



4

土木研究所資料

第992号

土構造物の非線型解析

昭和50年3月

建設省土木研究所

土木研究所資料

第九九二号

土構造物の非線型解析

昭和五十年三月

建設省土木研究所

序

本報告書は道路盛土やアースダム等の土構造物および擁壁、矢板等の土留構造物をも含めた地盤の内部応力変形について弾性解析、非線解析用に作成したプログラム、解析例について述べたものである。

なお本報告はさきに道路事業調査費において「有限要素法による盛土等の内部応力変形解析」「二次元および軸対称問題における有限要素法」を報告したが、さらに荷重漸増法による非線形解析についてとりまとめたものである。

土木研究所 田 中 俊 彦

目 次

序

第1章 荷重漸増方式プログラム	1
1-1 概 要	1
1-2 フローチャートの概略	8
1-3 入力データ作成の説明	9
1-4 荷重漸増方式プログラム	12
第2章 荒川樋管移動に関する解析例	65
2-1 まえがき	66
2-2 基礎地盤の土質	66
2-3 計画されている堤体盛土	68
2-4 盛土施工中の樋管移動量	69
2-5 軟弱地盤上の盛土について	69
2-6 移動量に対する検討	78
2-7 ま と め	82
あ と が き	83
参 考 文 献	83
付 録	85

第1章 荷重漸増方式プログラム

1-1 概 要

土質力学における重要な問題は、土要素に荷重が作用した時に生ずる変位と応力をどのように予想するかということである。この問題を解くには従来から弾性論、塑性論が用いられてきた。しかしこれらの理論式を解くことの困難さのため、土の応力ひずみ関係や構造物としての幾何学的形状や境界条件などを単純に理想化した場合でも解析されうる問題は限られている。

近年電子計算機の発達により数値解析の分野でも新しい解析法が開発されているが、最も注目されているのが有限要素法である。これは元来変分原理とマトリクス解法とを組合せることにより線型問題の解析方法として開発されたものであるが、部分的に材料の性質が異っている問題に容易に適用し得るのみならず反復計算等を行なうことにより非線型問題にも適用し得る。

この有限要素法による二次元および軸対称状態の線型ないし非線形の解析法はたとえば土研資料 564、687 などて報告したように各方面ですでに実用化されているので、我々が実際の問題にそれらの解析法を適用する時に考慮しなければならないことはむしろ、解析対象物である土構造物の力学および構造的な性質をいかに忠実に数式化し、解析に導入するかということである。

ここでは解析に用いられる土の力学特性の表現と材料非線型解析法の 1 つとして荷重漸増方式について述べる。この方法は荷重が数個の微少増分に分割され、この各増分において土の挙動は線型であると仮定し、各増分に対する各要素の弾性常数をそれらの応力に従って変化させ解析するものである。

いま、荷重漸増法による非線型解析に用いやすい形に土の応力ひずみ関係を数式化する。

図-1 に示すような土の三軸圧縮試験から得られた非線形な曲線群を精度の高い双曲線で近似する。

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = \varepsilon / (a + b \varepsilon) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに a 、 b は実験常数であって図-2 に示すような物理的な意味を持つ。 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$ は軸ひずみ ε が無限に大きくなったときに応力ひずみ曲線が漸近するところの主応力差の極限的値である。(1) 式を変形すると

$$\frac{\varepsilon}{\sigma_1 - \sigma_3} = a + b \varepsilon \quad \dots\dots\dots (2)$$

(2) 式を用いると図 3 から a 、 b の実験常数が求められる。

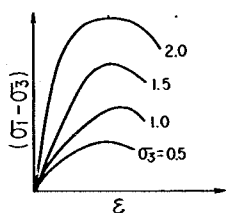


Fig-1

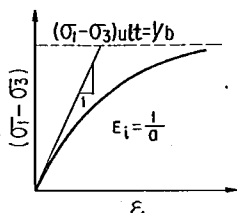


Fig-2

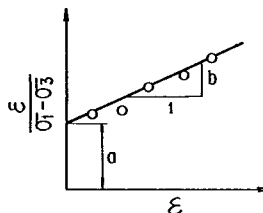


Fig-3

この応力ひずみ関係の極限值 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{ult}$ を次式で示される様に係数 Rf を用いて圧縮強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)f$ と関係づける。

$$(\sigma_1 - \sigma_3)f = Rf (\sigma_1 - \sigma_3)_{ult} \quad \text{..... (3)}$$

係数 Rf は常に 1.0 以下の値であるが、数多くの実験結果より拘束応力に関係なく 1 ~ 0.75 の間にあることが判っている。

a 、 b を初期弾性係数 E_i および圧縮強度で表わすと、(1) は次のように書かれる。ここで初期弾性係数は Fig-1 より判るように拘束応力 σ_3 の値によって異なり実験結果からの関係が求められる。

土の強度が Mohr-Coulomb failure criterion $\tau = c + \sigma \tan \phi$ により定められるとすると Mohr の応力円の幾何学性より

$$(\sigma_1 - \sigma_3)f = \frac{2C \cos \phi + 2\sigma_3 \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad \text{..... (4)}$$

なる関係が成立する。

以上より(1)式は変形されて

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = \left[\frac{\varepsilon}{\frac{1}{E_i} + \frac{\varepsilon Rf}{(\sigma_1 - \sigma_3)f}} \right] \quad \text{..... (5)}$$

となる。

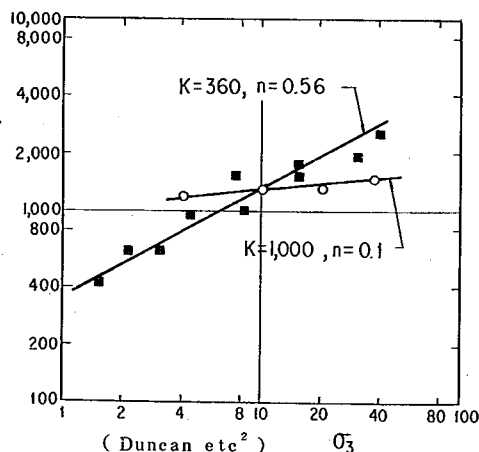
また E_i は右図に示されるように、

$$E_i = KPa (\sigma_3 / Pa)^M$$

ここに Pa : 大気圧、 K 、 M :

実験常数

(5)式で表わされる応力ひずみ関係は荷重漸増



法にとって都合がよい。それは応力ひずみ曲線の任意の点において接線係数を求める事が出来るからである。

いま最小主応力 σ_3 が const とすれば、この時の接線係数 Et は

$$Et = \frac{\alpha (\sigma_1 - \sigma_3)}{\alpha \varepsilon} \dots\dots\dots (6)$$

にて求められる。したがって(5)式より

$$Et = \frac{\frac{1}{Ei}}{\left[\frac{1}{Ei} + \frac{Rf \varepsilon}{(\sigma_1 - \sigma_3)f} \right]^2} \dots\dots\dots (7)$$

ここで

$$\varepsilon = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{Ei \left[1 + \frac{Rf (\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 - \sigma_3)f} \right]} \dots\dots\dots (8) \quad (5 \text{式より})$$

(8)を(7)に代入して簡単にすれば

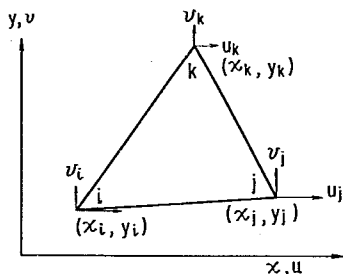
$$Et = (1 - Rf S)^2 Ei \quad \therefore S = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{(\sigma_1 - \sigma_3)f}$$

したがって任意応力状態における接線係数は次式で求まる。

$$Et = \left[1 - \frac{Rf (1 - \sin \phi) (\sigma_1 - \sigma_3)}{2 C \cos \phi + 2 \sigma_3 \sin \phi} \right] KPa \left(\frac{\sigma_3}{Pa} \right)^M$$

(1) 解析に用いる計算式

プログラムの基となる計算式は土研資料第546号に記述されているが(詳しい説明は上記資料を参照)ここでは用いた計算式を簡単に示す。



用いた三角形要素

変位関数

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x & y & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & x & y \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_6 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (1-1)$$

(a) 応力とひずみの関係式

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_{xy} \end{Bmatrix} = C_1 \begin{bmatrix} 1 & C_2 & 0 \\ C_2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-C_2}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (1-2)$$

等方性体の場合平面応力状態では

$$C_1 = \frac{E}{1-\nu^2}, \quad C_2 = \nu$$

平面ひずみ状態では

$$C_1 = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \quad C_2 = \frac{\nu}{1-\nu}$$

(b) 応力マトリクス

$$\begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{C_1}{\phi} \begin{bmatrix} y_{ik} & C_2 x_{kj} & y_{ki} & C_2 x_{ik} & y_{ij} & C_2 x_{ji} \\ C_2 y_{jk} & x_{kj} & C_2 y_{ki} & x_{ik} & C_2 y_{ij} & x_{ji} \\ \lambda_1 x_{kj} & \lambda_1 y_{jk} & \lambda_1 x_{ki} & \lambda_1 y_{ki} & \lambda_1 x_{ji} & \lambda_1 y_{ji} \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_k \\ v_k \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (1-3)$$

ここに $x_{ik} = x_i - x_k$ etc ,

$$\phi = x_{ji} * y_{ki} - x_{ki} * y_{ji},$$

$$\lambda_1 = \frac{1-C_2}{2}$$

(c) 剛性マトリクス

$$K_n = \frac{C_1 \ell}{2\phi} \begin{bmatrix} \lambda_1 x_{jk}^2 + y_{jk}^2 & & & & & \\ \lambda_2 x_{ki} y_{ik} & \lambda_1 y_{jk}^2 + x_{jk}^2 & & & & \\ \lambda_1 x_{ik} x_{kj} & \lambda_1 x_{ik} y_{jk} & \lambda_1 x_{ki}^2 + y_{ki}^2 & & & \\ + y_{jk} y_{ki} & + C_2 x_{kj} y_{ki} & & & & \\ \lambda_1 x_{kj} y_{ki} & \lambda_1 y_{jk} y_{ki} & \lambda_1 x_{ik} y_{ki} & \lambda_1 y_{ki}^2 + x_{ki}^2 & & \\ + C_2 x_{ik} y_{jk} & + x_{ki} x_{jk} & & & & \\ \lambda_1 x_{ij} y_{jk} & \lambda_1 x_{ji} y_{jk} & \lambda_1 x_{ij} x_{ki} & \lambda_1 x_{ji} y_{ki} & \lambda_1 x_{ij}^2 & \\ + y_{ij} y_{jk} & + C_2 x_{kj} y_{ij} & + y_{ij} y_{ki} & + C_2 x_{ik} y_{ij} & + y_{ij}^2 & \\ \lambda_1 x_{kj} y_{ij} & \lambda_1 y_{ij} y_{jk} & \lambda_1 x_{ik} y_{ij} & \lambda_1 y_{ij} y_{ki} & \lambda_2^2 x_{ji} y_{ij} & \lambda_1 y_{ij}^2 \\ + C_2 x_{ji} y_{jk} & + x_{ij} x_{jk} & + C_2 x_{ji} y_{ki} & + x_{ij} x_{ki} & & + x_{ij}^2 \end{bmatrix} \quad (1-3)$$

三角形要素の剛性マトリクス

$$\text{ここで } \lambda_2 = \frac{1+C_2}{2}$$

(2) 連立方程式の解法

有限要素法では節点変位と節点力を関係づける多元連立方程式をいかにうまく処理するかという事が問題になってくる。この連立方程式の解法には消去法と反復法および両者の特徴を組合せた共役傾斜法などがあげられる。前報土研資料第687号で消去法の流れを組むユニット分割法による解析例を報告したが、この報文では荷重漸増方式による土構造物の非線形解析を行なうためウェブ・フロント法による解法を用いている。

(2-1) Gauss の消去法

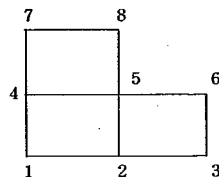
Gauss の消去法の前進消去の終った段階での連立方程式は次の型となっている。つまり

$$\left. \begin{aligned} a_{11}^{(1)}x_1 + a_{12}^{(1)}x_2 + \dots + a_{1,n-1}^{(1)}x_{n-1} + a_{1n}^{(1)}x_n &= C_1^{(1)} \\ a_{22}^{(2)}x_2 + \dots + a_{2,n-1}^{(2)}x_{n-1} + a_{2n}^{(2)}x_n &= C_2^{(2)} \\ &\vdots \\ a_{n-1,n-1}^{(n-1)}x_{n-1} + a_{n-1,n}^{(n-1)}x_n &= C_{n-1}^{(n-1)} \\ a_{nn}^{(n)}x_n &= C_n^{(n)} \end{aligned} \right\}$$

ここで右上の添字は消去法の第何段目における値ということを示す。

図-1 の場合の係数行列Aは次のようになる。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & a_{14} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & a_{25} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & 0 & 0 & a_{36} & 0 & 0 \\ a_{41} & 0 & 0 & a_{44} & a_{45} & 0 & a_{47} & 0 \\ 0 & a_{52} & 0 & a_{54} & a_{55} & a_{56} & 0 & a_{58} \\ 0 & 0 & a_{63} & 0 & a_{65} & a_{66} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{74} & 0 & 0 & a_{77} & a_{78} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{85} & 0 & a_{87} & a_{88} \end{bmatrix}$$



ガウスの消去法の第一段は a_{11} を軸として a_{11} 以外の1列目の全要素を消去することである。これは $a_{ij}^{(1)}$ を1段消去後の要素とするとき

$$DO i = 2, 8$$

$$DO j = 2, 8$$

$$a_{ij}^{(1)} = a_{ij} - \frac{a_{i1} * a_{1j}}{a_{11}}$$

なる演算を行なう事になる。新しく出来た行列 $A^{(1)}$ は

$$A^{(1)} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \end{matrix} & \begin{bmatrix} & & & & & & & \\ & a_{22}^{(1)} & a_{23}^{(1)} & a_{24}^{(1)} & a_{25}^{(1)} & 0 & 0 & 0 \\ & a_{32}^{(1)} & a_{33}^{(1)} & 0 & 0 & a_{35}^{(1)} & 0 & 0 \\ & a_{42}^{(1)} & 0 & a_{44}^{(1)} & a_{45}^{(1)} & 0 & a_{47}^{(1)} & 0 \\ & a_{52}^{(1)} & 0 & a_{54}^{(1)} & a_{55}^{(1)} & a_{56}^{(1)} & 0 & a_{58}^{(1)} \\ & 0 & a_{63}^{(1)} & 0 & a_{65}^{(1)} & a_{66}^{(1)} & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & a_{74}^{(1)} & 0 & 0 & a_{77}^{(1)} & a_{78}^{(1)} \\ & 0 & 0 & 0 & a_{85}^{(1)} & 0 & a_{87}^{(1)} & a_{88}^{(1)} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ここで $a_{13}=a_{15}=a_{16}=a_{17}=a_{18}=0$ 、 $a_{31}=a_{51}=a_{61}=a_{71}=a_{81}=0$ であるから $a_{ij}^{(1)}$ の要素のうち実際に a_{ij} と値が変化したのは、

$$\begin{matrix} 2 \text{ 行} \\ 4 \text{ 行} \end{matrix} \begin{bmatrix} a_{22} & 0 \\ 0 & a_{44} \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} a_{22}^{(1)} & a_{24}^{(1)} \\ a_{42}^{(1)} & a_{44}^{(1)} \end{bmatrix}$$

の 4 要素のみである。これ以外の $a_{ij}^{(1)}$ は全てもとの a_{ij} と値は変化していない。この事は図-1において節点 1 に直接つながっている節点が 2 と 4 だけである事に対応にしている。次の第 2 段階では $a_{22}^{(1)}$ を軸にした $a_{j2}^{(1)}$ ($j=2, 3, \dots, 7$) の消去へと移る。この時実際に変化する要素は

$$\begin{matrix} 3 \text{ 行} \\ 4 \text{ 行} \\ 5 \text{ 行} \end{matrix} \begin{bmatrix} a_{33}^{(1)} & 0 & 0 \\ 0 & a_{44}^{(1)} & a_{45}^{(1)} \\ 0 & a_{54}^{(1)} & a_{55}^{(1)} \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} a_{33}^{(2)} & a_{34}^{(2)} & a_{35}^{(2)} \\ a_{43}^{(2)} & a_{44}^{(2)} & a_{45}^{(2)} \\ a_{53}^{(2)} & a_{54}^{(2)} & a_{55}^{(2)} \end{bmatrix}$$

の 9 要素のみである。

ところで、このような場合でもガウスの消去法では

$$\begin{bmatrix} a_{33}^{(1)} & \dots & a_{38}^{(1)} \\ a_{43}^{(1)} & \dots & \vdots \\ \vdots & & \vdots \\ a_{83}^{(1)} & \dots & a_{88}^{(1)} \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} a_{33}^{(2)} & \dots & a_{38}^{(2)} \\ a_{43}^{(2)} & \dots & \vdots \\ \vdots & & \vdots \\ a_{83}^{(2)} & \dots & a_{88}^{(2)} \end{bmatrix}$$

の 36 要素全部について演算を行なう。このことは行列内の零要素を利用してない事を示している。

ウェーブ・フロント法では実際に変化する要素にのみ消去法の演算を施し、それ以外の部分は除外して計算に含めない様にする。この消去過程において順次つくられる $A, A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(n-1)}$ の行列は、 $a_{ij}^{(M)} = 0$ でも $a_{ij}^{(M+1)} \neq 0$ なる事が起る。つまり消去過程で非零要素が新たに誕生する。

M 段階において実際に変化をうける変数の集合を $F^{(M)}$ と書く事にする。図-1 の例では $F^{(2)} = (2, 4)$

$F^{(3)}$ (3、4、5)である。

(2-2) ウェーブ・フロント法の概要

集合の定義を次のように定める事にする。つまり

$F^{(M)}$: 消去過程 M 段階における変数 node の集合

M 段階の消去では $F^{(M)}$ のなかから任意の変数 x_{nM} を選んで軸とする。

$n^{(M)}$: 消去前において x_{nM} に直接つながっている node の集合

$\varepsilon^{(M)}$: M 段階の軸と、それ以前に軸として用いられ、すでに消去された node の集合

M 段階における $F^{(M)}$ とは次の関係によって定義される。

(i) $F^{(1)} = \varepsilon^{(1)}$ ($\equiv x_{n1}$ どの node を選んでもよい)

