

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第 1601 号

土木研究所資料

大径杭の設計計算プログラムの作成

昭和55年 5 月

建設省土木研究所

構造橋梁部基礎研究室

Copyright © 55年度 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be
reproduced by any means, nor transmitted, nor
translated into a machine language without the
written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

ま え が き

近年、土木施工技術の向上に伴い基礎形式の多様化が進み、深い基礎においても既存の杭基礎とケーソンの他に、両者の中間に位置するような矢板式基礎や大径杭基礎が多用されるようになってきた。

矢板式基礎は杭群としての杭基礎とケーソンとの中間に位置する基礎形式であり、その構造特性については当研究室において既に調査を実施し、一応の成果を得ている。

一方、大径杭は大径の場所打ち杭、深礎、P Cウエルなどであり、その挙動が1本の杭とケーソンとの中間に位置するものである。これらの基礎形式の設計法にはいまだ確立されたものがなく、既存の杭やケーソンの設計手法に準拠して設計が行われているのが実状である。

そこで基礎研究室では、杭とケーソンの設計体系を矛盾なくつなぐことのできる設計計算プログラムを作成し、大径杭設計法合理化の一助とすることとした。

昭和55年5月

基礎研究室長	塩井幸武
研究員	光家康夫
技官	清水孝男

目 次

まえがき

1. 調査目的	1
1.1 調査目的	1
1.2 設計計算手法の比較	1
2. 設計計算プログラムの作成	3
2.1 解析手法の比較	3
2.1.1 基礎事項	3
2.1.2 解析条件	3
2.1.3 解析手法の比較	4
2.2 解析式の誘導	6
2.2.1 一部材の解	6
2.2.2 多部材の解	11
2.3 基礎体下端部の検討	12
2.3.1 モデルの設定	12
2.3.2 底面ばね定数の算定	13
3. 設計計算プログラムの適用性	17
3.1 分割数による諸量の精度の検討	17
3.1.1 基礎頭部変位量および最大曲げモーメント	17
3.1.2 基礎頭部ばね定数	17
3.2 地盤反力係数の分布形状と基礎の挙動	18
4. 設計計算プログラム	25
4.1 プログラムの内容	25
4.1.1 メインプログラムの計算フロー	25
4.1.2 サブプログラム	25
4.2 プログラムのインプット仕様	25
4.2.1 インプットマニュアル	25
4.2.2 インプットデータ例	29
4.3 プログラムのアウトプット仕様	33
5. ま と め	35
参 考 文 献	36
プログラムリスト	37

1. 調査目的

1.1 調査目的

地盤への根入れの大きい基礎形式（深い基礎という）は杭基礎とケーソンに大別され、それぞれの設計体系が確立している。しかしこれらの体系はそれぞれとしては十分な検討が成されているが、両者の関係については十分整合がとれていないのが実情である。

一方、近年の土木施工技術の進歩により、大口径の杭基礎が多数施工されるに到り、杭とケーソンの中間に位置するこれらの基礎の設計をどちらの体系によるかで差異が生じ、設計上の問題となっている。

設計体系の統一を図るには、

- (1) 設計計算手法の統一
- (2) 地盤反力係数等の地盤のばね評価法の統一

の2点が必要である。この2点は独立したものではなくお互いに関連しあっている。

そこで本調査では、多くの載荷試験データを必要とする地盤ばね評価法の統一に関する検討は行わないこととし、まず杭とケーソンとを矛盾なくつなぐことのできる設計計算プログラムの開発を図ることとした。

1.2 設計計算手法の比較

杭とケーソンとは、基礎体と地盤との相対剛性を表わす指標 $\beta \cdot l$ を用いて次のように区別される。

$3 \leq \beta \cdot l$	半無限長の杭
$1 \leq \beta \cdot l < 3$	有限長の杭（本調査で対象とする基礎）
$\beta \cdot l < 1$	ケーソン

ここに β : 基礎-地盤の特性値 $\beta = \sqrt[4]{\frac{k D}{4 E I}} \quad (m^{-1})$

l : 杭あるいはケーソンの有効根入れ深さ (m)

$E I$: " 曲げ剛性 (ton・m²)

D : " 巾または直径 (m)

k : " 水平方向地盤反力係数 (ton/m³)

本調査で対象とする大径杭は、この分類における有限長の杭に相当するものである。

表-1.1に設計手法の比較を一覧表にして示す。設計計算においては実用性を高めるためにそれぞれ次の仮定が用いられている。すなわちケーソンにおいては基礎体は剛体であると仮定しており、半無限長の杭においては地盤反力係数分布が一様であると仮定している。

しかるに本調査が対象とするような大径杭

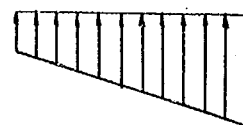
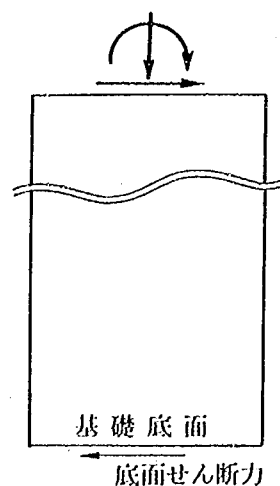
表-1.1 設計における評価法の比較

基礎形式	項目	基礎体	底面地盤	側面地盤
ケーソン		剛体	底面鉛直反力度、底面せん断力を考慮	三角形、長方形分布の地盤反力係数を持つ三層地盤
半無限長の杭		弾性体	考慮しない	均一な地盤反力係数を持つ一層地盤
本調査で対象とする大径杭		弾性体	底面鉛直反力度、底面せん断力を考慮	直線分布の地盤反力係数を持つ多層地盤

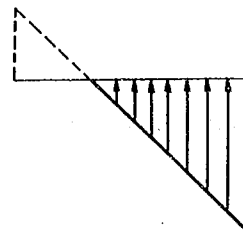
においては、基礎体は剛体とは言い難く、杭下端の境界条件の影響が大きいと考えられ、また地表面付近地盤の弾塑性的挙動を表わすためにも、地盤反力係数分布は深さ方向に変化させうるものとしなければならない。

そこで本調査においては、基礎体は弾性体とし、底面地盤の影響はケーソンの設計と同じく図-1.1に示すような浮き上がりの影響や底面せん断力を考慮しうるものとし、また側面地盤は任意の数の層に分割でき、それぞれの層内で地盤反力係数が任意の台形分布をとりうるものとした。

以上の比較は、1本の杭とケーソンとの比較であるが、組杭としての杭基礎とケーソンとを比較した場合、杭基礎は集合体であることから、安定計算においては杭を杭頭におけるばねに置換する必要がある。本調査が対象とする大径杭も組杭として使用されることを考慮し、杭頭ばね定数を出力しうるプログラムとし、既存の杭基礎の変位法プログラムに適用できるようにした。



(a) 浮き上がりを生じない場合



(b) 浮き上がりを生じる場合

図-1.1 基礎底面地盤の影響

2. 設計計算プログラムの作成

2.1 解析手法の検討

2.1.1 基礎事項

地盤中に埋込まれた基礎が、地表面で水平力 (H_0)、鉛直力 (V_0)、モーメント (M_0) を受け、さら基礎本体に水平な分布荷重 $\overline{q(x)}$ が作用し、水平方向の地盤反力 $q(x, v)$ および鉛直方向地盤反力 $p(x, u)$ が生じている状態を考える (図-2.1)。

鉛直方向力に関する釣り合いと、水平方向力およびモーメントに関する釣り合いがお互いに独立であると仮定すれば、基礎の微小部分 dx の力の釣り合いは図-2.2、図-2.3 のように表わされる。

これをもとに y 方向変位 v および x 方向変位 u に関する微分方程式を作成すれば次のようになる。

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} = -q(x, v) + \overline{q(x)} \quad \cdots (2.1)$$

$$EA \frac{d^2 u}{dx^2} = p(x, u) \quad \cdots (2.2)$$

ここに EI : 基礎の曲げ剛性 (ton・m²)

$q(x, v)$: 水平地盤反力 (ton/m)

$\overline{q(x)}$: 水平分布荷重 (ton/m)

E : 基礎の弾性係数 (ton/m²)

A : 基礎の純断面積 (m²)

$p(x, u)$: 鉛直地盤反力 (ton/m)

2.1.2 解析条件

基礎工学のように地盤を対象とする力学においては、常に地盤特性の非線形性をどう評価するかが問題となる。特に杭に水平荷重が作用した場合、地盤は地表面付近から逐次塑性化するものと考えられる。港湾構造物の

ように比較的大きな水平変位が許容され、杭の許容水平支持力を極限水平支持力から定めるのが妥当と考えられる構造物については、地盤の塑性化を考慮した設計法が取り入れられつつある。¹⁾

一方、橋梁基礎のように基礎の許容される変位量が比較的小さく、地盤の弾性領域に近い所で設計が行われている構造物については、地盤の非線形性を考慮しても、計算の煩雑さを増す割には精度はさほど向

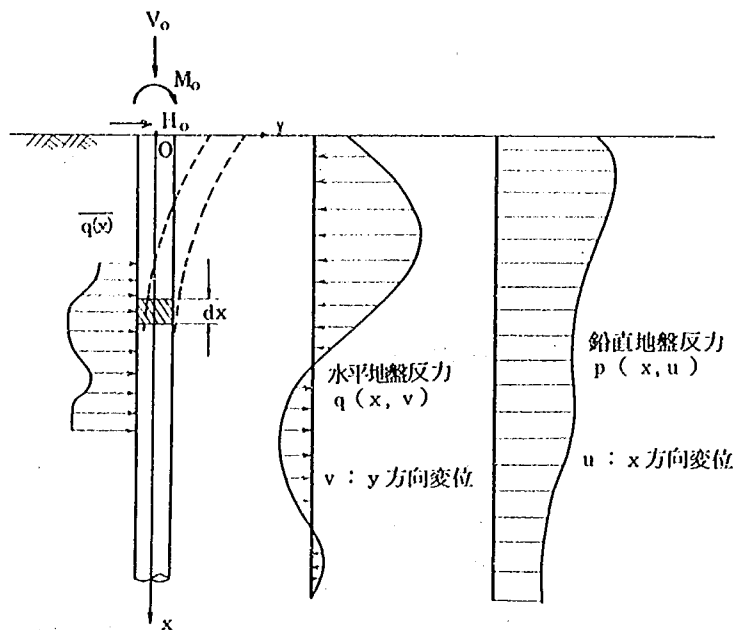


図-2.1 座標系と地盤反力分布

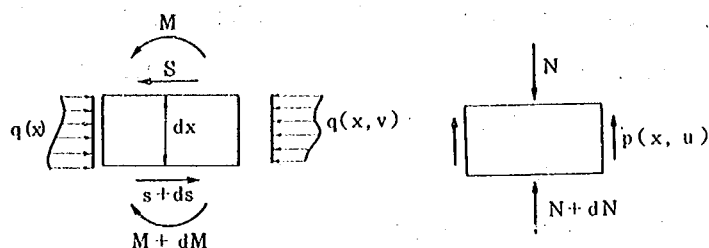


図-2.2 水平方向の力の釣り合い

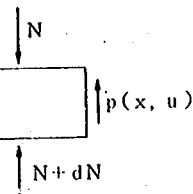


図-2.3 鉛直方向の力の釣り合い

上しないと考えられる。

そこで本調査においては、地盤はあくまで線形弾性体であるとし、ある点の地盤反力度はその点の地盤反力係数と変位量の積で表わせるものとした。また地盤反力係数（水平地盤反力係数および周面摩擦係数）は任意に分割された区間内で線形的に変化させうるものとした。

この仮定によれば、式(2.1)、(2.2)はそれぞれ(2.3)、(2.4)のように表わすことができる。

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} = -k_H(x) \cdot Bv + q(x) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$EA \frac{d^2 u}{dx^2} = -k_S(x) \cdot U \cdot u \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

ここに $k_H(x)$: 深さ x での水平地盤反力係数 (ton/m³)

$k_S(x)$: 深さ x での鉛直方向周面摩擦係数 (ton/m³)

B : 基礎幅 (m)

U : 基礎周長 (m)

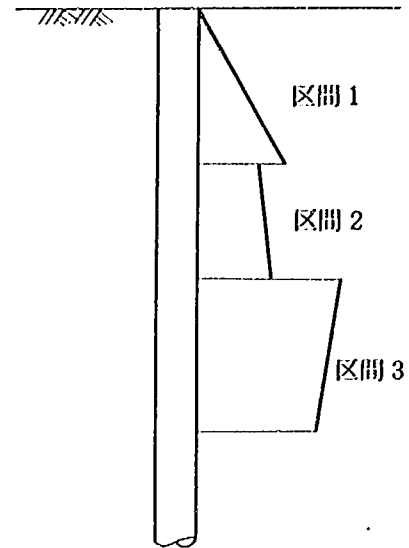


図 - 2.4 地盤反力係数分布

なお、地表面付近地盤の塑性化の影響については、地表面付近の地盤反力係数を予め小さく設定することにより、十分対応できると考えられる。

2.1.3 解析手法の比較

前述の微分方程式(2.4)は2階であり比較的容易に解けることから、ここでは、4階の微分方程式である(2.3)の解法について述べることにする。

(2.3)は、分布荷重 $q(x)$ が無く、地盤反力係数がくい全長にわたって一定とした場合は解析的に解くことができ、その解は一般に Ohang の式と呼ばれ道路橋示方書²⁾等の規定に用いられている。

しかるに多層地盤のように地盤反力係数が深さの関数として与えられる場合は、解析的に解くことは難しく適当な仮定を与えて近似的に解くか、計算機を用いて数値解を求めることが必要となる。

これらの解法には大別して、

- (1) べき級数による解法
- (2) 差分による近似解法
- (3) 反力積分法

の3通りがあり、これらの特徴を簡単に述べれば次のようになる。³⁾

べき級数による方法は、地盤反力係数が $k_H(x) = k_m x^m$ で与えられる場合にのみ適用でき、変位 v を深さ x のべき級数で仮定し繰り返し計算によって解を求めるものである。しかし x が大きくなると精度が悪くなり、実用的には比較的剛な基礎にしか適用できない欠点がある。

差分による解法は、微分方程式を数学的に差分近似するものであり手法的には確立している。

しかしこの方法においては、分割数を非常に多くとらなくては精度のよい結果が得られない欠点がある。

反力積分法はLevintonの反力載荷法として知られている解法であり、図2.5に示すように地盤反力を三角形分布荷重に近似的におきかえ、地盤反力および外力が作用する梁のたわみについて検討する手法である。この方法では着目点 i の変位 y_i は、杭が剛体であるとしたときの両端の移動による i 点の変位 y_{si} 、地盤反力を荷重とみなし単純ばりに作用させた場合の i 点の変位 y_{ci} 、および地盤反力以外の外力（杭頭外力や分布外力）が単純ばりに作用した場合の i 点の変位 y_{bi} より次式で表わされる。

$$y_i = y_{si} + y_{ci} + y_{bi} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

杭を n 部材に分割すれば着目点 i は $(n+1)$ 個生ずるが、両端を除いた $(n-1)$ 個の点について式(2.5)により変位を算出し、 $p_i = k_{hi} \cdot y_i$ の関係を用いて y_i の式に整理すれば、 $y_i (i=1 \sim n+1)$ に関する式が $(n-1)$ 個誘導される。さらに2点（図-2.5 U点、L点）におけるモーメントのつりあいにより2式を作成し $(n+1)$ 個の未知数に関する $(n+1)$ 個の連立方程式を作成すれば y_i および p_i を算出することができる。これらの計算において地盤反力が積分された形で用いられることから、反力積分法の名があり、また積分の形で扱うために少ない分割数で比較的精度のよい解が得られるところこの解法の特徴がある。

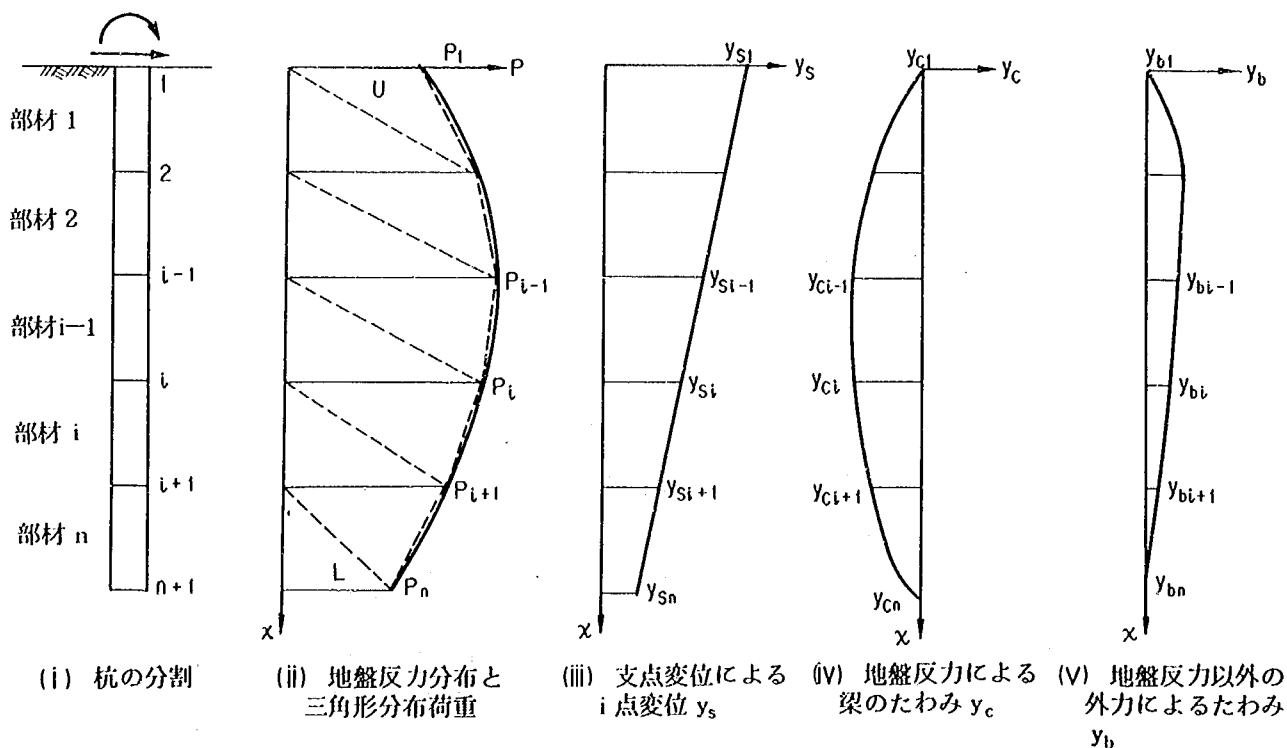


図-2.5 反力積分法の考え方

そこで本調査においても反力積分法を用いることとし、 $(n+1)$ 元連立方程式を解く手法としては、小容量の計算機でも対応しうる伝達マトリクス法を使用することとした。

2.2 解析式の誘導

2.2.1 一部材の解

多部材の場合の解を求める準備として、1部材の場合の解をまず求めることとする。この場合の条件としては次のようである。

- (i) 水平地盤反力係数分布および鉛直方向周面摩擦係数は直線分布とする。
- (ii) 部材の断面諸元 (I, A, B) は部材全長にわたり一定である。
- (iii) 鉛直方向力に関する釣り合いと水平方向力およびモーメントに関する釣り合いがお互いに独立である。

(1) 水平方向力およびモーメントに関する釣り合い

式(2.3)より釣り合いの基本式は次のようである。

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} = -k_H(x) \cdot B \cdot v + q(x) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

ここで部材全長 l を用いて

$$\rho = x/l \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

なる無次元量で座標変換すれば式(2.3)は次式で表わされる。

$$\frac{EI}{l^4} \cdot \frac{d^4 v}{d\rho^4} = -k_H(\rho) \cdot B \cdot v + q(\rho) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

この微分方程式の解を、

$$v = c_1 + c_2 \rho + c_3 \rho^2 + c_4 \rho^3 = [1 \ \rho \ \rho^2 \ \rho^3] \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{bmatrix} \\ = [1 \ \rho \ \rho^2 \ \rho^3] N_v \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

とおき、 N_v は ρ での変位 v を表わす定数ベクトルであるから固有ベクトルと呼ぶこととする。

一方、 ρ での変位、断面力を表わすベクトルを ρ での状態ベクトルと呼び次のように定義する(図-2.6 参照)

$$V(\rho) = \begin{pmatrix} v \\ \theta \\ S \\ M \end{pmatrix}_{\rho} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

ここに v : y 方向変位量
 θ : 回転角
 S : せん断力
 M : 曲げモーメント

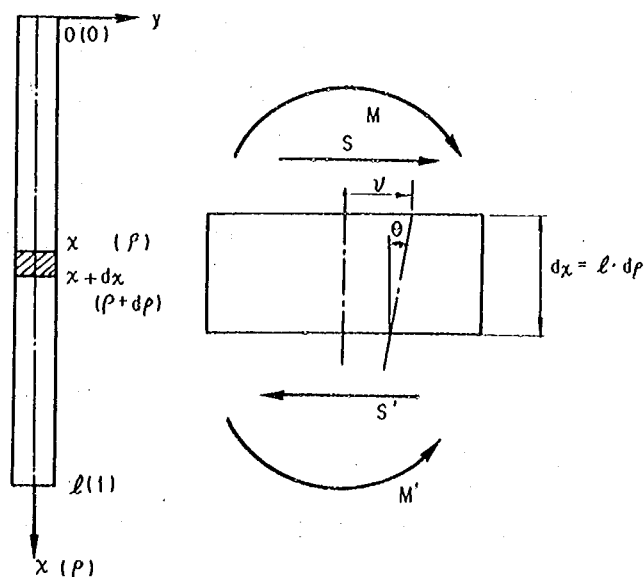


図-2.6 状態ベクトルの正の方向

状態ベクトル $V(\rho)$ は固有ベクトル N を用いて次のように表わすことができる。

$$V(\rho) = \begin{pmatrix} v \\ \theta \\ S \\ M \end{pmatrix}_{\rho} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\ell} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EI}{\ell^3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{2EI}{\ell^2} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & \rho & \rho^2 & \rho^3 \\ 0 & 1 & 2\rho & 3\rho^2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 3\rho \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{pmatrix}$$

$$= D_v R_v(\rho) N_v \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

ここに D_v : 剛性マトリクス

$R_v(\rho)$: 座標マトリクス

このことは固有ベクトルを定めれば、部材の任意の点の状態が定まることを意味している。

(2) 荷重ベクトル

部材の中間部 ($0 < \rho < 1$) に外力や地盤反力が作用しない場合は、部材の状態を定める固有ベクトルは全部材長にわたり一定である。しかし外力や地盤反力等の荷重が作用する場合は、その荷重作用位置の前後で固有ベクトルが変化する。

