arV^{C,10+n}_{m,n} = -\,arH^{C,10+n}_{10,n}\,Sin(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) - arV^{C,10+n}_{10,n}\,COS(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) \quad (4.6.51)$$

$$asM^{C,10+n}_{m,n} = asM^{C,10+n}_{10,n} + asH^{C,10+n}_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10+n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.52)$$

$$asH^{C,10+n}_{m,n} = asH^{C,10+n}_{10,n}\,COS(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\,Sin(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) \quad (4.6.53)$$

$$asV^{C,10+n}_{m,n} = -asH^{C,10+n}_{10,n}\,Sin(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) - asV^{C,10+n}_{10,n}\,COS(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) \quad (4.6.54)$$

$$arM^{C,10-n}_{m,n} = arM^{C,10-n}_{10,n} + arH^{C,10-n}_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + arV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.55)$$

$$arH^{C,10-n}_{m,n} = arH^{C,10-n}_{10,n}\,COS(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\,Sin(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) \quad (4.6.56)$$

$$arV^{C,10-n}_{m,n} = -arH^{C,10-n}_{10,n}\,Sin(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) - arV^{C,10-n}_{10,n}\,COS(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) \quad (4.5.57)$$

$$asM^{C,10-n}_{m,n} = asM^{C,10-n}_{10,n} + asH^{C,10-n}_{10,n}(X^{10,n}_{m,n}) + asV^{C,10-n}_{10,n}(y^{10,n}_{m,n}) \quad (4.6.58)$$

$$asH^{C,10-n}_{m,n} = asH^{C,10-n}_{10,n}\,COS(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{10,n}\,Sin(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) \quad (4.6.59)$$

$$asV^{C,10-n}_{m,n} = -asH^{C,10-n}_{10,n}\,Sin(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) - asV^{C,10-n}_{10,n}\,COS(\psi_{m,n}-\psi_{10,n}) \quad (4.6.60)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = [-R1\,Cm,n'\,arM^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arH^{C,10+n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,arV^{C,10+n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.61)$$

$$+[R1\,Bm,n'\,arM^{C,10+n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,arH^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arV^{C,10+n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.61)$$

$$ar(\Delta S)^{C,10+n}_{m,n} = -[-R1\,Cm,n'\,arM^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arH^{C,10+n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,arV^{C,10+n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n})$$

$$+[R1\,Bm,n'\,arM^{C,10+n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,arH^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arV^{C,10+n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.62)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R1\,Am,n'\,arM^{C,10+n}_{m,n} - R1\,Bm,n'\,arH^{C,10+n}_{m,n} + R1\,Cm,n'\,arV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.63)$$

$$as(\Delta r)^{C,10+n}_{m,n} = [-R1\,Cm,n'\,asM^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asH^{C,10+n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,asV^{C,10+n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n})$$

$$+[R1\,Bm,n'\,asM^{C,10+n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,asH^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asV^{C,10+n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.64)$$

$$as(\Delta S)^{C,10+n}_{m,n} = -[-R1\,Cm,n'\,asM^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asH^{C,10+n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,asV^{C,10+n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n})$$

$$+[R1\,Bm,n'\,asM^{C,10+n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,asH^{C,10+n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asV^{C,10+n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.65)$$

$$as(\Delta\theta)^{C,10+n}_{m,n} = -R1\,Am,n'\,asM^{C,10+n}_{m,n} - R1\,Bm,n'\,asH^{C,10+n}_{m,n} + R1\,Cm,n'\,asV^{C,10+n}_{m,n} \quad (4.6.66)$$

$$ar(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = [-R1\,Cm,n'\,arM^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arH^{C,10-n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,arV^{C,10-n}_{m,n} + r2\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n})$$

$$+[R1\,Bm,n'\,arM^{C,10-n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,arH^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arV^{C,10-n}_{m,n} - r3\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.67)$$

$$ar(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = -[-R1\,Cm,n'\,arM^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arH^{C,10-n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,arV^{C,10-n}_{m,n} + r2\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n})$$

$$+[R1\,Bm,n'\,arM^{C,10-n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,arH^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,arV^{C,10-n}_{m,n} - r3\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.68)$$

$$ar(\Delta\theta)^{C,10-n}_{m,n} = -R1\,Am,n'\,arM^{C,10-n}_{m,n} - R1\,Bm,n'\,arH^{C,10-n}_{m,n} + R1\,Cm,n'\,arV^{C,10-n}_{m,n} + r1\,D^{C,10-n}_{m,n} \quad (4.6.69)$$

$$as(\Delta r)^{C,10-n}_{m,n} = [-R1\,Cm,n'\,asM^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asH^{C,10-n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,asV^{C,10-n}_{m,n} + s2\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n})$$

$$+[R1\,Bm,n'\,asM^{C,10-n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,asH^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asV^{C,10-n}_{m,n} - s3\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.70)$$

$$as(\Delta S)^{C,10-n}_{m,n} = -[-R1\,Cm,n'\,asM^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asH^{C,10-n}_{m,n} + R2\,Cm,n'\,asV^{C,10-n}_{m,n} + s2\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,Sin(\psi_{m,n}-\phi_{m,n})$$

$$+[R1\,Bm,n'\,asM^{C,10-n}_{m,n} + R3\,Bm,n'\,asH^{C,10-n}_{m,n} - R2\,Bm,n'\,asV^{C,10-n}_{m,n} - s3\,D^{C,10-n}_{m,n}]\,COS(\psi_{m,n}-\phi_{m,n}) \quad (4.6.71)$$

$$as(\Delta\theta)^{c,10-n}_{m,n} = -R1\,A_{m,n}\,as1\,M^{c,10-n}_{m,n} - R1\,B_{m,n}\,as1\,V^{c,10-n}_{m,n} + R1\,C_{m,n}\,as\,V^{c,10-n}_{m,n} + S1\,D^{c,10-n}_{m,n} \quad (4.6.72)$$

(4.6.25) ～ (4.6.72) を $n = 1.2 \cdots 6$; $m = 10-n,\ 11-n \quad 10 \cdots 10+n$ について計算する。

4・7 温度荷重による撓み

$$t_{m+1/4,n} = t_{m,n} + \frac{1}{4}(t_{m+1,n} - t_{m,n}) \quad (4.7.1)$$

$$w_{m+1/4,n} = w_{m,n} + \frac{1}{4}(w_{m+1,n} - w_{m,n}) \quad (4.7.2)$$

(4.7.1) ～ (4.7.2) を $n = 1.2 \cdots 6$, $m = 10-n,\ 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$; $i = 0.1.2.3$ について計算する。

ただし $m = 10+n$ のとき $i = 0$ 以外の i は計算しない。

$$Lt1\,D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{q,n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{w_{i,n}\,e\Gamma_{i,n} + 4w_{i+1/4,n}\,e\Gamma_{i+1/4,n} + 2w_{i+1/2,n}\,e\Gamma_{i+1/2,n} + 4w_{i+3/4,n}\,e\Gamma_{i+3/4,n} + w_{i+1,n}\,e\Gamma_{i+1,n}\} \quad (4.7.3)$$

$$Lt2\,D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{q,n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{w_{i,n}(y^{m,n}_{i,n})e\Gamma_{i,n} + 4w_{i+1/4,n}(y^{m,n}_{i+1/4,n})e\Gamma_{i+1/4,n} + 2w_{i+1/2,n}(y^{m,n}_{i+1/2,n})e\Gamma_{i+1/2,n} + 4w_{i+3/4,n}(y^{m,n}_{i+3/4,n})e\Gamma_{i+3/4,n} + w_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})e\Gamma_{i+1,n}\} - \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{q,n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{t_{i,n}e\Gamma_{i,n}\sin(\psi_{i,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+1/4,n}e\Gamma_{i+1/4,n}\sin(\psi_{i+1/4,n} - \psi_{m,n}) + 2t_{i+1/2,n}e\Gamma_{i+1/2,n}\sin(\psi_{i+1/2,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+3/4,n}e\Gamma_{i+3/4,n}\sin(\psi_{i+3/4,n} - \psi_{m,n}) + t_{i+1,n}e\Gamma_{i+1,n}\sin(\psi_{i+1,n} - \psi_{m,n})\} \quad (4.7.4)$$

$$Lt3\,D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{q,n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{w_{i,n}(\chi^{m,n}_{i,n})e\Gamma_{i,n} + 4w_{i+1/4,n}(\chi^{m,n}_{i+1/4,n})e\Gamma_{i+1/4,n} + 2w_{i+1/2,n}(\chi^{m,n}_{i+1/2,n})e\Gamma_{i+1/2,n} + 4w_{i+3/4,n}(\chi^{m,n}_{i+3/4,n})e\Gamma_{i+3/4,n} + w_{i+1,n}(\chi^{m,n}_{i+1,n})e\Gamma_{i+1,n}\} + \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{q,n}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{t_{i,n}e\Gamma_{i,n}\cos(\psi_{i,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+1/4,n}e\Gamma_{i+1/4,n}\cos(\psi_{i+1/4,n} - \psi_{m,n}) + 2t_{i+1/2,n}e\Gamma_{i+1/2,n}\cos(\psi_{i+1/2,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+3/4,n}e\Gamma_{i+3/4,n}\cos(\psi_{i+3/4,n} - \psi_{m,n}) + t_{i+1,n}e\Gamma_{i+1,n}\cos(\psi_{i+1,n} - \psi_{m,n})\} \quad (4.7.5)$$