(ii) $F^{(M+1)} = F^{(M)} \cup n^{(M)} - \varepsilon^{(M)}$

このようにして次々に定まる node の集合 $F^{(N)}$ をウェーブ・フロントという。いま $f^{(N)}$ をウェーブ・フロント $F^{(N)}$ に含まれる変数とし、消去過程におけるウェーブ・フロント数の最大値を f とする。このとき $N \times N$ のものと行列に対して、ウェーブ・フロント $F^{(M)}$ に含まれる変数に対応する位置だけ抜き出した行列、つまり $F^{(M)}$ を要素とする行列 $[f^{(M)} \times f^{(M)}] \equiv C^{(M)}$ が M 段階のフロント行列となる。

図-1 に対しては次のようになる。

第1段階 $x_{n1} = x_1$ と選べば

$$F^{(1)} = \varepsilon^{(1)} = \{ 1 \}, \quad n^{(1)} = \{ 2, 4 \}$$

$$F^{(2)} = F^{(1)} \cup n^{(1)} - \varepsilon^{(1)} = \{ 1, 2, 4 \} - \{ 1 \} = \{ 2, 4 \}$$

$$C^{(2)} = \begin{bmatrix} a_{22} & 0 \\ 0 & a_{44} \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} a_{22}^{(1)} & a_{24}^{(1)} \\ a_{42}^{(1)} & a_{44}^{(1)} \end{bmatrix}$$

第2段階 $x_{n2} = x_2$ と選べば

$$\varepsilon^{(2)} = \{ 1, 2 \}, \quad n^{(2)} = \{ 1, 3, 5 \}$$

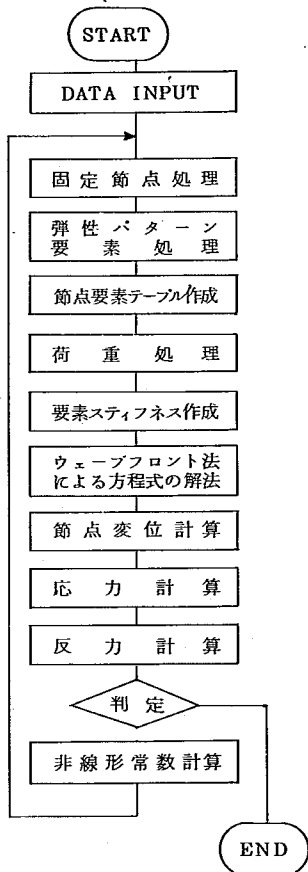
$$F^{(3)} = F^{(2)} \cup n^{(2)} - \varepsilon^{(2)} = \{ 1, 2, 3, 4, 5 \} - \{ 1, 2 \} = \{ 3, 4, 5 \}$$

$$C^{(3)} = \begin{bmatrix} a_{33}^{(1)} & 0 & 0 \\ 0 & a_{44}^{(1)} & a_{45}^{(1)} \\ 0 & a_{54}^{(1)} & a_{55}^{(1)} \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} a_{33}^{(2)} & a_{34}^{(2)} & a_{35}^{(2)} \\ a_{43}^{(2)} & a_{44}^{(2)} & a_{45}^{(2)} \\ a_{53}^{(2)} & a_{54}^{(2)} & a_{55}^{(2)} \end{bmatrix}$$

このようにして各段階の消去においてフロント行列 $C^{(M)}$ を作り出し、変数 x_{nM-1} に対応する行を用いて、この $C^{(M)}$ にのみ消去作業を実行する。次の段階ではこの $C^{(M)}$ のなかから軸として消去される変数 x_{nM} に対応する行と列を除き、新しく変数になった部分を加えて、新しいフロント行列 $C^{(M+1)}$ をつくる。このような前進消法を終え、後退代入によって解を求める。

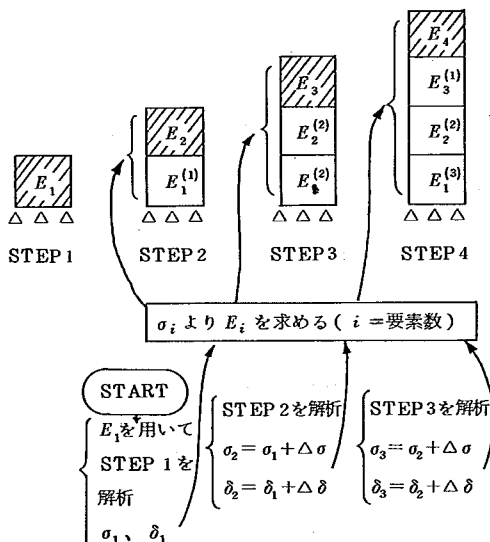
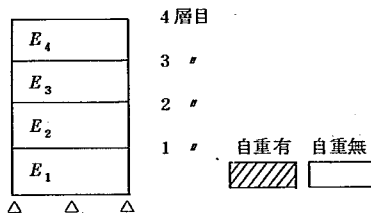
1-2 フローチャートの概略

(A) 従来法



(B) 荷重漸増法

例題



注

n 層目と $n-1$ 層目にある要素に自重(外力も含む)をかけ計算する。ただし $n-1$ 層以下の要素には自重は作用させない。この要素の E は $n-1$ 層目を計算した応力変位を用い、SUB-PATENで求める

1-3 入力データ作成の説明

このプログラムは TOSBAC 3400-S1 (使用コア数 70 kw、24ビット)用に作成したものである。したがってとりうる変数には下記の制限がある。

つまり	最大フロント数	100まで
	最大節点数	600まで
	最大要素数	900まで
	最大パターン数	15まで

FORTRAN CODING SHEET

No. _____

業務名		ジョブ ネーム		研究室名		作成者		作成日												
C STATEMENT NUMBER		FORTRAN STATEMENT										IDENTIFICATION								
1	2	5	6	7	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80
				名				称												
NP	NE	NS*	ISP		T		NOP	EDP ₂	5A1* ²	注・1 ステップ数(線形解のみ0とする)										
				ISP = 1 平面応力								注・2 インプットデータの出力実行する時 41カラム空白								
				ISP = 0 平面歪								" 実行しない時 41カラム記入								
NFX1	NFX2	NFX3	NFX1				 固定節点数				線形解析を行なう時 42カラム空白									
			{ NFX2				 x 方向ローラ節点数				" 行なわない時 42カラム記入									
			{ NFX3				 y 方向ローラ節点数													
XY1					XY2					XY3					固定節点数, x 方向ローラ節点数, y 方向ローラ節点数					
NP	XD		YD		節点座標															
N	E	L	r	C	φ	RF	K	Pa	n											
弾性パターン		ヤング率		ポアソン比		単位重量		粘着力		内部摩擦角		極限值(RF)		常数(K)		常数(Pa)		常数(n)		
		(kg/cm ²)				(t/m ³)														
* 1 弾性係数の変更を行なわないパターンの場合 1カラムに1を記入し、パターン番号を3桁のオーダーとする。																				

建設省土木研究所千葉支所

FORTRAN CODING SHEET

No. _____

業務名		ジョブ ホーム		研究室名		作成者		作成日												
C STATEMENT NUMBER		FORTRAN STATEMENT										IDENTIFICATION								
1	2	5	6	7	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80
NE		I	J	K	NOP 注 要素データ内にブラックカードを入れて層(step)の区切りとする。															
OW		LUN1	LUN2	注 OW=1 自重あり																
				LUN1 初期荷重の作用する節点の数																
				LUN2 初期変位の作用する節点の数																
NP		LOADX	LOADY	 (荷重及初期変位)																
非線形データ数																				
$\sigma \quad \epsilon \quad \sigma \quad \epsilon \quad \dots\dots\dots$																				
⊗ SUBROUTDN PATERN の3種の仕様 ① 従来法(土研資料第687号) ② $E = E$ ③ $I = NUP$ $EC = K(\bar{\epsilon}) * Pa(\bar{\epsilon}) * (\sigma_2 / Pa(\bar{\epsilon}))^{N(I)}$ $EE = \left(1 - \frac{RF(\bar{\epsilon}) * (1 - \sin\phi(\bar{\epsilon})) * (\sigma_1 - \sigma_2)}{2 * (C(\bar{\epsilon}) * \cos\phi(\bar{\epsilon}) + \sigma_2 * \sin\phi(\bar{\epsilon}))} \right)^2 * E \pm$																				

1-4 荷重漸増方式プログラム

/JOB BN03-NBCPAGE=260,RUN=3600,OVLY
/EXC FTC

```

1      COMMON / A1 / AAA(22220)
2      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
3      1      TT ,NOP ,IOW ,IBD(5) ,IPG ,
      1      COMMON / A3 / IO ,EDP2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NBOUN
C
C *** TWO-DIMENSIONAL ANALYSIS PROGRAM BY FINITE ELEMENT METHOD ***
C
4      DEFINE FILE 3(17,301,U,IDE)
5      IPG=0
6      IO=0
7      CALL DREAD
8      100 CONTINUE
9      IO=IO+1
10     CALL USET1
11     CALL USET2
12     CALL AFTER
13     CALL DEFOR
14     CALL STRES
15     CALL REACT
16     IF( IO,GE,NS ) GO TO 200
17     CALL PATERN
18     GO TO 100
19     200 CONTINUE
20     STOP
21     END

```

```

1      SUBROUTINE DREAD
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) , NP , NE , NS , ISP ,
4      1      TT , NOP , IOW , IBD(5) , IPG ,
5      COMMON / A3 / IO , EDP2 , ICOUNT , NLOAD1 , NLOAD2 ,
6      1      ISSP , ISSN , ISN , IOWK , NBOUN
7      DIMENSION ISUP(600),XX(600),YY(600),NEUN(20),MH(900),MI(900),
8      1      HJ(900),HK(900),INOP(900),EE(900),VV(900),GAMMA(900),
9      2      NLOAD(200),XLOA(200),YLOA(200)
10     DIMENSION PTRN(10,115),ALP(20,30)
11     DIMENSION IWORK(20),JWORK(20),MFX(100),DWORK(9),EWORK(8)
12     EQUIVALENCE (AAA(1),ISUP(1)),(AAA(601),XX(1)),(AAA(1201),YY(1)),
13     1      (AAA(1801),NEUN(1)),(AAA(1821),MH(1)),
14     2      (AAA(2721),MI(1)),(AAA(3621),HJ(1)),(AAA(4521),HK(1)),
15     3      (AAA(5421),INOP(1)),(AAA(6321),EE(1)),
16     4      (AAA(7221),VV(1)),(AAA(8121),GAMMA(1)),
17     5      (AAA(9021),NLOAD(1)),(AAA(9221),XLOA(1)),
18     6      (AAA(9421),YLOA(1))
19     EQUIVALENCE (AAA(9621),IWORK(1)),(AAA(10791),JWORK(1))
20     EQUIVALENCE (AAA(9641),PTRN(1,1)),(PTRN(1,16),ALP(1,1))
21     EQUIVALENCE (AAA(10811),MFX(1)),(AAA(10911),DWORK(1)),
22     1      (AAA(10920),EWORK(1))
23     DATA IRRN / 4H /
24     REWIND 10
25     N = 5
26     ICOUNT=50
27
28     C
29     C *** READ OF TITLE ***
30     C
31     READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
32     1000 FORMAT( 20A4 )
33     CALL REREAD
34     READ(N,1000) (NT(I),I=1,10)
35
36     C
37     C *** READ OF PARAMETER ***
38     C
39     ICOUNT=100
40     READ(5,1000) (JWORK(I),I=1,20)
41     CALL REREAD
42     READ(N,1010) NP,NE,NS,ISP,TT,NOP,EDP2,(IBD(I),I=1,5)
43     1010 FORMAT( 4I4,F10.0,I4,F10.0,5A1 )
44     ICOUNT=50
45     IF (IRRN(1).NE,IRRN) GO TO 100
46     CALL DATAW
47     NO 110 I=1,20
48     110 IWORK(I)=JWORK(I)
49     CALL DATAW
50     100 CONTINUE
51
52     C
53     C *** READ OF SUPPORT(1) ***
54     C
55     READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
56     CALL REREAD
57     READ(N,1020) NFX(1),NFX(2),NFX(3)

```

```

35      1020 FORMAT( 3I4 )
36      IF(IRD(1),NE,IBRN) GO TO 130
37      CALL DATAW
38      130 CONTINUE
39      N100=0
40      N200=NFX1+NFX2+NFX3
41      160 CONTINUE

C
C *** READ OF SUPPORT(2) ***
C
42      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
43      CALL REREAD
44      READ(N,1030) (JWORK(I),I=1,20)
45      1030 FORMAT( 20I4 )
46      IF(IRD(1),NE,IBRN) GO TO 140
47      CALL DATAW
48      140 CONTINUE
49      DO 150 I=1,20
50      N100=N100+1
51      MFX(N100)=JWORK(I)
52      IF(N100,EQ,N200) GO TO 170
53      150 CONTINUE
54      GO TO 160
55      170 CONTINUE
56      DO 155 I=1,NP
57      ISUP(I)=1
58      IF(NFX1,EQ,0) GO TO 120
59      DO 165 I=1,NFX1
60      NN=MFX(I)
61      ISUP(NN)=2
62      165 CONTINUE
63      120 N100=NFX1+1
64      N200=NFX1+NFX2
65      IF(NFX2,EQ,0) GO TO 125
66      DO 175 I=N100,N200
67      NN=MFX(I)
68      ISUP(NN)=3
69      175 CONTINUE
70      125 N100=N200+1
71      N200=NFX1+NFX2+NFX3
72      IF(NFX3,EQ,0) GO TO 185
73      DO 125 I=N100,N200
74      NN=MFX(I)
75      ISUP(NN)=4
76      195 CONTINUE
77      185 N100=0
78      200 CONTINUE

C
C *** READ OF COORDINATE ***
C
79      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
80      CALL REREAD
81      READ(N,1040) (JWORK(I),DWOR(I),EWOR(I),I=1,4)
82      1040 FORMAT(4I4,2F8,3)
83      IF(IRD(1),NE,IBRN) GO TO 180

```

```

84      CALL DATAW
85      180 CONTINUE
86      DO 190 I=1,4
87      N100=N100+1
88      NW=JWORK(I)
89      XX(NH)=DWORK(I)
90      YY(NH)=EWORK(I)
91      IF(N100,EQ,NP) GO TO 210
92      190 CONTINUE
93      GO TO 200
94      210 ISSP=G
95      DO 220 II=1,NOP
C
C *** READ OF ELASTIC PATERN ***
C
96      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
97      CALL REREAD
98      READ(N,1050) N100,(DWORK(I),I=1,9)
99      1050 FORMAT(I4,9F7,3)
100      IF(IRD(1),NE,IBRN) GO TO 230
101      CALL DATAW
102      230 CONTINUE
103      DO 240 I=1,9
104      240 PTRN(I,N100)=DWORK(I)
105      IF(PTRN(4,N100),NE,0,0) GO TO 250
106      IF(N100,LT,100) GO TO 260
107      PTRN(10,N100)=1,0
108      GO TO 220
109      250 PTRN(10,N100)=3,0
110      GO TO 220
111      260 PTRN(10,N100)=2,0
112      ISSP=ISSP+1
113      220 CONTINUE
114      DO 270 I=1,20
115      270 REUN(I)=0
116      N100=0
117      N200=0
118      300 CONTINUE
C
C *** READ OF ELEMENT ***
C
119      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
120      CALL REREAD
121      READ(N,1060) (JWORK(I),I=1,5)
122      1060 FORMAT(5I4)
123      IF(IRD(1),NE,IBRN) GO TO 280
124      CALL DATAW
125      280 CONTINUE
126      IF( JWORK(1),EQ,0 ) GO TO 290
127      N100=N100+1
128      K1=JWORK(1)
129      MH(N100)=K1
130      HI(K1)=JWORK(2)
131      HJ(K1)=JWORK(3)
132      HK(K1)=JWORK(4)

```

```

133      INOP(K1)=JWORK(5)
134      IF( N100,GE,NE ) GO TO 310
135      GO TO 300
136      290 CONTINUE
137      N200=N200+1
138      NEUN(N200)=N100
139      GO TO 300
140      310 CONTINUE
141      N200=N200+1
142      NEUN(N200)=N100
143      DO 320 I=1,NE
144      N100=MH(I)
145      N200=INOP(N100)
146      EE(N100)=PTRN(1,N200)
147      VV(N100)=PTRN(2,N200)
148      GAMMA(N100)=PTRN(3,N200)
149      320 CONTINUE
C
C *** READ OF LOAD(1) ***
C
150      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
151      CALL REREAD
152      READ(N,1070) IOW,NLOAD1,NLOAD2
153      1070 FORMAT(I4,2I4)
154      IF(IOW(1),NE,IRRN) GO TO 330
155      CALL DATAN
156      330 CONTINUE
157      NN1=NLOAD1+NLOAD2
158      NN2=0
159      IF( NN1,EQ,0 ) GO TO 370
160      360 CONTINUE
C
C *** READ OF LOAD(2) ***
C
161      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
162      CALL REREAD
163      READ(N,1080) (JWORK(I),DWORK(I),EWORK(I),I=1,4)
164      1080 FORMAT(4(I4,2F6.3))
165      IF(IOW(1),NE,IRRN) GO TO 340
166      CALL DATAN
167      340 CONTINUE
168      DO 350 I=1,4
169      NN2=NN2+1
170      NLOAD(NN2)=JWORK(I)
171      XLOA (NN2)=DWORK(I)
172      YLOA (NN2)=EWORK(I)
173      IF(NN2,GE,NN1) GO TO 370
174      350 CONTINUE
175      GO TO 360
176      370 CONTINUE
177      IF( ISSP,EQ,0 ) GO TO 450
C
C *** READ OF NON=LINEAR ***
C
178      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)