図-2.7に示すように部材の一点 ($\rho = K$) に集中荷重 P が作用する場合をまず考える。 $0 \leq \rho < K$ における状態ベクトルを V 、 $K \leq \rho \leq 1$ における状態ベクトル V' とすれば、連続条件から

$$V'(K) = V(K) - [00P0]^T \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

となり、この式に (2.10) を代入して

$$D_v R_v(K) N_v' = D_v R_v(K) N_v - [00P0]^T \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$N_v' = N_v - R_v^{-1}(K) D_v^{-1} [00P0]^T \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

となる。ここで荷重ベクトルを

$$K_0 = -R_v^{-1}(K) D_v^{-1} [00P0]^T \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

と定義すれば、集中荷重作用点より下の固有ベクトル N_v' は、作用点より上の固有ベクトルに荷重ベクトルを加えればよいことがわかる。

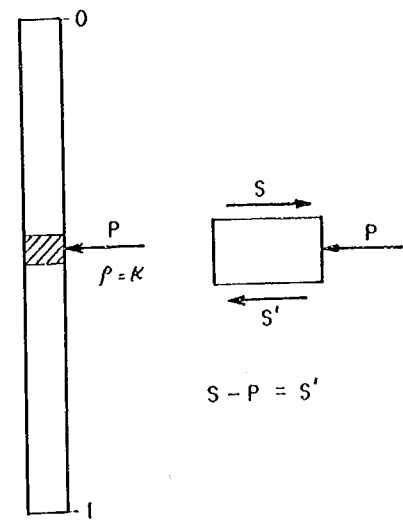


図-2.7 集中荷重の作用する部材

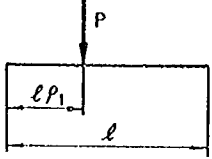
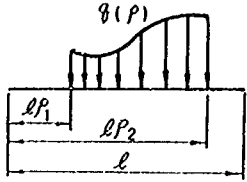
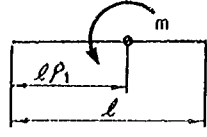
同様の手順によって分布荷重やモーメント荷重についての荷重ベクトルを求め、とりまとめたのが表-2.1である。

ところで、荷重ベクトル K_0 の中には外力によるもの K_v と地盤反力によるもの K_q がある。このうち地盤反力に関するものは部材の水平変位 $v(\rho)$ とその点の地盤反力係数 $k_H(\rho)$ の積で表わせるものであるから、固有ベクトル N_v を用いて表わすことができる。すなわち深さ ρ での地盤反力度 $q(\rho)$ は次式となる。

$$q(\rho) = k_H(\rho) \cdot v(\rho)$$

$$= [k_0 \ k_1] \begin{pmatrix} 1 - \rho \\ 1 \end{pmatrix} [1 \ \rho \ \rho^2 \ \rho^3] N_v \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

表-2.1 荷重ベクトル

	集中荷重ベクトル	分布荷重ベクトル	集中外力モーメントベクトル
荷重ベクトル	$\frac{Pl^3}{6EI} \begin{bmatrix} -\rho_1^3 \\ 3\rho_1^2 \\ -3\rho_1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{Pl^3}{6EI} \int_{\rho_1}^{\rho_2} q(\rho) \begin{bmatrix} -\rho^3 \\ 3\rho^2 \\ -3\rho \\ 1 \end{bmatrix} d\rho$	$\frac{ml^2}{2EI} \begin{bmatrix} \rho_1^2 \\ -2\rho_1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$
摘要			

この式を表-2.1の分布荷重ベクトルの式に代入すれば、 ρ における荷重ベクトル $K_q(\rho)$ を求めることができ、固有ベクトルを用いて次のように表わすことができる。

$$K_q(\rho) = K_e(\rho) \cdot N_v \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

ここに $K_q(\rho)$: 地盤反力荷重ベクトル

$K_e(\rho)$: 地盤反力係数マトリクス

以上の検討より、任意の荷重が作用した後の固有ベクトル N_v' は、作用する前の荷重ベクトル N_v を用いて、次式のように表わせることがわかる。

$$\begin{aligned} N_v' &= N_v + K_0 \\ &= N_v + K_q + K_v \\ &= N_v + K_e \cdot N_v + K_v \\ &= (E + K_e) N_v + K_v \quad \dots\dots\dots (2.17) \end{aligned}$$

ここに E : 単位マトリクス

K_v : 地盤反力以外の荷重による荷重ベクトル

この式によって任意の点における固有ベクトルが定まったことにより、(2.17)を(2.10)に代入することにより、任意の点における状態ベクトルは次式で表わされる。

$$V = D_v R_v N_v' = D_v \cdot R_v \{ (E + K_e) N_v + K_v \} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

(3) 境界条件

固有ベクトルの値を定めるには、上下端での境界条件が必要となる。

境界条件には次の4種類を考える。

- (i) 固定支持端 ($v = 0, \theta = 0$)
- (ii) 単純支持端 ($v = 0, M = 0$)
- (iii) 自由端 ($S = 0, M = 0$)
- (iv) バネ支持端 ($S - K_H \cdot v = 0, M - K_R \cdot \theta = 0$)

これらを次のような式で表わす。

$$\left. \begin{array}{l} B_v \cdot N_v = 0 \\ B_v' \cdot N_v' = 0 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2.19)$$

ここで B_v : 上端 ($\rho = 0$) での境界マトリクス

B_v' : 下端 ($\rho = 1$) での境界マトリクス

N_v : 上端 ($\rho = 0$) での固有ベクトル

N_v' : 下端 ($\rho = 1$) での固有ベクトル

式 (2.19) に (2.17) を代入して固有ベクトル N_v を求めると次式となる。

$$N_v = - \left[\begin{array}{c} B_v \\ B_v' (E + K_e) \end{array} \right]^{-1} \left[\begin{array}{c} 0 \\ B_v' \end{array} \right] K_v \dots\dots\dots (2.20)$$

このように外力による荷重条件 (K_v)、地盤反力係数分布 (K_e)、上下端での境界条件 (B_v, B_v') が定まれば固有ベクトル N_v が定まり、部材任意点での状態を定めることができる。

(4) 鉛直方向力に関する釣り合い

式 (2.4) より釣り合いの基本式は

$$EA \frac{d^2 u}{dx^2} = -k_s(x) \cdot U \cdot u \dots\dots\dots (2.4)$$

であり、 $\rho = x/\ell$ で変数変換を行うと、

$$\frac{EA}{\ell^2} \frac{d^2 u}{d\rho^2} = -k_s(\rho) \cdot U \cdot u \dots\dots\dots (2.21)$$

となる。この微分方程式の解を、

$$u = [1 \quad \rho] N_u \dots\dots\dots (2.22)$$

とおいて N_u を x 方向変位 u に関する固有ベクトルをよぶこととする。状態ベクトルを、

$$U(\rho) = \left[\begin{array}{c} u \\ F \end{array} \right] \dots\dots\dots (2.23)$$

ここに u : x 方向変位

F : 軸方向力

を定義すれば、 $U(\rho)$ は N_u を用いて、

$$\begin{aligned} U(\rho) &= \left[\begin{array}{cc} 1 & 0 \\ 0 & \frac{AE}{\ell} \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{cc} 1 & \rho \\ 0 & 1 \end{array} \right] N_u \\ &= D_u \cdot R_u(\rho) N_u \dots\dots\dots (2.24) \end{aligned}$$

ここに D_u : 剛性マトリクス

$R_u(\rho)$: 座標マトリクス

と表わすことができる。

水平方向の釣り合いと同様に荷重ベクトルを考慮すれば、荷重作用後の固有ベクトル N_u' は (2.25) で、

任意の点における状態ベクトル U は (2.26) で表わせる。

$$\begin{aligned} N_u' &= N_u + K_p + K_u \\ &= (E + K_f) N_u + K_u \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\begin{aligned} U &= D_u R_u N_u' \\ &= D_u R_u \{ (E + K_f) N_u + K_u \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

ここに K_p : 摩擦地盤反力ベクトル
 K_s : 摩擦係数マトリクス
 K_u : 外力による荷重ベクトル

境界条件として、

- (i) 固定端 ($u = 0$)
- (ii) 自由端 ($F = 0$)
- (iii) バネ支持端 ($F - K_u \cdot u = 0$)

を考慮して境界マトリクスを作成し、固有ベクトルを求めれば次式となる。

$$N_u = \left[\begin{array}{c} B_u \\ B_u' (E + K_f) \end{array} \right]^{-1} \left[\begin{array}{c} 0 \\ B_u' \end{array} \right] K_u \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

ここに B_u : 上端での境界マトリクス
 B_u' : 下端での境界マトリクス

(5) 一部材の解

(4) までの検討において、2つの方向の釣り合いについて別々に導いてきたが、マトリクスの演算を容易にするために、ここでひとつにまとめることとする。そこで状態マトリクスを次式で定義する。

$$Z(\rho) = \left[\begin{array}{c} u \\ v \\ \theta \\ F \\ S \\ M \end{array} \right] \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

ここで u : x方向変位
 v : y方向変位
 θ : 回転角
 F : 軸方向力
 S : せん断力
 M : 曲げモーメント

荷重の影響を考慮した固有ベクトル N' は式 (2.17) と (2.25) をまとめることにより、(2.29) で表わすことができ、また任意の点の状態ベクトル $Z(\rho)$ は式 (2.18) と (2.26) をまとめることにより (2.30) のように表わせる。

$$N' = (E + K_g(\rho)) N + K(\rho) \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Z(\rho) = D R(\rho) \{ (E + K_g(\rho)) N + K(\rho) \} \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

ここに N : 固有ベクトル (6 × 1)
 D : 剛性マトリクス (6 × 6)
 $R(\rho)$: 座標マトリクス (6 × 6)
 $K_g(\rho)$: 反力係数マトリクス (6 × 6)
 $K(\rho)$: 荷重ベクトル (6 × 1)

また式(2.20)と(2.27)をまとめることにより、境界マトリクスから固有ベクトル N を求める式は次式となる。

$$N = \begin{bmatrix} B \\ B' (E + K_g) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ B' \end{bmatrix} K \quad \dots\dots\dots (2.31)$$

ここに B : 上端での境界マトリクス (6 × 6)
 B' : 下端での境界マトリクス (6 × 6)

2.2.2 多部材の解

基礎体を多部材要素からなると考えた場合の任意点の変位断面力の算定方法は、基本的には一部材から成ると考えた場合と同様であるが、多部材要素と考えた場合には、部材要素間の連続条件を考慮して任意点の変位断面力を求める基本式を求めなければならない。

基礎体を多部材要素から成ると考えた場合、次のメリットがある。

- (i) 地盤反力係数を地盤種別などに応じて、深さ方向に任意に変えることができる。
- (ii) 基礎体の断面諸量(弾性係数、断面積、断面2次モーメント)を深さ方向に任意に変えることができる。

それでは1本の梁を図-2.8に示すような n 部材要素からなるものとして基本式を求める。

i 部材目の基本式は(2.30)式より類推すると

$$Z_i = D_i R_i(\rho) \{ (E + K_{g_i}(\rho)) N_i + K_i(\rho) \} \quad \dots\dots\dots (2.32)$$

と表わせる。ただし ρ は各部材で $0 < \rho < 1$ の値をとるものとする。

$i-1$ 接点での状態ベクトルの連続条件より

$$Z_i(0) = Z_{i-1}(1) \quad \dots\dots\dots (2.33)$$

ここで $Z_i(0) = D_i R_i(0) N_i$

$$Z_{i-1}(1) = D_{i-1} R_{i-1}(1) \{ (E + K_{g_{i-1}}(1)) N_{i-1} + K_{i-1}(1) \}$$

従って、 i 番目の接点での状態ベクトルの連続条件は、(2.32)式(2.33)

式で表わすと

$$D_i R_i(0) N_i = D_{i-1} R_{i-1}(1) \{ (E + K_{g_{i-1}}(1)) N_{i-1} + K_{i-1}(1) \} \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

となり、上式を N_i について解くと

$$N_i = R_i^{-1}(0) D_i^{-1} \cdot D_{i-1} R_{i-1}(1) \{ (E + K_{g_{i-1}}(1)) N_{i-1} + K_{i-1}(1) \} \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

となり、1部材目の固有マトリクス N_1 が求まれば任意部材目の固有マトリクス N_i が逐次決まることになる。

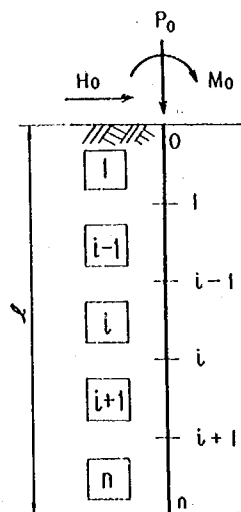


図-2.8 n 部材要素

n 部材目の固有マトリクス N_n は 1 部材目の固有マトリクス N_1 を使って次式のようにおける。

$$N_n = G N_1 + H \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

ここに、 G は部材集積マトリクス H を荷重集積マトリクスと定義する。

i 部材目の固有マトリクスを漸化式の形で表わせば、次のようになる。

$$N_i = G_i N_{i-1} + H_i \quad \dots\dots\dots (2.37)$$

$$\text{ここに } G_i = R_i^{-1}(0) D_i^{-1} D_{i-1} R_{i-1}(1)$$

$$H_i = R_i^{-1}(0) D_i^{-1} D_{i-1} R_{i-1}(1) \{ (E + K_{g_{i-1}}(1)) H_{i-1} + K_{i-1}(1) \}$$

$$G_1 = E$$

$$H_1 = 0$$

この関係を使って逐次計算を行うことにより n 材目の部材集積マトリクス、荷重集積マトリクスが求まることになる。

一部材の基本式の解でも述べているように固有マトリクスは上端と下端との境界条件により決まるものである。

上端での境界条件は

$$B_1 N_1 = 0 \quad \dots\dots\dots (2.38)$$

下端での境界条件は

$$B_n' N_n' = 0 \quad \dots\dots\dots (2.39)$$

$$B_n' \{ (E + K_{g_n}(1)) N_n + K_n(1) \} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

となり、(2.40) 式に (2.36) 式を代入して右端での境界条件を 1 部材目の固有マトリクスで表わせば、

$$B_n' (E + K_{g_n}(1)) G N_1 = -B_n' \{ (E + K_{g_n}(1)) H + K_n(1) \} \quad \dots\dots\dots (2.41)$$

となり、(2.38) および (2.41) から固有ベクトル N_1 を求めることができる。

このように、本プログラムにおいては、固有ベクトルを部材間で順次伝達していく方法（伝達マトリクス法）を採用しているため、マトリクス演算を小さなマトリクスで行うことができ、演算時間を短縮することができると同時に小容量の電算機でも容易に使用できるものとなっている。

2.3 基礎体下端部の検討

2.3.1 モデルの設定

ケーソン基礎、大口径杭などのように、基礎の根入れ長さに比べて基礎底面の幅が大きい場合は、基礎底面の影響を考慮する必要がある。

そのために、底面地盤をバネ（鉛直バネ、せん断バネ、回転バネ）として評価することにより対処する。

従って、上述したことと 2.2 で述べたことを考慮すると、ケーソン基礎あるいは大口径杭のモデルは図-2.9 のように梁先端でバネ支点

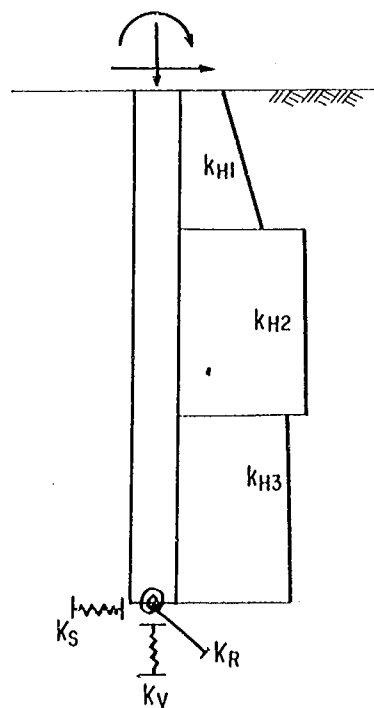


図-2.9 モデル図

を持つ弾性床土の梁となる。

2.3.2 底面バネ定数の算定

基礎底面での地盤反力は、作用外力の相違により図-2.10のような台形分布および三角形分布の2種類の分布形状が考えられる。

(a)のような台形分布の場合は底面の全面を有効としてバネ定数を算定すればよいが、(b)のような三角形分布の場合は、基礎底面が浮き上がっている部分の負の地盤反力を算入しないように注意することが必要である。

(1) 有効巾 d の決定

図-2.11において有効巾 d は、底面に作用する荷重 P と地盤反力の和との釣り合いより、次式を用いて求められる。

$$P = \int_{-(d-a)}^a dR$$

$$= \int_{-(d-a)}^a k_v(d-a+x)\theta \cdot 2b(x)dx$$

$$= k_v a^3 \theta \nu_1 \quad \dots\dots\dots (2.42)$$

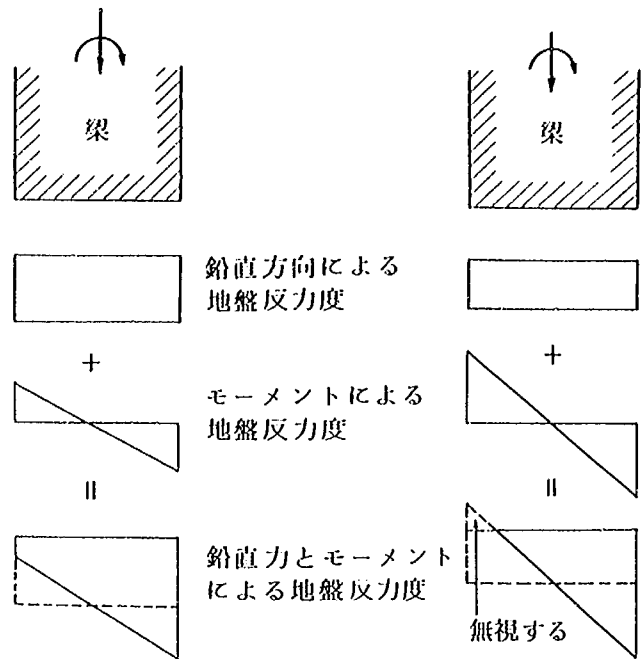
ここに	P : 底面に作用する荷重	(t)
	dR : 微小巾の地盤反力	(t/m)
	k_v : 鉛直地盤反力係数	(t/m^3)
	d : 有効巾	(m)
	$2a$: 基礎巾	(m)
	$2b(x)$: 基礎の奥行き	(m)
	θ : 回転角	(rad)
	ν_1 : 基礎底面の形状と有効巾による補正係数	(1)

(2) 鉛直バネ定数

鉛直バネ定数は、近似的に基礎の有効底面積と鉛直地盤反力係数との積で表わすこととする。

$$K_v = k_v \Lambda' \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

ここに	K_v : 鉛直バネ定数	(t/m)
	k_v : 鉛直地盤反力係数	(t/m^3)



(a) 台形分布の場合

(b) 三角形分布の場合

図-2.10 底面の地盤反力度の状態

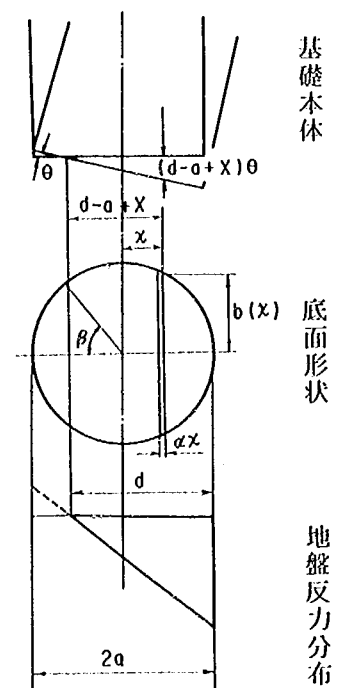


図-2.11 有効巾 d の算定

Λ' : 有効底面積 (m²)

(3) せん断バネ定数

せん断バネ定数は基礎の有効底面積と基礎底面のせん断地盤反力係数の積として表わせる。

$$\begin{aligned} K_s &= k_s \Lambda' \\ &= \lambda k_v \Lambda' \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

ここに K_s : せん断バネ定数 (t/m)

k_s : せん断地盤反力係数 (t/m³)

λ : k_s と k_v との比 (1)