$$Rt1\,D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{m-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{w_{i,n}e\Gamma_{i,n} + 4w_{i+1/4,n}e\Gamma_{i+1/4,n} + 2w_{i+1/2,n}e\Gamma_{i+1/2,n} + 4w_{i+3/4,n}e\Gamma_{i+3/4,n} + w_{i+1,n}e\Gamma_{i+1,n}\} \quad (4.7.6)$$

$$Rt2\,D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{m-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{w_{i,n}(y^{m,n}_{i,n})e\Gamma_{i,n} + 4w_{i+1/4,n}(y^{m,n}_{i+1/4,n})e\Gamma_{i+1/4,n} + 2w_{i+1/2,n}(y^{m,n}_{i+1/2,n})e\Gamma_{i+1/2,n} + 4w_{i+3/4,n}(y^{m,n}_{i+3/4,n})e\Gamma_{i+3/4,n} + w_{i+1,n}(y^{m,n}_{i+1,n})e\Gamma_{i+1,n}\} - \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{m-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{t_{i,n}e\Gamma_{i,n}\sin(\psi_{i,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+1/4,n}e\Gamma_{i+1/4,n}\sin(\psi_{i+1/4,n} - \psi_{m,n}) + 2t_{i+1/2,n}e\Gamma_{i+1/2,n}\sin(\psi_{i+1/2,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+3/4,n}e\Gamma_{i+3/4,n}\sin(\psi_{i+3/4,n} - \psi_{m,n}) + t_{i+1,n}e\Gamma_{i+1,n}\sin(\psi_{i+1,n} - \psi_{m,n})\} \quad (4.7.7)$$

$$Rt3\,D_{m,n} = \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{m-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{w_{i,n}(\chi^{m,n}_{i,n})e\Gamma_{i,n} + 4w_{i+1/4,n}(\chi^{m,n}_{i+1/4,n})e\Gamma_{i+1/4,n} + 2w_{i+1/2,n}(\chi^{m,n}_{i+1/2,n})e\Gamma_{i+1/2,n} + 4w_{i+3/4,n}(\chi^{m,n}_{i+3/4,n})e\Gamma_{i+3/4,n} + w_{i+1,n}(\chi^{m,n}_{i+1,n})e\Gamma_{i+1,n}\} + \frac{C}{12}\sum_{c=n}^{m-1}(\psi_{i+1,n} - \psi_{i,n})\{t_{i,n}e\Gamma_{i,n}\cos(\psi_{i,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+1/4,n}e\Gamma_{i+1/4,n}\cos(\psi_{i+1/4,n} - \psi_{m,n}) + 2t_{i+1/2,n}e\Gamma_{i+1/2,n}\cos(\psi_{i+1/2,n} - \psi_{m,n}) + 4t_{i+3/4,n}e\Gamma_{i+3/4,n}\cos(\psi_{i+3/4,n} - \psi_{m,n}) + t_{i+1,n}e\Gamma_{i+1,n}\cos(\psi_{i+1,n} - \psi_{m,n})\} \quad (4.7.8)$$

(4.7.3) ～ (4.7.5) を $n = 1.2 \cdots 6$, $m = 10.11 \cdots 10+n$ について

(4.7.6) ～ (4.7.8) を $n = 1.2 \cdots 6$ $m = 10-n,\ 11-n \cdots 10$ について計算する。

$$t1\,D_{10.n} = Lt1\,D_{10.n} + Rt1\,D_{10.n} \qquad (4.7.9)$$

$$t2\,D_{10.n} = Lt2\,D_{10.n} + Rt2\,D_{10.n} \qquad (4.7.10)$$

$$t3\,D_{10.n} = Lt3\,D_{10.n} + Rt3\,D_{10.n} \qquad (4.7.11)$$

$$ta\,M'_{10.n} = \frac{1}{Kn}\left[t1\,D_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}^{2}C_{10.n} - (2B_{10.n})^{3}\right\} - t3\,D_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}^{2}C_{10.n} - 1C_{10.n}{}^{2}B_{10.n}\right\} - t2\,D_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}^{1}C_{10.n} - 1B_{10.n}{}^{2}B_{10.n}\right\}\right] \qquad (4.7.12)$$

$$ta\,H'_{10.n} = \frac{1}{Kn}\left[- t1\,D_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}^{2}C_{10.n} - 2B_{10.n}{}^{1}C_{10.n}\right\} + t3\,D_{10.n}\left\{1A_{10.n}{}^{2}C_{10.n} - (1C_{10.n})^{3}\right\} + t2\,D_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}^{1}C_{10.n} - 1A_{10.n}{}^{2}B_{10.n}\right\}\right] \qquad (4.7.13)$$

$$ta\,V'_{10.n} = \frac{1}{Kn}\left[- t1\,D_{10.n}\left\{3B_{10.n}{}^{2}C_{10.n} - 1B_{10.n}{}^{2}B_{10.n}\right\} + t3\,D_{10.n}\left\{1B_{10.n}{}^{1}C_{10.n} - 1A_{10.n}{}^{2}B_{10.n}\right\} + t2\,D_{10.n}\left\{1A_{10.n}{}^{3}B_{10.n} - (1B_{10.n})^{3}\right\}\right] \qquad (4.7.14)$$

(4.7.9) ～ (4.7.14) を $n = 1.2\cdots 6$ について計算する。

i) $10 \leqq m \leqq 10+n$ のとき

$$ta\,M'_{m.n} = ta\,M'_{10.n} + ta\,H'_{10.n}\cdot(X^{10.n}_{m.n}) + ta\,V'_{10.n}\cdot(Y^{10.n}_{m.n}) \qquad (4.7.15)$$

$$ta\,H'_{m.n} = ta\,H'_{10.n}\cdot\cos(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) - ta\,V'_{10.n}\sin(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) \qquad (4.7.16)$$

$$ta\,V'_{m.n} = ta\,H'_{10.n}\cdot\sin(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) + ta\,V'_{10.n}\cos(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) \qquad (4.7.17)$$

$$ta\,(\Delta r')_{m.n} = \left[- L1\,C_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} + L2\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} + L2\,C_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} - Lt2\,D_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) + \left[- L1\,B_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} - L3\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} - L2\,B_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} + Lt3\,D_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.7.18)$$

$$ta\,(\Delta s')_{m.n} = -\left[L1\,C_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} + L2\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} + L2\,C_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} - Lt2\,D_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) + \left[- L1\,B_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} - L3\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} - L2\,B_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} + Lt3\,D_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.7.19)$$

$$ta\,(\Delta\theta')_{m.n} = L1\,A_{m.n}\,ta\,M'_{m.n} + L1\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} + L1\,C_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} - Lt1\,D_{m.n} \qquad (4.7.20)$$

ii) $9 \geqq m \geqq 10-n$ のとき

$$ta\,M'_{m.n} = ta\,M'_{10.n} + ta\,H'_{10.n}(X^{10.n}_{m.n}) + ta\,V'_{10.n}(Y^{10.n}_{m.n}) \qquad (4.7.21)$$

$$ta\,H'_{m.n} = ta\,H'_{10.n}\cdot\cos(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) - ta\,V'_{10.n}\sin(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) \qquad (4.7.22)$$

$$ta\,V'_{m.n} = -ta\,H'_{10.n}\cdot\sin(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) - ta\,V'_{10.n}\cos(\psi_{m.n} - \psi_{10.n}) \qquad (4.7.23)$$

$$ta\,(\Delta r')_{m.n} = \left[- R1\,C_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} - R2\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} + R2\,C_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} + Rt2\,D_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) + \left[+ R1\,B_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} + R3\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} - R2\,B_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} - Rt3\,D_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.7.24)$$

$$ta\,(\Delta s')_{m.n} = -\left[- R1\,C_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} - R2\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} + R2\,C_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} + Rt2\,D_{m.n}\right]\sin(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) + \left[R1\,B_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} + R3\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} - R2\,B_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} - Rt3\,D_{m.n}\right]\cos(\psi_{m.n} - \phi_{m.n}) \qquad (4.7.25)$$

$$ta\,(\Delta\theta)_{m.n} = -R1\,A_{m.n}\cdot ta\,M'_{m.n} - R1\,B_{m.n}\cdot ta\,H'_{m.n} + R1\,C_{m.n}\cdot ta\,V'_{m.n} + Rt1\,D_{m.n} \qquad (4.7.26)$$

(4.7.15) ～ (4.7.26) を $n = 1.2\cdots 6$; $m = 10-n.\ 11-n \cdots 10\cdots 10+n$ について計算する。

第5節 片持梁の単位撓み

5-1 片持梁の形状計算

i) $R_1\phi_{A.n} \leqq \phi_{m.n} \leqq L_1\phi_{A.n}$ のとき

$$T_{m.n} = T_{c.n} \tag{5.1.1}$$

ii) $L_1\phi_{A.n} < \phi_{m.n} \leqq L_1\phi_{A.n} + L_2\phi_{A.n}$ のとき

$$T_{m.n} = T_{c.n} + (L T_{A.n} - T_{c.n}) \frac{\mathrm{vers}\,\phi_{m.n}}{\mathrm{vers}\,L_2\phi_{A.n}} \tag{5.1.2}$$

iii) $R_1\phi_{A.n} + R_2\phi_{A.n} \leqq \phi_{m.n} < R_1\phi_{A.n}$ のとき

$$T_{m.n} = T_{c.n} + (R T_{A.n} - T_{c.n}) \frac{\mathrm{vers}\,\phi_{m.n}}{\mathrm{vers}\,R_2\phi_{A.n}} \tag{5.1.3}$$