```

```

179      CALL REREAD
180      READ(N,1090) ISSN
181      1090 FORMAT( I4 )
182      IF (IPU(1),NE,IPRN) GO TO 380
183      CALL DATAN
184      380 CONTINUE
185      GO 390 II=1,ISSP
186      KK10=2*II-1
187      N100=0
188      420 CONTINUE
C
C *** READ OF NON-LINEAR ***
C
189      READ(5,1000) (IWORK(I),I=1,20)
190      CALL REREAD
191      READ(N,1100) (DWORK(I),EWORK(I),I=1,5)
192      1100 FORMAT(5(2F8,6))
193      IF (IPU(1),NE,IPRN) GO TO 430
194      CALL DATAN
195      430 CONTINUE
196      DO 400 I=1,5
197      N100=N100+1
198      ALP(N100,KK10)=DWORK(I)
199      ALP(N100,KK10+1)=EWORK(I)
200      IF (N100,GE,ISSN) GO TO 390
201      400 CONTINUE
202      GO TO 420
203      390 CONTINUE
204      450 CONTINUE
C
C *** PATERN AND NON-LINER WRITTEN ***
C
205      WRITE( 10 ) PTRN
206      REWIND 10
207      REWIND 11
208      RETURN
209      END

```

```

1      SUBROUTINE DATAH
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      1      TT ,NOP ,IOM ,IBD(5) ,IPG ,
5      COMMON / A3 / IO ,EDP2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
6      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NEOUN
7      DIMENSION IWORK(20)
8      EQUIVALENCE (AAA(9621),IWORK(1))
9      ICOUNT=ICOUNT+1
10     IF(ICOUNT,LT,45) GO TO 100
11     IPG=IPG+1
12     WRITE(6,2000) (NT(I),I=1,10),IPG
13     2000 FORMAT(1H,1H ,30X,10A4,26X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE,I4,
14     1      ///1H ,20X,38H, . . . INPUT DATA CARD LIST . . . ,
15     2      //1H ,29X,1H1,4X,1H1,4X,1H2,4X,1H2,4X,1H3,4X,1H3,4X,1H4,4X,
16     3      1H4,4X,1H5,4X,1H5,4X,1H6,4X,1H6,4X,1H7,4X,1H7,4X,1H8,
17     4      /1H ,26X,40H*...5...0...5...0...5...0...5...0...5...0,
18     5      40H...5...0...5...0...5...0...5...0...5...*/)
19     ICOUNT=1
20     100 CONTINUE
21     WRITE(6,2010) (IWORK(I),I=1,20)
22     2010 FORMAT(1H ,20X,20A4 )
23     RETURN
24     END

```

```

1      SUBROUTINE DSET1
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / HT(10) , NP , NE , NS , ISP ,
4      1      TT , NOP , IOW , IBD(5) , IPG ,
5      COMMON / A3 / IO , EDP2 , ICOUNT , NLOAD1 , NLOAD2 ,
6      1      ISSP , ISSN , ISW , IOWK , NBOUN
7      DIMENSION ISUP(600),XX(600),YY(600),NEUN(20),HN(900),MI(900),
8      1      MJ(900),HK(900),INOP(900),EE(900),VV(900),GAMMA(900),
9      2      NLOAD(200),XLOA(200),YLOA(200)
10     DIMENSION NFIX(100),NBIX(100),IENP(600,8),WE(900),DXYW(600,2)
11     DIMENSION IWK(3),JWK(600),IWORK(10),WORK(18,18),AWORK(18),
12     1      BWORK(18),XW(3),YW(3)
13     EQUIVALENCE (AAA(1),ISUP(1)),(AAA(601),XX(1)),(AAA(1201),YY(1)),
14     1      (AAA(1801),NEUN(1)),(AAA(1821),HN(1)),
15     2      (AAA(2721),MI(1)),(AAA(3621),MJ(1)),(AAA(4521),MK(1)),
16     3      (AAA(5421),INOP(1)),(AAA(6321),EE(1)),
17     4      (AAA(7221),VV(1)),(AAA(8121),GAMMA(1)),
18     5      (AAA(9021),NLOAD(1)),(AAA(9221),XLOA(1)),
19     6      (AAA(9421),YLOA(1))
20     EQUIVALENCE (AAA(9621),NFIX(1)),(AAA(9721),NBIX(1))
21     EQUIVALENCE (AAA(14621),WE(1)),(AAA(15521),DXYW(1,1)),
22     1      (AAA(16721),IENP(1,1))
23     EQUIVALENCE (AAA(9821),IWK(1)),(AAA(9824),JWK(1)),
24     1      (AAA(10424),AWORK(1)),(AAA(10442),BWORK(1)),
25     2      (AAA(10460),XW(1)),(AAA(10463),YW(1))
26     DATA IBRN,IFIX,IFRE / 4H , 4H FIX, 4HFREE /
27     ISW=1
28     IPG=IPG+1
29     WRITE(6,1000) IPG
30     1000 FORMAT(1H / 1H ,96X, 27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE ,I4 )
31     WRITE(6,1010)
32     1010 FORMAT(1H ////////// 1H ,20X,33H,.... STRESS AND DEFORMATION ,
33     1      45HANALYSIS BY FINITE ELEMENT METHOD ,.... )
34     IF (IBRN(2),EQ,IBRN) GO TO 110
35     ISW=2
36     IOWK=IO
37     GO TO 120
38     CONTINUE
39     110 IF ( IO,NE,1 ) GO TO 130
40     WRITE(6,1020)
41     1020 FORMAT(1H ////////// 1H ,30X,34H,.... INSTANTANEOUS CONSTRUCTION ,
42     1      18H ANALYSIS ,.... )
43     GO TO 140
44     CONTINUE
45     130 CONTINUE
46     ISW=3
47     IOWK=IO-1
48     CONTINUE
49     120 CONTINUE
50     WRITE(6,1030) IOWK
51     1030 FORMAT(1H ////////// 1H ,30X,32H,.... NUMBER OF STEP = ,
52     1      I4,15H ,.... )
53     CONTINUE
54     140 CONTINUE
55     WRITE(6,1040) (NT(I),I=1,10)
56     1040 FORMAT(1H ////////// 1H ,30X,10(5H,....),1H, ,
57     1      / 1H ,30X,10(5H,....),1H, ,

```

```

2          /1H ,30X,2H,,,47X,2H.. /1H ,30X,2H,,,47X,2H,, ,
3          /1H ,30X,2H,,,4X,10A4,3X,2H,, ,
4          /1H ,30X,2H,,,47X,2H.. /1H ,30X,2H,,,47X,2H,, ,
5          / 1H ,30X,10(5H,,,,),1H, ,
6          / 1H ,30X,10(5H,,,,),1H, )

37      GO TO (150,160,160),ISW
38      CONTINUE
39      NS=NS+1
40      DO 170 I10=1,NP
41      JWK(I10)=I10
42      CONTINUE
43      GO TO 220
44      170 CONTINUE
45      NE=NEUN(IOWK)
46      DO 160 I10=1,NE
47      NN=NR(I10)
48      IWK(1)=NI(NN)
49      IWK(2)=NJ(NN)
50      IWK(3)=NK(NN)
51      IF(I10,NE,1) GO TO 190
52      ICOUNT=3
53      JWK(1)=IWK(1)
54      JWK(2)=IWK(2)
55      JWK(3)=IWK(3)
56      GO TO 180
57      190 CONTINUE
58      DO 200 I20=1,3
59      GO 210 I30=1,ICOUNT
60      210 IF(IWK(I20).EQ,JWK(I30)) GO TO 200
61      ICOUNT=ICOUNT+1
62      JWK(ICOUNT)=IWK(I20)
63      CONTINUE
64      180 CONTINUE
65      NP=ICOUNT
66      220 CONTINUE
67      DO 600 I10=1,NP
68      DO 600 I20=1,8
69      600 IEHP(I10,I20)=0
70      DO 620 I10=1,NP
71      IA1=0
72      IA2=0
73      N10=JWK(I10)
74      DO 620 I20=1,NE
75      NN=NR(I20)
76      IF( NI(NN),EQ,N10 ) GO TO 630
77      IF( NJ(NN),EQ,N10 ) GO TO 630
78      IF( NK(NN),EQ,N10 ) GO TO 630
79      GO TO 620
80      630 IA1=IA1+1
81      IEHP(I10,IA1)=NN
82      GO TO 620
83      620 CONTINUE
84      610 CONTINUE
85      WRITE( 11 ) IEHP
86      DO 250 I10=1,NE

```

```

87      N1C=MH(I1C)
88      N2C=INOP(N1C)
89      IF( I13,NE,1 ) GO TO 270
90      ICOUNT=1
91      JWK(1)=N2C
92      GO TO 250
93  270 CONTINUE
94      DC 26G I2C=1,ICOUNT
95      IF( N20,E0,JWK(120) ) GO TO 250
96  280 CONTINUE
97      ICOUNT=ICOUNT+1
98      JWK(ICOUNT)=N20
99  250 CONTINUE
100     NOPS=ICOUNT
101     IF( ISP,E0,C ) GO TO 290
102     WRITE(6,1066)
103  1060 FORMAT(1H,////////1H,30X,12HPLANE STRESS / )
104     GO TO 300
105  290 WRITE(6,1050)
106  1050 FORMAT(1H,////////1H,30X,12HPLANE STRAIN / )
107  300 WRITE(6,1070) T1
108  1070 FORMAT(1H,30X,11HTHICKNESS = ,F10.2 / )
109     IF( I0M,E0,C ) GO TO 310
110     WRITE(6,1090)
111  1090 FORMAT(1H,30X,10HOWN WEIGHT / )
112     GO TO 320
113  310 WRITE(6,1080)
114  1080 FORMAT(1H, / )
115  320 CONTINUE
116     WRITE(6,1100) NP,NE,NOPS
117  1100 FORMAT(1H,30X,19HNUMBER OF JOINT = ,I4,
1      1 //1H,30X,19HNUMBER OF ELEMENT = ,I4,
1      2 //1H,30X,19HNUMBER OF PATTERN = ,I4,
1      3 //1H,30X,22HDIMENSION ( KG , CM ) )
118     ICOUNT=50
119     DC 33G I1C=1,NE
120     N1C=MH(I1C)
121     ICOUNT=ICOUNT+1
122     IF( ICOUNT,LE,40 ) GO TO 340
123     ICOUNT=1
124     IPG=IPG+1
125     WRITE(6,1110) IPG
126  1110 FORMAT(1H1 / 1H,96X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE ,I4,
1      1 // 1H,7X,27H* * * ELEMENT DATA * * *,
1      2 //// 1H,10X,2HNE,8X,2HIE,5X,2HJE,5X,2HKE,10X,
1      3 5PGAMMA,8X,7HYOUNG=M,6X,9HPOISSON=R,4X,7HYOUNG=P // )
127  340 CONTINUE
128     WRITE(6,1120) N10,MI(N10),NJ(N10),MK(N10),GAMMA(N10),EE(N10),
1      1 VV(N10),INOP(N10)
129  1120 FORMAT(1H,5X,I4,3X,3(3X,I4),3(2X,F13,3),6X,I4)
130     IF( I0P,E0,0 ) GO TO 330
131     II=MI(N10)
132     JJ=NJ(N10)
133     KK=MK(N10)
134     XX(1)=XX(II)

```

```

135      XW(2)=XX(JJ)
136      XW(3)=XX(KK)
137      YW(1)=YY(II)
138      YW(2)=YY(JJ)
139      YW(3)=YY(KK)
140      GO TO ( 510,520,520 ),ISW
141
142      520 CONTINUE
143      IF( IOWK,LE,1 ) GO TO 510
144      IF( I10,GT,NEUH(IOWK-1) ) GO TO 510
145      WE(N10)=0.0
146      GO TO 330
147
148      510 CONTINUE
149      WE(N10)=-0.001*GAMMA(N10)*TT*((XW(2)-XW(1))*(YW(3)-YW(1))-
150      1      (XW(3)-XW(1))*(YW(2)-YW(1)))/6.0
151
152      330 CONTINUE
153      WRITE( 11 ) WE
154      DO 500 I10=1,NP
155      DO 500 I20=1,2
156      500 OXYW(I10,I20)=0.0
157      ICOUNT=50
158      N10=NLOAD1+1
159      N20=NLOAD1+NLOAD2
160      DO 350 I10=1,NP
161      XK1=0.0
162      YK1=0.0
163      IF( NLOAD1,EQ,0 ) GO TO 380
164      DO 360 I20=1,NLOAD1
165      IF( NLOAD(I20),EQ,I10 ) GO TO 370
166      360 CONTINUE
167      GO TO 380
168      370 CONTINUE
169      IXL=XLOA(I20)
170      IYL=YLOA(I20)
171      IF( IXL,LE,C,AND,IYL,LE,0 ) GO TO 380
172      XK1=XLOA(I20)
173      YK1=YLOA(I20)
174      OXYW(I10,1)=OXYW(I10,1)+XK1
175      OXYW(I10,2)=OXYW(I10,2)+YK1
176      XLOA(I20)=0.0
177      YLOA(I20)=0.0
178      380 CONTINUE
179      XK2=0.0
180      YK2=0.0
181      IF( NLOAD2,EQ,0 ) GO TO 410
182      DO 390 I20=N10,N20
183      IF( NLOAD(I20),EQ,I10 ) GO TO 400
184      390 CONTINUE
185      GO TO 410
186      400 CONTINUE
187      IXL=XLOA(I20)
188      IYL=YLOA(I20)
189      IF( IXL,LE,C,AND,IYL,LE,0 ) GO TO 410
190      XK2=XLOA(I20)
191      YK2=YLOA(I20)
192      CALL DELOD(I10,IWORK,WORK)

```

```

189      DO 700 I50=1,18
190      AWORK(I50)=0,0
191 700    BWORK(I50)=0,0
192      DO 710 I40=1,10
193      A3C=IWORK(I40)
194      IF( A3C,EO,0 ) GO TO 740
195      IF( A3C,EO,I10 ) GO TO 720
196      GO TO 710
197 720    CONTINUE
198      IA1=I40*2-1
199      IA2=I40*2
200      AWORK(IA1)=XK2
201      AWORK(IA2)=YK2
202 710    CONTINUE
203 740    CONTINUE
204      LCOUNT=I40-1
205      N10=LCOUNT*2
206      DO 760 I50=1,N10
207      DO 760 I60=1,N10
208      BWORK(I50)=BWORK(I50)+WORK(I50,I60)*AWORK(I60)
209 760    CONTINUE
210      DO 730 I50=1,LCOUNT
211      IA1=I50*2-1
212      IA2=I50*2
213      N10=IWORK(I50)
214      DXYK(N10,1)=DXYK(N10,1)+BWORK(IA1)
215      DXYK(N10,2)=DXYK(N10,2)+BWORK(IA2)
216 730    CONTINUE
217 410    CONTINUE
218      ICOUNT=ICOUNT+1
219      IF( ICOUNT,LE,40 ) GO TO 420
220      ICOUNT=1
221      IPG=IPG+1
222      WRITE(6,1130) IPG
223 1130    FORMAT(1H1 / 1H ,96X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE ,I4,
224      1 // 1H , 7X,25H* * * JOINT DATA * * *,
225      2 /// 1H , 10X, 2HNP,11X,4HX-CO,10X,4HY-CO,
226      3 8X,7HLOAD(X),7X,7HLOAD(Y),
227      4 8X,7HDISP(X),7X,7HDISP(Y) // )
228 420    CONTINUE
229      WRITE(6,1140) I10,XY(I10),YY(I10),XK1,YK1,XK2,YK2
230 1140    FORMAT(1H ,6X,I4,3(2X,F13,3,1X,F13,3))
231 350    CONTINUE
232      WRITE(11 ) DXYK
233      REWIND 11
234      NBOUND=0
235      ICOUNT=50
236      DO 430 I10=1,NP
237      II=ISUP(I10)
238      GO TO (430,440,450,460),II
239 440    CONTINUE
240      N10=IFIX
241      N20=IFIX
242      GO TO 470
243 450    CONTINUE

```

```

240      N10=IFRE
241      N20=IFIX
242      GO TO 470
243  460 CONTINUE
244      N10=IFIX
245      N20=IFRE
246  470 CONTINUE
247      NBOUN=NBOUN+1
248      ICOUNT=ICOUNT+1
249      NFIX(NBOUN)=I10
250      NFIX(NBOUN)=I11
251      IF(ICOUNT,LE,40 ) GO TO 480
252      ICOUNT=1
253      IPG=IPG+1
254      WRITE(A,115G) IPG
255  1150 FORMAT(1H1 / 1H ,96X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE ,I4,
1          // 1H , 7X,27H* * * SUPPORT DATA * * * ,
2          /// 1H ,10X, 2HNP,14X,4HX=DI,6X,4HY=DI // )
256  480 CONTINUE
257      WRITE(C,116C) I10,N10,N20
258  1160 FORMAT(1H ,6X,I4,14X,A4,6X,A4)
259  430 CONTINUE
260      RETURN
261      END

```

```

1      SUBROUTINE DELOU(I10,IWORK,WORK)
2      COMMON / A1 / AAA(2220)
3      DIMENSION XX(600),YY(600),EE(900),VV(900),GAMMA(900)
4      DIMENSION HI(900),HJ(900),HK(900)
5      DIMENSION IENP(600,8)
6      DIMENSION IWORK(10),WORK(18,18),XW(3),YW(3),SENX(6,6),IAA(3)
7      EQUIVALENCE (AAA(2721),HI(1)),(AAA(3621),HJ(1)),(AAA(4521),HK(1))
8      EQUIVALENCE (AAA(601),XX(1)),(AAA(1201),YY(1)),(AAA(6321),EE(1)),
9      1      (AAA(7221),VV(1)),(AAA(8121),GAMMA(1))
10     EQUIVALENCE (AAA(16721),IENP(1,1))
11     EQUIVALENCE (AAA(14041),IAA(1))
12     DO 105 I30=1,10
13     105 IWORK(I30)=0
14     DO 115 I30=1,18
15     DO 115 I40=1,18
16     WORK(I30,I40)=0.0
17     115 CONTINUE
18     DO 160 I30=1,8
19     IJK=IENP(I10,I30)
20     IF( IJK,EQ,0 ) GO TO 110
21     II=HI(IJK)
22     JJ=XJ(IJK)
23     KK=KK(IJK)
24     XW(1)=XX(II)
25     XW(2)=XX(JJ)
26     XW(3)=XX(KK)
27     YW(1)=YY(II)
28     YW(2)=YY(JJ)
29     YW(3)=YY(KK)
30     YNG=EE(IJK)
31     PSN=VV(IJK)
32     GAM=GAMMA(IJK)
33     CALL ESTRA(XW,YW,YNG,PSN,GAM,SENX)
34     IF( I30,NE,1 ) GO TO 120
35     IWORK(1)=II
36     IWORK(2)=JJ
37     IWORK(3)=KK
38     120 CONTINUE
39     LCOUNT=0
40     IAA(1)=0
41     IAA(2)=0
42     IAA(3)=0
43     DO 130 I40=1,9
44     IF( IWORK(I40),EQ,0 ) GO TO 140
45     LCOUNT=LCOUNT+1
46     IF( IWORK(I40),EQ,II ) GO TO 150
47     IF( IWORK(I40),EQ,JJ ) GO TO 160
48     IF( IWORK(I40),EQ,KK ) GO TO 170
49     GO TO 130
50     150 IAA(1)=LCOUNT
51     GO TO 130
52     160 IAA(2)=LCOUNT
53     GO TO 130
54     170 IAA(3)=LCOUNT