(4) 回転バネ定数

地盤反力により生ずる基礎底面でのモーメントは、仮想の回転バネと梁先端でのたわみ角の積に等しいことより次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} K_R \cdot \theta &= \int_{-(d-a)}^a x \, dP \\ &= \int_{-(d-a)}^a x \cdot k_v (d-a+x) \cdot \theta \cdot 2b(x) \, dx \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

$$\begin{aligned} \therefore K_R &= k_v \int_{-(d-a)}^a x \cdot (d-a+x) \cdot 2b(x) \, dx \\ &= k_v a^4 \cdot \nu_2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

ここに K_R : 回転バネ定数 (t/rad)

dp : 微小区間での地盤反力 (t/m)

ν_2 : 基礎底面の形状で決まる係数 (1)

(5) 底面形状の影響

以上の検討より、基礎底面でのバネ定数はすべて有効巾の関数となる。 K_v 、 K_s 、 K_R を定めるのに必要な Λ' 、 ν_1 、 ν_2 を、基礎底面の形状 (図-2.12 参照) に対応して示したのが表-2.2 である。

有効巾を定めるには K_v 、 K_s 、 K_R が必要であるが、これらがまた有効巾の関数であるため繰り返し計算が必要となる。図-2.13 にその計算のフローチャートを示す。

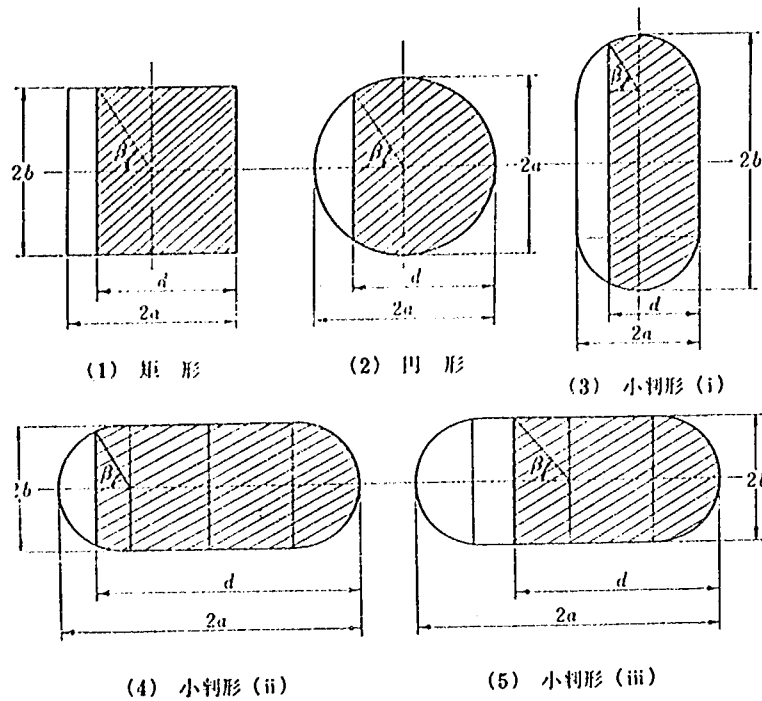
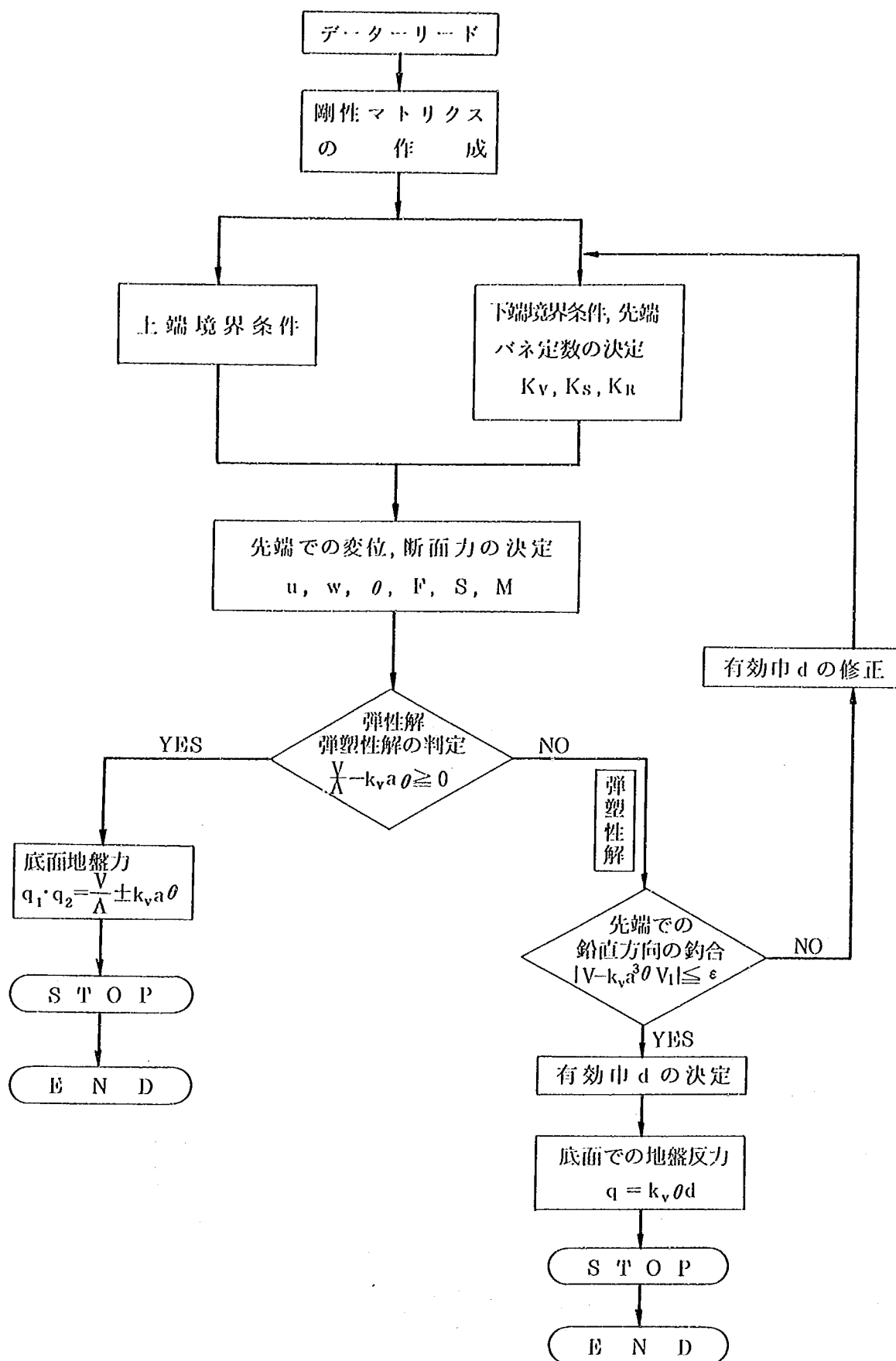


図-2.12 基礎底面形状

表-2.2 底面形状に対する各種諸元

底面の形状	A'	d	ν_1	ν_2
(1) 矩 形	$2b(a + b \cot \beta)$	$a + b \cot \beta$	$n(1 + n \cot \beta)^2$	$\frac{1}{3}n(2 - n \cot \beta)(1 + n \cot \beta)^2$
(2) 円 形	$a^2(\pi - \beta + \sin \beta \cos \beta)$	$a(1 + \cos \beta)$	$\frac{2}{3} \sin^3 \beta + \sin \beta \cos^2 \beta + (\pi - \beta) \cos \beta$	$\frac{2}{3} \sin^3 \beta \cos \beta + \frac{1}{4}(\pi - \beta) + \frac{1}{16} \sin 4\beta$
(3) 小判形 (i)	$a^2(\pi - \beta + \sin \beta \cos \beta) + 2(b - a)a(1 + \cos \beta)$	$a(1 + \cos \beta)$	$\frac{2}{3} \sin^3 \beta + \sin \beta \cos^2 \beta + (\pi - \beta) \cos \beta + (n - 1)(1 + \cos \beta)^2$	$\frac{2}{3} \sin^3 \beta \cos \beta + \frac{1}{4}(\pi - \beta) + \frac{1}{16} \sin 4\beta + \frac{1}{3}(n - 1)(1 + \cos \beta)^2(2 - \cos \beta)$
(4) 小判形 (ii)	$4ab - b^2(4 - \pi + \beta - \sin \beta \cos \beta)$	$2a - b(1 - \cos \beta)$	$n^3 \left\{ \frac{2}{3} \sin^3 \beta + \sin \beta \cos^2 \beta + (\pi - \beta) \cos \beta \right\} + n(1 - n) \{ 4 + n(\pi + 4 \cos \beta - 4) \}$	$n^4 \left\{ \frac{\pi}{8} - \frac{1}{2} \sin^3 \beta \cos \beta + \frac{1}{4} \sin \beta \cos \beta + \frac{1}{4} \left(\frac{\pi}{2} - \beta \right) \right\} + n^3 \left\{ \frac{2}{3} (1 - n - n \cos \beta) (1 - \sin^3 \beta) - (1 - n) \cos \beta \left(\frac{\pi}{2} - \beta + \sin \beta \cos \beta \right) + \frac{2}{3} (3 - 3n + n \cos \beta) \right\} + \frac{\pi}{2} n^2 (1 - n) (2 - 2n + n \cos \beta) + \frac{4}{3} n (1 - n)^3$
(5) 小判形 (iii)	$2ab + b^2 \left(\frac{\pi}{2} + 2 \cot \beta - 2 \right)$	$a + b \cot \beta$	$\frac{2}{3} n^3 + \frac{\pi}{2} n^2 \{ 1 - n(1 - \cot \beta) \} + n \{ 1 - n(1 - \cot \beta) \}^2$	$n^4 \left(\frac{\pi}{8} - \frac{1}{3} \cot^3 \beta \right) + \frac{2}{3} n^3 (2 - 2n + n \cot \beta) + n^2 \{ (1 - n)^2 \cot \beta + \frac{\pi}{2} (1 - n) (1 - n + n \cot \beta) \} + \frac{2}{3} n (1 - n)^3$

ただし、 $n = \frac{b}{a}$ 、小判形の(i)(ii)(iii)については図-2.12を参照すること。



図一 2.13 基礎下端でのつりあい計算フローチャート

3. 設計計算プログラムの適用性

3.1 分割数による諸量の精度の検討

本プログラムで用いている反力積分法は近似計算手法であるため、部材の分割数を増せば増すほど計算精度は向上する。そこでここでは分割数を増すことにより、基礎頭部の変位量、曲げモーメント、バネ定数がどのように変化するかについて検討し、必要な精度をうるための分割数の目安を定めることとする。

3.1.1 基礎頭部変位量および最大曲げモーメント

計算モデルを図-3.1に示す。外力としては水平力 $H=10t$ を与える。上端の境界条件としては、(1)回転変位を生じないフーチングに剛結された場合 ($\theta=0$ 、 $F=0$ 、 $S=H$) および、(2)くい頭部がヒンジ結合の場合 ($F=0$ 、 $S=H$ 、 $M=0$) の2ケースを考慮する。下端の境界条件としては、単純支持 ($u=0$ 、 $v=0$ 、 $M=0$) とする。基礎の剛性 EI を変化させることにより $\beta l = 1 \sim 7$ とした。また分割数は1, 2, 4, 8とした。

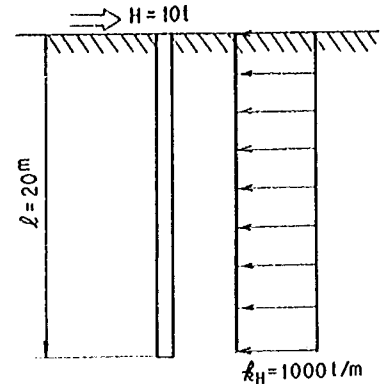


図-3.1 計算モデル

本計算ケースでは地盤反力係数分布が矩形であるので、微分方程式を解くことにより厳密解を求めることができる。分割数をパラメータとし、 βl と基礎頭部変位量および曲げモーメントを厳密解で除したものの関係を示したものが図-3.2～3.5である。

これらの図より許容誤差を10%とすれば、上端条件及び下端条件にかかわらず、

- $1 \leq \beta l \leq 2$ 2分割
- $2 \leq \beta l \leq 4$ 4分割
- $4 \leq \beta l \leq 8$ 8分割

で十分使用可能な結果を与える。

又8分割とすれば、通常の基礎の設計範囲 ($\beta l \leq 5 \sim 6$) で誤差はたかだか2%に過ぎず常に8分割を念頭において計算すれば問題ない事が判る。

3.1.2 基礎頭部バネ定数

計算モデルを図-3.6に示す。

基礎頭部バネ定数は $K_1 \sim K_4$ の4つの値よりなる。ただし基礎頭部にモーメントがまったく作用しない場合は特殊な場合として $K_2 \sim K_4$ がすべてゼロとなる。ここでは一般的な場合について、 $K_1 \sim K_4$ の値が分割数に応じてどのように変化するかについて、厳密解との比較により検討する。

基礎の特性値 $\beta \cdot l$ としては1.5 ($l=10m$) および6.0 ($l=40m$) の2種類を採用し、特に $\beta \cdot l = 1.5$ の場合は基礎下

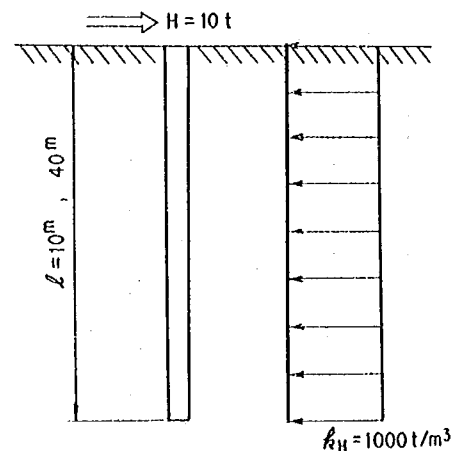


図-3.6 計算モデル

注) プログラムのインプットにおいては、(1)の場合は ($\theta=0$ 、 $F=0$ 、 $S=0$) (2)の場合は ($F=0$ 、 $S=0$ 、 $M=0$) のように外力を省いた形で行う。詳細については、4.2.1を参照されたい。

端の境界条件を固定 ($u = 0$ 、 $v = 0$ 、 $\theta = 0$)、単純支持 ($u = 0$ 、 $v = 0$ 、 $M = 0$)、自由 ($P = 0$ 、 $S = 0$ 、 $M = 0$) の 3 種類設定した。 $\beta \cdot l = 6.0$ の場合は下端の境界条件は頭部バネに殆んど影響しないので単純支持としてのみ行った。計算結果を図一 3.7 ~ 3.10 に示す。

$\beta \cdot l = 6.0$ の場合は、分割数が 4 以上になるとほぼ一定値に近づくことがわかる。3.1.1 の検討において $\beta \cdot l = 6.0$ では 8 分割程度することとなっているので、 $K_1 \sim K_4$ についても十分な精度が確保されることがわかる。(図一 3.7 参照)。

$\beta \cdot l = 1.5$ の場合は、杭頭バネ定数は分割数によらず殆んど一定の値を持つことがわかる。(図一 3.8 ~ 3.10 参照)。

3.2 地盤反力係数の分布形状と基礎の挙動

杭の設計計算に一般に使用されている Chang の式では、地盤反力係数分布は、矩形でしか計算できない。

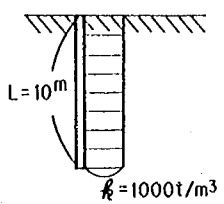
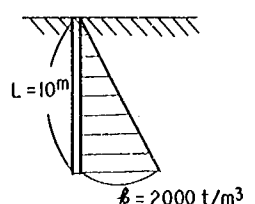
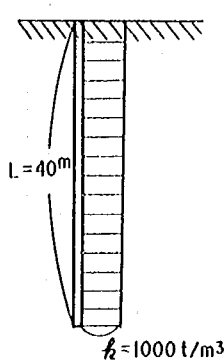
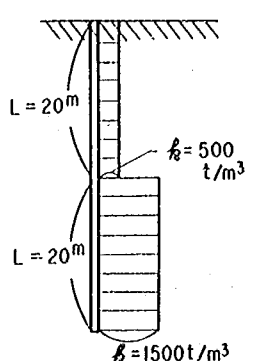
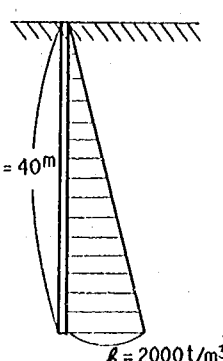
しかし、実際の地盤では地盤反力係数は矩形、三角形、台形あるいはそれらの組合せとして考えられる場合がある。

そこで短杭 $\beta \cdot l < 3$ 及び無限長杭 $\beta \cdot l > 3$ の代表的ケースについて、地盤反力係数分布が杭の挙動に及ぼす影響を調べてみる。

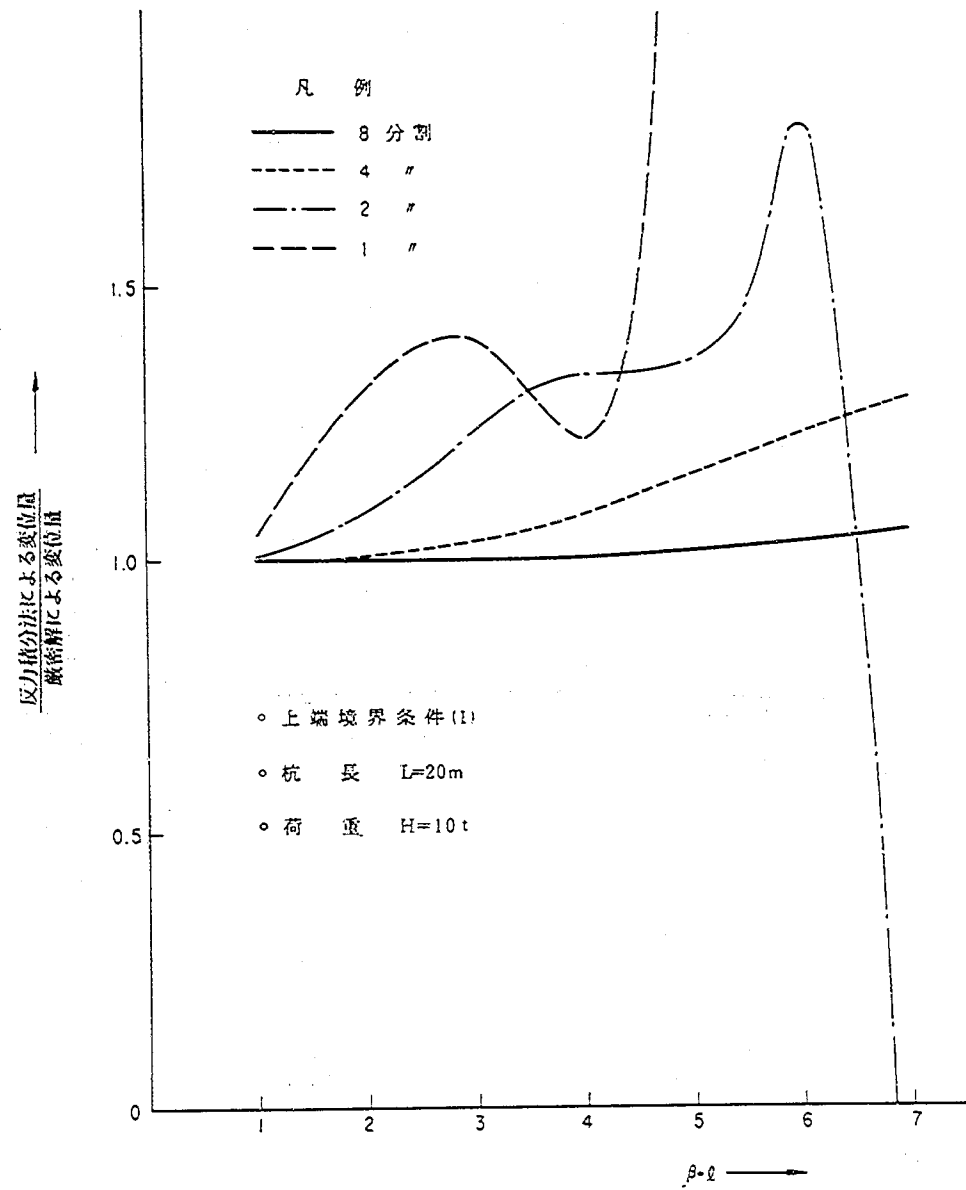
計算モデルは、表一 3.1 に示す通りである。

尚、短杭、無限長杭にかかわらず、境界条件は上端自由、下端単純支持とした。分割数については、3.1.1 での検討の結果より 8 分割とした。

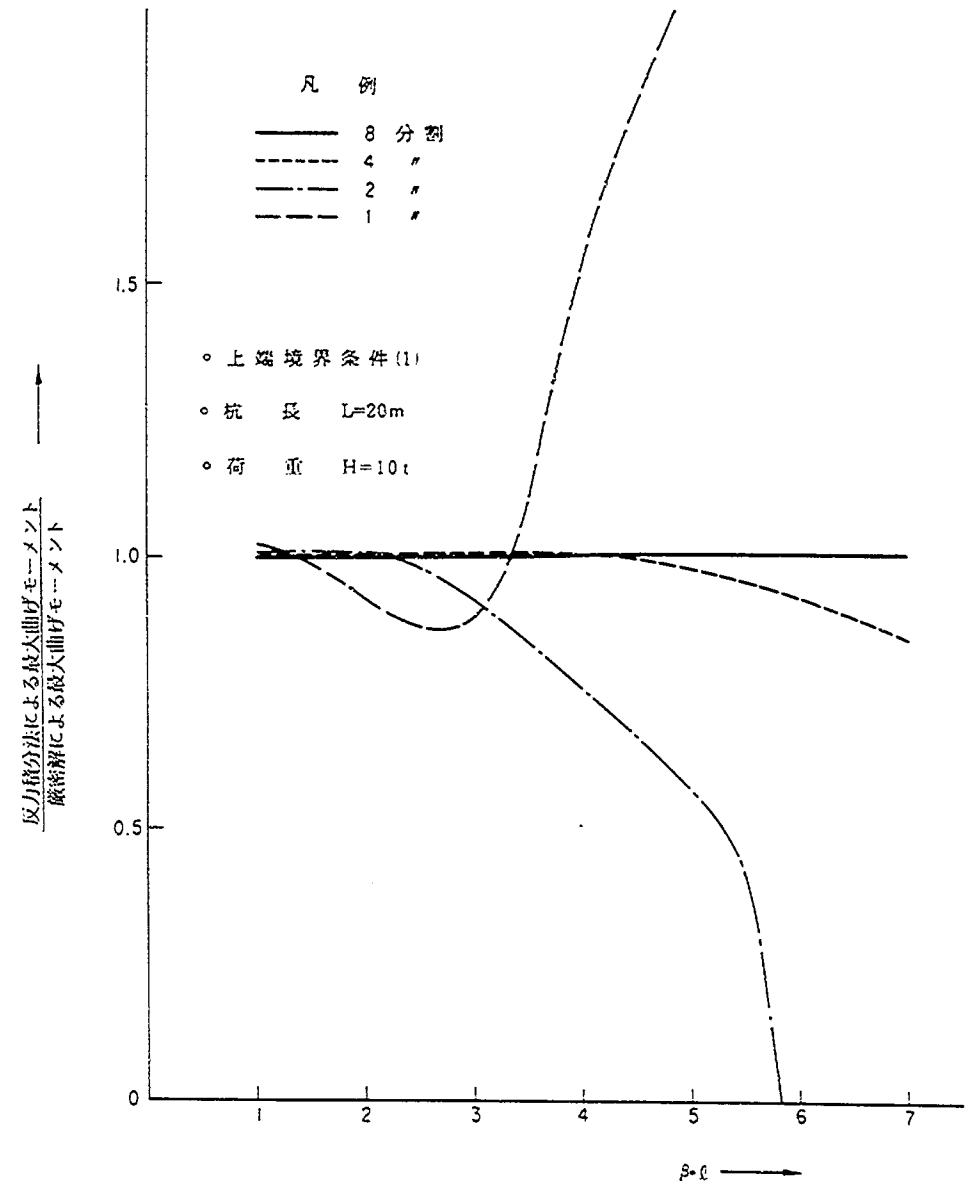
表一 3.1 地盤反力係数の分布

短 杭	case 1	case 2	
地盤反力係数の分布			
無限長杭	case 1	case 2	case 3
地盤反力係数の分布			

図一 3.11、図一 3.12 は、短杭についてそれぞれのたわみ及びモーメントの挙動を示したもので、図一 3.13、図一 3.14 は無限長杭についてのそれぞれのたわみ及びモーメントの挙動を示したものである。