(5.1.1)～(5.1.3) を $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10\ m-9.5\ m=9.0 \cdots 7.0$ と, $m = 9.8, \cdots 4$: $n = 10-m.\ 10.5-m,\ 11-m \cdots 7.0$ について計算する。

$$ce_{m.n} = -(x_{m.n} - x_{m.7}) \sec(\phi_{m.n} + {}_0\phi_n) \tag{5.1.4}$$

$$ue_{m.n} = ce_{m.n} + \frac{T_{m.n}}{2} \tag{5.1.5}$$

$$ur_{m,n} = r_{m.n} + \frac{T_{m.n}}{2} \tag{5.1.6}$$

$$A_{m.n} = \frac{T_{m.n}\, r_{m.n}}{ar_{m.n}} \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.7} + {}_0\phi_n) \tag{5.1.7}$$

$$lg_{m.n} = \frac{T_{m.n}}{2}\left\{1 - \frac{1}{6}\frac{T_{m.n}}{r_{m.n}}\right\}. \tag{5.1.8}$$

$$I_{m.n} = \frac{T_{m.n}^3}{12} \cdot \frac{r_{m.n}}{ar_{m.n}}\left[1 - \frac{1}{12}\left(\frac{T_{m.n}}{r_{m.n}}\right)^2\right] \cos(\phi_{m.n} - \phi_{m.7} + {}_0\phi_n) \tag{5.1.9}$$

(5.1.4)～(5.1.8) を $m = 10,11 \cdots 16$; $n = m-10,\ m-9.5,\ m-9.0 \cdots 7.0$ と $m = 9.8, \cdots 4$. $n = 10-m,\ 10.5-m,\ 11-m \cdots 7.0$ について計算し, (5.1.9) については $m = 10.11 \cdots 16$, $n = m-10.\ m-9 \cdots 7.0$ と $m = 9.8, \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 7.0$ について計算する。

5-2 半径方向単位荷重による断面諸力

半径方向単位荷重 (m,ℓ) による半径方向剪断力 ${}_{cr}V^{m.\ell}_{m.n}$ 曲げモーメント ${}_{cr}M^{m.\ell}_{m.n}$ 接線方向剪断力 ${}_{cr}H^{m.\ell}_{m.n}$ は次のように求める。

i) $n \geqq \ell+1$ のとき

$${}_{cr}V^{m.\ell}_{m.n} = {}_{cr}M^{m.\ell}_{m.n} = {}_{cr}H^{m.\ell}_{m.n} = 0 \tag{5.2.1}$$

ii) $n = \ell = 6$ のとき

$${}_{cr}V^{m.\ell}_{m.n} = {}_{cr}M^{m.\ell}_{m.n} = {}_{cr}H^{m.\ell}_{m.n} = 0 \tag{5.2.2}$$

iii) $n = \ell \leqq 5$ のとき

$${}_{cr}V^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(z_{\ell+1} - z_\ell)\frac{ur_{m.\ell}}{ar_{m.\ell}} \tag{5.2.3}$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\ \frac{1}{3}(Z_{\ell+1} - Z_\ell)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = 0$$

IV) $n \leqq \ell - 1$ で $\ell = 6$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{u\bar{r}_{m.6}}{a\bar{r}_{m.6}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.6} - {}_o\phi_6) \quad (5.2.6)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(Z_6 - \frac{Z_6 - Z_5}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.7)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_6 - Z_5)\frac{u\bar{r}_{m.6}}{a\bar{r}_{m.6}}\sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.6} - {}_o\phi_6) \quad (5.2.8)$$

V) $n \leqq \ell - 1$ で $(n+1) \leqq \ell \leqq 5$ のとき

$$crV^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{u\bar{r}_{m.\ell}}{a\bar{r}_{m.\ell}}\cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (5.2.9)$$

$$crM^{m.\ell}_{m.n} = crV^{m.\ell}_{m.n}\left(\frac{Z_{\ell+1} + Z_\ell + Z_{\ell-1}}{3} - Z_n\right) \quad (5.2.10)$$

$$crH^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2}(Z_{\ell+1} - Z_{\ell-1})\frac{u\bar{r}_{m.\ell}}{a\bar{r}_{m.\ell}}\sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.\ell} - {}_o\phi_\ell) \quad (5.2.11)$$

これら $crV^{m.\ell}_{m.n}$, $crM^{m.\ell}_{m.n}$; $crH^{m.\ell}_{m.n}$ を $m = 10, 11 \cdots\cdots 16$; $\ell = m-10, m-9 \cdots\cdots 6$; $n = m-10, m-9 \cdots 7$ と $m = 9, 8, 7 \cdots\cdots 4$; $\ell = 10-m, 11-m \cdots 6$; $n = 10-m, 11-m \cdots 7$ について計算する。

5-3 単位撓みの計算

i) $m = 10$ のとき

$$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} = \frac{1}{2Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n - Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n - Z_i)\cos(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] + \frac{1.5}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\cos(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] + \frac{1.2}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\sin(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\sin(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] + (crM^{m.\ell}_{m.o}\,c\alpha_{1.0} + crV^{m.\ell}_{m.o}\,c\alpha_{2.10})(Z_n - Z_0)\cos(\phi_{m.o} + {}_o\phi_o - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + (crM^{m.\ell}_{m.o}\,c\alpha_{2.10} + crV^{m.\ell}_{m.o}\,c\bar{r}_{10})\cos(\phi_{m.o} + \alpha^0_0 - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + crH^{m.\ell}_{m.o}\,c\textcircled{1}_0\sin(\phi_{m.o} + {}_o\phi_o - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) \quad (5.3.1)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = -\frac{1}{2Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{Im.i+1}(Z_n - Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{Im.i}(Z_n - Z_i)\sin(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] - \frac{1.5}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\sin(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\sin(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] + \frac{1.2}{Ec}\sum_{i=0}^{n-1}(Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{Am.i+1}\cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{Am.i}\cos(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] - (crM^{m.\ell}_{m.o}\,c\alpha_{1.0} + crV^{m.\ell}_{m.o,c}\alpha_{2.10})(Z_n - Z_0)\sin(\phi_{n.0} + {}_o\phi_0 - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) - (crM^{m.\ell}_{m.o,c}\alpha_{2.10} + crV^{m.\ell}_{m.o}\,c\bar{r}_{10})\sin(\phi_{m.o} + {}_o\phi_o - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + crH^{m.\ell}_{m.o}\,c\textcircled{2}_0\cos(\phi_{m.o} + {}_o\phi_o - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n} = 0$$

ii) $10<m\leqq 16$ および $9\geqq m\geqq 4$ のとき

$$cr(\Delta\Gamma)^{m.\ell}_{m.n}=\frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+(crM^{m.\ell}_{m.p}\,c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{mp}\,c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_p)\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\big[crV^{m.\ell}_{m.p}\,ar(\Delta\Gamma)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\,as(\Delta\Gamma)^{c.m}_{m.p}\big]\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\big[crV^{m.\ell}_{m.p}\,ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\,as(\Delta S)^{c.m}_{m.p}\big]\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\qquad(5.3.4)$$

$$cr(\Delta S)^{m.\ell}_{m.n}=-\frac{1}{2Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crM^{m.\ell}_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crM^{m.\ell}_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]-\frac{1.5}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crV^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\sin(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crV^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\sin(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]+\frac{1.2}{Ec}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{crH^{m.\ell}_{m.i+1}}{A_{m.i+1}}\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+\frac{crH^{m.\ell}_{m.i}}{A_{m.i}}\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\Big]-(crM^{m.\ell}_{m.p}\,c\alpha_m+crV^{m.\ell}_{m.p}\,c\alpha_{2.m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+K^c_m\big[crV^{m.\ell}_{m.p}\,ar(\Delta\Gamma)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\,as(\Delta\Gamma)^{c.m}_{m.p}\big]\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_m\big[crV^{m.\ell}_{m.p}\,ar(\Delta S)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\,as(\Delta S)^{c.m}_{m.p}\big]\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\qquad(5.3.5)$$

$$cr(\Delta\theta)^{m.\ell}_{m.n}=-K^c_m\big[crV^{m.\ell}_{m.p}\,ar(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}+crH^{m.\ell}_{m.p}\,as(\Delta\theta)^{c.m}_{m.p}\big]\qquad(5.3.6)$$

$$cr(\Delta\Gamma)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}=-K^c_{20\text{-}m}\big[crV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,ar(\Delta\Gamma)^{c.20\text{-}m}_{m.p}+crH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,as(\Delta\Gamma)^{c.20\text{-}m}_{m.p}\big]\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_{20\text{-}m}\big[crV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,ar(\Delta S)^{c.20\text{-}m}_{m.p}+crH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,as(\Delta S)^{c.20\text{-}m}_{m.p}\big]\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\qquad(5.3.7)$$

$$cr(\Delta S)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}=+K^c_{20\text{-}m}\big[crV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,ar(\Delta\Gamma)^{c.20\text{-}m}_{m.p}+crH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,as(\Delta\Gamma)^{c.20\text{-}m}_{m.p}\big]\sin(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)-K^c_{20\text{-}m}\big[crV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,ar(\Delta S)^{c.20\text{-}m}_{m.p}+crH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,as(\Delta S)^{c.20\text{-}m}_{m.p}\big]\cos(\phi_{m.p}+{}_o\phi_p-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\qquad(5.3.8)$$

$$cr(\Delta\theta)^{20\text{-}m.\ell}_{m.n}=-K^c_{20\text{-}m}\big[crV^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,ar(\Delta\theta)^{c.20\text{-}m}_{m.p}+crH^{20\text{-}m.\ell}_{20\text{-}m.p}\,as(\Delta\theta)^{c.20\text{-}m}_{m.p}\big]\qquad(5.3.9)$$