```

```

54      130 CONTINUE
55      140 CONTINUE
56      IF( IAA(1),NE,0 ) GO TO 180
57      LCOUNT=LCOUNT+1
58      IWORK(LCOUNT)=II
59      IAA(1)=LCOUNT
60      180 CONTINUE
61      IF( IAA(2),NE,0 ) GO TO 190
62      LCOUNT=LCOUNT+1
63      IWORK(LCOUNT)=JJ
64      IAA(2)=LCOUNT
65      190 CONTINUE
66      IF( IAA(3),NE,0 ) GO TO 200
67      LCOUNT=LCOUNT+1
68      IWORK(LCOUNT)=KK
69      IAA(3)=LCOUNT
70      200 CONTINUE
71      DO 210 I50=1,3
72      IA1=I50*2-1
73      IA2=I50*2
74      IAA1=IAA(I50)*2-1
75      IAA2=IAA(I50)*2
76      DO 220 I60=1,3
77      IB1=I60*2-1
78      IB2=I60*2
79      IBB1=IAA(I60)*2-1
80      IBB2=IAA(I60)*2
81      WORK(IAA1,IBB1)=WORK(IAA1,IBB1)+SEM(X(IA1,IB1))
82      WORK(IAA1,IBB2)=WORK(IAA1,IBB2)+SEM(X(IA1,IB2))
83      WORK(IAA2,IBB1)=WORK(IAA2,IBB1)+SEM(X(IA2,IB1))
84      WORK(IAA2,IBB2)=WORK(IAA2,IBB2)+SEM(X(IA2,IB2))
85      220 CONTINUE
86      210 CONTINUE
87      100 CONTINUE
88      110 CONTINUE
89      RETURN
90      END

```

```

1      SUBROUTINE ESTMA(XW,YW,YNG,PSN,GAM,SEMX)
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      1      TT ,NOP ,IOW ,I80(5) ,IPG ,
5      COMMON / A3 / IO ,EDP2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
6      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NBOWN ,
7      DIMENSION XW(3),YW(3),SEMX(6,6)
8      IF(ISP,E0,1) GO TO 100
9      C1=YNG*(1,0*PSN)/((1,0+PSN)*(1,0-2,0*PSN))
10     C2=PSN/(1,0*PSN)
11     GO TO 110
12 100 CONTINUE
13     C1=YNG/(1,0-PSN*PSN)
14     C2=PSN
15 110 CONTINUE
16     F1=(1,3-C2)*0.5
17     F2=(1,0+C2)*0.5
18     CO=C1*TT/(2,0*((XW(2)-XW(1))*YW(3)
19     + (XW(1)-XW(3))*YW(2)+(XW(3)-XW(2))*YW(1)))
20     XIJ=XW(1)-XW(2)
21     XJK=XW(2)-XW(3)
22     XKI=XW(3)-XW(1)
23     YIJ=YW(1)-YW(2)
24     YJK=YW(2)-YW(3)
25     YKI=YW(3)-YW(1)
26     SEMX(1,1)=(F1*XJK*XJK+YJK*YJK)*CO
27     SEMX(1,2)=(F2*XJK*YJK)*CO
28     SEMX(1,3)=(F1*XJK*XKI+YJK*YKI)*CO
29     SEMX(1,4)=(F1*XJK*YKI+C2*XKI*YJK)*CO
30     SEMX(1,5)=(F1*XIJ*XJK+YIJ*YJK)*CO
31     SEMX(1,6)=(F1*XJK*YIJ+C2*XIJ*YJK)*CO
32     SEMX(2,2)=(XJK*XJK+F1*YJK*YJK)*CO
33     SEMX(2,3)=(F1*XKI*YJK+C2*XJK*YKI)*CO
34     SEMX(2,4)=(XJK*XKI+F1*YJK*YKI)*CO
35     SEMX(2,5)=(F1*XIJ*YJK+C2*XJK*YIJ)*CO
36     SEMX(2,6)=(XIJ*XJK+F1*YIJ*YJK)*CO
37     SEMX(3,3)=(F1*XKI*XKI+YKI*YKI)*CO
38     SEMX(3,4)=(F2*XKI*YKI)*CO
39     SEMX(3,5)=(F1*XIJ*XKI+YIJ*YKI)*CO
40     SEMX(3,6)=(F1*XKI*YIJ+C2*XIJ*YKI)*CO
41     SEMX(4,4)=(XKI*XKI+F1*YKI*YKI)*CO
42     SEMX(4,5)=(F1*XIJ*YKI+C2*XKI*YIJ)*CO
43     SEMX(4,6)=(XIJ*XKI+F1*YIJ*YKI)*CO
44     SEMX(5,5)=(F1*XIJ*XIJ+YIJ*YIJ)*CO
45     SEMX(5,6)=(F2*XIJ*YIJ)*CO
46     SEMX(6,6)=(XIJ*XIJ+F1*YIJ*YIJ)*CO
47     DO 120 N10=1,5
48     NN10=N10+1
49     DO 120 N20=NN10,6
50     SEMX(N20,N10)=SEMX(N10,N20)
51 120 CONTINUE
52     RETURN
53     END

```

```

1  SUBROUTINE DSET2
2  COMMON / A1 / AAA(22220)
3  COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4  COMMON / A3 / IO ,NOP ,IOW ,IBD(5) ,IPG ,
5  ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NBOUN ,
6  DIMENSION NOD(900,3),NIX(3600),WE(900),DXYW(600,2)
7  DIMENSION XX(600),YY(600),MI(900),MJ(900),MK(900),EE(900),
8  VV(900),GAMMA(900),NFIX(100),NBIX(100)
9  DIMENSION MVABL(100),LVABL(6),LDEST(6),NFRX(100),XW(3),YW(3),
10 SENX(6,6),IWK(3),CV(6),BMT1(150)
11 EQUIVALENCE (AAA(601),XX(1)),(AAA(1201),YY(1)),(AAA(2721),MI(1)),
12 (AAA(3621),MJ(1)),(AAA(4521),MK(1)),(AAA(6321),EE(1)),
13 (AAA(7221),VV(1)),(AAA(8121),GAMMA(1)),
14 (AAA(9621),NFIX(1)),(AAA(9721),NBIX(1))
15 EQUIVALENCE (NE,NELEMZ)
16 EQUIVALENCE (AAA(14621),WE(1)),(AAA(15521),DXYW(1,1)),
17 (AAA(16721),NIX(1)),(AAA(2721),NOD(1,1))
18 EQUIVALENCE (AAA(20321),NFRX(1)),(AAA(20421),IWK(1)),
19 (AAA(20424),CV(1)),(AAA(20430),BMT1(1))
20 DATA IPRN / 4H /
21 DATA PARA / 1.0E16 /
22 DATA EOB, EOR / 3HEOB, 3HEOR /
23 REWIND 1
24 NIXEND=3600
25 NODEND=900
26 NVEND=100
27 JSHAPE=3
28 NFREE=2
29 LMT1=150
30 CALL FR NT1( NODEND,JSHAPE,NFREE, NIXEND,MVABL,NVEND)
31 DO 105 I10=1,NBOUN
32 NFRX(I10)=NFIX(I10)
33 105 CONTINUE
34 DO 100 NELEN=1,NELEMZ
35 II=MI(NELEN)
36 JJ=MJ(NELEN)
37 KK=MK(NELEN)
38 XW(1)=XX(II)
39 XW(2)=XX(JJ)
40 XW(3)=XX(KK)
41 YW(1)=YY(II)
42 YW(2)=YY(JJ)
43 YW(3)=YY(KK)
44 YNG=EE(NELEN)
45 PSN=VV(NELEN)
46 GAM=GAMMA(NELEN)
47 CALL ESTIN(XW,YW,YNG,PSN,GAM,SENX)
48 CALL FRNT2( NELEN,NFREE, NIXEND,LVABL,LDEST,
49 MVABL,NVEND,KUREL,LPREQ)
50 IWK(1)=II
51 IWK(2)=JJ
52 IWK(3)=KK
53 DO 110 I10=1,NBOUN

```

```

45      IF(NFRX(I10),EQ,0) GO TO 110
46      DO 120 I20=1,3
47      IF(NFRX(I10),NE,IWK(I20)) GO TO 120
48      NFRX(I10)=0
49      N10=I20*2-1
50      N20=I20*2
51      IFIX=NRIX(I10)
52      GO TO (130,140,150,160),IFIX
53      130 CONTINUE
54      GO TO 110
55      140 CONTINUE
56      SEMX(N10,N10)=PARA
57      SEMX(N20,N20)=PARA
58      GO TO 110
59      150 CONTINUE
60      SEMX(N20,N20)=PARA
61      GO TO 110
62      160 CONTINUE
63      SEMX(N10,N10)=PARA
64      GO TO 110
65      120 CONTINUE
66      110 CONTINUE
67      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8010
68      WRITE(6,1000) NELEM
69      1000 FORMAT(1H0,10X,20H*** ELEMENT NUMBER =,I4,4H ***)
70      WRITE(6,1010)((SEM(X,I,J),J=1,6),I=1,6)
71      1010 FORMAT(1H ,/((1X,6E18.9))
72      8010 CONTINUE
73      DO 170 I10=1,6
74      CV(I10)=0.0
75      170 CONTINUE
76      DO 190 I10=1,3
77      N10=I10*2-1
78      N20=I10*2
79      N30=IWK(I10)
80      CV(N10)=DXYW(N30,1)
81      CV(N20)=DXYW(N30,2)*WE(NELEM)
82      DXYW(N30,1)=0.0
83      DXYW(N30,2)=0.0
84      190 CONTINUE
85      NF3=3*NFPEE
86      LZ=NF3*2+NF3*(NF3-1)/2
87      IF( NELEM,EQ,1 ) MARK1=0
88      LONG = MARK1 + KUREL*2 + LZ + 4
89      IF( LONG,LE,LMT1 ) GO TO 200
90      SMT1(MARK1) = EOB
91      WRITE( 1 ) (SMT1(M),M=1,LMT1)
92      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8020
93      JWHERE=6010
94      WRITE(6,6050) JWHERE
95      6050 FORMAT(1H0 ,8HJWHERE= ,I5 )
96      8020 CONTINUE
97      MARK1=0
98      LONG=MARK1 + KUREL*2 + LZ + 4
99      200 CONTINUE

```

```

100      MARK1=MARK1+1
      C      WRITE(6,17000)KUREL
      C7000 FORMAT(1H , I4 )
101      BMT1(MARK1)=KUREL
102      MARK1=MARK1+1
      C      WRITE(6,17000)LPREQ
103      BMT1(MARK1)=LPREQ
104      DO 210 J=1,KUREL
105      MARK1=MARK1+1
      C      WRITE(6,18000)LVABL(J)
      C8000 FORMAT(1H , 5HVLABL , (1X,6I4))
106      BMT1(MARK1)=LVABL(J)
107      MARK1=MARK1+1
      C      WRITE(6,19000)LDEST(J)
      C9000 FORMAT(1H , 5HDEST , (1X,6I4))
108      BMT1(MARK1)=LDEST(J)
109      210 CONTINUE
110      MARK1=MARK1+1
      C      WRITE(6,11100) LZ
      C1100 FORMAT(1H , 8HLZ=, I4 )
111      BMT1(MARK1)=LZ
112      DO 220 J=1,NF3
113      DO 220 K=1,J
114      MARK1=MARK1+1
      C      WRITE(6,11200) SENX(K,J)
115      C1200 FORMAT(1H , 4HSENX /(1X,6E15,7))
116      BMT1(MARK1)=SENX(K,J)
117      220 CONTINUE
118      DO 250 J=1,NF3
      MARK1=MARK1+1
      C      WRITE(6,11300) CV(J)
      C1300 FORMAT(1H , 3HCV ,F8,3 )
119      BMT1(MARK1)=CV(J)
120      250 CONTINUE
121      MARK1=MARK1+1
122      BMT1(MARK1)=EOR
123      IF( MARK1,NE, LONG ) WRITE(6,6000) MARK1, LONG
124      6000 FORMAT(1H0, 20H** UNMACH ERROR ** , 6HMARK1=,I6,5X,5HLONG=,I6 )
125      IF( NELEM,NE,NELEMZ ) GO TO 100
126      BMT1(MARK1)=EOB
127      WRITE( 1 ) (BMT1(M),M=1,LMT1)
128      IF( I6D(5),EO,ISRN ) GO TO 8030
129      JWHERE=6020
130      WRITE(6,5020) JWHERE
131      5020 FORMAT(1H0, 8HJWHERE= ,I5)
132      8030 CONTINUE
133      100 CONTINUE
134      RETURN
135      END.

```

```

1      SUBROUTINE FRNT1(NODEND,JSHAPE,NFREE,NIXEND,MVABL,MVEND)
2      COMMON / A1 / AAA(2220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP
4      1      TT ,NOP ,IOW ,IBD(5) ,IPG
5      COMMON / FT1/ LVMAX, NIZZ, MAXNIC, MAXPA, NVABZ, LCUREQ, LVEND
6      COMMON / FT2/ LVABL(6), LDEST(6)
7      DIMENSION NOD(900,3),NIX(3600),MVABL(100)
8      EQUIVALENCE (NE,NELEM2)
9      EQUIVALENCE (AAA(2721),NOD(1,1)),(AAA(16721),NIX(1))
10     DATA ISRN / 4H /
11     JPRINT=1
12     IF( IBN(5),EQ,IBRN ) JPRINT=0
13     LVEND=50
14     JWHERE=1
15     IF(LVEND,LE,0,OR,MVEND,LE,0,OR,NIXEND,LE,0) GO TO 131
16     LVMAX=0
17     NIZZ=0
18     MAXNIC=0
19     MAXPA=0
20     NVABZ=0
21     LCUREQ=0
22     DO 4 J=1,MVEND
23     4     MVABL(J)=0
24     DO 10 NELEM=1, NELEM2
25     DO 12 J=1,JSHAPE
26     12     LVABL(J)=NOD(NELEM,J)
27     IF( JSHAPE*NFREE,LE,LVMAX ) GO TO 6
28     LVMAX = JSHAPE * NFREE
29     JWHERE=3
30     IF( LVMAX,GT,LVEND ) GO TO 132
31     6     JWHERE=4
32     JWHERE=5
33     IF(NIZZ+JSHAPE*NELEM,GT,NIXEND) GO TO 133
34     DO 6 J=1, JSHAPE
35     NIC=LVABL(J)
36     JWHERE=6
37     IF(NIC,LE,0) GO TO 134
38     NIZZ=NIZZ+1
39     NIX(NIZZ)=NIC
40     K=J
41     7     K=K+1
42     IF(K,GT,JSHAPE) GO TO 8
43     IF(LVABL(K),EQ,NIC) WRITE(6,834) JWHERE, NIC
44     GO TO 7
45     8     CONTINUE
46     ITEMP1=NIXEND+1-NELEM
47     NIX(ITEMP1)=NIZZ
48     10    CONTINUE
49     IF(JPRINT,EQ,0) GO TO 1000
50     WRITE(6,1020)
51     1020  FORMAT( 1H1 )
52     WRITE(6,1010) NIZZ,LVMAX,(NIX(J),J=1,NIXEND)
53     1010  FORMAT( 23H0=* PRINT IN WAVE1 * //10X, 5HNIZZ=,I5,5X, 6HLVMAX=
54     1 ,I5, 6HNIX IS /(1X,20I6))