図—3.2 $\beta \cdot l$ と基礎頭部変位量比の関係



図—3.3 $\beta \cdot l$ と最大曲げモーメント比の関係

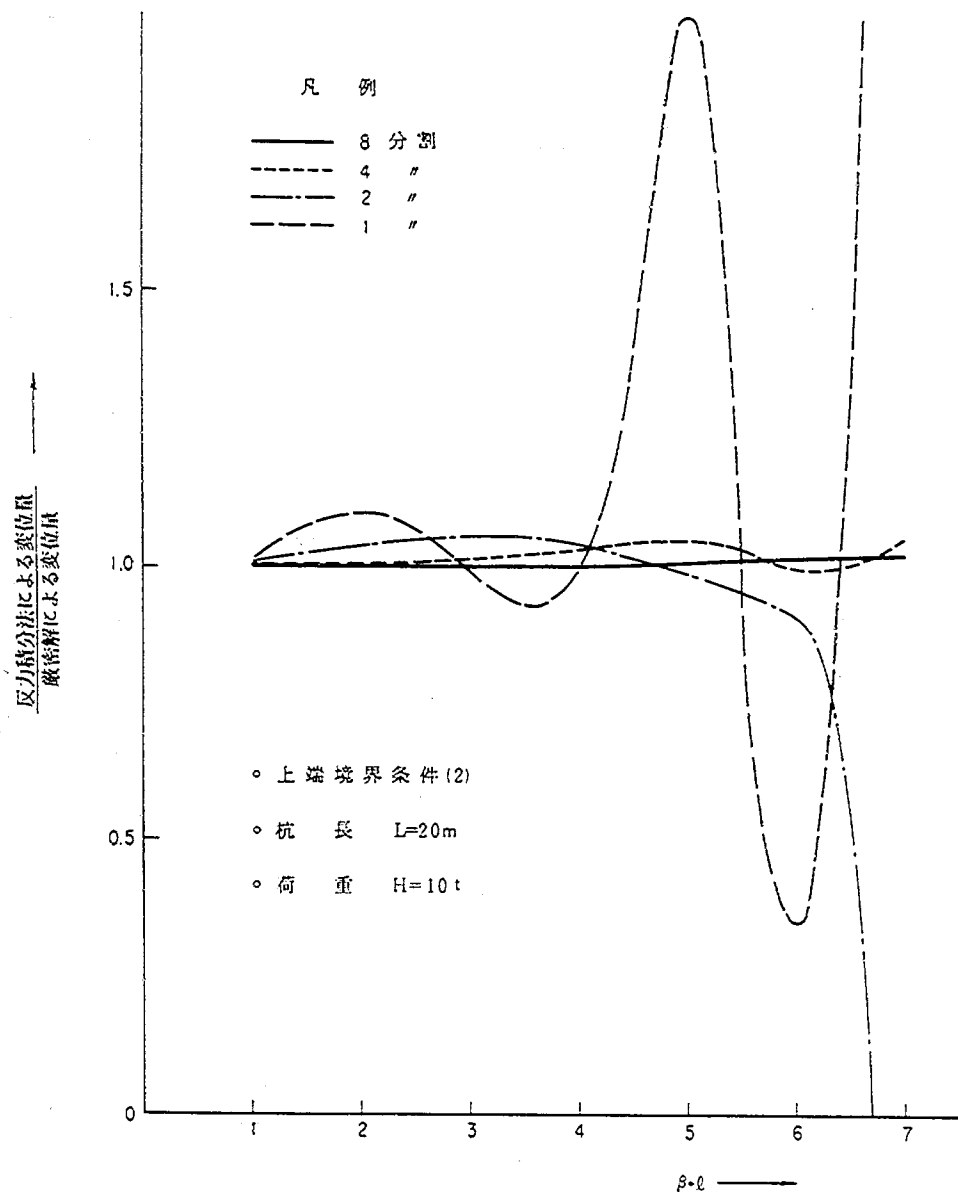


図-3.4 $\beta \cdot l$ と基礎頭部変位量比の関係

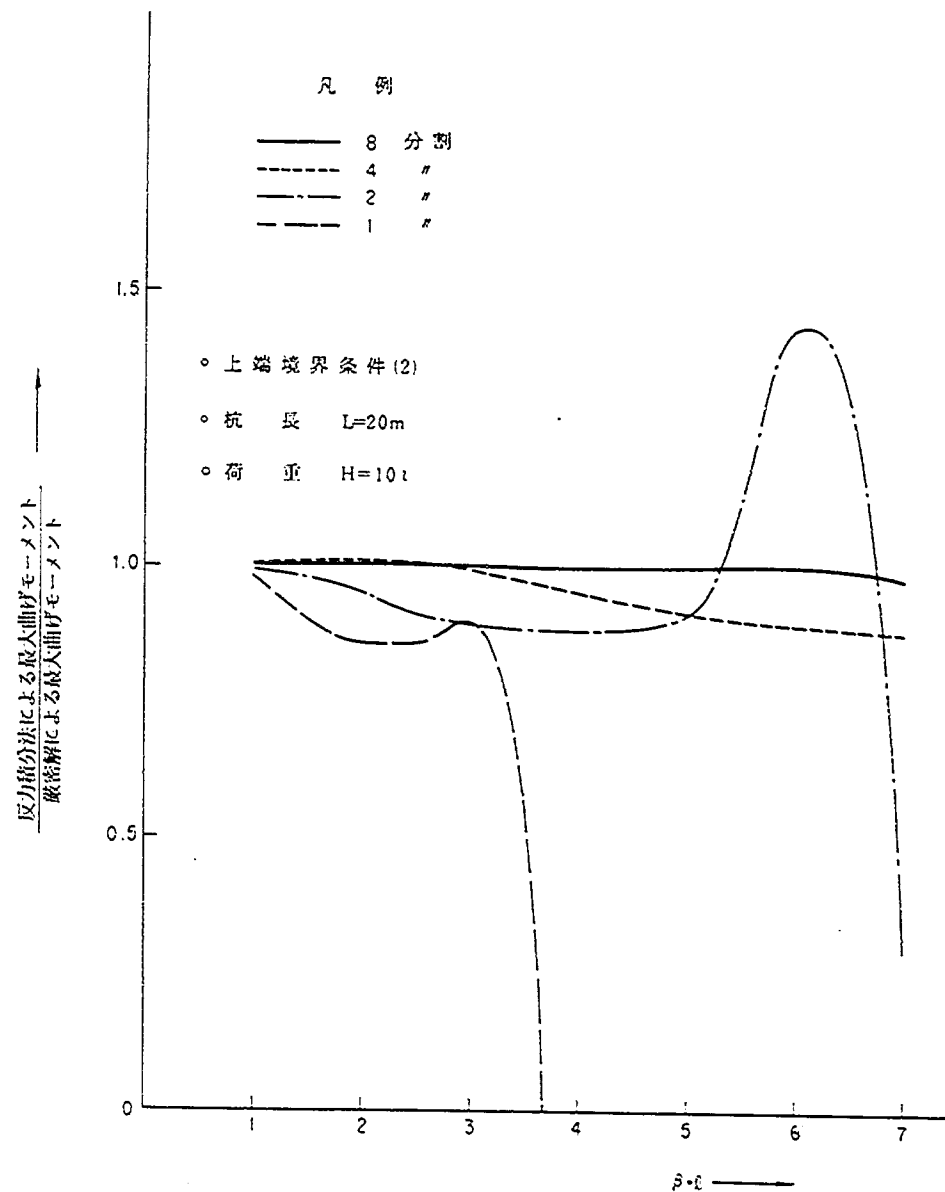


図-3.5 $\beta \cdot l$ と最大曲げモーメント比の関係

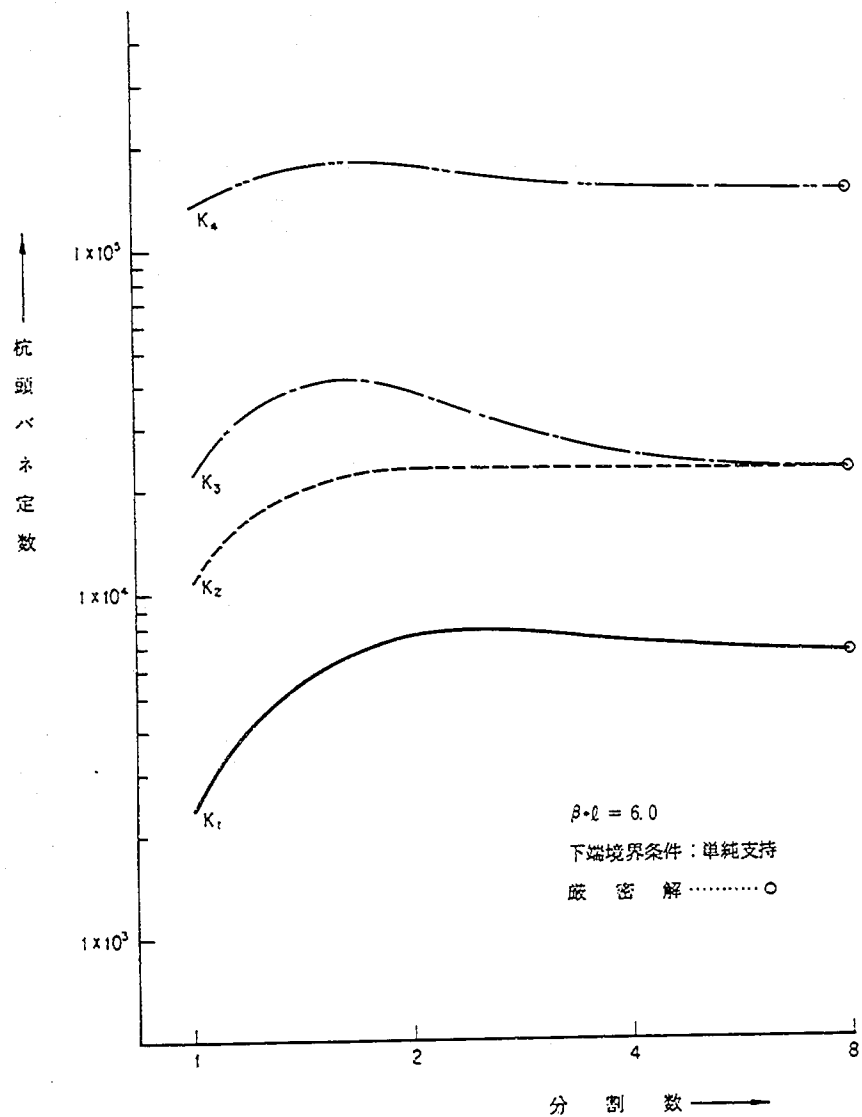


図-3.7 分割数による杭頭バネ定数の変化

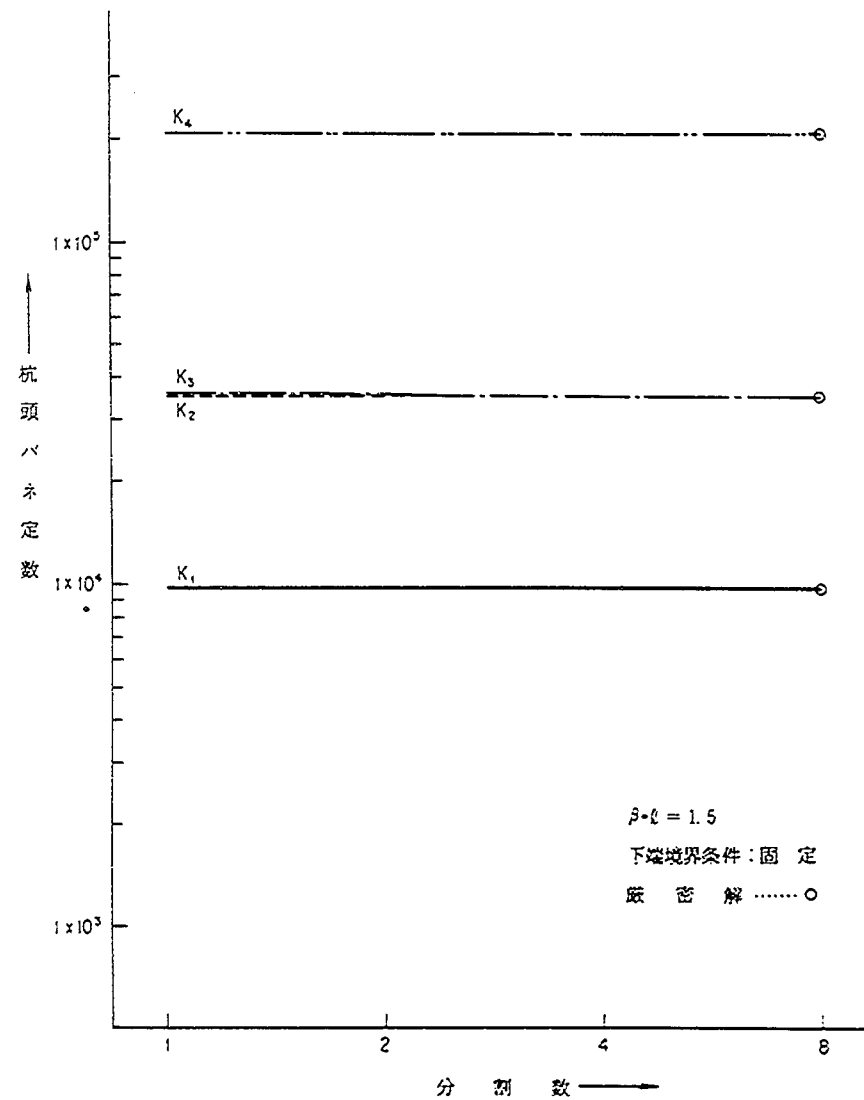


図-3.8 分割数による杭頭バネ定数の変化

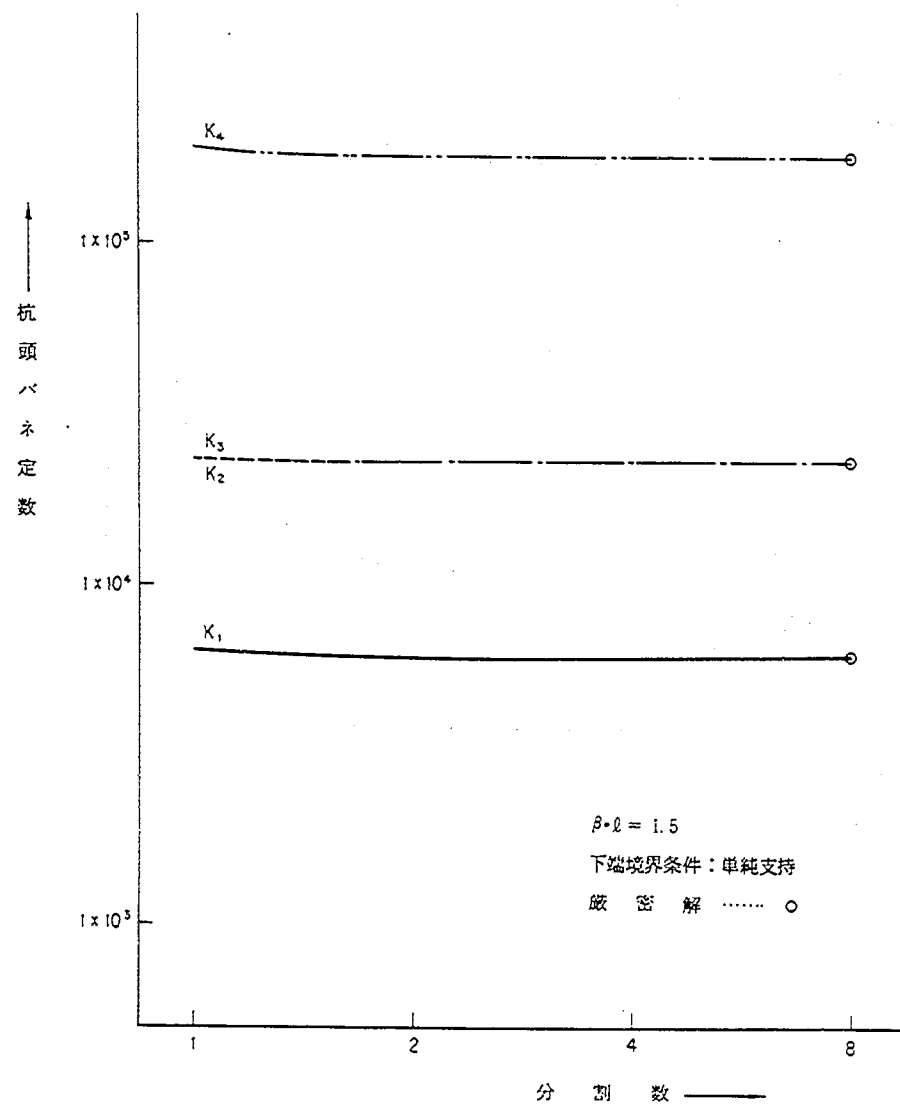


図-3.9 分割数による杭頭バネ定数の変化

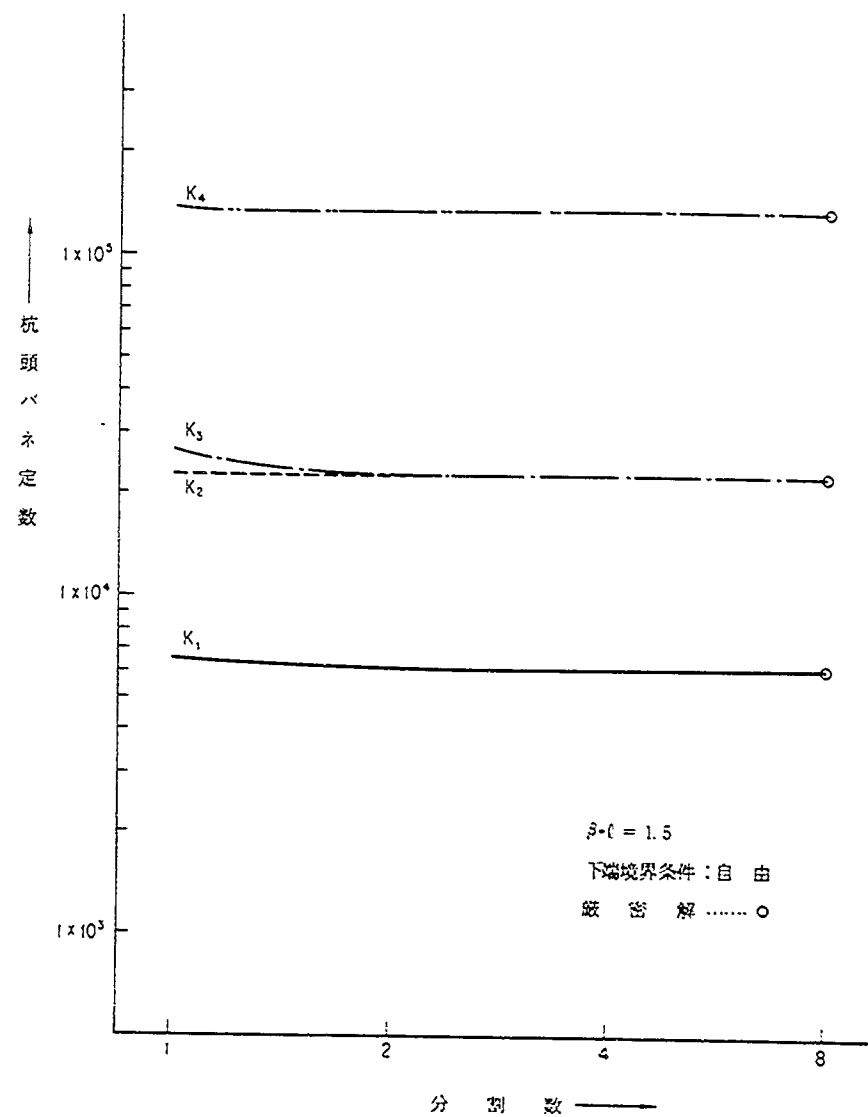


図-3.10 分割数による杭頭バネ定数の変化

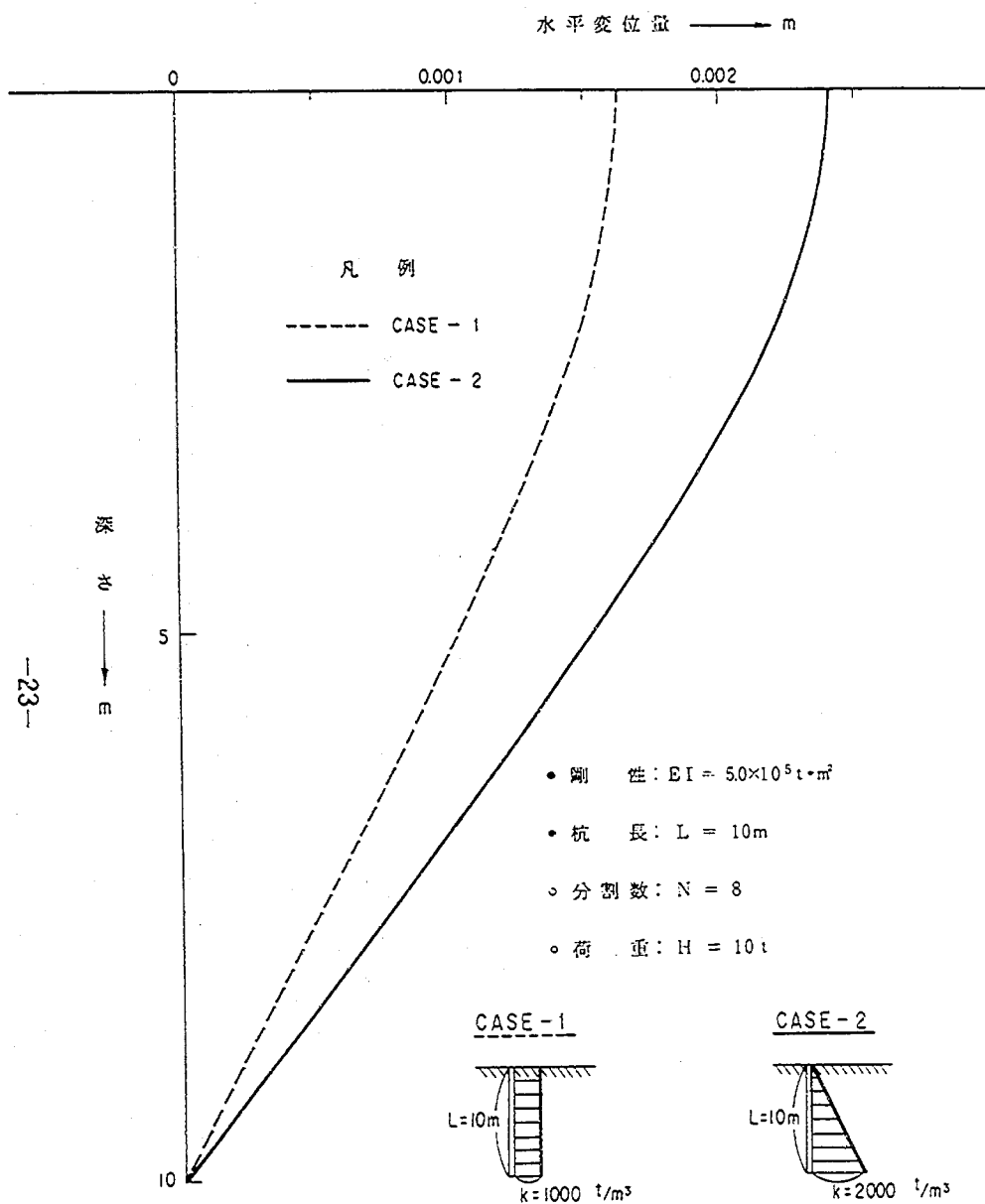


図 3.11 地盤反力係数の分布形状と水平変位量

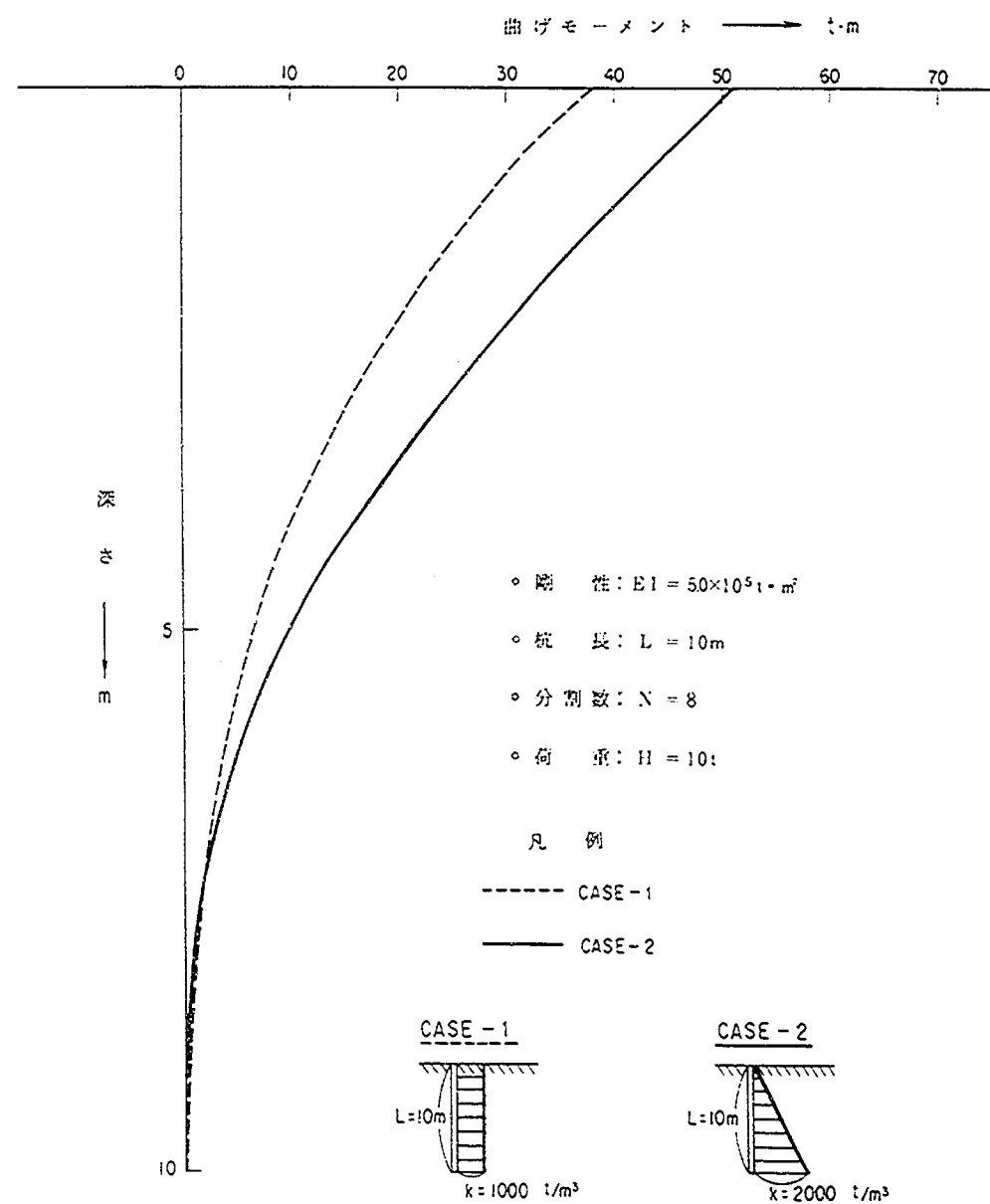


図 3.12 地盤反力係数の分布形状と曲げモーメント

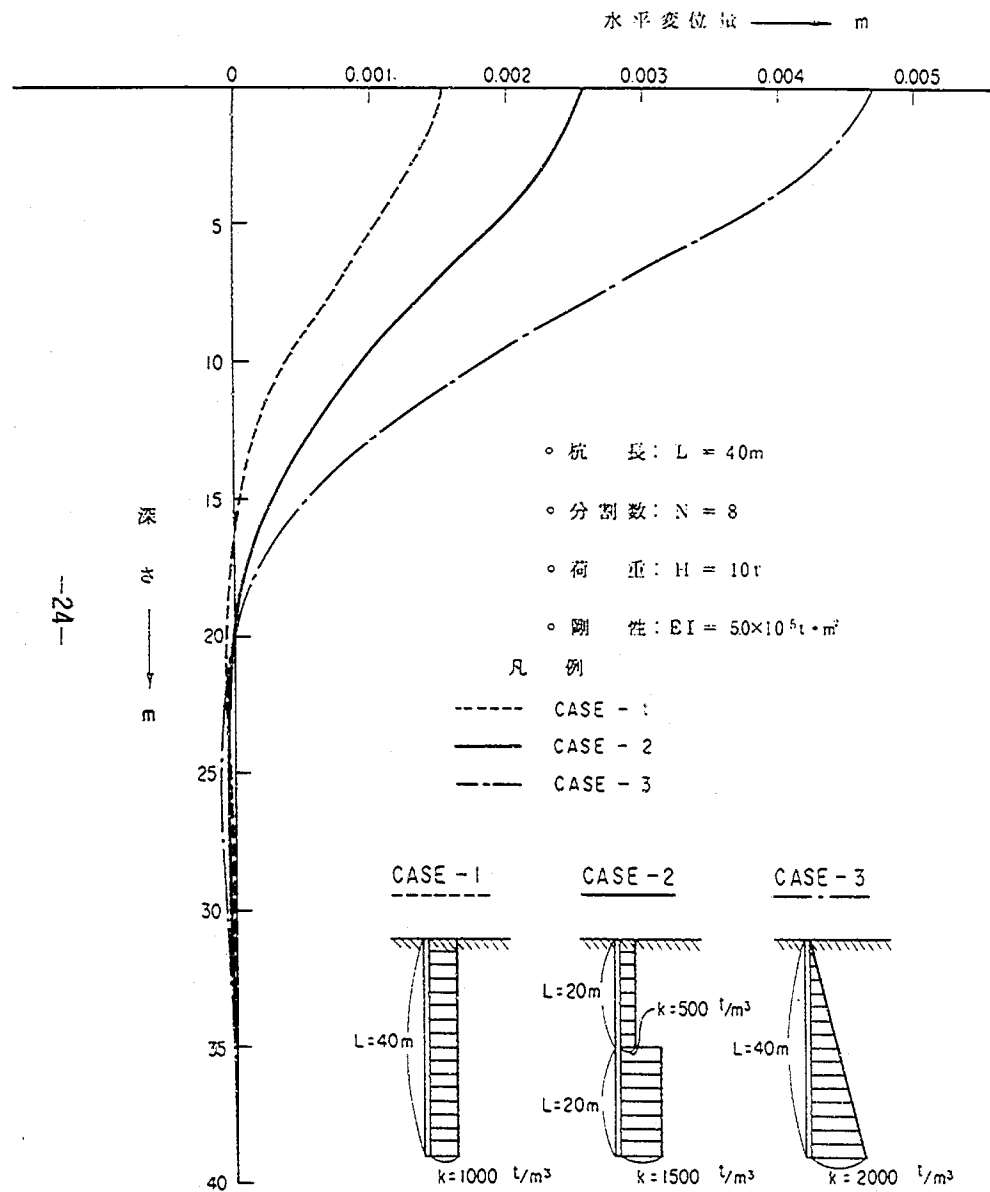


図- 3.13 地盤反力係数の分布形状と水平変位量

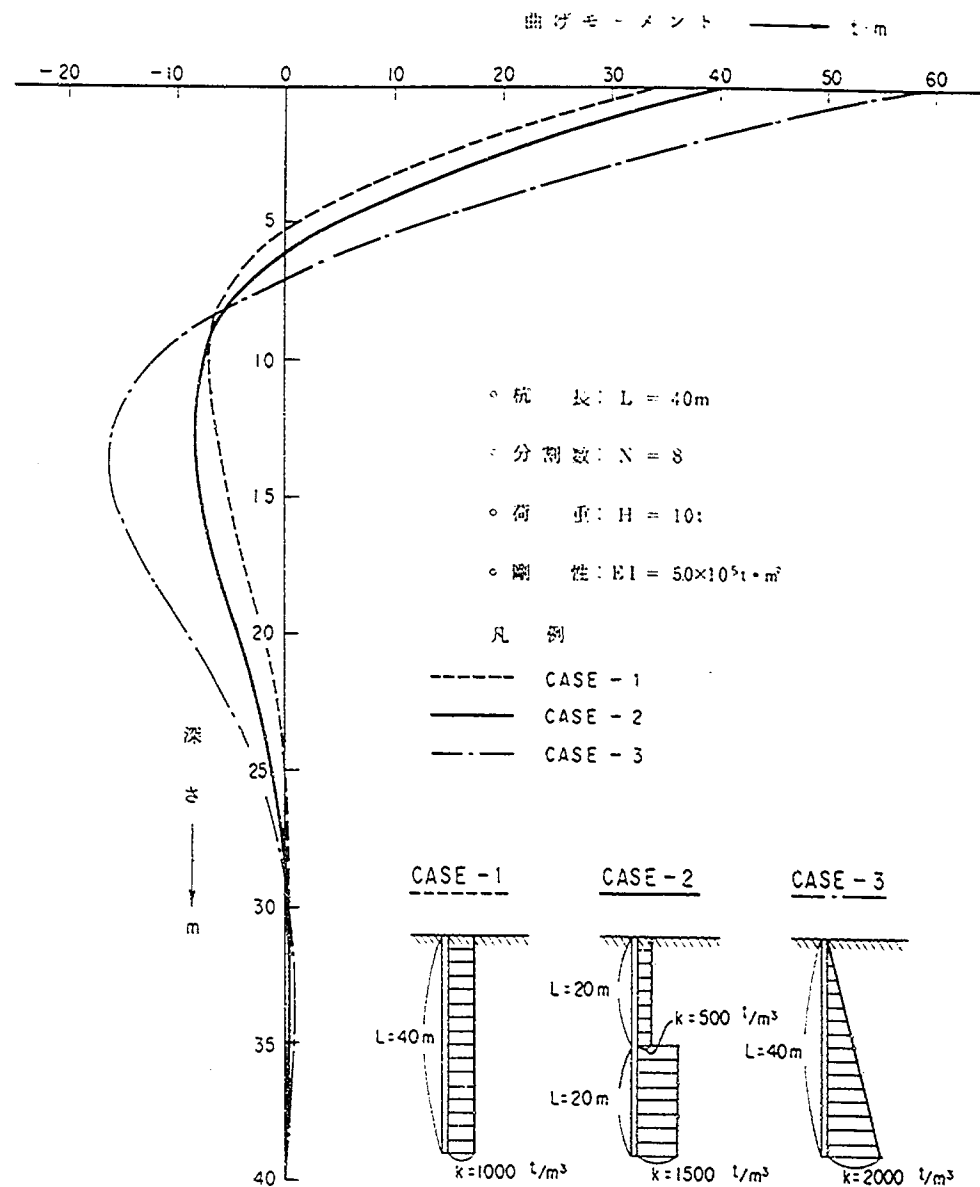


図- 3.14 地盤反力係数の分布形状と曲げモーメント

4. 設計計算プログラム

4.1 プログラムの内容

4.1.1 メインプログラムの計算フロー

メインプログラムの計算フローは、図－4.1に示すとおりである。

4.1.2 サブプログラム

主要なサブルーチンの計算内容を表－4.1に示す。

また、基礎底面の有効巾を決定するためのプログラムであるSUBROUTINE TRIALLについては、フローチャートを図－4.2に示す。

表－4.1 主なサブルーチンの内容

SUBROUTINE TRIALL(T, S, TN, SN, FO, DO)	基礎底面の浮き上がりを考慮する場合の有効巾に関する繰り返し計算を行う。
SUBROUTINE BOUND(FL,FR,T,S,D)	境界条件の設定を行う。
SUBROUTINE GDBANE(D)	部材下端有効巾dから求まる有効断面積バネ定数群の計算を行う。下端形状を3タイプ考慮してある。
SUBROUTINE MATMAT(A, B, C, N)	行列の積の計算を行う。
SUBROUTINE MATINV(Z, N, MJ, IA, IB)	逆行列の計算を行う。
SUBROUTINE CALCLL(T, S, TN, SN)	集積部材マトリクス(T_N)、及び集積荷重マトリクス(S_N)の作成を行う。
SUBROUTINE GOOSEI(ROW, R, EI, ELEA)	部材任意点での剛性マトリクス $R(\rho)$ の作成を行う。
SUBROUTINE LOAD(JT, VECT, ROW, EI, EL, P ₁ , P ₂ , AL ₁ , AL ₂ , EA)	一般荷重マトリクスの作成を行う。
SUBROUTINE LOADKE(ROW, EL, AL, EI, EO, E ₁ , EA, ESO, ES ₁)	地盤反力荷重マトリクスの作成を行う。

4.2 プログラムのインプット仕様

4.2.1 インプットマニュアル

インプットマニュアルを表－4.2に示す。

データインプットに際しては、以下の項目について注意しなければならない。

- (i) 地盤反力係数の算定法については、杭とケーソンで十分な連続性がとれていない。そこで、杭の剛性に応じて妥当と思われる算定法を適宜判断して用いる必要がある。
- (ii) 地盤反力係数の入力、地盤反力係数にケーソン、及び杭の巾を乗じた形で行う。
- (iii) 周面摩擦係数入力は、周面摩擦係数にケーソン、及び杭の周長を乗じた形で行う。
- (iv) 地下水位による揚圧力の影響は、これを外力とみなし、鉛直荷重からこの値を差し引いたものを全鉛直荷重として、評価する。