ここに $\sum_{i=p}^{n-1}$ $crM^{m.\ell}_{m.p}$ $crV^{m.\ell}_{m.p}$ $crH^{m.\ell}_{m.p}$ Z_p $\phi_{m.p}$, ${}_o\phi_p$ の p は次のようによるものとする。

i) $10<m\leqq 16$ のとき

$p=m-10$

ii) $10>m\geqq 4$ のとき

$p=10-m$

(5.3.1)～(5.3.9) を $m=10,11$ ----16 ; $n=m-10$, $m-9$ ----- 7 ; $\ell=m-10$, $m-9$ ---- 6 と $m=9,8$, ---- 4, $n=10-m$, $11-m$ ----7 ; $\ell=10-m$, $11-m$ ----6 について計算する。

5-4 温度荷重による撓み

$$tc(\Delta\Gamma)_{m.n}=-\frac{c}{2}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\big(w_{m.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\cos(\phi_{m.i+1}+{}_o\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)+w_{m.i}(Z_n-Z_i)\cos(\phi_{m.i}+{}_o\phi_i-\phi_{m.n}-{}_o\phi_n)\big)\qquad(5.4.1)$$

$$tc(\Delta S')_{m.n} = \frac{C}{2}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\{w_{m.i+1}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m.i+1}+{}_0\phi_{i+1}-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n) + w_{m.i}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m.i}+{}_0\phi_i-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\}$$

こゝに $\sum_{i=p}^{n-1}$ の P は次のようにとるものとする。

i) $10 \leqq m \leqq 16$ のとき

$P = m - 10$

ii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$P = 10 - m$

(5.4.1), (5.4.2) を $m = 10, 11, \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 7$; と $m = 9, 8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 7$ について計算する。

第6節 初期撓み

6-1 初期撓み

初期撓みとは荷重分割の便宜上片持梁またはアーチのいづれか一方に特定の荷重を荷重分割に先立って載荷した場合の撓みをいう。

この初期撓みは荷重分割には加味されるもので，荷重分割法では自重以外の鉛直荷重，NO.6 のアーチよりも上部の水圧荷重および地震時の慣性力を片持梁に載荷する。

6-2 鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメント

i) $Z_{n+1} \leqq H_0$ のとき

$$w_{m.n} = \frac{1}{2}(P_{m.n}+P_{m.n+1})(u\varepsilon_{m.n}-u\varepsilon_{m.n+1}) \quad (6.2.1)$$

$$u\varepsilon_{m.n} = u\varepsilon_{m.n} - \frac{1}{3}(u\varepsilon_{m.n}-u\varepsilon_{m.n+1})\frac{P_{m.n}+2P_{m.n+1}}{P_{m.n}+P_{m.n+1}} \quad (6.2.2)$$

ii) $Z_n \leqq H_0 < Z_{n+1}$ のとき

$$w_{m.n} = \frac{1}{2}P_{m.n}(u\varepsilon_{m.n}-u\varepsilon_{m.n+1})\frac{H_0-Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \quad (6.2.3)$$

$$v\varepsilon_{m.n} = u\varepsilon_{m.n} - \frac{1}{3}(u\varepsilon_{m.n}-u\varepsilon_{m.n+1})\cdot\frac{H_0-Z_n}{Z_{n+1}-Z_n} \quad (6.2.4)$$

iii) $Z_n > H_0$ のとき

$$w_{m.n} = v\varepsilon_{m.n} = 0 \quad (6.2.5)$$

これら $w_{m.n}$, $v\varepsilon_{m.n}$ を $m = 10, 11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9, 8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。各断面の鉛直荷重による鉛直力および曲げモーメントは ……

$$vW_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m.i} \quad (6.2.6)$$

$$vM_{m.n} = \sum_{i=n}^{6} w_{m.i}(v\varepsilon_{m.i}-u\varepsilon_{m.n}+\ell g_{m.n}) \quad (6.2.7)$$

6-3 水平荷重による半径方向剪断力接線方向剪断力曲げモーメント

i) $Z_7 \leqq H_0 \leqq Z_6$ のとき

$$h\nabla_{m.n} = -\frac{1}{2}P_{m.6}(H_0-Z_6)\frac{u\nabla_{m.6}}{a\nabla_{m.6}}\cos(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.6}-{}_0\phi_6) \quad (6.3.1)$$

$$hM_{m.n} = h\nabla_{m.n}\left\{Z_6+\frac{1}{3}(H_0-Z_6)-Z_n\right\} \quad (6.3.2)$$

$$hH_{m.n} = -\frac{1}{2}P_{m.6}(H_0-Z_6)\frac{u\nabla_{m.6}}{a\nabla_{m.6}}\sin(\phi_{m.n}+{}_0\phi_n-\phi_{m.6}-{}_0\phi_6) \quad (6.3.3)$$

ii) $H_0 < Z_6$ のとき

$Z_{\ell+1} > H_0 \geqq Z_\ell$ ただし $\ell \leqq 5$ とする。

(a) $n > \ell$ のとき

$$h\nabla_{m.n} = hM_{m.n} = hH_{m.n} = 0 \quad (6.3.4)$$

(2) $n \leqq l$ のとき

$$ {}_kV_{m.n} = -\frac{1}{2} P_{m.l}(Z_{k+1} - H_0) \frac{{}_ur_{m.l}}{{}_ar_{m.l}} \cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.l} - {}_o\phi_l) \tag{6.3.5} $$

$$ {}_kM_{m.n} = {}_kV_{m.n}\left[\frac{1}{3}(Z_{k+1} + Z_l + H_0) - Z_n\right] \tag{6.3.6} $$

$$ {}_kH_{m.n} = -\frac{1}{2} P_{m.l}(Z_{k+1} - H_0) \frac{{}_ur_{m.l}}{{}_ar_{m.l}} \sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n - \phi_{m.l} - {}_o\phi_l) \tag{6.3.7} $$

これら ${}_kV_{m.n}$, ${}_kM_{m.n}$, ${}_kH_{m.n}$ を $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-4 地震時慣性力による半径方向剪断力・接線方向剪断力・曲げモーメント

$$ {}_sV_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m.i+1} + A_{m.i}) \cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n) \tag{6.4.1} $$

$$ {}_sM_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} \left[A_{m.i+1}(Z_{i+1} - Z_n) + A_{m.i}(Z_i - Z_n)\right] \cos(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n) \tag{6.4.2} $$

$$ {}_sH_{m.n} = -\sum_{i=n}^{6} f_c \frac{Z_{i+1} - Z_i}{2} (A_{m.i+1} + A_{m.i}) \sin(\phi_{m.n} + {}_o\phi_n) \tag{6.4.3} $$

これらを $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-5 全初期荷重による半径方向剪断力接線方向剪断力曲げモーメント

$$ {}_IV_{m.n} = {}_sV_{m.n} + {}_kV_{m.n} \tag{6.5.1} $$

$$ {}_IM_{m.n} = {}_vM_{m.n} + {}_sM_{m.n} + {}_kM_{m.n} \tag{6.5.2} $$

$$ {}_IH_{m.n} = {}_sH_{m.n} + {}_kH_{m.n} \tag{6.5.3} $$

これらを $m = 10.11 \cdots 16$; $n = m-10, m-9 \cdots 6$ と $m = 9.8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 6$ について計算する。