```

FRT10350

FRT10380

FRT10390

FRT10400

FRT10410

FRT10420

FRT10430

FRT10440

FRT10450

FRT10460

FRT10470

FRT10480

FRT10520

FRT10530

FRT10540

FRT10550

FRT10560

FRT10570

FRT10580

FRT10590

FRT10610

FRT10620

FRT10630

FRT10640

FRT10650

FRT10660

FRT10670

FRT10680

FRT10690

FRT10700

FRT10710

FRT10720

FRT10730

FRT10740

FRT10750

FRT10760

FRT10770

FRT10780

FRT10790

FRT10800

FRT10810

53	1000 CONTINUE	FRT10820
54	RETURN	FRT10830
55	131 WRITE(6,900) JWHERE	FRT10840
56	900 FORMAT(18H3ERROR AT JWHERE =,I3 /	FRT10850
	1116H** NELPAZ,LVEND,MVEND,NIXEND,NEWRRHS,NRMAX,MAXTAP OR MAXELT IS	FRT10860
	22ERO OR NEGATIVE, OR NTIREX IS NEITHER 0 NOR 1, **)	FRT10870
57	STOP	FRT10880
58	132 WRITE(6,905) JWHERE	FRT10890
59	905 FORMAT(18H3ERROR AT JWHERE =,I3 /	FRT10900
	155HC** INCREASE LVEND, THE DIMENSION OF LVABL AND LDEST **)	FRT10910
60	STOP	FRT10920
61	133 WRITE(6,910) JWHERE	FRT10930
62	910 FORMAT(18H3ERROR AT JWHERE =,I3 /	FRT10940
	1 50HD** NIX,NIXEND TOO SMALL FOR THE PRE-PROGRAM, **)	FRT10950
63	STOP	FRT10960
64	134 WRITE(6,915) JWHERE	FRT10970
65	915 FORMAT(18H3ERROR AT JWHERE =,I3 /	FRT10980
	1 40HD** A NICKNAME IS ZERO OR NEGATIVE, **)	FRT10990
66	STOP	FRT11000
67	83- FORMAT(/9H JWHERE =,I3,5HNIC =,I4)	FRT11010
68	END	FRT11020

```

1      SUBROUTINE ESTHM(XW,YW,YNG,PSN,GAM,SEMX)
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      COMMON / A3 / IO ,EDP2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
5      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NBOUN
6      DIMENSION XW(3),YW(3),SEMX(6,6)
7      IF(ISP.EQ.1) GO TO 100
8      C1=YNG*(1.0-PSN)/((1.0+PSN)*(1.0-2.0*PSN))
9      C2=PSN/(1.0+PSN)
10     GO TO 110
11     100 CONTINUE
12     C1=YNG/(1.0+PSN*PSN)
13     C2=PSN
14     110 CONTINUE
15     F1=(1.0-C2)*0.5
16     F2=(1.0+C2)*0.5
17     C0=C1+TT/(2.0*((XW(2)-XW(1))*YW(3)
18     + (XW(1)-XW(3))*YW(2)+(XW(3)-XW(2))*YW(1)))
19     XJK=XW(1)-XW(2)
20     XJK=XW(2)-XW(3)
21     XKI=XW(3)-XW(1)
22     YIJ=YW(1)-YW(2)
23     YJK=YW(2)-YW(3)
24     YKI=YW(3)-YW(1)
25     SEMX(1,1)=(F1*XJK*XJK+YJK*YJK)*C0
26     SEMX(1,2)=(F2*XJK*YJK)*C0
27     SEMX(1,3)=(F1*XJK*XKI+YJK*YKI)*C0
28     SEMX(1,4)=(F1*XJK*YKI+C2*XKI*YJK)*C0
29     SEMX(1,5)=(F1*XIJ*XJK+YIJ*YJK)*C0
30     SEMX(1,6)=(F1*XJK*YIJ+C2*XIJ*YJK)*C0
31     SEMX(2,2)=(XJK*XJK+F1*YJK*YJK)*C0
32     SEMX(2,3)=(F1*XKI*YJK+C2*XJK*YKI)*C0
33     SEMX(2,4)=(XJK*XKI-F1*YJK*YKI)*C0
34     SEMX(2,5)=(F1*XIJ*YJK+C2*XJK*YIJ)*C0
35     SEMX(2,6)=(XIJ*XJK-F1*YIJ*YJK)*C0
36     SEMX(3,3)=(F1*XKI*XKI+YKI*YKI)*C0
37     SEMX(3,4)=(F2*XKI*YKI)*C0
38     SEMX(3,5)=(F1*XIJ*XKI+YIJ*YKI)*C0
39     SEMX(3,6)=(F1*XKI*YIJ+C2*XIJ*YKI)*C0
40     SEMX(4,4)=(XKI*XKI+F1*YKI*YKI)*C0
41     SEMX(4,5)=(F1*XIJ*YKI+C2*XKI*YIJ)*C0
42     SEMX(4,6)=(XIJ*XKI-F1*YIJ*YKI)*C0
43     SEMX(5,5)=(F1*XIJ*XIJ+YIJ*YIJ)*C0
44     SEMX(5,6)=(XIJ*XIJ-F1*YIJ*YIJ)*C0
45     DO 120 N10=1,5
46     NN10=N10+1
47     DO 120 N20=NN10,6
48     SEMX(N20,N10)=SEMX(N10,N20)
49     120 CONTINUE
50     RETURN
51     END

```

```

1      SUBROUTINE FRNT2(NELEM,NFREE,NIXEND,LLVABL,LLDEST,MVABL,MVEND,
2      KUREL,LPREQ)
3      COMMON / A1 / AAA(22220)
4      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP
5      1      TT ,NOP ,IGW ,IBD(5) ,IPG
6      COMMON / FT1/ LVMAX, NIZZ, MAXNIC, MAXPA, NVABZ, LCUREQ, LVEND
7      COMMON / FT2/ LVABL(6), LDEST(6)
8      DIMENSION NIX(3600)
9      DIMENSION LLVABL(6), LLDEST(6), MVABL(100)
10     EQUIVALENCE (NE,NELEMZ)
11     EQUIVALENCE (AAA(16721),NIX(1))
12     DATA IBRN / 4H /
13     JPRINT=1
14     IF( IBD(5),EQ,IBRN ) JPRINT=0
15     IF(NELEH,EQ,1) N1=1
16     LPREQ =LCUREQ
17     LCUREQ=NVABZ*NFREE
18     ITEMP2=NIXEND+1,NELEH
19     NZ=NIX(ITEMP2)
20     JSHAPE=NZ-N1+1
21     DO 22 NEW=N1,NZ
22     NIC=NIX(NEW)
23     LDES=NIX(NEW)
24     IF(NIC,GT,0) GO TO 20
25     IF(MAXNIC+NIC,LT,0) MAXNIC=-NIC
26     ITEM1=MAXPA+1
27     DO 14 LDES=1,ITEM1
28     JWHERE=77
29     IF(LDES*NFREE,GT,MVEND) GO TO 134
30     IF(MVABL(LDES),EQ,0) GO TO 16
31     14 CONTINUE
32     MVABL(LDES)=NIC
33     IF(LDES,GT,MAXPA) MAXPA=LDES
34     JWHERE=7
35     IF(MAXPA*NFREE,GT,MVEND) GO TO 134
36     KOUNT=1000
37     DO 18 LAS=NEW,NIZZ
38     IF(NIX(LAS),NE,NIC) GO TO 18
39     NIX(LAS)=LDES
40     KOUNT=KOUNT+1000
41     LAST=LAS
42     18 CONTINUE
43     NIX(LAST)=LDES+1000
44     NIX(NEW)=LDES+KOUNT
45     LDES=LDES+KOUNT
46     ITEMP3=NEW-N1+1
47     LDEST(ITEMP3)=LDES
48     NEWS=NEW
49     22 CONTINUE
50     N1=NEWS+1
51     DO 24 KL=1,JSHAPE
52     CALL CODESS( LDES,NSTRES,KL)
53     NIC=-MVABL(LDES)
54     LVABL(KL)=-MVABL(LDES)

```

FRT20180

FRT20200

FRT20210

FRT20220

FRT20230

FRT20240

FRT20250

FRT20290

FRT20300

FRT20310

FRT20320

FRT20330

FRT20340

FRT20350

FRT20360

FRT20370

FRT20380

FRT20390

FRT20400

FRT20410

FRT20420

FRT20430

FRT20440

FRT20480

FRT20490

FRT20500

FRT20510

FRT20520

FRT20530

FRT20540

FRT20550

FRT20560

FRT20570

FRT20580

FRT20590

FRT20600

FRT20610

FRT20670

FRT20690

FRT20700

```

53      C      (COLLECT ELEMENT COORDINATES IN ELCOR, USING VALUE OF NIC)      FRT20710
54      IF(NSTRES,NE,0,AND,NSTRES,NE,1) GO TO 24      FRT20720
55      MVABL(LDES)=0      FRT20730
56      NVABZ=NVABZ+1      FRT20740
57      24 CONTINUE      FRT20750
58      KUREL=JSHAPE*NFREE      FRT20760
59      L=0      FRT20770
60      DO 2400 KL=1,JSHAPE      FRT20780
61      CALL CODESS( LDES,NSTRES,KL)
62      DO 2400 KM=1,NFREE      FRT20800
63      L=L+1      FRT20810
64      LLVARL(L)=NFREE*(LVARL(KL)-1)+KM      FRT20820
65      LLDEST(L)=(NSTRES+1)*1000 + NFREE*(LDES+1) + KM      FRT20830
66      2400 CONTINUE      FRT20840
67      IF(NELEN,NE,NELEMZ) RETURN      FRT20850
68      MAXNIC=MAXNIC * NFREE      FRT20860
69      MAXPA=MAXPA * NFREE      FRT20870
70      NVABZ=NVABZ * NFREE      FRT20880
71      IF(JPRINT,EQ,0) GO TO 1000      FRT20890
72      WRITE(6,1010) MAXNIC,MAXPA,NVABZ      FRT20900
73      1010 FORMAT( 23H0** PRINT IN WAVE2 ** //5X, 7HMAXNIC=.I5, 5X,6HMAXPA=      FRT20910
74      1 ,I5,5X, 6HNVABZ=.I5 )      FRT20920
75      1000 CONTINUE      FRT20930
76      RETURN      FRT20940
77      134 WRITE(6,920) JWHERE      FRT20950
78      920 FORMAT(13H0ERROR AT JWHERE =,I3 /      FRT20960
79      1 55H0** HVEND, THE DIMENSION OF MVABL, IS TOO SMALL, ** )      FRT20970
80      STOP      FRT20980
81      END      FRT20990

```

1	SUBROUTINE CODESS(LDES,NSTRES,KL)	
2	COMMON / FT2/ LVABL(6), LDEST(6)	
3	LDES=LDEST(KL)	CODE0030
4	DO 2 NSTRES=1,30000	CODE0040
5	IF(LDES,LT,1000) GO TO 4	CODE0050
6	LDES=LDES+1000	CODE0060
7	2 CONTINUE	CODE0070
8	WRITE(6,100)	CODE0080
9	100 FORMAT(25H0** ERROR IN CODEST **)	CODE0090
10	STOP	CODE0100
11	4 NSTRES=NSTRES-2	CODE0110
12	RETURN	CODE0120
13	END	CODE0130

```

1      SUBROUTINE AFTER
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
1      TT ,NPP ,IOW ,IBD(5) ,IPG
4      COMMON / FT1/ LYMAX, NIZZ, MAXNIC, MAXPA, NVABZ, LCUREQ, LVEND
5      DIMENSION ELPA(6500),DEFL(600,2)
6      DIMENSION LVABL(6),LDEST(6),MVABL(100),BMT1(150),BMT2(1000),
1      MLOAD(2)
7      EQUIVALENCE (NP,NNODE),(NE,NELENZ)
8      EQUIVALENCE (AAA(9621),DEFL(1,1)),(AAA(11021),ELPA(1))
9      NELPAZ=6500
10     NVEND=100
11     LMT1=150
12     MT1=1
13     LMT2=1000
14     MT2=2
15     MT4=4
16     NFREE=2
17     JSHAPE=3
18     MLOAD(1)=1
19     MLOAD(2)=0
20     CALL FRNT3(LVABL,LDEST,MVABL,NVEND,BMT1,LMT1,MT1,BMT2,LMT2,MT2,
1     MT4,NFREE,JSHAPE,MLOAD,NICMAX)
21     REWIND MT4
22     READ(MT4) (ELPA(J),J=1,NICMAX)
23     DO 100 I10=1,NNODE
24     N10=NFREE*(I10-1)+1
25     N20=N10+NFREE-1
26     L=0
27     DO 200 I20=N10,N20
28     L=L+1
29     DEFL(I10,L)=ELPA(I20)
30 200 CONTINUE
31 100 CONTINUE
32     RETURN
33     END

```

```

1      SUBROUTINE FRNT3(      LVABL,LDEST,MVABL,MVEND,BMT1,LMT1,MT1,
2          BMT2,LMT2,MT2,      MT4,NFREE,JSHAPE,
3          MLOAD,NICHAX)
4      COMMON / A1 / AAA(22220)
5      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP
6          TT ,NOP ,ION ,IBD(5) ,IPG
7      COMMON / FT1/ LVMAX, NIZZ, MAXNIC, MAXPA, NVABZ, LCUREG, LVEND
8      DIMENSION ELPA(6500)
9      DIMENSION LVABL(6),LDEST(6),MVABL(100),BMT1(150),BMT2(150),
10         MLOAD(2)
11      EQUIVALENCE (NP,NNODE),(NE,NELENZ)
12      EQUIVALENCE (AAA(11021),ELPA(1))
13      DOUBLE PRECISION D1,D2,PIVOT
14      DATA IBRN / 4H /
15      DATA EOR,E08 / 3HEOR,3HE08 /
16      NFUNC(I,J)=I+(J*(J-1))/2
17      NELPAZ=6500
18      NIXEND=3600
19      LDD=1
20      LCASE = 0
21      2 INITL=1
22      NEWRHS=MLOAD(1)
23      NTIREX=1
24      MAXIN=0
25      NICHAX=MAXNIC
26      DO 5 J=1,10
27      IF(MLOAD(J),LE,0 ,OR, MLOAD(J),GT,10) GO TO 6
28      IF(MLOAD(J),GT,MAXIN) MAXIN=MLOAD(J)
29      5 CONTINUE
30      WRITE(6,7)
31      7 FORMAT(54H** ONLY ONE CASE GO, BECAUSE LOAD CASE DATA ERROR ** )
32      NRMAX=1
33      GO TO 8
34      6 NRMAX=MAXIN
35      IF(NRMAX,EQ,0) NRMAX=1
36      8 CONTINUE
37      MAXTAP= 1000
38      MAXELT=JSHAPE*NFREE * (JSHAPE*NFREE+7)/ 2 +3
39      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8010
40      WRITE(6,802) NEWRHS
41      802 FORMAT(23H1NEW PROBLEM, INITIALLY,I4,3X,3HRHS//)
42      WRITE(6,804) NTIREX,NRMAX,MAXTAP,MAXELT
43      804 FORMAT(9H NTIREX =,I2,4X,7HNRMAX =,I2,4X,
44         1 8HMAXTAP =,I4,4X,8HMAXELT =,I4/)
45      8010 CONTINUE
46      REWIND MT1
47      REWIND MT2
48      REWIND MT4
49      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8020
50      WRITE(6,4050)
51      4050 FORMAT(/// 10X, 35H*** WAVE FRONT HAS CALLED. , 5X,
52         1 30HNOW LET'S GO. *** // )
53      WRITE(6,1000) LVMAX,MAXPA,MAXNIC
54      1000 FORMAT( 7HOLVMAX=,I5,5X,6HMAXPA=,I5,7HMAXNIC=,I5 )

```

FRT30280

FRT30300

FRT30310

FRT30330

FRT30340

FRT30350

FRT30360

FRT30370

FRT30380

FRT30390

FRT30400

FRT30410

FRT30420

FRT30430

FRT30440

FRT30450

FRT30460

FRT30470

FRT30480

FRT30490

FRT30500

FRT30510

FRT30520

FRT30530

FRT30570

FRT30580

FRT30600

FRT30610

FRT30620

FRT30630

FRT30700

FRT30710

```

49      8026 CONTINUE
50      34 JWHERE = 8
51      NRHS = NEWNRHS
52      IF(NRHS,GT,NRMAX) GO TO 130
53      IF(INITL,EQ,0) WRITE(6,806) NRHS
54      806 FORMAT(14HIRE-SOLVE WITH,I4,3X,6HRHS//)
55      NELZ = NFUNC(0, LVMAX+1)*INITL + LVMAX*NRHS
56      IF(NELZ,GT,MAXELT) NELZ = MAXELT
57      NPAR = NFUNC(0, MAXPA+1)*INITL + NELZ
58      IF(INITL,EQ,0) GO TO 36
59      NPAZ = (LVMAX+MAXPA)*NRMAX
60      IF(NTIREX,NE,0) NPAZ = (MAXNIC+MAXPA)*NRMAX
61      N = NPAR + MAXPA*(NRHS+1)
62      IF(N,GT,NPAZ) NPAZ = N
63      NBAX0 = NPAZ + 1
64      NBAXZ = NBAX0 + MAXTAP
65      IF(NHAXZ,GT,NELPAZ) NBAXZ = NELPAZ
66      NBUFFA = NBAXZ - NBAX0
67      JWHERE = 9
68      IF(NBUFFA,LT,MAXPA*NRMAX+3) GO TO 130
69      NRUNG = NPAZ - NRMAX*MAXPA
70      36 ITEM4=NRAX0 + INITL*NBUFFA
71      DO 36 I= 1,ITEM4
72      ELPA(I) = 0.0
73      38 CONTINUE
74      KURPA = 0
75      IBA = NRAX0
76      IF( IEO(5),EQ,IBRN ) GO TO 8030
77      WRITE(6,7800) NPAZ, NBAXZ, NBUFFA, NRUNG, ITEM4, NELZ
78      7800 FORMAT(1H0, 5HNPAZ= ,I5, 5X, 6HNBAXZ= ,I5, 5X, 7HNBUFFA= ,I5,5X,
1 6HNRUNG= ,I5, 5X, 6HITEM4= ,I5, 5X, 6HNELZ= ,I5 )
79      8030 CONTINUE
80      DO 92 NELEH = 1,NELEHZ
81      IF(INITL,EQ,0) GO TO 540
82      IF( NELEH,EQ,1 ) MARK1 = LMT1
83      IF( MARK1,NE,LMT1 ,AND, BMT1(MARK1),NE,E0B ) GO TO 550
84      READ(NT1) (BMT1(M),M=1,LMT1)
85      IF( IEO(5),EQ,IBRN ) GO TO 8040
86      JHERE = 1000
87      WRITE(6,6000) JHERE
88      6000 FORMAT(1H0, 6HJHERE = ,I5 )
89      8040 CONTINUE
90      MARK1 = 0
91      550 CONTINUE
92      MARK1 = MARK1 + 1
93      KUREL = BMT1(MARK1)
94      MARK1 = MARK1 + 1
95      LPREO = BMT1(MARK1)
96      GO 555 J = 1, KUREL
97      MARK1 = MARK1 + 1
98      LVABL(J) = BMT1(MARK1)
99      MARK1 = MARK1 + 1
100     LDEST(J) = BMT1(MARK1)
101     555 CONTINUE
102     MARK1 = MARK1 + 1

```

```

FRT30720
FRT30730
FRT30740
FRT30750
FRT30760
FRT30770
FRT30780
FRT30790
FRT30800
FRT30810
FRT30820
FRT30830
FRT30840
FRT30850
FRT30860
FRT30870
FRT30880
FRT30890
FRT30900
FRT30910
FRT30920
FRT30930
FRT30940
FRT30950
FRT30960
FRT30970
FRT30980
FRT30990
FRT31000
FRT31040
FRT31050
FRT31060
FRT31070
FRT31080
FRT31130
FRT31140
FRT31150
FRT31160
FRT31170
FRT31180
FRT31190
FRT31200
FRT31210
FRT31220
FRT31230
FRT31240
FRT31250
FRT31260
FRT31270
FRT31280