- (v) 本計算手法は、近似計算なので部材数に解の精度が影響される。部材数は、地盤の状態及び基礎の剛性、及び計算精度から決める。

表-4.2 インプットマニュアル

TITLE															SHEET OF															CODED BY														
5					10					20					30					40					50					60					70					80				
TITLE (80カラム)																																												
タイトル																																												
N										T					A 2					B 2					E K V					E K S														
部材数*					上端境界条件**					下端境界条件**					型***					先端の部材幅 (m)					先端の部材奥行 (m)					鉛直地盤反力係数					せん断地盤反力係数									
*地盤反力係数及び																																												
基礎の剛性、計算					***境界条件の分類					***底面の影響を考慮																																		
精度から判断する					1 2 3 4 5 6					しない場合 T = 0																																		
					u v θ F S M																																							
NP					L					E					I					$k_{H0} \times D$					$k_{H1} \times D$																			
分割数***					部材長 (m)					ヤング率 (t/m^2)					断面2次モーメント (m^4)					各部材上端での水平					各部材下端での水平																			
***計算点数は (NP+1)																				地盤反力係数 $\times$ 幅					地盤反力係数 $\times$ 幅																			
として打ち出す																				(t/m^2)					(t/m^2)					部材数組必要														
A					$k_{s0} \times V$					$k_{s1} \times V$																																		
断面積 (m^2)					各部材上端での周					各部材下端での周																																		
					面摩擦係数 $\times$ 周長					面摩擦係数 $\times$ 周長																																		
					(t/m^2)					(t/m^2)																																		
NQ					JT					P_1					P_2					l_1					l_2																			
荷重のかかる部材番号					荷重タイプ					荷重強度					荷重強度					各部材上端から荷重始点の位置 (m)					各部材上端から荷重終端の位置 (m)																			
					JT=1 集中荷重 (P_1, l_1) (t, m)																																							
					2 分布荷重 (P_1, P_2, l_1, l_2) ($t/m, m$)																																							
					3 モーメント荷重 (P_1, l_1) ($t \cdot m, m$)																																							
					4 軸方向集中荷重 (P_1, l_1) (t, m)																																							
9 9 9 9 9																																												