6-6 初期撓みの計算

$$ {}_{cI}(\Delta r)_{m.n} = \frac{1}{2Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{{}_IM_{m.i+1}}{I_{m.i+1}}(Z_n - Z_{i+1}) \cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IM_{m.i}}{I_{m.i}}(Z_n - Z_i) \cos(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] + \frac{1.5}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{{}_IV_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \cos(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IV_{m.i}}{A_{m.i}} \cos(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] + \frac{1.2}{Ec} \sum_{i=p}^{n-1} (Z_{i+1} - Z_i)\left[\frac{{}_IH_{m.i+1}}{A_{m.i+1}} \sin(\phi_{m.i+1} + {}_o\phi_{i+1} - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \frac{{}_IH_{m.i}}{A_{m.i}} \sin(\phi_{m.i} + {}_o\phi_i - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n)\right] + ({}_IM_{m.p} \cdot c_{dm} + {}_IV_{m.p} \cdot c_{d2.m})(Z_n - Z_p) \cos(\phi_{m.p} + {}_o\phi_p - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) - \left[K^c_m \left\{{}_IV_{m.p} \cdot a_r(\Delta r)^{c.m}_{m.p} + {}_IH_{m.p} \cdot a_s(\Delta r)^{c.m}_{m.p}\right\} + K^c_{20\text{-}m} \left\{{}_IV_{20\text{-}m.p} \cdot a_r(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.p} + {}_IH_{20\text{-}m.p} \cdot a_s(\Delta r)^{c.20\text{-}m}_{m.p}\right\}\right] \times \cos(\phi_{m.p} + {}_o\phi_p - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) - \left[K^c_m \left\{{}_IV_{m.p} \cdot a_t(\Delta s)^{c.m}_{m.p} + {}_IH_{m.p} \cdot a_s(\Delta s)^{c.m}_{m.p}\right\} + K^c_{20\text{-}m} \left\{{}_IV_{20\text{-}m.p} \cdot a_t(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.p} + {}_IH_{20\text{-}m.p} \cdot a_s(\Delta s)^{c.20\text{-}m}_{m.p}\right\}\right] \sin(\phi_{m.p} + {}_o\phi_p - \phi_{m.n} - {}_o\phi_n) + \left[({}_IM_{10.0} \cdot c_{d2.10} + V_{10.0} \cdot c_{Y0}) \cos(\phi_{00} + {}_o\phi_0 - \phi_{10.n} - {}_o\phi_n) + {}_IH_{10.0} \cdot c_{\theta_0} \sin(\phi_{0.0} + {}_o\phi_0 - \phi_{10.n} - {}_o\phi_n)\right]^* \tag{6.6.1} $$

$$c_I(\Delta S)_{m,n} = -\frac{1}{2E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{{}_IM_{m,i+1}}{I_{m,i+1}}(Z_n-Z_{i+1})\sin(\phi_{m,i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\frac{{}_IM_{m,i}}{I_{m,i}}(Z_n-Z_i)\sin(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]-\frac{1.5}{E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{{}_IV_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\sin(\phi_{m,i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\frac{{}_IV_{m,i}}{A_{m,i}}\sin(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]+\frac{1.2}{E_c}\sum_{i=p}^{n-1}(Z_{i+1}-Z_i)\Big[\frac{{}_IH_{m,i+1}}{A_{m,i+1}}\cos(\phi_{m,i+1}+o\phi_{i+1}-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\frac{{}_IH_{m,i}}{A_{m,i}}\cos(\phi_{m,i}+o\phi_i-\phi_{m,n}-o\phi_n)\Big]-({}_IM_{m,p}\,c\alpha_m+{}_IV_{m,p}\cdot c\alpha_{2,m})(Z_n-Z_p)\sin(\phi_{m,p}+o\phi_p-\phi_{m,n}-o\phi_n)+\Big[K_m^c\Big\{{}_IV_{m,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{c,m}+{}_IH_{m,p}\cdot as(\Delta r)_{m,p}^{c,m}\Big\}+K_{20\text{-}m}^c\Big\{{}_IV_{20\text{-}m,p}\cdot ar(\Delta r)_{m,p}^{c,20-m}+{}_IH_{20\text{-}m,p}\,as(\Delta r)_{n,p}^{c,20-m}\Big\}\Big]\times\sin(\phi_{m,p}+o\phi_p-\phi_{m,n}-o\phi_n)-\Big[K_m^c\Big\{{}_IV_{m,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{c,m}+{}_IH_{m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,m}\Big\}+K_{20\text{-}m}^c\Big\{{}_IV_{20\text{-}m,p}\cdot ar(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}+{}_IH_{20\text{-}m,p}\cdot as(\Delta S)_{m,p}^{c,20-m}\Big\}\Big]\cos(\phi_{m,p}+o\phi_p-\phi_{m,n}-o\phi_n)-\big[({}_IM_{10,0}\cdot c\alpha_{2,10}+{}_IV_{10,0}\cdot cr_{10})\sin(\phi_{10,0}+o\phi_0-\phi_{an}-o\phi_n)-{}_IH_{10,0}\cdot c\textcircled{P}_{10}\cos(\phi_{10,0}+o\phi_0-\phi_{an}-o\phi_n)\big]^* \qquad (6.6.2)$$

$$c_I(\Delta\theta)_{m,n} = -K_m^c\Big[{}_IV_{m,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,p}^{c,m}+{}_IH_{m,p}\cdot as(\Delta\theta)_{m,p}^{c,m}\Big]-K_{20\text{-}m}^c\Big[{}_IV_{20\text{-}m,p}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,p}^{c,20-m}+{}_IH_{20\text{-}m,p}\cdot as(\Delta\theta)_{m,p}^{c,20-m}\Big] \qquad (6.6.3)$$

ただし (6.6.1)、(6.6.2) の [ ]* の項は $m=10$ のときにのみ加算し、$\sum_{i=p}^{n-1}{}_IM_{m,p}\cdot{}_IV_{m,p}\cdot{}_IH_{m,p}\cdot{}_IV_{20\text{-}m,p}\cdot{}_IH_{20\text{-}m,p}\cdot Z_p\cdot\phi_{m,p}\cdot o\phi_p$ にあらわれる P は次のようにとるものとする。

i) $m=10$ のとき

$P=0$　このとき $K_m^c = K_{20\text{-}m}^c = 0$ とする。

ii) $10 < m \leqq 16$ のとき

$P = m-10$

iii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$P = 10-m$

(6.6.1)～(6.6.3) を $m=10, 11, \cdots 16$.　$n = m-10, m-9 \cdots 7$ と　$m = 9, 8 \cdots 4$; $n = 10-m, 11-m \cdots 7$ について計算する。

またアーチの初期荷重による撓みは

$$a_I(\Delta r)_{m,n} = -K_{10\text{-}n}^c\Big[{}_IV_{10\text{+}n,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n}+{}_IH_{10\text{+}n,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10+n}\Big]-K_{10\text{-}n}^c\Big[{}_IV_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n}+{}_IH_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta r)_{m,n}^{c,10-n}\Big] \qquad (6.6.4)$$

$$a_I(\Delta S)_{m,n} = -K_{10\text{-}n}\Big[{}_IV_{10\text{+}n,n}\,ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}+{}_IH_{10\text{+}n,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10+n}\Big]-K_{10\text{-}n}^c\Big[{}_IV_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}+{}_IH_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta S)_{m,n}^{c,10-n}\Big] \qquad (6.6.5)$$

$$a_I(\Delta\theta)_{m,n} = -K_{10\text{+}n}\Big[{}_IV_{10\text{+}n,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}+{}_IH_{10\text{+}n,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10+n}\Big]-K_{10\text{-}n}^c\Big[{}_IV_{10\text{-}n,n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}+{}_IH_{10\text{-}n,n}\cdot as(\Delta\theta)_{m,n}^{c,10-n}\Big] \qquad (6.6.6)$$

(6.6.4)～(6.6.6) を $n=1, 2 \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

第7節 荷重分割

7-1 外荷重に対する荷重分割

$(m.n)$ の片持梁の分担荷重を $crP_{m.n}$ とすれば $(m.n)$ の片持梁の半径方向撓みは

$$cr(\Delta r)_{m.n} = cr(\Delta r)_{m.n} + \sum_{\ell=P}^{6} crP_{m.\ell}\, cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n} + \sum_{\ell=P}^{6} crP_{20-m.\ell}\, cr(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n} + \cos(\phi_{m.P} + o\phi_P - \phi_{m.n} - o\phi_n) \sum_{K=g}^{S} (P_{K.P} - crP_{K.P})\, ar(\Delta r)^{K.P}_{m.P} + \sin(\phi_{m.P} + o\phi_P - \phi_{m.n} - o\phi_n) \sum_{K=g}^{S} (P_{K.P} - crP_{K.P})\, ar(\Delta S)^{K.P}_{m.P} \qquad (7.1.1)$$

ここに $\sum_{\ell=P}^{6}$; $P_{K.P}$; $crP_{K.P}$; $\phi_{m.P}$; $o\phi_P$ にあらわれる P および $\sum_{K=g}^{S}$ にあらわれる $S.\ g$ は次のようにとるものとする。

i) $m = 10$ のとき

$$P = 0\ ;\ S = 10;\ g = 10$$ とし、$ar(\Delta r)^{K.P}_{m.P} = ar(\Delta S)^{K.P}_{m.P} = 0$ とする。

ii) $10 < m \leq 16$ のとき

$$P = m - 10,\ g = 20 - m.\ S = m$$

iii) $10 > m \geq 4$ のとき

$$P = 10 - m\ ;\ g = m\ ;\ S = 20 - m$$

また $cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$ は (5.3.1) または (5.3.4) より求めたものを用い、$cr(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}$ は (5.3.7) より求めたものを用いるが、$m=10$ のとき両者は記号として一致するが、$cr(\Delta r)^{m.\ell}_{m.n}$ は (5.3.1) より求めたものを、$cr(\Delta r)^{20-m.\ell}_{m.n}$ は 0 として計算するものとする。