```

```

103      LZ      =BNT1(MARK1)      FRT31290
104      DO 560 J =1, LZ          FRT31300
105      MARK1 = MARK1 + 1        FRT31310
106      ELPA(J) = BNT1( MARK1 )  FRT31320
107      560 CONTINUE            FRT31330
108      MARK1 = MARK1 + 1        FRT31340
109      IF( BNT1(MARK1).EQ.EOR .OR. BNT1(MARK1).EQ.EOB ) GO TO 570 FRT31350
110      JERROR = 801             FRT31360
111      WRITE(6,131) JERROR, NELEM, MARK1, MARK2 FRT31370
112      131 FORMAT( 32H** UNMATCH ERROR ** JERROR = ,I6, 5X, 6HNELEM= , FRT31380
        1 I6, 5X, 6HMARK1= , I6, 5X, 6HMARK2= , I6 ) FRT31390
113      STOP                    FRT31400
114      540 CONTINUE            FRT31410
115      570 CONTINUE            FRT31900
116      IF( NELEM.EQ.1 ) MARK2 = 0 FRT31910
117      LONG = MARK2 + KUREL * 2 + IBA = NBAX0 + 5 FRT31920
118      IF( LONG.LE.LMT2 ) GO TO 580 FRT31930
119      BNT2(MARK2) = EOR        FRT31940
120      IF( MARK2.GE.LMT2 ) GO TO 572 FRT31950
121      MP1 = MARK2 + 1          FRT31960
122      DO 574 J =MP1, LMT2      FRT31970
123      574 BNT2(J) = 0.         FRT31980
124      572 CONTINUE            FRT31990
125      WRITE(HT2) (BNT2(K),K=1,LMT2) FRT32000
126      IF( I6D(5).EQ.I6RN ) GO TO 8050
127      JHERE = 1020            FRT32020
128      WRITE(6,6000) JHERE     FRT32030
129      8050 CONTINUE
130      MARK2 = 0               FRT32040
131      LONG = MARK2 + KUREL * 2 + IBA = NBAX0 + 5 FRT32050
132      580 CONTINUE
133      MARK2 = MARK2 + 1        FRT32070
134      BNT2(MARK2)=KUREL       FRT32080
135      MARK2 = MARK2 + 1        FRT32090
136      BNT2(MARK2)=LPRE0
137      DO 585 J =1, KUREL      FRT32110
138      MARK2 = MARK2 + 1        FRT32120
139      BNT2(MARK2)=LVABL(J)     FRT32130
140      MARK2 = MARK2 + 1        FRT32140
141      BNT2(MARK2)=LDEST(J)     FRT32150
142      585 CONTINUE            FRT32160
143      MARK2 = MARK2 + 1        FRT32170
144      BNT2(MARK2)=IBA          FRT32180
145      DO 590 J =NBAX0, IBA     FRT32190
146      MARK2 = MARK2 + 1        FRT32200
147      BNT2( MARK2 ) = ELPA(J)  FRT32210
148      590 CONTINUE            FRT32220
149      MARK2 = MARK2 + 1        FRT32230
150      BNT2( MARK2 ) = EOR      FRT32240
151      JWHERE = 555             FRT32250
152      IF( MARK2.NE.LONG ) WRITE(6,591) MARK2, LONG, JWHERE FRT32260
153      591 FORMAT( 1H0, 20H** UNMATCH ERROR ** ,6HMARK =,I6,5X, 5HLONG=,I6, FRT32270
        1 5X, 7HJWHERE= , I6 ) FRT32280
154      JWHERE = 10              FRT32290
155      IF(.LT.NEL2. OR .LT.LE.0) GO TO 130 FRT32300

```

```

156      IBA = HBAKD                                FRT32360
157      NEW = 1                                      FRT32370
158      L = 0                                        FRT32380
159      DO 40 KL = 1,KUREL                          FRT32390
160      CALL CODEST (LDEST,LDES,HSTRES,KL)          FRT32400
161      MVABL(LDES) = LVABL(KL)                    FRT32410
162      LVABL(KL) = LDES                             FRT32420
163      IF(LDES,GT,KURPA) KURPA = LDES              FRT32430
164      40 CONTINUE                                  FRT32440
165      ITEMP5=2-INITL                               FRT32450
166      DO 66 LHSRHS = ITEMP5 , 2                   FRT32460
167      LHS = 2 - LHSRHS                             FRT32470
168      IRHS = 1 - LHS                               FRT32480
169      ITEMP6=LHS*KUREL+IRHS*NRHS                  FRT32490
170      DO 64 KL = 1, ITEMP6                         FRT32500
171      GO TO (42,44), LHSRHS                        FRT32510
172      42 KG = LVABL(KL)                            FRT32520
173      HGG = NFUNC(0,KG) + NELZ                     FRT32530
174      GO TO 46                                      FRT32540
175      44 HGG = (KL-1)*MAXPA + NPAR                  FRT32550
176      46 ITEMP7=LHS*KL+IRHS*KUREL                 FRT32560
177      DO 62 IL = 1, ITEMP7                         FRT32570
178      IG = LVABL(IL)                              FRT32580
179      L = L + 1                                     FRT32590
180      48 CE = ELPA(L)                              FRT32600
181      GO TO (50,56), LHSRHS                        FRT32610
182      50 IF(KG-IG) 52,54,56                        FRT32620
183      52 HG = NFUNC(KG,IG) + NELZ                  FRT32630
184      GO TO 56                                      FRT32640
185      54 IF(KL,HE,IL) CE = CE+CE                  FRT32650
186      56 HG = HGG + IG                             FRT32660
187      56 IF(L,LE,LZ) GO TO 60                      FRT32670
188      IF ( INITL,EQ,0 ) GO TO 600                 FRT32690
189      IF( BMT1(MARK1),NE,E0B ) GO TO 610          FRT32700
190      READ(MT1) (BMT1(M),M=1,LMT1)               FRT32710
191      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8060             FRT32720
192      JHERE = 1030                                  FRT32730
193      WRITE(6,6000) JHERE
194      8060 CONTINUE
195      MARK1 = 0                                      FRT32740
196      610 CONTINUE                                  FRT32750
197      MARK1 = MARK1 + 1                             FRT32760
198      LZ = BMT1(MARK1)                             FRT32770
199      DO 615 J = 1, LZ                             FRT32780
200      MARK1 = MARK1 + 1                             FRT32790
201      ELPA(J) =BMT1(MARK1)                         FRT32800
202      615 CONTINUE                                  FRT32810
203      MARK1 = MARK1 + 1                             FRT32820
204      JERROR = 003                                  FRT32830
205      IF( BMT1(MARK1),EQ,E0R ,OR, BMT1(MARK1),EQ,E0B ) GO TO 620 FRT32840
206      WRITE(6,131) JERROR, NELEM, MARK1, MARK2    FRT32850
207      STOP                                           FRT32860
208      600 CONTINUE                                  FRT32870
209      620 CONTINUE                                  FRT32880
210      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8070

```

```

211      WRITE(6,814)                                FRT33240
212      814 FORMAT(/21H ELEMENT CONTINUATION)        FRT33250
213      WRITE(6,800)(ELPA(I), I = 1,LZ)             FRT33260
214
215      807C CONTINUE
216      JWHERE = 11                                    FRT33270
217      IF(LZ.GT,NELZ, OR ,LZ.LE,0) GO TO 130        FRT33280
218      L = 1                                           FRT33290
219      GO TO 48                                       FRT33300
220      60 ELPA(HG) = ELPA(HG) + CE                   FRT33310
221      62 CONTINUE                                   FRT33320
222      64 CONTINUE                                   FRT33330
223      66 CONTINUE                                   FRT33340
224      JWHERE = 12                                    FRT33350
225      IF(L.NE,LZ) GO TO 130                         FRT33360
226      DO 9G KL = 1,KUREL                            FRT33390
227      CALL CODEST (LDEST,LDES,NSTRES,KL)           FRT33400
228      IF(NSTRES.NE,C, AND ,NSTRES.NE,1) GO TO 90   FRT33410
229      68 NDEGN = IBA + KURPA + NRMAX + 3            FRT33420
230      IF(NDEGN.LE,NBAX2, AND ,NEW.EQ,0) GO TO 7C   FRT33430
231      IF( NEW.NE,0 ) GO TO 640                     FRT33480
232      LONG = MARK2 + IBA - NBAX0 + 3               FRT33490
233      IF ( LONG.LE,LMT2 ) GO TO 645                FRT33500
234      RMT2(MARK2) = FOR                             FRT33510
235      IF( MARK2.GE,LMT2 ) GO TO 641                FRT33520
236      MP1 = MARK2 + 1                               FRT33530
237      DO 642 J =MP1, LMT2                           FRT33540
238      642 RMT2(J) = 0,                               FRT33550
239      641 CONTINUE                                   FRT33560
240      WRITE(MT2) (BMT2(M),M=1,LMT2)                FRT33570
241      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8080
242      JHERE = 1050
243      WRITE(6,6000) JHERE                            FRT33580
244      8080 CONTINUE                                FRT33590
245      MARK2 = G
246      LONG = MARK2 + IBA - NBAX0 + 3                FRT33600
247      645 CONTINUE                                   FRT33610
248      MARK2 = MARK2 + 1                             FRT33620
249      BMT2(MARK2)=IBA                               FRT33630
250      DO 650 K =NBAX0, IBA                          FRT33640
251      MARK2 = MARK2 + 1                             FRT33650
252      BMT2(MARK2) = FLPA(K)                         FRT33660
253      650 CONTINUE                                   FRT33670
254      MARK2 = MARK2 + 1                             FRT33680
255      BMT2(MARK2) = EOR                             FRT33690
256      JWHERE = 666                                   FRT33700
257      IF( MARK2.NE,LONG ) WRITE(6,591) MARK2, LONG, JWHERE FRT33710
258      640 CONTINUE                                   FRT33720
259      IBA = NBAX0                                    FRT33730
260      NEW = 0                                         FRT33740
261      IF( INITL.NE,0 ) GO TO 68                     FRT33750
262      70 IBDIAG= IBA + LDES                          FRT33760
263      NDIAG = IBA + LDES                            FRT33770
264      IF(INITL.NE,0) NDIAG = NFUNC(0,LDES+1) + NELZ FRT33780
265      PIVOT = 0,                                     FRT33790
266      PIVOT = ELPA(NDIAG)                           FRT33800

```

266	ELPA(NDIAG) = 0.0	FRT34190
267	JWHERE = 13	FRT34200
268	IF(PIVOT, EQ, 0.) GO TO 130	FRT34210
269	HGZ = NELZ	FRT34220
270	JGZ = KURPA	FRT34230
271	IBA = IBA	FRT34240
272	IF(INITL, EQ, 0) IBA = IBA + KURPA	FRT34250
273	ITEMP8 = 2 * INITL	FRT34260
274	DO 86 LHSRHS = ITEMP8, 2	FRT34270
275	IF(LHSRHS, EQ, 2) JGZ = NRHS	FRT34280
276	DO 84 JG = 1, JGZ	FRT34290
277	IBA = IBA + 1	FRT34300
278	GO TO (72, 78), LHSRHS	FRT34310
279	72 HGC = HGZ	FRT34320
280	HGZ = HGC + JG	FRT34330
281	IF(LDES, GT, JG) GO TO 74	FRT34340
282	HG = HGC + LDES	FRT34350
283	GO TO 78	FRT34360
284	74 HG = NFUNC(JG, LDES) + NELZ	FRT34370
285	GO TO 78	FRT34380
286	76 MGO = (JG - 1) * MAXPA + NPAR	FRT34390
287	HG = MGO + LDES	FRT34400
288	HGZ = MGO + KURPA	FRT34410
289	78 NDEL = IBA - MGO	FRT34420
290	CONST = 0.	FRT34430
291	CONST = ELPA(HG)	FRT34440
292	ELPA(IBA) = ELPA(HG)	FRT34450
293	IF(CONST, EQ, 0.) GO TO 84	FRT34460
294	CONST = CONST / PIVOT	FRT34470
295	ELPA(HG) = 0.0	FRT34480
296	IF(INITL, NE, LHSRHS) GO TO 80	FRT34490
297	HG = NPAR + NKHS * MAXPA + JG	FRT34500
298	D1 = 0.	FRT34510
299	D1 = ELPA(HGZ)	FRT34520
300	D1 = D1 ** 2	FRT34530
301	D2 = 0.	FRT34540
302	D2 = ELPA(HG)	FRT34550
303	D2 = D2 + D1	FRT34560
304	ELPA(HG) = D2	FRT34570
305	80 ITEM2 = MGO + 1	FRT34580
306	DO 82 I = ITEM2, HGZ	FRT34590
307	ITEMP9 = I + NDEL	FRT34600
308	D1 = 0.	FRT34610
309	D1 = ELPA(ITEMP9)	FRT34620
310	D1 = CONST * D1	FRT34630
311	D2 = 0.	FRT34640
312	D2 = ELPA(I)	FRT34650
313	D2 = D2 + D1	FRT34660
314	ELPA(I) = D2	FRT34670
315	82 CONTINUE	FRT34680
316	84 CONTINUE	FRT34690
317	86 CONTINUE	FRT34700
318	ELPA(NDIAG) = PIVOT	FRT34710
319	IBA = NDEQN	FRT34720
320	ELPA(IBA) = KURPA	FRT34730
		FRT34740
		FRT34750
		FRT34760
		FRT34770

```

321      ELPA(IRA=1) = LDES                      FRT34780
322      ELPA(IRA=2) = HVABL(LDES)                FRT34790
323      IF(INITL,EQ,0) GO TO 88                  FRT34800
324      NG = NPAR + NRHS*MAXPA + LDES            FRT34810
325      D1 = 0.                                  FRT34820
326      D1 = ELPA(NG)                            FRT34830
327      CRIT = DSORT(D1) / DABS(PIVOT)           FRT34840
328      ELPA(NG) = 0.0                           FRT34850
329      JWHERE = 14                             FRT34860
330      IF(CRIT,GT,1.0E8) GO TO 130              FRT34870
331      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 8090
332      WRITE(6,9000) NELEM, PIVOT              FRT34880
333      9000 FORMAT( 1H0, 8HNELEM = ,I5, 5X, 8HPIVOT = , F12.4 ) FRT34890
334      8090 CONTINUE
335      JWHERE = 15                              FRT34900
336      IF(CRIT,GT,1.0E4, OR ,PIVOT,LT,0.)       FRT34910
337      1 WRITE(6,934) JWHERE, NIC, CRIT, PIVOT  FRT34920
338      88 HVABL(LDES) = 0                       FRT34930
339      IF(HVABL(KURPA),NE,0) GO TO 90           FRT34940
340      KURPA = KURPA - 1                       FRT34950
341      IF(KURPA,NE,0) GO TO 88                 FRT34960
342      90 CONTINUE                             FRT34970
343      IF( NELEM,NE,NELEHZ ) GO TO 92          FRT35000
344      IF( MARK2,EQ,0 ) GO TO 92              FRT35010
345      BMT2(MARK2) = EQ8                      FRT35020
346      92 CONTINUE                             FRT35030
347      ITEM1G=HFLZ*NTIREX                     FRT35040
348      DO 94 I = 1,ITEM10                     FRT35050
349      ELPA(I) = 0.0                          FRT35060
350      94 CONTINUE                             FRT35070
351      END FILE HT2
352      IF(INITL,EQ,0 ) GO TO 701               FRT35120
353      REWIND HT1                              FRT35130
354      MARK1 = 0                               FRT35140
355      701 CONTINUE                            FRT35150
356      INITL = 0                               FRT35160
357      LDD=LDD+1                              FRT35180
358      NEWRHS=MLOAD(LDD)                      FRT35190
359      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 9010
360      WRITE(6,824) NEWRHS                    FRT35200
361      824 FORMAT(//42H BACK-SUBSTITUTION-STARTS, AND NEXT NO, OF, FRT35210
362      1 12H RHS WILL BE,I4/)
363      9010 CONTINUE                          FRT35230
364      NBZ = IBA                               FRT35240
365      NEQ = NVABZ                             FRT35250
366      LPREQ = LCUREQ                         FRT35260
367      NELEM = NELEHZ                         FRT35270
368      100 IF(IRA,NE,NBAX0) GO TO 102          FRT35330
369      IF( MARK2,NE,0 ) GO TO 680              FRT35340
370      BACKSPACE HT2                          FRT35350
371      READ(HT2) (BMT2(M),M=1,LHT2)           FRT35360
372      BACKSPACE HT2
373      IF( IBD(5),EQ,IBRN ) GO TO 9020
374      JHERE = 1070                           FRT35370
375      WRITE(6,6000) JHERE                     FRT35380

```

```

374          9020 CONTINUE
375          DO 682 J = 1, LMT2
376             MARK2 = LMT2 - J + 1
377             IF( BMT2(MARK2).EQ.EOB) GO TO 680
378          682 CONTINUE
379             JWHERE = 5040
380             GO TO 130
381          680 CONTINUE
382             DO 688 J = 1, LMT2
383             MARK2 = MARK2 - 1
384             LONG = J
385             IF( MARK2.EQ.0 ) GO TO 689
386             IF( BMT2(MARK2).EQ.EOR ) GO TO 689
387          688 CONTINUE
388             JWHERE = 5045
389             GO TO 130
390          689 CONTINUE
391             MARK2 = MARK2 + 1
392             NBZ = BMT2(MARK2)
393             DO 690 K = NBAX0, NBZ
394             MARK2 = MARK2 + 1
395             ELPA(K) = BMT2(MARK2)
396          690 CONTINUE
397             MARK2 = MARK2 - LONG + 1
398             IF( MARK2.EQ.0 ) GO TO 691
399             IF( BMT2(MARK2).EQ.EOR ) GO TO 691
400             JERROR = 806
401             WRITE(6,131) JERROR, NELEM, MARK1, MARK2
402             STOP
403          691 CONTINUE
404             IBA = NBZ
405          102 KURPA = ELPA(IBA)
406             LDES = ELPA(IBA+1)
407             NIC = ELPA(IBA+2)
408             IBAR = IBA + NRMAX - 3
409             IBA = IBAR + KURPA
410             IBDIAG = IBA + LDES
411             PIVOT = 0.
412             PIVOT = ELPA(IBMAG)
413             ELPA(IBMAG) = 0.0
414             DO 106 J = 1, NRHS
415             MGO = NRUNO + (J-1)*MAXPA
416             MGZ = MGO + KURPA
417             ITEM14 = IBAR + J
418             CONST = 0.
419             CONST = ELPA(ITEM14)
420             NDELT = IBA - MGO
421             ITEM3 = MGO + 1
422             DO 104 I = ITEM3, MGZ
423             ITEM15 = I + NDELT
424             D1 = 0.
425             D1 = ELPA(I)
426             D2 = 0.
427             D2 = ELPA(ITEM15)
428             CONST = CONST + D1 * D2