◇ : 部材番号
○ : 計算点

例. 3部材の場合

***型の分類

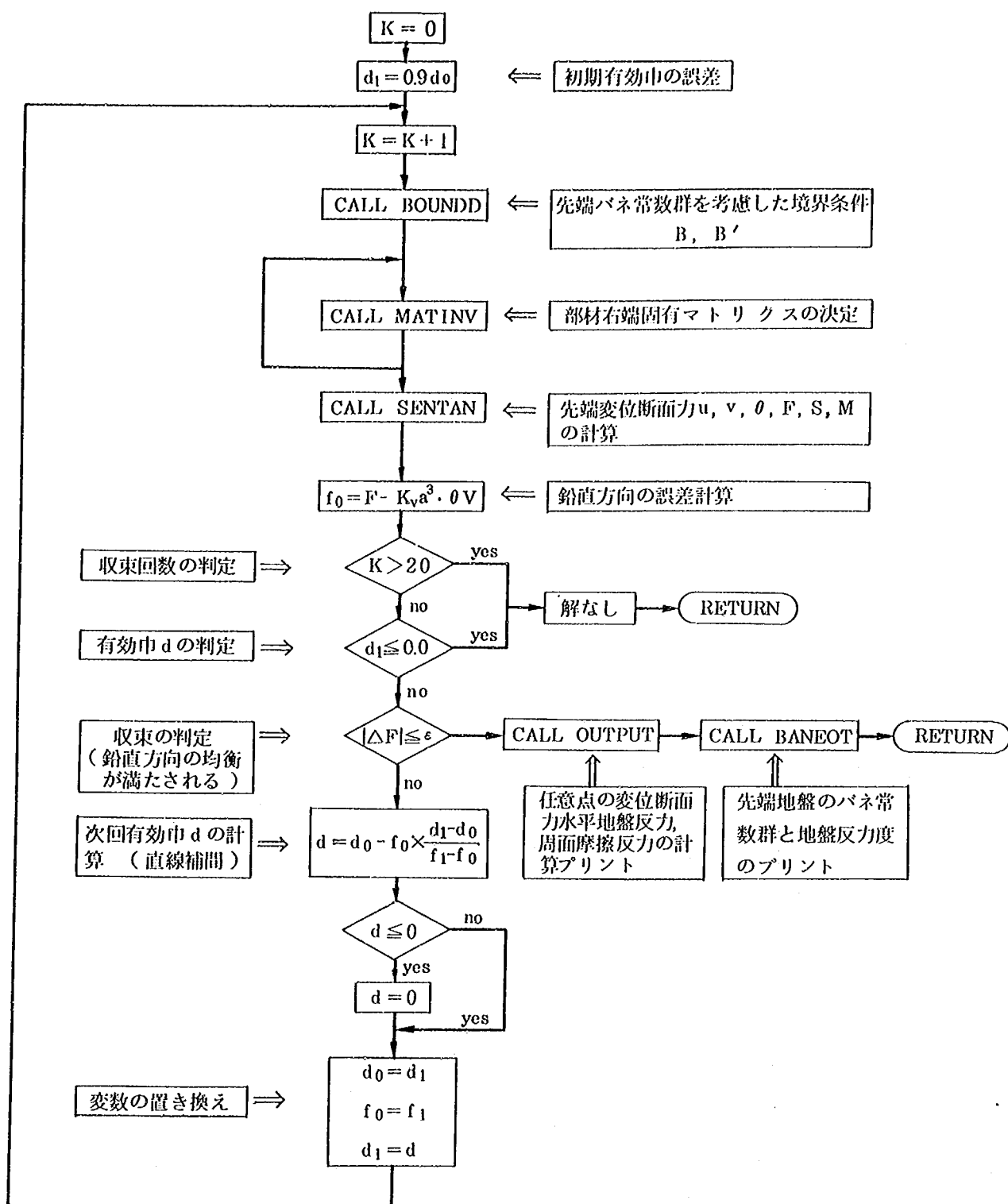
1 (長方形)

2 (円型)

3 (小判型 I)

4 (小判型 II)

メインプログラムより集積マトリクス (T、S、T_N、S_N) 及び初期鉛直方向の誤差値 (F₀)、初期有効巾 (D₀) を抜き出す。



図一 4.2 SUBROUTINE TRIALL のフローチャート

部材数の目安としては、次の値とする。

$$1 \leq \beta l \leq 2 \cdots \cdots 2 \text{ 部材}$$

$$2 \leq \beta l \leq 4 \cdots \cdots 4 \text{ 部材}$$

$$4 \leq \beta l \leq 8 \cdots \cdots 8 \text{ 部材}$$

一般に、地盤反力係数の分布が複雑な場合は、8部材要素で与えれば、精度の良い解が得られる。

(vi) 各部材要素は、指定された分割数NPによって等分割され、(NP+1)の計算点に対して解が打ち出される。

(vii) 両端の境界条件は、状態ベクトルの要素u、v、 θ 、F、S、Mのうちで、ゼロとなるもの3要素を指定することにより与える。インプットにおいては、下表に示す各要素に対応する数値を用いる。

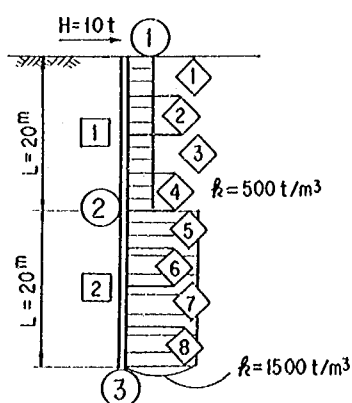
u	v	θ	F	S	M
1	2	3	4	5	6

例えば、自由端においては(4、5、6)が、単純支持端(ピン支持)においては(1、2、6)が、固定端においては(1、2、3)が選定される。その他、実状に応じて境界条件を選定すればよい。ここで、注意すべきことは、基礎下端の影響を考慮する場合のように、下端がバネ支持の場合も境界条件(4、5、6)を選定するように設定されていることである。また、基礎上端のように鉛直荷重、水平荷重、モーメント等が作用している点では $F \neq 0$ 、 $S \neq 0$ 、 $M \neq 0$ であるが、そこが自由端であれば、境界条件(4、5、6)を選定すればよい。このように、外力を除外した形で境界条件を考えればよい。

(viii) 計算のインプットに用いる単位は、すべて[t]、[m]の単位である。従って、アウトプットもすべて[t]、[m]、[radian]の単位である。

4.2.2 インプットデータ例

(1) 杭基礎の例



杭径 $D = 1.0 \text{ m}$ ，杭長 $L = 40 \text{ m}$ の鋼管が、左図のような二層地盤に打ち込まれた場合を想定する。

$$E = 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$$

$$I = 0.0238 \text{ m}^4$$

$$A = 0.09 \text{ m}^2$$

図-4.3 分割図

$$k_{11}D = 500 \times 1.0 = 500 \text{ t/m}^2$$

$$k_{12}D = 500 \times 1.0 = 500 \text{ t/m}^2$$

$$k_{21}D = 1500 \times 1.0 = 1500 \text{ t/m}^2$$

$$k_{22}D = 1500 \times 1.0 = 1500 \text{ t/m}^2$$

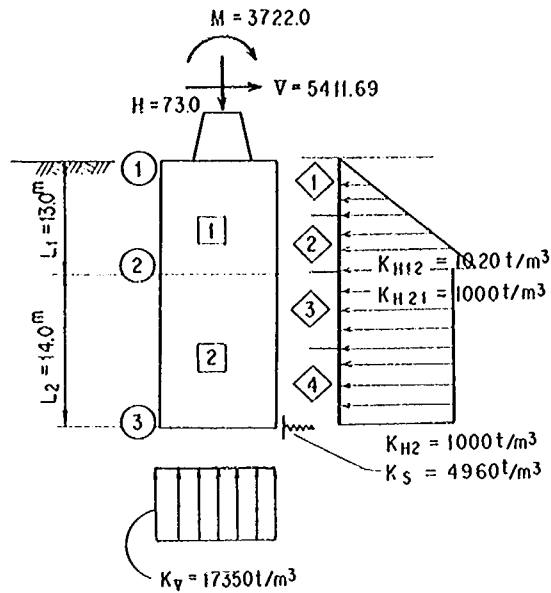
表-4.3 杭基礎の例

TITLE		SHEET OF	
		CODED BY	
5	10	15	20
25	30	35	40
45	50	55	60
65	70	75	80
CALCULATION OF PILE			
8	4	5	6
1	2	6	
4	20.0	210000000.	0.0238
500.	500.		
0.09			
4	20.0	210000000.	0.0238
500.	500.		
0.09			
4	20.0	210000000.	0.0238
500.	500.		
0.09			
4	20.0	210000000.	0.0238
500.	500.		
0.09			
4	20.0	210000000.	0.0238
500.	1500.		
0.09			
4	20.0	210000000.	0.0238
500.	1500.		
0.09			
4	20.0	210000000.	0.0238
500.	1500.		
0.09			
1	1	-10.	0.0
→基本データ			
部材特性データ			
→荷重データ			
99999			

境界条件：自由端－単純支持端各層を4分割して、8部材とした。

計算点数は、各部材要素について5点とした。

(2) ケーソンの例



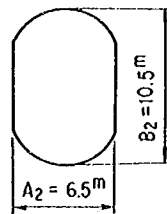
小判形 I の形状をもつ
ケーソンが、左図のよう
な地盤に施工された場合
を想定する。

$$A = 146.25 \text{ m}^2 \text{ (底面積)}$$

$$E = 2.7 \times 10^6 \text{ t/m}^2$$

$$I = 90000.0$$

図－4.4 分割図



図－4.5 底面形状

$$k_{H10} = 0 \times 10.5 = 0 \text{ t/m}^2$$

$$k_{H11} = 1020 \times 10.5 = 10710.0 \text{ t/m}^2$$

$$k_{H20} = 1000 \times 10.5 = 10500.0 \text{ t/m}^2$$

$$k_{H21} = 1000 \times 10.5 = 10500.0 \text{ t/m}^2$$

$$K_V = EKV = 17350 \text{ t/m}^3$$

$$K_S = EKS = 4960 \text{ t/m}^3$$

境界条件：自由端－自由端（底面の効果を考慮する場合、下端の境界条件は必ずフリーにする。）

4部材として計算点数は、1，2部材については5点、3，4部材については6点とした。

表-4.4 ケーソンの例

[illegible]

4.3 プログラムのアウトプット仕様

アウトプット形式のプリントフローは、図-4.6 に示す通りである。

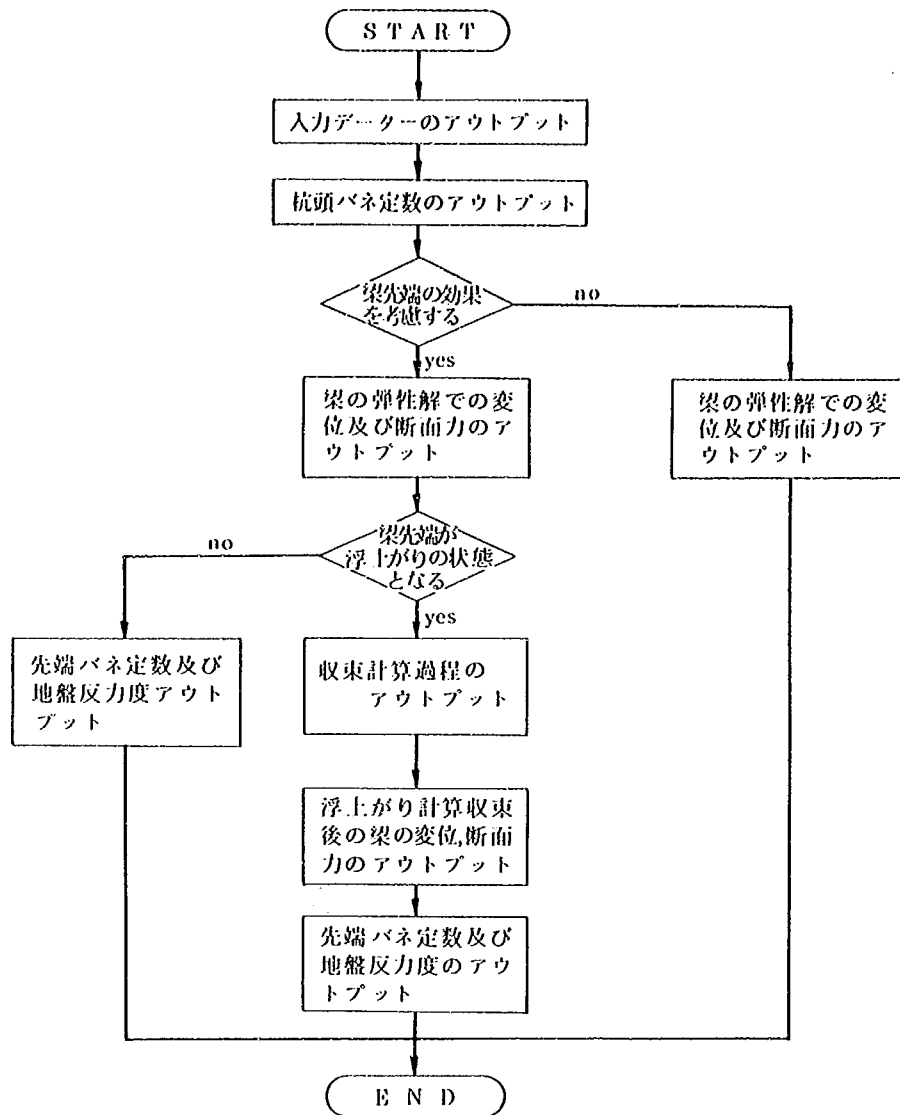


図-4.6 アウトプットのプリントフロー

ここで注意すべき点は、杭頭バネ定数 $K_1 \sim K_4$ は底面の浮き上がりが生ずる場合は、意味を持たないということである。底面に浮き上がりが生じるということは、基礎下端のバネが非線形となることを意味し、結果的に杭頭バネも非線形になってしまう。非線形バネに対して、バネ定数を定めることは不可能である。アウトプットの中には、一応、 $K_1 \sim K_4$ の値もあるが、これは底面が浮き上がりを生ずる前の底面状態に対して算定されたものであり、誤って使用しないように注意されたい。

また、 $K_1 \sim K_4$ は、基礎頭部に作用する荷重とそれによって生ずる頭部変位とによって決まる値であることから、たとえインプット条件の中に地中部で作用する荷重があった場合でも、 $K_1 \sim K_4$ は、基礎頭部荷重

のみが作用した状態で算定されていることに注意されたい。これは地中部での荷重によって生ずる基礎頭部の変位量が $K_1 \sim K_4$ の値に影響することを防ぐためにとった処置である。

$K_1 \sim K_4$ はH、Mが値を持つ限り一定値であるが、特殊解として $M=0$ の場合は、 $K_2 \sim K_4$ がゼロとなり K_1 の値も $M \neq 0$ の場合と異なってくる。このような状態は、杭とフーチングがヒンジ結合として作成された場合に生じる。道路橋示方書Ⅳ下部構造編においても、くい軸直角方向バネ定数 $K_1 \sim K_4$ は、くい頭固定の場合とくい頭ヒンジの場合 ($M=0$) の2通り定めてある。このような変位法への使用を考慮して本プログラムにおいても、 $K_1 \sim K_4$ は一般的な場合と $M=0$ の特殊な場合の2種類の値を常時アウトプットするように作成してある。変位法への適用にあたっては、杭頭の結合状態にあわせて適宜選択されたい。

なお、プリントの内容は次のようである。

NO：部材番号

DIST：計算点の位置

DEFORMATION：軸方向変位

DEFLECTION：たわみ

DEFL-ANGLE：たわみ角

AXIAL-FORCE：軸 力

SHEAR-FORCE：せん断力

MOMENT：曲げモーメント

FRONT-REACT：水平方向地盤反力

FRICT-REACT：周面摩擦反力

5. ま と め

本調査は、杭とケーソンの中間領域の基礎形式の設計法を合理化することを目的として実施したものであり、本プログラムの作成によって一応の成果を得ることができた。本プログラムの特徴を、簡単にまとめれば次のようになる。

- (1) 基礎周辺地盤を多層に分割して評価でき、また、基礎底面の浮き上がりの効果を考慮しうるプログラムであることから、半無限長の杭から大口径杭、ケーソンに到るまで任意の $\beta \cdot l$ を有する基礎形式に適用できる。
- (2) 地盤は、原則として弾性評価しており、また、マトリクス演算には伝達マトリクス法を用いているためかなり小容量の計算機にも適用しうる。
- (3) 基礎の頭部における荷重の他に、基礎の地中部における荷重をも考慮しうるため、地震時荷重や偏土圧等の計算に使用することができる。

これらの特徴の中で、特に(1)における周辺地盤を多層地盤評価しうる特徴は、本プログラムを汎用性の高いものとしている。

例えば、現行の杭の設計において、周辺地盤は均一地盤と仮定して設計が行われているが、周辺地盤の深さ方向のN値変化が激しい場合など、実情にあわないケースも多い。また、地表面付近の地盤が軟弱であったり、杭が地表面から突き出している様な場合は、杭体の剛性を地表面部や突出部で高めることにより対応することが多いが、現行の杭の設計法では、杭体剛性の変化は評価することができない。これらのように、現行設計法において、設計の簡便化を図るために除外されてきたケースについても、本設計プログラムは比較的容易に対応しうるものである。

本プログラムにおける問題点、および今後の課題をまとめれば、次のようになる。

- (1) 本プログラムは、地盤反力係数が既に与えられているものとして成りたっている。「1.調査目的」でも述べているように、設計法の統一を図るためには、地盤反力係数算定法の連続性を図る必要がある。今後の課題としては、杭、大口径杭、ケーソンの水平載荷試験データを収集し、変位量等について試験値と計算値の比較検討を行うことによって、妥当な地盤反力係数算定法を定める必要がある。
- (2) 本プログラムでは、側面地盤の塑性化の影響は地盤反力係数を小さく設定することにより対応している。このような手法によらず、地盤抵抗の上限値を予め与えておき、地盤反力がこの値を越えることにより、塑性化する手法（弾塑性計算）がより実際現象に近いものと考えられる。本プログラムを、このような手法にも対応しうるように拡張することが、今後の課題として考えられる。
- (3) 本プログラムでは、外力はすべて荷重の形で与えられている。そこで、さらに外力を地盤の変形のような強制変位量で与えるように改良すれば、地盤の塑性変位量や地震時地盤変位を考慮した設計手法にも適用しうると考えられる。

最後に本設計プログラムを作成するにあたり、多大の御協力を得た㈱建設技術研究所 榎本、楡井両氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日本港湾協会：港湾構造物設計基準、1971、PP, 5-2-46～61
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅳ下部構造編、1980. 5、PP298～307
- 3) 横 山 幸 満：くい構造物の計算法と計算例、1977. 11、PP82～111
- 4) Levinton, Z. : Elastic Foundation Analyzed by the Method of Redundant Reaction、
Proc. ASCE、Vol. 73、1947、PP. 1529～1541
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅳ下部構造編、1980. 5、PP279～289

プログラムリスト

今回作成したプログラムのリストを、以下に示す。使用機種は、「HITAC M-180」である。

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTOBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIC,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,MODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DERUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
1		C ** MEIN PROGRAM **
2		C
3	00000001	DIMENSION T(6,6),S(6),TN(6,6),SN(6),FL(6,6),FR(6),Z(6,7)
4		* X1(6),WN(6)
5	00000002	COMMON/AA/ TITLE(20),IPG
6	00000003	COMMON/BB/ NMAX,IBD(6)
7	00000004	COMMON/CC/ NP(30),AL(30),EI(30),EKA(30),EKB(30),EE(30),AI(30)
8	00000005	COMMON/DD/ KMAX,ND(100),JT(100),PA(100),PB(100),ALA(100),ALB(100)
9	00000006	COMMON/EE/ EA(30),ESA(30),ESB(30),AS(30)
10	00000007	COMMON/FF/ KATA,V1,AA,AKR,AKV,AKS,A,B,EKV,EKS
11		C
12	00000008	100 READ(5,1,END=999) TITLE
13	00000009	1 FORMAT(20A4)
14		C
15	00000010	IPG = 0
16	00000011	CALL DATAIN
17	00000012	CALL DATAW
18		C
19	00000013	CALL CALCCLL(T,S,TN,SN)
20		C
21	00000014	D = 2.0XA
22	00000015	CALL BCUNDD(FL,FR,T,S,D)
23		C
24	00000016	CALL KISDT1(FL,EI(1),AL(1),EA(1))
25		C
26	00000017	CALL KISDT2(FL,EI(1),AL(1),EA(1))
27		C
28	00000018	DO 120 I=1,6
29	00000019	DO 110 J=1,6
30	00000020	110 Z(I,J) = FL(I,J)
31	00000021	Z(I,7) = FR(I)
32	00000022	120 CONTINUE
33		C
34	00000023	CALL MATINV(Z,6,1,6,7)
35		C
36	00000024	DO 130 I=1,6
37	00000025	130 X1(I) = Z(I,7)
38		C
39	00000026	CALL OUTPUT(X1,WN,0)
40		C
41	00000027	IF (KATA.EQ.0) GO TO 100
42	00000028	IF (WN(4).GE.0.0) GO TO 100
43		
44	00000029	G2 = ABS(WN(4)) / AA - EKV*ABS(WN(3))
45	00000030	G1 = ABS(WN(4)) / AA + EKV*ABS(WN(3))
46	00000031	IF (G2.LT.0.0) GO TO 140
47	00000032	CALL PAHEQT(G,G1,G2,D,0.0)
48	00000033	GO TO 100
49		C
50	00000034	140 H = ABS(WN(4)) - EKV*ABS(WN(3))*V1
51	00000035	EPSS=0.001*ABS(WN(4))
52	00000036	IF (ABS(H).GT.EPSS) GO TO 150
53	00000037	G1=EKV*ABS(WN(3))*A

```

54      00000038      CALL SARECT(S,Q1,Q.0,D,H)
55      00000039      GO TO 100
56
57      00000040      C      150 CALL TRIALL(T,S,TN,SN,H,D)
58      00000041      GO TO 100
59      C
60      00000042      999 STOP
61      00000043      END

```

*MEMORY REQUIREMENTS 00002112(000840) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00043, PROGRAM NAME=MAIN