$(m.n)$ のアーチの半径方向撓みは

$$ar(\Delta r)_{m.n} = ar(\Delta r)_{m.n} + \sum_{K=10-n}^{10+n} (P_{K.n} - crP_{K.n})\, ar(\Delta r)^{K.\eta}_{m.n} - K^{C}_{10-n} \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10-n.\ell} [crV^{10-n.\ell}_{10-n.n}\, ar(\Delta r)^{C.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.\ell}_{10-n.n}\, as(\Delta r)^{C.10-n}_{m.n}] - K^{C}_{10+n} \sum_{\ell=n}^{6} crP_{10+n.\ell} [crV^{10+n.\ell}_{10+n.n}\, ar(\Delta r)^{C.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.\ell}_{10+n.n}\, as(\Delta r)^{C.10+n}_{m.n}] \qquad (7.1.2)$$

両者の半径方向撓みは一致しなければならないので

$$cr(\Delta r)_{m.n} = ar(\Delta r)_{m.n} \qquad (7.1.3)$$

点 $(m.n)$ は $n = 0, 1, 2 \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ であるから $49^{ヶ}$ の未知数 $crP_{m.n}$ と $49^{ヶ}$ の方程式が成立する。しかし $m = 10+n$ および $m = 10-n$ なる点では (7.1.1) と (7.1.2) の値は必ず等しくなるから

$$crP_{m.m-10} = P_{m.m-10} \sin^2 \chi_{m-10} \quad (10 < m \leq 16 \text{ のとき}) \qquad (7.1.4)$$

$$crP_{m.10-m} = P_{m.10-m} \sin^2 \chi_{.10-m} \quad (10 > m \geq 4 \text{ のとき}) \qquad (7.1.5)$$

$$crP_{10.0} = P_{10.0} \qquad (7.1.6)$$

とする．したがって(7.1.1)，(7.1.2)に(7.1.4)～(7.1.6)を代入した上で $n=1,2\cdots6$ $m=11-n$，$12-n\cdots10\cdots n+9$ なる点で(7.1.3)を満足するように $crP_{m.n}$ の36元連立方程式を解けば $crP_{m.n}$ が求められる．

なおアーチの分担荷重は

$$arP_{m.n}=P_{m.n}-crP_{m.n} \tag{7.1.7}$$

7-2. 温度荷重に対する荷重分割

$(m.n)$ の片持梁の分担荷重を $tcrP_{m.n}$ とすれば $(m.n)$ の片持梁の半径方向撓みは

$$tcr(\Delta r)_{m.n}=tc(\Delta r')_{m.n}+\sum_{\ell=P}^{6}tcrP_{m.\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m.n}^{m.\ell}+\sum_{\ell=P}^{6}tcrP_{20-m.n}\cdot cr(\Delta r)_{m.n}^{20-m.\ell}+\cos(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\left[ta(\Delta r')_{m.P}-\sum_{K=g}^{S}tcrP_{K.P}\cdot ar(\Delta r)_{m.P}^{K.P}\right]+\sin(\phi_{m.P}+{}_0\phi_P-\phi_{m.n}-{}_0\phi_n)\left[ta(\Delta S')_{m.P}-\sum_{K=g}^{S}tcrP_{K.P}\cdot ar(\Delta S)_{m.P}^{K.P}\right] \tag{7.2.1}$$

こゝにサフィックス P.g.S および $cr(\Delta r)_{m.n}^{m.\ell}\cdot cr(\Delta r)_{m.n}^{20-m.\ell}$ は前節の(7.1.1)と同様にとるものとする．

$(m.n)$ のアーチの半径方向撓みは

$$tar(\Delta r)_{m.n}=ta(\Delta r')_{m.n}-\sum_{K=10n}^{10+n}tcrP_{K.n}\cdot ar(\Delta r)_{m.n}^{K.n}-K_{10-n}^{C}\sum_{\ell=n}^{6}tcrP_{10-n.\ell}\left[crV_{10-n.n}^{10-n.\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m.n}^{C.10-n}+crH_{10-n.n}^{10-n.\ell}\cdot as(\Delta r)_{m.n}^{C.10-n}\right]-K_{10+n}^{C}\sum_{\ell=n}^{6}tcrP_{10+m.\ell}\left[crV_{10+n.n}^{10+n.\ell}\cdot ar(\Delta r)_{m.n}^{C.10+n}+crH_{10+n.n}\cdot as(\Delta r)_{m.n}^{C.10+n}\right] \tag{7.2.2}$$

として与えられる両者の撓みは一致しなければならないので

$$tcr(\Delta r)_{m.n}=tar(\Delta r)_{m.n} \tag{7.2.3}$$

前節と同様に $m=10+n$ および $m=10-n$ なる点では(7.2.1)と(7.2.2)の値は必ず等しいから．

$$tcrP_{m.m-10}=0 \qquad (10\leqq m\leqq 16\ \text{のとき}) \tag{7.2.4}$$

$$tcrP_{m.10-m}=0 \qquad (10>m\geqq 4\ \text{のとき}) \tag{7.2.5}$$

とする．したがって(7.2.1)，(7.2.2)に(7.2.4)，(7.2.5)を代入した上で $n=1,2\cdots6$；$m=11-n,12-n\cdots10\cdots n+9$ なる点で(7.2.3)を満足するように $tcrP_{m.n}$ の36元連立方程式を解けば $tcrP_{m.n}$ が求められる．

$$tarP_{m.n}=-tcrP_{m.n} \tag{7.2.6}$$

7-3 片持梁およびアーチの撓みおよび不静定諸力

片持梁およびアーチの外荷重による半径方向撓みは（7.1.1）および（7.1.2）により求められる．接線方向撓みおよびねじれ角は

$$cr(\Delta S)_{m.n}=cr(\Delta S)_{m.n}+\sum_{e=p}^{6} crP_{m.e}\cdot cr(\Delta S)_{m.n}^{m.e}+\sum_{e=p}^{6} crP_{20-m.e}\cdot cr(\Delta S)_{m.n}^{20-m.e}-\sin(\phi_{m.P}+o\phi_P-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{K=g}^{S} arP_{K.P}\cdot ar(\Delta r)_{m.P}^{K.P}+\cos(\phi_{m.P}+o\phi_P-\phi_{m.n}-o\phi_n)\sum_{K=g}^{S} arP_{K.P}\cdot ar(\Delta S)_{m.P}^{K.P} \quad (7.3.1)$$

$$cr(\Delta\theta)_{m.n}=cr(\Delta\theta)_{mn}+\sum_{e=p}^{6} crP_{m.e}\cdot cr(\Delta\theta)_{m.e}^{m.e}+\sum_{e=p}^{6} crP_{20-m.e}\cdot cr(\Delta\theta)_{m.n}^{20-m.e}+\sum_{K=g}^{S} arP_{K.P}\cdot ar(\Delta\theta)_{m.P}^{K.P} \quad (7.3.2)$$

$$ar(\Delta S)_{m.n}=ar(\Delta S)_{m.n}+\sum_{K=10-n}^{10+n} arP_{K.n}\cdot ar(\Delta S)_{m.n}^{K.n}-K_{10-n}^{C}\sum_{e=n}^{6} crP_{10-n.e}[crV_{10-n.n}^{10-n.e}\cdot ar(\Delta S)_{m.n}^{C.10-n}+crH_{10-n.n}^{10-n.e}\cdot as(\Delta S)_{m.n}^{C.10-n}]-K_{10+n}^{C}\sum_{e=n}^{6} crP_{10+n.e}[crV_{10+n.n}^{10+n.e}\cdot ar(\Delta S)_{m.n}^{C.10+n}+crH_{10+n.n}^{10+n.e}\cdot as(\Delta S)_{m.n}^{C.10+n}] \quad (7.3.3)$$

$$ar(\Delta\theta)_{mn}=ar(\Delta\theta)_{m.n}+\sum_{K=10-n}^{10+n} arP_{K.n}\cdot ar(\Delta\theta)_{m.n}^{K.n}-K_{10-n}^{C}\sum_{e=n}^{6} crP_{10-n.e}[crV_{10-n.n}^{10-n.e}\cdot ar(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10-n}+crH_{10-n.n}^{10-n.e}\cdot as(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10-n}]-K_{10+n}^{C}\sum_{e=n}^{6} crP_{10+n.e}[crV_{10+n.n}^{10+n.e}\cdot ar(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10+n}+crH_{10+n.n}^{10+n.e}\cdot as(\Delta\theta)_{m.n}^{C.10+n}] \quad (7.3.4)$$

（7.3.1），（7.3.2）の$\sum_{e=p}^{6}$，$crP_{K.P}$；$arP_{K.P}$；$\phi_{m.P}$；$o\phi_P$ にあらわれるP，および$\sum_{K=g}^{S}$にあらわれるS，gは次のようにとるものとする。

i) $m=10$ のとき

$P=0$，$S=10$，$g=10$ とし $ar(\Delta r)_{m.P}^{K.P}=ar(\Delta S)_{m.P}^{K.P}=ar(\Delta\theta)_{m.P}^{K.P}=0$ とする。

ii) $10<m\leqq 16$ のとき

$P=m-10$，$g=20-m$，$S=m$

iii) $10>m\geqq 4$ のとき

$P=10-m$，$g=m$，$S=20-m$

$cr(\Delta S)_{m.n}^{m.e}$；$cr(\Delta\theta)_{m.n}^{m.e}$ は（5.3.2），（5.3.3）または（5.3.5），（5.3.6）より求めたものを用い．$cr(\Delta S)_{m.n}^{20-m.e}$，$cr(\Delta\theta)_{m.n}^{20-m.e}$ は（5.3.8），（5.3.9）より求めたものを用いるが，$m=10$ のとき，両者は記号として一致するが．$cr(\Delta S)_{m.n}^{m.e}$，$cr(\Delta\theta)_{m.n}^{m.e}$ は（5.3.2），（5.3.3）より求めたものを用い．$cr(\Delta S)_{m.n}^{20-m.e}$，$cr(\Delta\theta)_{m.n}^{20-m.e}$ は0として計算するものとする。