```

```

FRT35390
FRT35400
FRT35410
FRT35420
FRT35430
FRT35440
FRT35450
FRT35460
FRT35470
FRT35480
FRT35490
FRT35500
FRT35510
FRT35520
FRT35530
FRT35540
FRT35550
FRT35560
FRT35570
FRT35580
FRT35590
FRT35600
FRT35610
FRT35620
FRT35630
FRT35640
FRT35650
FRT35660
FRT35670
FRT35680
FRT35690
FRT35700
FRT35710
FRT35720
FRT35730
FRT35740
FRT35750
FRT35760
FRT35770
FRT35780
FRT35790
FRT35800
FRT35810
FRT35820
FRT35830
FRT35840
FRT35860
FRT35870
FRT35880
FRT35890
FRT35900
FRT35910
FRT35920
FRT35930

```

429	104 CONTINUE	FRT35940
430	ANSWER = CONST/PIVOT	FRT35980
431	ITEM16= NG0 + LOES	FRT35990
432	ELPA(ITEM16) = ANSWER	FRT36000
433	IF(NTIREX,NE,0) ELPA(NIC) = ANSWER	FRT36010
434	NIC = NIC + MAXNIC	FRT36020
435	106 CONTINUE	FRT36030
436	ELPA(IRDIA) = PIVOT	FRT36040
437	IF (IBA,NE,NBAX0,OR,NEWRHS,LE,0) GO TO 700	FRT36080
438	LONG = MARK1 + NBZ + NBAX0 + 3	FRT36090
439	IF(LONG,LE,LMT1) GO TO 710	FRT36100
440	BHT1(MARK1) = EOB	FRT36110
441	IF(MARK1,GE,LMT1) GO TO 703	FRT36120
442	HP1 = MARK1 + 1	FRT36130
443	DO 702 J =HP1, LMT1	FRT36140
444	702 BHT1(J) = 0.	FRT36150
445	703 CONTINUE	FRT36160
446	WRITE(MT1) (BHT1(M),M=1,LMT1)	FRT36170
447	IF(IBD(5),EQ,IBRN) GO TO 9030	
448	JHERE = 1000	FRT36180
449	WRITE(6,6000) JHERE	FRT36190
450	9030 CONTINUE	
451	MARK1 = 0	FRT36200
452	LONG = MARK1 + NBZ + NBAX0 + 3	FRT36210
453	710 CONTINUE	FRT36220
454	MARK1 = MARK1 + 1	FRT36230
455	BHT1(MARK1)=NBZ	FRT36240
456	DO 715 J =NBAX0, NBZ	FRT36250
457	MARK1 = MARK1 + 1	FRT36260
458	BHT1(MARK1) = ELPA(J)	FRT36270
459	715 CONTINUE	FRT36280
460	MARK1 = MARK1 + 1	FRT36290
461	BHT1(MARK1) = EOB	FRT36300
462	JWHERE = 777	FRT36310
463	IF(MARK1,NE,LONG) WRITE(6,591) MARK1, LONG, JWHERE	FRT36320
464	700 CONTINUE	FRT36330
465	NEQ = NEQ + 1	FRT36340
466	108 IF(NEQ,NE,LPREQ) GO TO 100	FRT36350
467	IF(MARK2,NE,U) GO TO 741	FRT36390
468	BACKSPACE MT2	FRT36400
469	READ(MT2) (BHT2(M),M=1,LMT2)	FRT36410
470	BACKSPACE MT2	FRT36420
471	IF(IBD(5),EQ,IBRN) GO TO 9040	
472	JHERE = 1090	FRT36430
473	WRITE(6,6000) JHERE	FRT36440
474	9040 CONTINUE	
475	DO 742 J =1, LMT2	FRT36450
476	MARK2 = LMT2 - J + 1	FRT36460
477	IF (BHT2(MARK2),EQ,EOB) GO TO 741	FRT36470
478	742 CONTINUE	FRT36480
479	JWHERE = 5050	FRT36490
480	GO TO 130	FRT36500
481	741 CONTINUE	FRT36510
482	DO 744 J =1, LMT2	FRT36520
483	MARK2 = MARK2 + 1	FRT36530

```

484      LONG = J                                FRT36540
485      IF( MARK2,EQ,0 ) GO TO 745              FRT36550
486      IF( BHT2(MARK2),EQ,EOR ) GO TO 745     FRT36560
487      744 CONTINUE                             FRT36570
488      JWHERE = 5055                           FRT36580
489      GO TO 136                               FRT36590
490      745 CONTINUE                             FRT36600
491      MARK2 = MARK2 + 1                       FRT36610
492      KUREL =BHT2(MARK2)                     FRT36620
493      MARK2 = MARK2 + 1                       FRT36630
494      LPREO =BHT2(MARK2)                     FRT36640
495      DO 746 J = 1, KUREL                    FRT36650
496      MARK2 = MARK2 + 1                       FRT36660
497      LYAUL(J) =BHT2(MARK2)                  FRT36670
498      MARK2 = MARK2 + 1                       FRT36680
499      LDEST(J) =BHT2(MARK2)                  FRT36690
500      746 CONTINUE                             FRT36700
501      MARK2 = MARK2 + 1                       FRT36710
502      NBZ =BHT2(MARK2)                       FRT36720
503      DO 747 J =NRAXO, NBZ                    FRT36730
504      MARK2 = MARK2 + 1                       FRT36740
505      ELPA(J) = BHT2( MARK2 )                 FRT36750
506      747 CONTINUE                             FRT36760
507      MARK2 = MARK2 + LONG + 1                FRT36770
508      IF( MARK2,EQ,0 ) GO TO 748              FRT36780
509      IF( BHT2(MARK2),EQ,EOR ) GO TO 748     FRT36790
510      JERROR = 807                            FRT36800
511      WRITE(6,131) JERROR, NELEM, MARK1, MARK2 FRT36810
512      STOP                                     FRT36820
513      748 CONTINUE                             FRT36830
514      IWA = NBZ                               FRT36840
515      DO 116 KL = 1,KUREL                     FRT36870
516      CALL CODEST (LDEST,LDES,NSTRES,KL)      FRT36880
517      IF(NSTRES,LE,0) GO TO 116               FRT36890
518      NIC = LVABL(KL)                         FRT36900
519      116 CONTINUE                             FRT36920
520      NELEM = NELEM + 1                       FRT36930
521      IF(NELEM,NE,0) GO TO 108                 FRT36940
522      LCASE=LCASE+1                           FRT36980
523      LDO=MLOAD(LCASE)                        FRT37020
524      DO 5000 J=1,LDO                          FRT37030
525      N1=MAXNIC*(J-1)+1                       FRT37040
526      N2=N1+MAXNIC+1                           FRT37050
527      WRITE(HT4) (ELPA(K),K=N1,N2)            FRT37060
528      5000 CONTINUE                             FRT37070
529      IF(NEWRRHS) 140,140,34                  FRT37100
530      130 WRITE(6,832)                         FRT37110
531      832 FORMAT(/6H ERROR)                     FRT37120
532      WRITE(6,834) JWHERE, NIC, CRIT, PIVOT, LZ, NELZ, NELEM, NRHS,
          1 NBUFFA, LVMAX, NIZZ, NELPAZ, LVEND, MVEND, NIXEND FRT37130
533      STOP                                     FRT37140
534      140 CONTINUE                             FRT37150
535      RETURN                                    FRT37280
536      800 FORMAT(1X,10E12.5)                  FRT37290
537      834 FORMAT(19H JWHERE =,I3,5X,5HNIC =,I4,5X,6HCRIT =,E9,2,3X, FRT37300

```

PAGE 37

```
538      1 7HPIVOT =,F12,4,3X,4HLZ =,I5,11X,6HNELZ =,I5/      FRT37310
539      2 8H NELEH =,I4,5X,6HNRHS =,I3,5X,8HNBUFA =,I6,4X,      FRT37320
      3 7HLVHAX =,I5,10X,6HNIZZ =,I5,9X,8HNELPAZ =,I5/      FRT37330
      4 8H LVEND =,I4,5X,7HMVEND =,I4,3X,8HNIXEND =,I6)      FRT37340
      900 FORHAT(14I5)      FRT37350
      END      FRT37360
```

```

1      SUBROUTINE CODEST(LDEST,LDES,NSTRES,KL)
2      DIMENSION LDEST(6)
3      LDES=LDEST(KL)
4      DO 2 NSTRES=1,30000
5      IF (LDES.LT.1000) GO TO 4
6      LDES=LDES-1000
7      2 CONTINUE
8      WRITE(6,100)
9      100 FORMAT(25H0** ERROR IN CODEST ** )
10     STOP
11     4 NSTRES=NSTRES-2
12     RETURN
13     END

```

```

1      SUBROUTINE DEFOR
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      1      TT ,NOP ,IOW ,IBD(5) ,IPG ,
5      COMMON / A3 / IO ,EDP2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
6      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NBOUN
7      DIMENSION XX(600),YY(600),XLOA(200),YLOA(200) ,NLOAD(200)
8      DIMENSION IENP(600,8),WE(900),DXYW(600,2),DEFL(600,2)
9      DIMENSION SDISP(600,2)
10     EQUIVALENCE (AAA(601),XX(1)),(AAA(1201),YY(1)),(AAA(9221),XLOA(1))
11     , (AAA(9421),YLOA(1)),(AAA(9021),NLOAD(1))
12     EQUIVALENCE (AAA(9821),DEFL(1,1)),(AAA(11021),DXYW(1,1)),
13     1      (AAA(12221),WE(1)),(AAA(13121),SDISP(1,1)),
14     2      (AAA(14321),IENP(1,1))
15     READ( 11 ) IENP
16     READ( 11 ) WE
17     READ( 11 ) DXYW
18     REWIND 11
19     GO TO (300,310,310),ISW
20     310 CONTINUE
21     IF( IOWK,NE.1 ) GO TO 320
22     DO 180 I40=1,600
23     SDISP(I40,1)=0,0
24     SDISP(I40,2)=0,0
25     180 CONTINUE
26     GO TO 300
27     320 CONTINUE
28     IDE = 1
29     DO 350 I10=1,2
30     II10=(I10-1)*300+1
31     II20= I10*300
32     READ( 3' IDE )(SDISP(JJ10,1),JJ10=II10,II20)
33     READ( 3' IDE )(SDISP(JJ10,2),JJ10=II10,II20)
34     350 CONTINUE
35     300 CONTINUE
36     ICOUNT=50
37     G100=0,0
38     G200=0,0
39     DO 100 I10=1,NP
40     DO 110 I20=1,8
41     IF(IENP(I10,I20),EQ,0) GO TO 120
42     N20=IENP(I10,I20)
43     DXYW(I10,2)=DXYW(I10,2)+WE(N20)
44     110 CONTINUE
45     120 CONTINUE
46     GO TO (130,140,140),ISW
47     130 CONTINUE
48     SDISP(I10,1)=0,0
49     SDISP(I10,2)=0,0
50     140 CONTINUE
51     N10=NLOAD1+1
52     N20=NLOAD1+NLOAD2
53     DO 160 I30=N10,N20
54     IF(NLOAD(I30),NE,I10) GO TO 160

```

```

50      DEFL(I10,1)=DEFL(I10,1)+XLOA(I30)
51      DEFL(I10,2)=DEFL(I10,2)+YLOA(I30)
52      IF(ISW,EQ,1) GO TO 170
53      XLOA(I30)=0.0
54      YLOA(I30)=0.0
55      GO TO 170
56  160 CONTINUE
57  170 CONTINUE
58      SDISP(I10,1)=SDISP(I10,1)+DEFL(I10,1)
59      SDISP(I10,2)=SDISP(I10,2)+DEFL(I10,2)
60      ICOUNT=ICOUNT+1
61      IF(ICOUNT,LE,40) GO TO 200
62      ICOUNT=1
63      IPG=IPG+1
64      WRITE(6,1000) IPG
65  1000 FORMAT(1H1,1H ,96X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE,I4,
1      /1H ,7X,27H* * * RESULT ( 1 ) * * * ,
2      //1H ,7X,49H* * * JOINT INFORMATION = DISPLACEMENT * * *
3      ,///1H ,10X,2HNP,8X,7HLOAD(X),7X,7HLOAD(Y),
4      8X,7HDISP(X),7X,7HDISP(Y),11X,4HX=CO,10X,4HY=CO //)
66  200 CONTINUE
67      X100=XX(I10)+SDISP(I10,1)
68      Y100=YY(I10)+SDISP(I10,2)
69      G100=G100+DXYW(I10,1)
70      G200=G200+DXYW(I10,2)
71      * WRITE(6,1010) I10,DXYW(I10,1),DXYW(I10,2),SDISP(I10,1),
SDISP(I10,2),X100,Y100
72  1010 FORMAT(1H ,8X,I4,3(2X,F13.4,1X,F13.4))
73  100 CONTINUE
74      WRITE(6,1020) G100,G200
75  1020 FORMAT(1H0,///1H ,7X,5HTOTAL,2X,F13.4,1X,F13.4)
76      GO TO (360,370,370),ISW
77  370 CONTINUE
78      IDE = 1
79      DO 380 I10=1,2
80      I110=(I10-1)*300+1
81      I120= I10*300
82      WRITE( 3'IDE )(SDISP(JJ10,1),JJ10=I110,I120)
83      WRITE( 3'IDE )(SDISP(JJ10,2),JJ10=I110,I120)
84  380 CONTINUE
85  360 CONTINUE
86      RETURN
87      END

```

```

1      SUBROUTINE STRES
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) , NP , NE , NS , ISP ,
4      1      TT , NOP , IOW , IBD(5) , IPG ,
5      COMMON / A3 / IO , EDP2 , ICOUNT , NLOAD1 , NLOA2 ,
6      1      ISSP , ISSN , ISW , IOWK , N8OUN
7      DIMENSION XX(600),YY(600),MM(900),MI(900),MJ(900),MK(900),
8      1      EE(900),VV(900),NEUN(20)
9      DIMENSION DEFL(600,2),G10(900,3)
10     DIMENSION G1(900),G2(900),G3(900),G4(900),G5(900),G6(900),
11     1      G7(900),G8(900)
12     DIMENSION STHX(3,6),WT(6),SIGMA(6),XW(3),YW(3)
13     EQUIVALENCE (AAA(601),XX(1)),(AAA(1201),YY(1)),(AAA(1801),NEUN(1))
14     1      , (AAA(1821),MM(1)),(AAA(2721),MI(1)),(AAA(3621),MJ(1)),
15     2      , (AAA(4521),MK(1)),(AAA(6321),EE(1)),(AAA(7221),VV(1))
16     EQUIVALENCE (AAA(9821),DEFL(1,1)),(AAA(12221),G1(1)),
17     1      , (AAA(13121),G2(1)),(AAA(14021),G3(1)),
18     2      , (AAA(14921),G4(1)),(AAA(15821),G5(1)),
19     3      , (AAA(16721),G6(1)),(AAA(17621),G7(1)),
20     4      , (AAA(18521),G8(1))
21     EQUIVALENCE (AAA(19421),G10(1,1))
22     EQUIVALENCE (AAA(22121),WT(1)),(AAA(22127),SIGMA(1))
23     GO TO ( 280,290,290 ),ISW
24     290 CONTINUE
25     IF( IOWK,GT.1 ) GO TO 300
26     GO TO 280
27     300 CONTINUE
28     IDE = 5
29     DO 310 I10=1,3
30     I110=(I10-1)*300+1
31     I120= I10*300
32     READ( 3' IDE )(G10(JJ10,1),JJ10=I110,I120)
33     READ( 3' IDE )(G10(JJ10,2),JJ10=I110,I120)
34     READ( 3' IDE )(G10(JJ10,3),JJ10=I110,I120)
35     310 CONTINUE
36     280 CONTINUE
37     ICOUNT=50
38     DO 100 I10=1,NE
39     II=MI(I10)
40     JJ=MI(I10)
41     KK=MK(I10)
42     XW(1)=XX(II)
43     XW(2)=XX(JJ)
44     XW(3)=XX(KK)
45     YW(1)=YY(II)
46     YW(2)=YY(JJ)
47     YW(3)=YY(KK)
48     YNG=EE(I10)
49     PSN=VV(I10)
50     CALL ESSHA(XW,YW,YNG,PSN,STHX)
51     WT(1)=DEFL(II,1)
52     WT(2)=DEFL(II,2)
53     WT(3)=DEFL(JJ,1)
54     WT(4)=DEFL(JJ,2)