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTOOBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),ESCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOCOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NORSTMT,NOTERN,NOCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
62		C ** DATA READ **
63	00000001	SUBROUTINE DATAIN
64	00000002	COMMON/BB/ NMAX, I=0(6)
65	00000003	COMMON/CC/ NP(30),AL(30),EI(30),EKA(30),EKB(30),EE(30),AI(30)
66	00000004	COMMON/DD/ KMAX,ND(100),JT(100),PA(100),PB(100),ALA(100),ALB(100)
67	00000005	COMMON/EE/ EA(30),ESA(30),ESS(30),AS(30)
68	00000006	COMMON/FF/ KATA,V1,AA,AKK,AKV,AKS,A,B,EKV,EKS
69		C
70	00000007	READ(5,1) NMAX,I=0,KATA,A,B,EKV,EKS
71	00000008	DO 100 I=1,NMAX
72	00000009	READ(5,2) NP(I),AL(I),EE(I),AI(I),EKA(I),EKB(I)
73	00000010	READ(5,4) AS(I),ESA(I),ESS(I)
74	00000011	EA(I) = EE(I) * AS(I)
75	00000012	100 EI(I) = EE(I) * AI(I)
76		C
77	00000013	K = 0
78	00000014	110 K = K + 1
79	00000015	READ(5,3) ND(K),JT(K),PA(K),PB(K),ALA(K),ALB(K)
80	00000016	IF (ND(K).LE.NMAX) GO TO 110
81	00000017	KMAX = K - 1
82		C
83	00000018	RETURN
84		C
85	00000019	1 FORMAT(H15,4F10.0)
86	00000020	2 FORMAT(15,5X,5F10.0)
87	00000021	3 FORMAT(215,4F10.0)
88	00000022	4 FORMAT(16F10.5)
89		C
90	00000023	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00000864(000360) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00023, PROGRAM NAME=DATAIN

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),ERCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOSUSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NORSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
91		C ** DATA WRITE **
92	00000001	SUBROUTINE DATWT
93	00000002	REAL*8 JBD(2)/ ' LEFT ' , ' RIGHT ' /
94	00000003	REAL*8 TYPE(4)/ ' KUKAI ' , ' ENKEI ' , ' KOBAN-1 ' , ' KOBAN-2 ' /
95	00000004	REAL*8 KTYPE(4)/ ' CONCT(S)' , ' DISTRIBU' , ' MOMENT ' , ' CONCT(F)' /
96	00000005	COMMON/BB/ NMAX,ISD(6)
97	00000006	COMMON/CC/ VP(30),AL(30),EI(30),EKA(30),EKS(30),EE(30),AI(30)
98	00000007	COMMON/DD/ KMAX,KJ(100),JT(100),PA(100),PB(100),ALA(100),ALB(100)
99	00000008	COMMON/EE/ EA(30),ESA(30),ESB(30),AS(30)
100	00000009	COMMON/FF/ KATA,V1,AA,AKR,AKV,AKS,A,S,EKV,EKS
101		C
102	00000010	CALL HEADWT
103	00000011	IF (KATA.EQ.0) GO TO 99
104	00000012	A2 = A
105	00000013	B2 = B
106	00000014	A = 0.5*A
107	00000015	B = 0.5*B
108	00000016	CALL GDRANE(A2)
109	00000017	WRITE(6,11)
110	00000018	WRITE(6,12) TYPE(KATA),A2,B2,AA,EKV,EKS
111	00000019	99 CONTINUE
112	00000020	WRITE(6,1) NMAX
113	00000021	WRITE(6,2)
114	00000022	WRITE(6,3) JBD(1),(IED(J),J=1,3)
115	00000023	WRITE(6,3) JBD(2),(IED(J),J=4,6)
116	00000024	WRITE(6,4)
117	00000025	WRITE(6,5)
118	00000026	DO 100 I=1,NMAX
119	00000027	100 WRITE(6,6) I,VP(I),AL(I),EE(I),AI(I),AS(I),EKA(I),EKS(I)
120		* ,ESA(I),ESB(I)
121		C
122	00000028	JP = 26 + NMAX
123	00000029	WRITE(6,7)
124	00000030	WRITE(6,8)
125	00000031	DO 120 K=1,KMAX
126	00000032	JP = JP + 1
127	00000033	IF (JP .LE. 64) GO TO 110
128	00000034	CALL HEADWT
129	00000035	WRITE(6,7)
130	00000036	WRITE(6,8)
131	00000037	JP = 10
132	00000038	110 WRITE(6,9) WD(K),KTYPE(JT(K)),PA(K),PB(K),ALA(K),ALB(K)
133	00000039	120 CONTINUE
134		C
135	00000040	RETURN
136		C
137	00000041	1 FORMAT(//10X,10H* MEMBER =,I3,2H *//)
138	00000042	2 FORMAT(10X,12H* BOUNDARY *)
139	00000043	3 FORMAT(/15X,A8,5H = (,I1,3H , ,I1,3H , ,I1,2H))
140	00000044	4 FORMAT(//10X,15H* MEMBER DATA */)
141	00000045	5 FORMAT(2X,1HJ,
142		* 60H VP L E I ,
143		* 60H A KH0 KH1 KS0 ,

```

144      * 5H KS1 /)
145      00000046      6 FORMAT( 2X,2I5,F15.3,F15.1,F15.5,F15.2,4F15.2)
146      00000047      7 FORMAT(//10X,13H* LOAD DATA */)
147      00000048      8 FORMAT(14X,1HM,6X,4HTYPE,13X,2HP1,13X,2HP2,9X,2HL2,6X,2HL2/)
148      00000049      9 FORMAT(10X,I5,2X,A6 ,3X,2F15.3,2F10.3)
149      00000050     11 FORMAT(//10X,55H* SUZAI DANMEN KEIJYO TO SENTAN JIBAN HANRYOKU KEI
150      *SUU */)
151      00000051     12 FORMAT(15X,7HKATA = ,A8,5X,4HA2 =,F5.1,3X,4HB2 =,F5.1,6X,4HA0 =
152      *      ,F8.2,6X,4HKV =
153      *      ,F8.1,3X,4HKS =,F5.1)
154
155      00000052      C      END

```

*MEMORY REQUIREMENTS 00001952(0007A0) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00052, PROGRAM NAME=DATAWT

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
*OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOS,AP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
156		C ** TITLE **
157	00000001	SUBROUTINE HEADWT
158	00000002	COMMON/AA/ TITLE(20),IPG
159		C
160	00000003	IPG = IPG + 1
161	00000004	WRITE(6,1) TITLE,IPG
162	00000005	1 FORMAT(1H1//10X,20A4,10X,6HPAGE -,I3)
163		C
164	00000006	RETURN
165	00000007	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00000360(000168) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00007, PROGRAM NAME=HEADWT

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),ESCDIK,FRRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NORDERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
166		C BANE JYCUSU NO KEISAN
167	00000001	SUBROUTINE GOBANE(0)
168	00000002	COMMON/FF/KATA,V1,AA,AKR,AKV,AKS,A,B,EKV,EKS
169	00000003	CT=(0-A)/B
170	00000004	CS=D/A-1.0
171	00000005	CE=1.0-CS**2
172	00000006	IF(0.0001+CE) 6,5,5
173	00000007	6 CE=0.0
174	00000008	5 SN=SQRT(CE)
175	00000009	BT=ATAN(SN/CS)
176	00000010	PA=3.141593
177	00000011	AN=B/A
178	00000012	GO TO (10,20,20,30),KATA
179	00000013	10 AA=2.0*B*(A+B*CT)
180	00000014	V1=AN*(1.0+AN*CT)**2
181	00000015	V2=V1*(2.0-AN*CT)/3.0
182	00000016	GO TO 50
183	00000017	20 IF(BT) 21,22,22
184	00000018	21 BT=BT+PA
185	00000019	22 AA=A**2*(PA-BT+SN*CS)+2.0*A*(B-A)*(1.0+CS)
186	00000020	V1=2.0*SN**3/3.0+SN*CS**2+(PA-BT)*CS+(AN-1.0)*(1.0+CS)**2
187	00000021	SN4=4.0*SN*CS*(CS**2-SN**2)
188	00000022	V2=2.0*SN**3*CS/3.0+0.25*(PA-BT)+0.0625*SN4
189		1+(AN-1.0)*(1.0+CS)**2*(2.0-CS)/3.0
190	00000023	GO TO 50
191	00000024	30 IF(0+B-2.0*A) 40,40,31
192	00000025	31 CS=(0+B-2.0*A)/B
193	00000026	SN=SQRT(1.0-CS**2)
194	00000027	BT=ATAN(SN/CS)
195	00000028	AA=4.0*A*B-B**2*(4.0-PA+BT-SN*CS)
196	00000029	V1=AN**3*(2.0*SN**3/3.0+SN*CS**2+(PA-BT)*CS)+
197		1AN*(1.0-AN)*(4.0+AN*(PA+4.0*CS-4.0))
198	00000030	V2=AN**4*(0.125*PA-0.5*SN**3*CS+0.25*(SN*CS+0.5*PA-BT))+
199		1AN**3*(2.0*(1.0-AN-AN*CS)*(1.0-SN**3)/3.0-
200		2(1.0-AN)*CS*(0.5*PA-BT+SN*CS)+2.0*(3.0-3.0*AN+AN*CS))+
201		30.5*PA*AN**2*(1.0-AN)*(2.0-2.0*AN+AN*CS)+
202		44.0*AN*(1.0-AN)**3/3.0
203	00000031	GO TO 50
204	00000032	40 AA=2.0*A*B+B**2*(0.5*PA+2.0*CT-2.0)
205	00000033	V1=2.0*AN**3/3.0+0.5*PA*AN**2*(1.0-AN+AN*CT)+AN*(1.0-AN+AN*CT)**2
206	00000034	V2=AN**4*(0.125*PA-CT**3/3.0)+2.0*AN**3*(2.0-2.0*AN+AN*CT)/3.0+
207		1AN**2*((1.0-AN)**2*CT+0.5*PA*(1.0-AN)*(1.0-AN+AN*CT))+
208		22.0*AN*(1.0-AN)**3/3.0
209	00000035	50 AKR=EKV*A**4*V2
210	00000036	AKV=EKV*AA
211	00000037	AKS=EKS*AA
212	00000038	RETURN
213	00000039	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00002176(000880) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00039, PROGRAM NAME=GOBANE

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
214		C ** LN NO KEISAN **
215	00000001	SUBROUTINE CALCLL(R0,W,T,S)
216	00000002	DIMENSION T(6,6),R0(6,6),R1(6,6),Z(6,12),F(6,6),S(6),VECT(6)
217		* ,W(6)
218	00000003	COMMON/88/ NMAX,IBD(6)
219	00000004	COMMON/CC/ NP(30),AL(30),EI(30),EKA(30),EKB(30),EE(30),AI(30)
220	00000005	COMMON/DD/ KMAX,N0(100),JT(100),PA(100),PB(100),ALA(100),ALB(100)
221	00000006	COMMON/EE/ EA(30),ESA(30),ESB(30),AS(30)
222	00000007	EQUIVALENCE (Z(1,7),R1(1,1))
223		C
224	00000008	DO 110 I=1,6
225	00000009	DO 100 J=1,6
226	00000010	100 T(I,J) = 0.0
227	00000011	T(I,I) = 1.0
228	00000012	S(I) = 0.0
229	00000013	110 CONTINUE
230		C
231	00000014	DO 180 N=1,NMAX
232	00000015	IF (N .EQ. 1) GO TO 130
233		C
234	00000016	CALL GOOSEI(0.0,R0,EI(N),AL(N),EA(N))
235		C
236	00000017	DO 111 I=1,6
237	00000018	DO 111 J=1,6
238	00000019	111 Z(I,J) = R0(I,J)
239	00000020	CALL MATINV(Z,6,6,6,12)
240		C
241	00000021	CALL MATMAT(F,T,R0,6)
242	00000022	CALL MATMAT(R1,R0,T,6)
243		C
244	00000023	CALL MATMAT(F,S,VECT,1)
245	00000024	DO 120 I=1,6
246	00000025	120 VECT(I) = VECT(I) + W(I)
247	00000026	CALL MATMAT(R1,VECT,S,1)
248		C
249	00000027	130 CALL GOOSEI(1.0,R1,EI(N),AL(N),EA(N))
250		C
251	00000028	CALL LOADKE(1.0,F,AL(N),EI(N),EKA(N),EKB(N),EA(N),ESA(N),ESB(N))
252	00000029	DO 140 I=1,6
253	00000030	140 F(I,I) = 1.0 + F(I,I)
254	00000031	DO 150 I=1,6
255	00000032	150 W(I) = 0.0
256	00000033	DO 170 K=1,KMAX
257	00000034	IF (N0(K) .NE. N) GO TO 170
258	00000035	CALL LOAD(JT(K),VECT,1.0,EI(N),AL(N),PA(K),PB(K),ALA(K),ALB(K),
259		* EA(N))
260	00000036	DO 160 I=1,6
261	00000037	160 W(I) = W(I) + VECT(I)
262	00000038	170 CONTINUE
263		C
264	00000039	180 CONTINUE
265		C
266	00000040	CALL MATMAT(F,T,R0,6)

```

267      C
268      00000041      CALL MATMAT(F,S,VECT,1)
269      00000042      DO 190 I=1,6
270      00000043      190 W(I) = A(I) + VECT(I)
271      C
272      00000044      RETURN
273      00000045      END

```

*MEMORY REQUIREMENTS 00002440(000988) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00045, PROGRAM NAME=CALCLL

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),ESCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NOCHECK,NOGOSTMT,NDSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
274		C ** BOUNDARY **
275	00000001	SUBROUTINE BOUNDD(A,B,T,C,D)
276	00000002	DIMENSION A(6,6),B(6),T(6,6),C(6),R(6,6),RB(6,6),RC(6,6)
277	00000003	COMMON/BB/ NMAX,I8D(6)
278	00000004	COMMON/CC/ NP(30),AL(30),EI(30),EKA(30),EKB(30),EE(30),AI(30)
279	00000005	COMMON/EE/ EA(30),ESA(30),ESB(30),AS(30)
280	00000006	COMMON/FF/ KATA,V1,AA,AKR,AKV,AKS,A2,B2,EKV,EKS
281		C
282	00000007	CALL GOOSEI(0.0,R,EI(1),AL(1),EA(1))
283	00000008	DO 100 I=1,3
284	00000009	II = I8D(I)
285	00000010	DO 100 J=1,6
286	00000011	100 A(I,J) = R(II,J)
287	00000012	CALL GOOSEI(1.0,R,EI(NMAX),AL(NMAX),EA(NMAX))
288		C
289	00000013	IF (KATA .EQ. 0) GO TO 109
290	00000014	CALL GDBANE(D)
291	00000015	DO 102 I=1,6
292	00000016	DO 101 J=1,6
293	00000017	101 RB(I,J) = 0.
294	00000018	102 RB(I,I) = 1.0
295	00000019	RB(4,1) = +AKV
296	00000020	RB(5,2) = +AKS
297	00000021	RB(6,3) = -AKR
298	00000022	CALL MATMAT(RB,R,RC,6)
299	00000023	DO 103 I=1,6
300	00000024	DO 103 J=1,6
301	00000025	103 R(I,J) = RC(I,J)
302		C
303	00000026	109 DO 110 I=4,6
304	00000027	II = I8D(I)
305	00000028	DO 110 J=1,6
306	00000029	110 A(I,J) = R(II,J)
307		C
308	00000030	DO 120 I=1,3
309	00000031	120 B(I) = 0.0
310	00000032	DO 140 I=4,6
311	00000033	S = 0.0
312	00000034	DO 130 J=1,6
313	00000035	130 S = S - A(I,J) * C(J)
314	00000036	B(I) = S
315	00000037	140 CONTINUE
316		C
317	00000038	DO 160 I=4,6
318	00000039	DO 160 J=1,6
319	00000040	S = 0.0
320	00000041	DO 150 K=1,6
321	00000042	150 S = S + A(I,K) * T(K,J)
322	00000043	R(I,J) = S
323	00000044	160 CONTINUE
324	00000045	DO 170 I=4,6
325	00000046	DO 170 J=1,6
326	00000047	170 A(I,J) = R(I,J)

```
327      C
328      00000048      RETURN
329      00000049      END
```

*MEMORY REQUIREMENTS 00002134(000888) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00049, PROGRAM NAME=SGOUND

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NDSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NDERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
330		C ** GOOSEI MATRIX **
331		C
332	00000001	SUBROUTINE GOOSEI(ROW,R,EI,EL,EA)
333	00000002	DIMENSION R(6,6)
334		C
335	00000003	DO 100 I=1,6
336	00000004	DO 100 J=1,6
337	00000005	100 R(I,J) = 0.0
338		C
339	00000006	R(1,1) = 1.
340	00000007	R(1,2) = ROW
341	00000008	R(4,2) = EA/EL
342	00000009	R(2,3) = 1.0
343	00000010	R(2,4) = ROW
344	00000011	R(2,5) = ROW ** 2
345	00000012	R(2,6) = ROW ** 3
346	00000013	R(3,4) = 1.0 / EL
347	00000014	R(3,5) = 2.0 * ROW / EL
348	00000015	R(3,6) = 3.0 * ROW ** 2 / EL
349	00000016	R(5,6) = - 6.0 * EI / EL ** 3
350	00000017	R(6,5) = - 2.0 * EI / EL ** 2
351	00000018	R(6,6) = - 2.0 * EI / EL ** 2 * 3.0 * ROW
352		C
353	00000019	RETURN
354	00000020	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00000840(000348) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00020, PROGRAM NAME=GOOSEI

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
355		C ** A**=C **
356	00000001	SUBROUTINE MATMAT(A,B,C,NJ)
357	00000002	DIMENSION A(6,1),B(6,1),C(6,1)
358		C
359	00000003	DO 110 I=1,6
360	00000004	DO 110 J=1,NJ
361	00000005	S = 0.0
362	00000006	DO 100 K=1,6
363	00000007	100 S = S + A(I,K) * B(K,J)
364	00000008	C(I,J) = S
365	00000009	110 CONTINUE
366		C
367	00000010	RETURN
368	00000011	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00000640(000280) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00011, PROGRAM NAME=MATMAT

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NOGECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
369		C ** RENRITSU HOOTEISIKI **
370	00000001	SUBROUTINE MATINV(Z,N,MJ,IA,JA)
371	00000002	DIMENSION Z(IA,JA)
372	00000003	125 L = N + MJ
373	00000004	100 DO 1000 I=1,N
374	00000005	II = I + 1
375	00000006	W = Z(I,I) * Z(I,I)
376	00000007	M = I
377	00000008	IF (I .EQ. N) GO TO 111
378	00000009	110 DO 1100 J=II,N
379	00000010	TJ = Z(J,I) * Z(J,I)
380	00000011	D = W - TJ
381	00000012	IF (D .GE. 0.) GO TO 1100
382	00000013	M = J
383	00000014	W = TJ
384	00000015	1100 CONTINUE
385	00000016	111 IF (W.EQ. 0.) GO TO 120
386	00000017	IF (M .EQ. I) GO TO 700
387	00000018	GO TO 320
388	00000019	120 WRITE(6,1200) I
389	00000020	1200 FORMAT(1H,5X,23H CHECK THE INPUT MATRIX ,3X,12 /)
390	00000021	GO TO 500
391	00000022	320 DO 3200 J=I,L
392	00000023	W = Z(M,J)
393	00000024	Z(M,J) = Z(I,J)
394	00000025	Z(I,J) = W
395	00000026	3200 CONTINUE
396	00000027	700 CONTINUE
397	00000028	300 W = 1.0 / Z(I,I)
398	00000029	330 DO 3300 J=II,L
399	00000030	Z(I,J) = Z(I,J) * W
400	00000031	3300 CONTINUE
401	00000032	340 DO 3400 J=II,L
402	00000033	W = Z(I,J)
403	00000034	IF (W .EQ. 0.) GO TO 3400
404	00000035	350 DO 3500 K=1,N
405	00000036	IF (K .EQ. I) GO TO 3500
406	00000037	Z(K,J) = Z(K,J) - Z(K,I) * W
407	00000038	3500 CONTINUE
408	00000039	3400 CONTINUE
409	00000040	1000 CONTINUE
410	00000041	500 RETURN
411	00000042	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00001432(000598) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00042, PROGRAM NAME=MATINV