片持梁およびアーチの温度荷重による半径方向撓みは（7.2.1），（7.2.2）により求められる．また接線方向撓み，およびねじれ角は

$$tcr(\Delta S)_{m.n} = tc(\Delta S')_{m.n} + \sum_{e=p}^{6} tcrP_{m.e} \cdot cr(\Delta S)^{m.e}_{m.n} + \sum_{e=p}^{6} tcrP_{20-m.e} \cdot cr(\Delta S)^{20-m.e}_{m.n} - \sin(\phi_{m.p} + {}_0\phi_p - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \sum_{k=g}^{3} tarP_{k.p} \cdot ar(\Delta r)^{k.p}_{m.p} + \cos(\phi_{m.p} + {}_0\phi_p - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \sum_{k=g}^{3} tarP_{k.p} \cdot ar(\Delta S)^{k.p}_{m.p} - ta(\Delta r')_{m.p} \cdot \sin(\phi_{m.p} + {}_0\phi_p - m.n - {}_0\phi_n) + ta(\Delta S')_{m.p} \cdot \cos(\phi_{m.p} + {}_0\phi_p - \phi_{m.n} - {}_0\phi_n) \quad (7.3.5)$$

$$tcr(\Delta\theta)_{m.n} = tc(\Delta\theta')_{m.n} + \sum_{e=p}^{6} tcrP_{m.e} \cdot cr(\Delta\theta)^{m.e}_{m.n} + \sum_{e=p}^{6} tcrP_{20-m.e} \cdot cr(\Delta\theta)^{20-m.e}_{m.n} + \sum_{k=g}^{3} tarP_{k.p} \cdot ar(\Delta\theta)^{k.p}_{m.p} + ta(\Delta\theta')_{m.p} \quad (7.3.6)$$

$$tar(\Delta S)_{m.n} = ta(\Delta S')_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k.n} \cdot ar(\Delta S)^{k.n}_{m.n} - K^{C}_{10-n} \sum_{e=n}^{6} tcrP_{10-n.e} [crV^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot ar(\Delta S)^{C.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot as(\Delta S)^{C.10-n}_{m.n}] - K^{C}_{10+n} \sum_{e=n}^{6} tcrP_{10+n.e} [crV^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot ar(\Delta S)^{C.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot as(\Delta S)^{C.10+n}_{m.n}] \quad (7.3.7)$$

$$tar(\Delta\theta)_{m.n} = ta(\Delta\theta')_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{k.n}_{m.n} - K^{C}_{10-n} \sum_{e=n}^{6} tcrP_{10-n.e} [crV^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{C.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot as(\Delta\theta)^{C.10-n}_{m.n}] - K^{C}_{10+n} \sum_{e=n}^{6} tcrP_{10+n.e} [crV^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot ar(\Delta\theta)^{C.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot as(\Delta\theta)^{C.10+n}_{m.n}] \quad (7.3.8)$$

(7.3.5), (7.3.6) にあらわれる P.S. g なるサフィックスおよび $cr(\Delta S)^{20-m.e}_{m.n} \cdot cr(\Delta\theta)^{20-me}_{m.n}$ は (7.3.1), (7.3.2) の場合と同様にとりあつかうものとする。

片持梁およびアーチの外荷重による不静定諸力は

$$crM_{m.n} = {}_1M_{m.n} + \sum_{e=p}^{6} crP_{m.e} \cdot crM^{m.e}_{m.n} \quad (7.3.9)$$

$$crV_{m.n} = {}_1V_{m.n} + \sum_{e=p}^{6} crP_{m.e} \cdot crV^{m.e}_{m.n} \quad (7.3.10)$$

$$crH_{m.n} = {}_1H_{m.n} + \sum_{e=p}^{6} crP_{m.e} \cdot crH^{m.e}_{m.n} \quad (7.3.11)$$

$$arM_{m.n} = \sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k.n} \cdot arM^{k.n}_{m.n} - K^{C}_{10-n} [{}_1V_{10-n.n} \cdot arM^{C.10-n}_{m.n} + {}_1H_{10-n.n} \cdot asM^{C.10-n}_{m.n} + \sum_{e=n}^{6} crP_{10-n.e} \{crV^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot arM^{C.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot asM^{C.10-n}_{m.n}\}] - K^{C}_{10+n} [{}_1V_{10+n.n} \cdot arM^{C.10+n}_{m.n} + {}_1H_{10+n.n} \cdot asM^{C.10+n}_{m.n} + \sum_{e=n}^{6} crP_{10+n.e} \{crV^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot arM^{C.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot asM^{C.10+n}_{m.n}\}] \quad (7.3.12)$$

$$arH_{m.n} = \sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k.n} \cdot arH^{k.n}_{m.n} - K^{C}_{10-n} [{}_1V_{10-n.n} \cdot arH^{C.10-n}_{m.n} + {}_1H_{10-n.n} \cdot asH^{C.10-n}_{m.n} + \sum_{e=n}^{6} crP_{10-n.e} \{crV^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot arH^{C.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot asH^{C.10-n}_{m.n}\}] - K^{C}_{10+n} [{}_1V_{10+n.n} \cdot arH^{C.10+n}_{m.n} + {}_1H_{10+n.n} \cdot asH^{C.10+n}_{m.n} + \sum_{e=n}^{6} crP_{10+n.e} \{crV^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot arH^{C.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot asH^{C.10+n}_{m.n}\}] \quad (7.3.13)$$

$$arV_{m.n} = \sum_{k=10-n}^{10+n} arP_{k.n} \cdot arV^{k.n}_{m.n} - K^{C}_{10-n} [{}_1V_{10-n.n} \cdot arV^{C.10-n}_{m.n} + {}_1H_{10-n.n} \cdot asV^{C.10-n}_{m.n} + \sum_{e=n}^{6} crP_{10-n.e} \{crV^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot arV^{C.10-n}_{m.n} + crH^{10-n.e}_{10-n.n} \cdot asV^{C.10-n}_{m.n}\}] - K^{C}_{10+n} [{}_1V_{10+n.n} \cdot arV^{C.10+n}_{m.n} + {}_1H_{10+n.n} \cdot asV^{C.10+n}_{m.n} + \sum_{e=n}^{6} crP_{10+n.e} \{crV^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot arV^{C.10+n}_{m.n} + crH^{10+n.e}_{10+n.n} \cdot asV^{C.10+n}_{m.n}\}] \quad (7.3.14)$$

片持梁およびアーチの温度荷重による不静定諸力は

$$tcrM_{m.n} = \sum_{e=p}^{6} tcrP_{m.e} \cdot crM^{m.e}_{m.n} \quad (7.3.15)$$

$$tcrV_{m.n} = \sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m.\ell} \cdot crV_{m.n}^{m.\ell} \qquad (7.3.16)$$

$$tcrH_{m.n} = \sum_{\ell=p}^{6} tcrP_{m.\ell} \cdot crH_{m.n}^{m.\ell} \qquad (7.3.17)$$

$$tarM_{m.n} = taM'_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k.n} \cdot arM_{m.n}^{k.n} - K_{10\cdot n}^{C} \sum_{\ell=n}^{6} \cdot tcrP_{10\cdot n.\ell} [crV_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot arM_{m.n}^{c.10-n} + crH_{m-n.n}^{10-n.\ell} \cdot asM_{m.n}^{c.10-n}]$$
$$- K_{10+n}^{C} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n.\ell} [crV_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot arM_{m.n}^{c.10+n} + crH_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot asM_{m.n}^{c.10+n}] \qquad (7.3.18)$$

$$tarH_{m.n} = taH'_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k.n} \cdot arH_{m.n}^{k.n} - K_{10\cdot n}^{C} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10\cdot n.\ell} [crV_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot arH_{m.n}^{c.10-n} + crH_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot asH_{m.n}^{c.10-n}]$$
$$- K_{10+n}^{C} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n.\ell} [crV_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot arH_{m.n}^{c.10+n} + crH_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot asH_{m.n}^{c.10+n}] \qquad (7.3.19)$$

$$tarV_{m.n} = taV'_{m.n} + \sum_{k=10-n}^{10+n} tarP_{k.n} \cdot arV_{m.n}^{k.n} - K_{10\cdot n}^{C} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10\cdot n.\ell} [crV_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot arV_{m.n}^{c.10-n} + crH_{10-n.n}^{10-n.\ell} \cdot asV_{m.n}^{c.10-n}]$$
$$- K_{10+n}^{C} \sum_{\ell=n}^{6} tcrP_{10+n.\ell} [crV_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot arV_{m.n}^{c.10+n} + crH_{10+n.n}^{10+n.\ell} \cdot asV_{m.n}^{c.10+n}] \qquad (7.3.20)$$