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTOD6L(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),ESCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NGERSTMT,NOTERY,NOCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
412		C ** NINTEN NO HENI,DORYOKU OUTPUT **
413	00000001	SUBROUTINE OUTPUT(X1,WN,NT)
414	00000002	DIMENSION X1(6),WN(6),X(6),S(6),R(6,6),T(6,6),VECT(6),Z(6,7)
415		* ,AA(6,6)
416	00000003	COMMON/BB/ NMAX,IBD(6)
417	00000004	COMMON/CC/ NP(30),AL(30),EI(30),EKA(30),EKB(30),EE(30),AI(30)
418	00000005	COMMON/DD/ KMAX,NO(100),JT(100),PA(100),PB(100),ALA(100),ALB(100)
419	00000006	COMMON/EE/ EA(30),ESA(30),ESB(30),AS(30)
420	00000007	EQUIVALENCE (Z(1,1),AA(1,1)),(Z(1,7),X(1))
421		C
422	00000008	DO 100 I=1,6
423	00000009	100 X(I) = X1(I)
424		C
425	00000010	JP = 66
426	00000011	DO 180 N=1,NMAX
427		C
428	00000012	JP = JP + NP(N) + 3
429	00000013	IF (JP .LE. 64) GO TO 110
430	00000014	JP = NP(N) + 10
431	00000015	CALL HEADWT
432	00000016	IF (NT.EQ.0) GO TO 109
433	00000017	WRITE(6,21) NT
434	00000018	21 FORMAT(/10X,8HNTRIAL =,I3)
435	00000019	JP = JP + 2
436	00000020	109 WRITE(6,11)
437	00000021	110 WRITE(6,12) N
438	00000022	11 FORMAT(/6X,2HNO,4X,4HDIST, 4X,11HDEFORATION,3X,10HDEFLECTION, 14X,10HDEFL-ANGLE,4X,11HAXIAL-FORCE,3X,11HSHEAR-FORCE,6X, 16HMOMENT,5X,11HFRONT-REACT,3X,11HFRICT-REACT)
439		12 FORMAT(/3X,I5)
440		EK0 = EKA(N)
441	00000023	EK1 = EKB(N)
442	00000024	ES0 = ESA(N)
443	00000025	ES1 = ESB(N)
444	00000026	
445	00000027	
446		C
447	00000028	DR = 1.0 / FLOAT(NP(N))
448	00000029	NM=NP(N)+1
449	00000030	DO 170 M=1,NM
450		C
451	00000031	ROW = DR * FLOAT(M-1)
452	00000032	BL = ROW * AL(N)
453		C
454	00000033	CALL GOOSEI(ROW,R,EI(N),AL(N),EA(N))
455		C
456	00000034	CALL LOADKE(ROW,T,AL(N),EI(N),EKA(N),EKB(N),EA(N),ESA(N),ESB(N))
457	00000035	DO 120 I=1,6
458	00000036	120 T(I,I) = 1.0 + T(I,I)
459		C
460	00000037	DO 130 I=1,6
461	00000038	130 S(I) = 0.
462	00000039	DO 150 K=1,KMAX
463	00000040	IF (NO(K) .NE. N) GO TO 150
464	00000041	CALL LOAD(JT(K),VECT,ROW,EI(N),AL(N),PA(K),PB(K),ALA(K),ALB(K),

```

465      *          EA(N))
466      00000042      DO 140 I=1,6
467      00000043      140 S(I) = S(I) + VECT(I)
468      00000044      150 CONTINUE
469      C
470      00000045      CALL MATMAT(T,X,VECT,1)
471      00000046      DO 160 I=1,6
472      00000047      160 VECT(I) = VECT(I) + S(I)
473      00000048      CALL MATMAT(R,VECT,S,1)
474      C
475      00000049      RK =(EK0+(EK1-EK0)*ROW)*S(2)
476      00000050      RS =(ES0+(ES1-ES0)*ROW)*S(1)
477      00000051      WRITE(6,13) SL,S,RK,RS
478      00000052      13 FORMAT(8X,F10.3,8E14.5)
479      C
480      00000053      170 CONTINUE
481      C
482      00000054      IF ( N.EQ.NMAX ) GO TO 190
483      00000055      DO 171 I=1,6
484      00000056      171 Z(I,7) = S(I)
485      00000057      CALL GOOSEI(0.0,AA,EI(N+1),AL(N+1),EA(N+1))
486      00000058      CALL MATINV(Z,6,1,6,7)
487      C
488      00000059      180 CONTINUE
489      C
490      00000060      190 DO 200 I=1,6
491      00000061      200 WN(I) = S(I)
492      C
493      00000062      RETURN
494      00000063      END

```

*MEMORY REQUIREMENTS 00002880(000E40) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00063, PROGRAM NAME=OUTPUT
 *NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NGRE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOS*AP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
495		C ** KE NO KEISAN **
496		C
497	00000001	SUBROUTINE LOADKE(ROW,EL,AL,EI,E0,E1,EA,ES0,ES1)
498	00000002	DIMENSION R(6),EL(6,6)
499		C
500	00000003	G = AL**2/EA
501	00000004	R(1) = -ROW**2*G
502	00000005	R(2) = ROW *G
503	00000006	Q = AL**4 / (6.0 * EI)
504	00000007	R(3) = ROW ** 4 * G
505	00000008	R(4) = - 3.0 * ROW ** 3 * G
506	00000009	R(5) = 3.0 * ROW ** 2 * G
507	00000010	R(6) = - ROW * G
508		C
509	00000011	DO 90 I=1,6
510	00000012	DO 90 J=1,6
511	00000013	90 EL(I,J) = 0.
512	00000014	ES2 = ES1 - ES0
513	00000015	A0 = ES0 + ES2*ROW/2.
514	00000016	A1 = ES0/2.0 + ES2*ROW/3.
515	00000017	A2 = ES0/3.0 + ES2*ROW/4.
516	00000018	EL(1,1) = A1
517	00000019	EL(2,1) = A0
518	00000020	EL(1,2) = A2*ROW
519	00000021	EL(2,2) = A1*ROW
520	00000022	E2 = E1 - E0
521	00000023	A0 = E0 + E2 * ROW / 2.0
522	00000024	A1 = E0 / 2.0 + E2 * ROW / 3.0
523	00000025	A2 = E0 / 3.0 + E2 * ROW / 4.0
524	00000026	A3 = E0 / 4.0 + E2 * ROW / 5.0
525	00000027	A4 = E0 / 5.0 + E2 * ROW / 6.0
526	00000028	A5 = E0 / 6.0 + E2 * ROW / 7.0
527	00000029	A6 = E0 / 7.0 + E2 * ROW / 8.0
528		C
529	00000030	EL(3,3) = A3
530	00000031	EL(4,3) = A2
531	00000032	EL(5,3) = A1
532	00000033	EL(6,3) = A0
533	00000034	EL(3,4) = A4 * ROW
534	00000035	EL(4,4) = A3 * ROW
535	00000036	EL(5,4) = A2 * ROW
536	00000037	EL(6,4) = A1 * ROW
537	00000038	EL(3,5) = A5 * ROW ** 2
538	00000039	EL(4,5) = A4 * ROW ** 2
539	00000040	EL(5,5) = A3 * ROW ** 2
540	00000041	EL(6,5) = A2 * ROW ** 2
541	00000042	EL(3,6) = A6 * ROW ** 3
542	00000043	EL(4,6) = A5 * ROW ** 3
543	00000044	EL(5,6) = A4 * ROW ** 3
544	00000045	EL(6,6) = A3 * ROW ** 3
545		C
546	00000046	DO 100 I=1,6
547	00000047	DO 100 J=1,6

```
548      00000048      100 EL(I,J) = EL(I,J) * R(I)
549      00000049      C
550      00000049      RETURN
551      00000050      END
```

*MEMORY REQUIREMENTS 00001616(000650) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00050, PROGRAM NAME=LOADKE
*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),ESCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERY,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
552		C ** LOAD VECTOR **
553		C
554	00000001	SUBROUTINE LOAD(JT,VECT,ROW,EI,EL,P1,P2,AL1,AL2,EA)
555	00000002	DIMENSION VECT(1)
556		C
557	00000003	DO 100 I=1,6
558	00000004	100 VECT(I) = 0
559		C
560	00000005	A = AL1 / EL
561	00000006	IF (ROW - A) 110,130,130
562	00000007	110 PS = A - ROW
563	00000008	IF (PS - 1.0E-5) 130,120,120
564	00000009	120 RETURN
565		C
566	00000010	130 GO TO (1000,2000,3000,4000) , JT
567		C
568	00000011	1000 Z = P1*EL ** 3 / (6.0 * EI)
569	00000012	VECT(3) = - Z * A ** 3
570	00000013	VECT(4) = 3.0 * Z * A ** 2
571	00000014	VECT(5) = -3.0 * Z * A
572	00000015	VECT(6) = Z
573	00000016	RETURN
574		C
575	00000017	2000 B = AL2 / EL
576	00000018	T = P1
577	00000019	S = P2
578	00000020	IF (ROW - B) 2200,2100,2100
579	00000021	2100 ROW1 = B
580	00000022	GO TO 2300
581	00000023	2200 ROW1 = ROW
582	00000024	2300 Z = EL ** 4 / (120.0 * EI)
583	00000025	R1 = ROW1 - A
584	00000026	R2 = ROW1 ** 2 - A ** 2
585	00000027	R3 = ROW1 ** 3 - A ** 3
586	00000028	R4 = ROW1 ** 4 - A ** 4
587	00000029	R5 = ROW1 ** 5 - A ** 5
588	00000030	QQQ = (S - T) / (B - A)
589	00000031	QQQ = (B * T - A * S) / (B - A)
590	00000032	VECT(3) = Z * (- 5.0 * QQQ * R4 - 4.0 * QQL * R5)
591	00000033	VECT(4) = Z * (20.0 * QQQ * R3 + 15.0 * QQL * R4)
592	00000034	VECT(5) = Z * (-30.0 * QQQ * R2 - 20.0 * QQL * R3)
593	00000035	VECT(6) = Z * (20.0 * QQQ * R1 + 10.0 * QQL * R2)
594	00000036	RETURN
595		C
596	00000037	3000 Z = P1 * EL ** 2 / (2.0 * EI)
597	00000038	VECT(3) = - Z * A ** 2
598	00000039	VECT(4) = 2.0 * Z * A
599	00000040	VECT(5) = - Z
600	00000041	RETURN
601		C
602	00000042	4000 Z = P1*EL/EA
603	00000043	VECT(1) = Z*A
604	00000044	VECT(2) = -Z

605	00000045		RETURN
606		C	
607	00000046		END

*MEMORY REQUIREMENTS 00001536(000600) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00046, PROGRAM NAME=LOAD

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTODBL(MONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NONCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
608		C ** BANE JYOSU PRINT **
609	00000001	SUBROUTINE BANEOT(NT,Q1,Q2,D,EPS)
610	00000002	COMMON/FF/ KATA,V1,AA,AKR,AKV,AKS,A,B,EKV,EKS
611		C
612	00000003	CALL HEADNT
613	00000004	WRITE(6,1)
614	00000005	WRITE(6,2) NT
615	00000006	WRITE(6,3) EPS
616	00000007	WRITE(6,4) D
617	00000008	WRITE(6,5) AA
618	00000009	WRITE(6,6) V1
619	00000010	WRITE(6,7) AKV
620	00000011	WRITE(6,8) AKS
621	00000012	WRITE(6,9) AKR
622	00000013	WRITE(6,10) Q1
623	00000014	WRITE(6,11) Q2
624	00000015	RETURN
625	00000016	1 FORMAT(//10X,45H* SENTAN JIBAN NO BANE JYOSUU TO HANRYOKUDO */)
626	00000017	2 FORMAT(15X, 5HN =,I5)
627	00000018	3 FORMAT(15X, 5HEPS =,E12.4)
628	00000019	4 FORMAT(15X, 5HD =,E12.4)
629	00000020	5 FORMAT(15X, 5HA =,E12.4)
630	00000021	6 FORMAT(15X, 5HMU1 =,E12.4)
631	00000022	7 FORMAT(15X, 5HAKV =,E12.4)
632	00000023	8 FORMAT(15X, 5HAKS =,E12.4)
633	00000024	9 FORMAT(15X, 5HAKR =,E12.4)
634	00000025	10 FORMAT(15X, 5HQ1 =,E12.4)
635	00000026	11 FORMAT(15X, 5HQ2 =,E12.4)
636		C
637	00000027	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00000912(000390) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00027, PROGRAM NAME=BAEOT

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTOOBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
638		C ** SYUSOKU KEISAN **
639	00000001	SUBROUTINE TRIALL(T,S,TN,SN,F0,D0)
640	00000002	DIMENSION T(6,6),S(6,6),TN(6,6),SN(6),FL(6,6),FR(6),Z(6,7),X1(6)
641		* ,WN(6)
642	00000003	COMMON/FF/ KATA,V1,AA,AKR,AKV,AKS,A,B,EKV,EKS
643		C
644	00000004	WRITE(6,1)
645	00000005	KN = 0
646	00000006	WRITE(6,2) KN,D0,F0
647	00000007	1 FORMAT(1H1/14X,1HK,7X,1HD,10X,3HEPS,11X,4HTETA,13X,1HF,14X,
648		12HAA,11X,3HAKR,11X,3HAKV,11X,3HAKS/)
649	00000008	2 FORMAT(10X,15,F10.3,7E15.5)
650		C
651	00000009	KNMAX = 20
652	00000010	D1 = 0.9*D0
653	00000011	100 KN = KN + 1
654	00000012	CALL BOUNDD(FL,FR,T,S,D1)
655	00000013	DO 120 I=1,6
656	00000014	DO 110 J=1,6
657	00000015	110 Z(I,J) = FL(I,J)
658	00000016	120 Z(I,7) = FR(I)
659	00000017	CALL MATINV(Z,6,1,6,7)
660	00000018	DO 130 I=1,6
661	00000019	130 X1(I) = Z(I,7)
662	00000020	CALL SENTAN(X1,TN,SN,WN)
663	00000021	TT = WN(3)
664	00000022	FF = WN(4)
665		C
666	00000023	EPS=0.01*ABS(FF)
667		C
668	00000024	F1 = ABS(FF) - EKV*AKK*3*ABS(TT)*V1
669	00000025	WRITE(6,2) KN,D1,F1,TT,FF,AA,AKR,AKV,AKS
670	00000026	IF (KN.GE.KNMAX) GO TO 200
671	00000027	IF (ABS(F1).LE.EPS) GO TO 300
672		C
673	00000028	D = D0 - F0*(D1-D0)/(F1-F0)
674	00000029	D0 = D1
675	00000030	F0 = F1
676	00000031	D1 = D
677	00000032	GO TO 100
678		C
679	00000033	200 WRITE(6,3)
680	00000034	3 FORMAT(/10X,22H* SYUSOKU KAISU OVER *)
681	00000035	GO TO 500
682		C
683	00000036	300 IF (D1.GE.0.0) GO TO 400
684	00000037	WRITE(6,4)
685	00000038	4 FORMAT(/10X,27H* SYUSOKU SEZU (D.LT.0.0) *)
686	00000039	GO TO 500
687	00000040	400 WRITE(6,5)
688	00000041	5 FORMAT(/10X,11H* SYUSOKU *)
689		C
690	00000042	500 CALL OUTPUT(X1,WN,KN)

691	00000043		G1= EKV*ARS(TT)*D1
692	00000044		Q2 = 0.
693	00000045		CALL SANEOT (KN,G1,Q2,D1,F1)
694		C	
695	00000046		RETURN
696	00000047		END

*MEMORY REQUIREMENTS 00001960(0007A8) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00047, PROGRAM NAME=TRIAL
 *NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTOOBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),E8CDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NOERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
697		C ** SENTAN NO HENI TO OORYOKU **
698	00000001	SUBROUTINE SENTAN(X1,TN,SN,WN)
699	00000002	DIMENSION X1(6),TN(6,6),SN(6),WN(6),XN(6),R(6,6),T(6,6),VECT(6)
700	00000003	COMMON/BB/ NMAX,IBD(6)
701	00000004	COMMON/CC/ NP(30),AL(30),EI(30),EKA(30),EKB(30),EE(30),AI(30)
702	00000005	COMMON/DD/ KMAX,NO(100),JT(100),PA(100),PB(100),ALA(100),ALB(100)
703	00000006	COMMON/EE/ EA(30),ESA(30),ESB(30),AS(30)
704		C
705	00000007	CALL MATMAT(TN,X1,XN,1)
706	00000008	DO 50 I=1,6
707	00000009	50 XN(I)=XN(I)+SN(I)
708	00000010	N = NMAX
709	00000011	CALL GOOSEI(1.0,R,EI(N),AL(N),EA(N))
710	00000012	CALL LOADKE(1.0,T,AL(N),EI(N),EKA(N),EKB(N),EA(N),ESA(N),ESB(N))
711	00000013	DO 100 I=1,6
712	00000014	100 T(I,I) = 1.0 + T(I,I)
713		C
714	00000015	DO 110 I=1,6
715	00000016	110 WN(I) = 0.
716	00000017	DO 130 K=1,KMAX
717	00000018	IF (NO(K).NE.N) GO TO 130
718	00000019	CALL LOAD(JT(K),VECT,1.0,EI(N),AL(N),PA(K),PB(K),ALA(K),ALB(K)
719		* ,EA(N))
720	00000020	DO 120 I=1,6
721	00000021	120 WN(I) = WN(I) + VECT(I.
722	00000022	130 CONTINUE
723		C
724	00000023	CALL MATMAT(T,XN,VECT,1)
725	00000024	DO 140 I=1,6
726	00000025	140 VECT(I) = VECT(I) + WN(I)
727	00000026	CALL MATMAT(R,VECT,WN,1)
728		C
729	00000027	RETURN
730	00000028	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00001720(0006B8) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00028, PROGRAM NAME=SENTAN

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(400),AUTODBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),FBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NOECHK,NOGDSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NODERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
731		C ** KUITO JYOSU **
732		C ** KISOTOBU GO-KETUGO **
733	00000001	SUBROUTINE KISOT1(A,EI,AL,EA)
734	00000002	COMMON/88/ NMAX,IAD(6)
735	00000003	DIMENSION A(6,6),R(6,6),ZZ(6,12),Q(3,6)
736		C
737	00000004	CALL GDSEI(0.,P,EI,AL,EA)
738		C
739	00000005	DO 100 I=1,3
740	00000006	DO 100 J=1,6
741	00000007	100 ZZ(I,J) = R(I,J)
742		C
743	00000008	DO 110 I=4,6
744	00000009	DO 110 J=1,6
745	00000010	110 ZZ(I,J) = A(I,J)
746		C
747	00000011	DO 130 I=1,6
748	00000012	DO 120 J=7,12
749	00000013	120 ZZ(I,J) = 0.
750	00000014	130 ZZ(I,I+6) = 1.
751		C
752	00000015	CALL MATINV(ZZ,6,6,6,12)
753		C
754	00000016	DO 150 I=1,3
755	00000017	DO 150 J=1,6
756	00000018	S = 0.
757	00000019	DO 140 K=1,6
758	00000020	140 S = S + R(I+3,K) * ZZ(K,J+6)
759	00000021	150 Q(I,J) = S
760		C
761	00000022	WRITE(6,3)
762	00000023	WRITE(6,4) (I,I=1,4)
763	00000024	Q22=ABS(Q(2,2))
764	00000025	Q23=ABS(Q(2,3))
765	00000026	Q32=ABS(Q(3,2))
766	00000027	Q33=ABS(Q(3,3))
767	00000028	Q11=ABS(Q(1,1))
768	00000029	WRITE(6,2) Q22,Q23,Q32,Q33,Q11
769	00000030	2 FORMAT(10X,6E15.4)
770	00000031	3 FORMAT(//10X,36H* KISO-TOBU BANE-JYOSU (GO-KETUGO) * /)
771	00000032	4 FORMAT(10X,4(8X,2HK-,I1,4X),9X,2HKV /)
772		C
773	00000033	RETURN
774	00000034	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00001856(000740) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00034, PROGRAM NAME=KISOT1

*NO ERROR IN THIS COMPILATION

*OPTIONS IN EFFECT :NAME=MAIN,SIZE(MAX),AUTOBL(NONE),LEVEL(0),LINECOUNT(60),EBCDIK,ERRS(0),NOGENERIC,FIXED,SOURCE,
 *OPTIONS IN EFFECT :NOMAP,NOLIST,OBJECT,NODECK,NOGOSTMT,NOSMAP,DEBUG,NOMEMBER,NORDERSTMT,NOTERM,NOMCHECK,NOTEST

CARD	ISN	SOURCE STATEMENT
775		C ** KISO TOBU HINJI-KETUGO **
776	00000001	SUBROUTINE KISOT2(A,EI,AL,EA)
777	00000002	COMMON/BB/ NMAX,ISD(6)
778	00000003	DIMENSION A(6,6),R(6,6),ZZ(6,12),Q(3,6)
779		C
780	00000004	CALL GOOSEI(0.,R,EI,AL,EA)
781		C
782	00000005	DO 100 I=1,3
783	00000006	DO 100 J=1,6
784	00000007	100 ZZ(I,J) = R(I,J)
785		C
786	00000008	DO 110 I=4,6
787	00000009	DO 110 J=1,6
788	00000010	110 ZZ(I,J) = A(I,J)
789		C
790	00000011	DO 113 J=1,6
791	00000012	113 ZZ(3,J) = 0.
792	00000013	ZZ(3,5) = -1.
793		C
794	00000014	DO 130 I=1,6
795	00000015	DO 120 J=7,12
796	00000016	120 ZZ(I,J) = 0.
797	00000017	130 ZZ(I,I+6) = 1.
798		C
799	00000018	CALL MATINV(ZZ,6,6,6,12)
800		C
801	00000019	DO 150 I=1,3
802	00000020	DO 150 J=1,6
803	00000021	S = 0.
804	00000022	DO 140 K=1,6
805	00000023	140 S = S + R(I+3,K) * ZZ(K,J+6)
806	00000024	150 Q(I,J) = S
807		C
808	00000025	WRITE(6,3)
809	00000026	WRITE(6,4) (I,I=1,4)
810	00000027	Q22=ABS(Q(2,2))
811	00000028	Q23=ABS(Q(2,3))
812	00000029	Q32=ABS(Q(3,2))
813	00000030	Q33=ABS(Q(3,3))
814	00000031	Q11=ABS(Q(1,1))
815	00000032	Q23=0.0
816	00000033	Q32=0.0
817	00000034	Q33=0.0
818	00000035	WRITE(6,2) Q22,Q23,Q32,Q33,Q11
819	00000036	2 FORMAT(10X,6E15.4)
820	00000037	3 FORMAT (/10X,39H* KISO-TOBU SANE-JYOSU (HINJI-KETUGO) * /)
821	00000038	4 FORMAT(10X,4(8X,2HK-,I1,4X),9X,2MKV /)
822		C
823	00000039	RETURN
824	00000040	END

*MEMORY REQUIREMENTS 00001944(000798) BYTES, SOURCE STATEMENTS=00040, PROGRAM NAME=KISOT2

大径杭の設計計算プログラムの作成

土研資料第 1601 号
昭 55・5(1980)

塩井幸武・光家康夫
清水孝男

キーワード

要旨



郵便はがき

二十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
基礎研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1601号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印