(7.3.9)～(7.3.11) および (7.3.15)～(7.3.17) の $\sum_{\ell=p}^{6}$ にあらわれる P は次のようにとるものとする。

i) $m = 10$ のとき

$P = 0$

ii) $10 < m \leqq 16$ のとき

$P = m - 10$

iii) $10 > m \geqq 4$ のとき

$P = 10 - m$

(7.1.1), (7.2.1), (7.3.1), (7.3.2), (7.3.5), (7.3.6) を $n = 0, 1, 2 \cdots 7$, $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算し, (7.3.9)～(7.3.11) および (7.3.15)～(7.3.17) を $n = 0, 1, 2 \cdots 6$, $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算し, (7.1.2), (7.2.2), (7.3.3), (7.3.4), (7.3.7), (7.3.8) と (7.3.12)～(7.3.14) および (7.3.18)～(7.3.20) を $n = 1, 2 \cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

第8節 自重応力

8-1 自重による鉛直力と曲げモーメント

$$wW_{m.n} = \rho_c \sum_{i=n}^{6} \frac{1}{6} (Z_{i+1} - Z_i)(A_{m.i+1} + 4A_{m.i+0.5} + A_{m.i}) \qquad (8.1.1)$$

$$wM_{m.n} = \rho_c \sum_{i=n}^{6} \frac{1}{6} (Z_{i+1} - Z_i)[A_{m.i+1}(ue_{m.i+1} - \ell g_{m.i+1}) \cos(\phi_{m.n} + o\phi_n - \phi_{m.i+1} - o\phi_{i+1})$$
$$+ 4A_{m.i+0.5}(ue_{m.i+0.5} - \ell g_{m.i+0.5}) \cos(\phi_{m.n} + \phi_n - \phi_{m.i+0.5} - \phi_{i+0.5})$$
$$+ A_{m.i}(ue_{m.i} - \ell g_{m.i}) \cos(\phi_{m.n} + o\phi_n - \phi_{m.i} - o\phi_i)] - (ue_{m.n} - \ell g_{m.n}) wW_{m.n} \qquad (8.1.2)$$

8-2 自重による鉛直応力

$$w\sigma_{u.m.n} = \frac{wW_{m.n}}{A_{m.n}} + \frac{wM_{m.n} \cdot \ell g_{m.n}}{I_{m.n}} \qquad (8.2.1)$$

$$w\sigma_{d.m.n} = w\sigma_{u.m.n} - \frac{wM_{m.n} \cdot T_{m.n}}{I_{m.n}} \qquad (8.2.2)$$

(8.1.1), (8.1.2), (8.2.1), (8.2.2) を $n = 0, 1 \cdots 6$; $n = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について計算する。

第9節 応力計算

9-1 片持梁の応力

点(m, n)の外荷重による片持梁応力は

$$c\sigma_{u.m.n} = \frac{\nu W_{m.n}}{A_{m.n}} + \frac{cr M_{m.n}}{I_{m.n}} \ell g_{m.n} \qquad (9.1.1)$$

$$c\sigma_{d.m.n} = c\sigma_{u.m.n} - \frac{cr M_{m.n}}{I_{m.n}} T_{m.n} \qquad (9.1.2)$$

(m. n)の温度荷重による片持梁応力は

$$t\sigma_{u.m.n} = \frac{tcr M_{m.n}}{I_{m.n}} \ell g_{m.n} \qquad (9.1.3)$$

$$t\sigma_{d.m.n} = t\sigma_{u.m.n} - \frac{tcr M_{m.n}}{I_{m.n}} T_{m.n} \qquad (9.1.4)$$

(m. n)の全片持梁応力は

$$\sigma_{u.m.n} = w\sigma_{u.m.n} + c\sigma_{u.m.n} + t\sigma_{u.m.n} \qquad (9.1.5)$$

$$\sigma_{d.m.n} = w\sigma_{d.m.n} + c\sigma_{d.m.n} + t\sigma_{d.m.n} \qquad (9.1.6)$$

(9.1.1)~(9.1.6)を $n=0, 1, 2 \cdots\cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots\cdots 10 \cdots\cdots 10+n$ について計算する。

9-2 アーチの応力

(m, n)の外荷重によるアーチ応力は

$$c\sigma_{E.m.n} = \frac{arH_{m.n}}{eT_{m.n}} + 6\frac{arM_{m.n}}{eT^2_{m.n}} \qquad (9.2.1)$$

$$c\sigma_{I.m.n} = \frac{arH_{m.n}}{eT_{m.n}} - 6\frac{arM_{m.n}}{eT^2_{m.n}} \qquad (9.2.2)$$

(m. n)の温度荷重によるアーチ応力は

$$t\sigma_{E.m.n} = \frac{tarH_{m.n}}{eT_{m.n}} + 6\frac{tarM_{m.n}}{eT^2_{m.n}} \qquad (9.2.3)$$

$$t\sigma_{I.m.n} = \frac{tarH_{m.n}}{eT_{m.n}} - 6\frac{tarM_{m.n}}{eT^2_{m.n}} \qquad (9.2.4)$$

(m, n)の全アーチ応力は

$$\sigma_{E.m.n} = c\sigma_{E.m.n} + t\sigma_{E.m.n} \qquad (9.2.5)$$

$$\sigma_{I.m.n} = c\sigma_{I.m.n} + t\sigma_{I.m.n} \qquad (9.2.6)$$

(9.2.1)~(9.2.6)を $n = 1, 2 \cdots\cdots 6$; $m = 10-n, 11-n \cdots\cdots 10 \cdots\cdots 10+n$ について計算する。

第10節 出力

a) 入力データー

入力データーを出力する。

b) 形状

$Tm.n$, $ue m.n$, $Am.n$, $\ell g m.n$, $Im.n$, $\phi m.n$, $\chi m.n$, $y m.n$, $Sm.n$, $\psi m.n$

これらを $n = 0, 1, 2 \cdots 7$, $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する。

出力の形式は表-16のごとくである。

c) 基礎岩盤の変形常数

$c\alpha m$, $c\alpha 2.m$, $c\delta m$, $\tan \chi m$, Kgm, $m = 4, 5 \cdots 10 \cdots 16$

出力の形式は表-17のごとくである。

$La\alpha n$, $Ra\alpha n$, $La\alpha 2.n$, $Ra\alpha 2.n$, $La\beta n$, $Ra\beta n$ $La\delta n$ $Ra\delta n$ $n = 1, 2 \cdots 6$

出力の形式は表-18のごとくである。

d) 荷重

$Pm.n$, $crPm.n$, $arPm.n$, $tcrPm.n$, $tarPm.n$, $crPm.n + tcrPm.n$, $arPm.n + tarPmn$

$n = 0, 1 \cdots 6$; $m = 10-n$, $11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する。

出力の形式は表-19のごとくである。

e) 撓み

$cr(\Delta r)m.n$, $cr(\Delta S)m.n$, $cr(\Delta\theta)m.n$, $tcr(\Delta r)m.n$ $tcr(\Delta S)m.n$, $tcr(\Delta\theta)m.n$

$cr(\Delta r)m.n + tcr(\Delta r)m.n$, $cr(\Delta S)m.n + tcr(\Delta S)m.n$, $cr(\Delta\theta)m.n + tcr(\Delta\theta)m.n$

$n = 0, 1 \cdots 7$, $m = 10-n$, $11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する。

出力形式は表-16のごとくである。

$ar(\Delta r)m.n$, $ar(\Delta S)m.n$, $ar(\Delta\theta)m.n$, $tar(\Delta r)m.n$, $tar(\Delta S)m.n$, $tar(\Delta\theta)m.n$

$ar(\Delta r)m.n + tar(\Delta r)m.n$, $ar(\Delta S)m.n + tar(\Delta S)m.n$, $ar(\Delta\theta)m.n + tar(\Delta\theta)m.n$

$n = 1, 2 \cdots 6$, $m = 10-n$, $11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する。

出力の形式は表-20のごとくである。

f) 不静定諸力

$vWm.n$, $wWm.n$, $crMm.n$, $crVm.n$, $crHm.n$, $tcrMm.n$, $tcrVm.n$, $tcrHm.n$, $wMm.n$

$n = 0, 1 \cdots 6$; $m = 10-n$, $11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する。

出力形式は表-19のごとくである。

$arMm.n$, $arHm.n$, $arVm.n$, $tarMm.n$, $tarHm.n$, $tarVm.n$

$n = 1, 2 \cdots 6$; $m = 10-n$, $11-n \cdots 10 \cdots 10+n$ について出力する。

出力形式は表-20のごとくである。

3) 応力

$c\sigma_{u.m.n}$, $c\sigma_{d.m.n}$, $t\sigma_{u.m.n}$, $t\sigma_{d.m.n}$, $w\sigma_{u,m.n}$, $w\sigma_{d,m.n}$, $\sigma_{u,m,n}$, $\sigma_{d,m,n}$

$n = 0, 1 \cdots 6$, $m = 10-n$, $11-n$, $10 \cdots\cdots 10+n$ について出力する。

出力形式は表-19のごとくである。

$c\sigma_{E.m.n}$, $c\sigma_{I.m.n}$, $t\sigma_{E.m.n}$, $t\sigma_{I.m.n}$, $\sigma_{E.m.n}$, $\sigma_{I.m.n}$

$n = 1, 2 \cdots 6$, $m = 10-n, 11-n \cdots 10 \cdots 10-n$ について出力する。

出力形式は表-20のごとくである。