```

```

45      WT(5)=DEFL(KK,1)
46      WT(6)=DEFL(KK,2)
47      DO 110 I20=1,3
48      S10=0.0
49      DO 120 I30=1,6
50      S10=S10+STHX(I20,I30)*WT(I30)
51 120 CONTINUE
52      SIGMA(I20)=S10
53 110 CONTINUE
54      GO TO (130,140,140),ISW
55 140 CONTINUE
56      IF(IOWK,EQ,1) GO TO 130
57      IF(I10,GT,NEUN(IOWK-1)) GO TO 130
58      DO 160 I30=1,3
59      SIGMA(I30)=G10(I10,I30)+SIGMA(I30)
60 160 CONTINUE
61 130 CONTINUE
62      DO 150 I20=1,3
63      G10(I10,I20)=SIGMA(I20)
64 150 CONTINUE
65      S1=(SIGMA(1)+SIGMA(2))*0.5
66      S2=SQRT(((SIGMA(1)-SIGMA(2))*0.5)**2+SIGMA(3)**2)
67      SIG1=S1-S2
68      SIG2=S1+S2
69      THETA=29.647889*(ATAN(2.0*SIGMA(3)/(SIGMA(1)-SIGMA(2))))
70      IF(SIGMA(1)-SIGMA(2),LE,0.0) THETA=THETA+90.0
71      AS2=ABS(SIGMA(2))
72      GK1=9999.9999
73      IF(AS2,GE,0.00001) GK1=SIGMA(1)/SIGMA(2)
74      GK1=SIGMA(1)/SIGMA(2)
75      ICOUNT=ICOUNT+1
76      IF(ICOUNT,LE,40) GO TO 170
77      ICOUNT=1
78      IPQ=IPQ+1
79      WRITE(6,1050) IPQ
80 1050 FORMAT(1H1,1H ,96X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE,I4,
1      //1H ,7X,27H* * * RESULT ( 2 ) * * * ,
2      //1H ,7X,45H* * * ELEMENT INFORMATION = STRESS * * * ,
3      //1H ,10X,2HNE,8X,7HSIGMA=X,7X,7HSIGMA=Y,8X,6HTAU=XY,
4      7X,7HTAU=MAX,7X,7HSIGMA=1.7X,7HSIGMA=2.9X,
5      5HTHETA,7X,7HK (X/Y) //)
81 170 CONTINUE
82      WRITE(6,1010) I10,SIGMA(1),SIGMA(2),SIGMA(3),S2,
      * SIG1,SIG2,THETA,GK1
83 1010 FORMAT(1H ,8X,I4,1X,6F14.6,2(1X,F13.4))
84      G1(I10)=SIGMA(1)
85      G2(I10)=SIGMA(2)
86      G3(I10)=SIGMA(3)
87      G4(I10)=S2
88      G5(I10)=SIG1
89      G6(I10)=SIG2
90      G7(I10)=THETA
91      G8(I10)=GK1
92 100 CONTINUE
93      GO TO ( 250,260,260 ),ISW

```

```

94      260 CONTINUE
95      IDE = 5
96      DO 270 I10=1,3
97      I110=(I10-1)*300+1
98      I120= I10*300
99      WRITE( 3,IDE )(G10(JJ10,1),JJ10=I110,I120)
100     WRITE( 3,IDE )(G10(JJ10,2),JJ10=I110,I120)
101     WRITE( 3,IDE )(G10(JJ10,3),JJ10=I110,I120)
102     270 CONTINUE
103     250 CONTINUE
104     ICOUNT=50
105     DO 180 I10=1,NP
106     SIGMA(1)=0.0
107     SIGMA(2)=0.0
108     SIGMA(3)=0.0
109     S2=0.0
110     SIG1=0.0
111     SIG2=0.0
112     THETA=0.0
113     GK1=0.0
114     N10=0
115     DO 400 I20=1,NE
116     N20=MH(I20)
117     IF( MI(N20),EQ,I10 ) GO TO 410
118     IF( MJ(N20),EQ,I10 ) GO TO 410
119     IF( MK(N20),EQ,I10 ) GO TO 410
120     GO TO 400
121     410 CONTINUE
122     N10=N10+1
123     SIGMA(1)=SIGMA(1)+G1(N20)
124     SIGMA(2)=SIGMA(2)+G2(N20)
125     SIGMA(3)=SIGMA(3)+G3(N20)
126     S2=S2+G4(N20)
127     SIG1=SIG1+G5(N20)
128     SIG2=SIG2+G6(N20)
129     THETA=THETA+G7(N20)
130     GK1=GK1+G8(N20)
131     400 CONTINUE
132     GK2=FLOAT(N10)
133     SIGMA(1)=SIGMA(1)/GK2
134     SIGMA(2)=SIGMA(2)/GK2
135     SIGMA(3)=SIGMA(3)/GK2
136     S2=S2/GK2
137     SIG1=SIG1/GK2
138     SIG2=SIG2/GK2
139     THETA=THETA/GK2
140     GK1=GK1/GK2
141     ICOUNT=ICOUNT+1
142     IF(ICOUNT,LE,40) GO TO 210
143     ICOUNT=1
144     IPG=IPG+1
145     WRITE(6,1030) IPG
146     1030 FORMAT(1H1/1H ,96X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE,I4,
1         1 /1H ,7X,27H= ** RESULT ( 3 ) ***,
1         2 //1H ,7X,40H= ** MEAN VALUE AROUND JOINT ***,

```

PAGE 44

```
3      ///1H ,10X,2HNP,8X,7HSIGMA=X,7X,7HSIGMA=Y,8X,6HTAU=XY,  
4      7X,7HTAU=MAX,7X,7HSIGMA=1,7X,7HSIGMA=2,9X,  
5      5HTHETA,7X,7HK (X/Y)  ///
```

147 210 CONTINUE
148 WRITE(6,1040) I10,SIGMA(1),SIGMA(2),SIGMA(3),S2,
 * SIG1,SIG2,THETA,GK1
149 1040 FORHAT(1H ,8X,I4,1X,6F14,6,2(1X,F13,4))
150 180 CONTINUE
151 RETURN
152 END

```

1      SUBROUTINE ESSHA(XW,YW,YNG,PSN,STHX)
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      1      COMMON / A3 / IO ,EDR2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
5      1      ISSP ,ISSN ,ISH ,IOWK ,N8OUN
6      DIMENSION XW(3),YW(3),STHX(3,6)
7      IF(ISP.EQ.1) GO TO 100
8      C1=YNG*(1.0+PSN)/((1.0+PSN)*(1.0+2.0+PSN))
9      C2=PSN/(1.0+PSN)
10     GO TO 110
11 100 CONTINUE
12     C1=YNG/(1.0+PSN+PSN)
13     C2=PSN
14     GO TO 110
15 110 CONTINUE
16     F1=(1.0+C2)/2.0
17     C0=C1/((XW(2)-XW(1))*YW(3)+(XW(1)-XW(3))*YW(2)
18         + (XW(3)-XW(2))*YW(1))
19     STHX(1,1)=(YW(3)-YW(2))*C0
20     STHX(1,2)=C2*(XW(2)-XW(3))*C0
21     STHX(1,3)=(YW(1)-YW(3))*C0
22     STHX(1,4)=(C2)*(XW(1)-XW(3))*C0
23     STHX(1,5)=(YW(1)-YW(2))*(-C0)
24     STHX(1,6)=C2*(XW(1)-XW(2))*C0
25     STHX(2,1)=C2*(YW(3)-YW(2))*C0
26     STHX(2,2)=(XW(2)-XW(3))*C0
27     STHX(2,3)=C2*(YW(1)-YW(3))*C0
28     STHX(2,4)=(XW(1)-XW(3))*(-C0)
29     STHX(2,5)=(C2)*(YW(1)-YW(2))*C0
30     STHX(2,6)=(XW(1)-XW(2))*C0
31     STHX(3,1)=F1*(XW(2)-XW(3))*C0
32     STHX(3,2)=F1*(YW(3)-YW(2))*C0
33     STHX(3,3)=F1*(XW(1)-XW(3))*C0
34     STHX(3,4)=F1*(YW(1)-YW(3))*C0
35     STHX(3,5)=F1*(XW(1)-XW(2))*C0
36     STHX(3,6)=F1*(YW(1)-YW(2))*C0
37     RETURN
38     END

```

```

1      SUBROUTINE REACT
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      1      COMMON / A3 / IO ,NOP ,IOW ,IBD(5) ,IPG ,
5      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
6      DIMENSION NFIX(100),NBIX(100),DEFL(600,2),DXYW(600,2)
7      DIMENSION RF(2),IWORK(10),WORK(18,18),AWORK(18)
8      DIMENSION IENP(600,8)
9      EQUIVALENCE (AAA(9621),NFIX(1)),(AAA(9721),NBIX(1))
10     EQUIVALENCE (AAA(9821),DEFL(1,1)),(AAA(11021),DXYW(1,1))
11     EQUIVALENCE (AAA(14021),RF(1)),(AAA(14023),AWORK(1))
12     EQUIVALENCE (AAA(16721),IENP(1,1))
13     READ( 11 ) IENP
14     REWIND 11
15     GK1=0,0
16     GK2=0,0
17     ICOUNT=50
18     DO 100 I10=1,NBOUN
19     RF(1)=0,0
20     RF(2)=0,0
21     N10=NFIX(I10)
22     N20=NBIX(I10)
23     CALL DELOO(N10,IWORK,WORK)
24     DO 110 I20=1,10
25     N30=IWORK(I20)
26     IF(N30,EQ,0) GO TO 120
27     IF(N30,NE,N10) GO TO 115
28     IAA1=I20=2-1
29     IAA2=I20=2
30     115 CONTINUE
31     IA1=I20=2-1
32     IA2=I20=2
33     AWORK(IA1)=DEFL(N30,1)
34     AWORK(IA2)=DEFL(N30,2)
35     110 CONTINUE
36     120 CONTINUE
37     IB=(I20-1)*2
38     GO TO (100,130,140,150),N20
39     130 CONTINUE
40     RF(1)=DXYW(N10,1)
41     RF(2)=DXYW(N10,2)
42     DO 160 I30=1,18
43     RF(1)=RF(1)+WORK(IAA1,I30)+AWORK(I30)
44     RF(2)=RF(2)+WORK(IAA2,I30)+AWORK(I30)
45     160 CONTINUE
46     GO TO 200
47     140 CONTINUE
48     RF(2)=DXYW(N10,2)
49     DO 170 I30=1,18
50     RF(2)=RF(2)+WORK(IAA2,I30)+AWORK(I30)
51     170 CONTINUE
52     GO TO 200
53     150 CONTINUE

```

```

53      RF(1)=-DXYW(N10,1)
54      DO 180 I30=1,IB
55      RF(1)=RF(1)+WORK(IAA1,I30)*AWORK(I30)
56      180 CONTINUE
57      200 CONTINUE
58      ICOUNT=ICOUNT+1
59      IF(ICOUNT.LE.40) GO TO 210
60      ICOUNT=1
61      IPG=IPG+1
62      WRITE(6,1000) IPG
63      1000 FORMAT(1H,1H,96X,27HSTEP BY STEP ANALYSIS PAGE,I4
1          /1H,7X,27H* * * RESULT ( 4 ) * * *,
2          //1H,7X,47H* * * SUPPORT INFORMATION = REACTION * * *,
3          ///1H,10X,2HNP,11X,7HREAC(X),8X,7HREAC(Y)//)
64      210 CONTINUE
65      GK1=GK1+RF(1)
66      GK2=GK2+RF(2)
67      WRITE(6,1010) N10,RF(1),RF(2)
68      1010 FORMAT(1H,8X,I4,5X,F13,4,2X,F13,4)
69      100 CONTINUE
70      WRITE(6,1020) GK1,GK2
71      1020 FORMAT(1H,1H,7X,5HTOTAL,5X,F13,4,2X,F13,4)
72      RETURN
73      END

```

```

1      SUBROUTINE DBL00(I10,IWORK,WORK)
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      DIMENSION XX(600),YY(600),EE(900),VV(900),GAMMA(900)
4      DIMENSION HI(900),HJ(900),HK(900)
5      DIMENSION IENP(600,8)
6      DIMENSION IWORK(10),WORK(18,18),XW(3),YW(3),SENX(6,6),IAA(3)
7      EQUIVALENCE (AAA(2721),HI(1)),(AAA(3621),HJ(1)),(AAA(4521),HK(1))
8      EQUIVALENCE (AAA(601),XX(1)),(AAA(1201),YY(1)),(AAA(6321),EE(1)),
          1      (AAA(7221),VV(1)),(AAA(8121),GAMMA(1))
9      EQUIVALENCE (AAA(16721),IENP(1,1))
10     EQUIVALENCE (AAA(14041),IAA(1))
11     DO 105 I30=1,10
12     105 IWORK(I30)=0
13     DO 115 I30=1,18
14     DO 115 I40=1,18
15     WORK(I30,I40)=0.0
16     115 CONTINUE
17     DO 100 I30=1,8
18     IJK=IENP(I10,I30)
19     IF( IJK.EQ.0 ) GO TO 110
20     II=MI(IJK)
21     JJ=MJ(IJK)
22     KK=MK(IJK)
23     XW(1)=XX(II)
24     XW(2)=XX(JJ)
25     XW(3)=XX(KK)
26     YW(1)=YY(II)
27     YW(2)=YY(JJ)
28     YW(3)=YY(KK)
29     YNG=EE(IJK)
30     PSN=VV(IJK)
31     GAM=GAMMA(IJK)
32     CALL ESTMT(XW,YW,YNG,PSN,GAM,SENX)
33     IF( I30.NE.1 ) GO TO 120
34     IWORK(1)=II
35     IWORK(2)=JJ
36     IWORK(3)=KK
37     120 CONTINUE
38     LCOUNT=0
39     IAA(1)=0
40     IAA(2)=0
41     IAA(3)=0
42     DO 130 I40=1,9
43     IF( IWORK(I40).EQ.0 ) GO TO 140
44     LCOUNT=LCOUNT+1
45     IF( IWORK(I40).EQ.II ) GO TO 150
46     IF( IWORK(I40).EQ.JJ ) GO TO 160
47     IF( IWORK(I40).EQ.KK ) GO TO 170
48     GO TO 130
49     150 IAA(1)=LCOUNT
50     GO TO 130
51     160 IAA(2)=LCOUNT
52     GO TO 130
53     170 IAA(3)=LCOUNT

```

```

54      130 CONTINUE
55      140 CONTINUE
56      IF( IAA(1),NE,0 ) GO TO 180
57      LCOUNT=LCOUNT+1
58      IWORK(LCOUNT)=II
59      IAA(1)=LCOUNT
60      180 CONTINUE
61      IF( IAA(2),NE,0 ) GO TO 190
62      LCOUNT=LCOUNT+1
63      IWORK(LCOUNT)=JJ
64      IAA(2)=LCOUNT
65      190 CONTINUE
66      IF( IAA(3),NE,0 ) GO TO 200
67      LCOUNT=LCOUNT+1
68      IWORK(LCOUNT)=KK
69      IAA(3)=LCOUNT
70      200 CONTINUE
71      DO 210 I50=1,3
72      IA1=I50*2-1
73      IA2=I50*2
74      IAA1=IAA(I50)*2-1
75      IAA2=IAA(I50)*2
76      DO 220 I60=1,3
77      IB1=I60*2-1
78      IB2=I60*2
79      IBB1=IAA(I60)*2-1
80      IBB2=IAA(I60)*2
81      WORK(IAA1,IBB1)=WORK(IAA1,IBB1)+SEM(X(IA1,IB1))
82      WORK(IAA1,IBB2)=WORK(IAA1,IBB2)+SEM(X(IA1,IB2))
83      WORK(IAA2,IBB1)=WORK(IAA2,IBB1)+SEM(X(IA2,IB1))
84      WORK(IAA2,IBB2)=WORK(IAA2,IBB2)+SEM(X(IA2,IB2))
85      220 CONTINUE
86      210 CONTINUE
87      100 CONTINUE
88      110 CONTINUE
89      RETURN
90      END

```

```

1      SUBROUTINE ESTMT(XH,YH,YNG,PSN,GAM,SEMX)
2      COMMON / A1 / AAA(2220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      1      TT ,NOP ,IOW ,IBD(5) ,IPG ,
5      COMMON / A3 / IO ,EDP2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
6      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NBOUN
7      DIMENSION XH(3),YH(3),SEMX(6,6)
8      IF(ISP,EO,1) GO TO 100
9      C1=YNG*(1,0=PSN)/((1,0=PSN)*(1,0=2,0=PSN))
10     C2=PSN/(1,0=PSN)
11     GO TO 110
12 100 CONTINUE
13     C1=YNG/(1,0=PSN*PSN)
14     C2=PSN
15 110 CONTINUE
16     F1=(1,0=C2)*0,5
17     F2=(1,0=C2)*0,5
18     CO=C1*TT/(2,0=((XH(2)-XW(1))*YH(3)
19     + (XH(1)-XW(3))*YH(2)+(XH(3)-XW(2))*YH(1)))
20     XIJ=XH(1)-XW(2)
21     XJK=XH(2)-XW(3)
22     XKI=XH(3)-XW(1)
23     YIJ=YH(1)-YH(2)
24     YJK=YH(2)-YH(3)
25     YKI=YH(3)-YH(1)
26     SEMX(1,1)=(F1*XJK*XJK+YJK*YJK)=CO
27     SEMX(1,2)=(F2*XJK*YJK)=CO
28     SEMX(1,3)=(F1*XJK*XKI+YJK*YKI)=CO
29     SEMX(1,4)=(F1*XJK*YKI+C2*XKI*YJK)=CO
30     SEMX(1,5)=(F1*XIJ*XJK+YIJ*YJK)=CO
31     SEMX(1,6)=(F1*XJK*YIJ+C2*XIJ*YJK)=CO
32     SEMX(2,2)=(XJK*XJK+F1*YJK*YJK)=CO
33     SEMX(2,3)=(F1*XKI*YJK+C2*XJK*YKI)=CO
34     SEMX(2,4)=(XJK*XKI+F1*YJK*YKI)=CO
35     SEMX(2,5)=(F1*XIJ*YJK+C2*XJK*YIJ)=CO
36     SEMX(2,6)=(XIJ*XJK+F1*YIJ*YJK)=CO
37     SEMX(3,3)=(F1*XKI*XKI+YKI*YKI)=CO
38     SEMX(3,4)=(F2*XKI*YKI)=CO
39     SEMX(3,5)=(F1*XIJ*XKI+YIJ*YKI)=CO
40     SEMX(3,6)=(F1*XKI*YIJ+C2*XIJ*YKI)=CO
41     SEMX(4,4)=(XKI*XKI+F1*YKI*YKI)=CO
42     SEMX(4,5)=(F1*XIJ*YKI+C2*XKI*YIJ)=CO
43     SEMX(4,6)=(XIJ*XKI+F1*YIJ*YKI)=CO
44     SEMX(5,5)=(F1*XIJ*XIJ+YIJ*YIJ)=CO
45     SEMX(5,6)=(F2*XIJ*YIJ)=CO
46     SEMX(6,6)=(XIJ*XIJ+F1*YIJ*YIJ)=CO
47     DO 120 N10=1,5
48     NN10=N10+1
49     DO 120 N20=NN10,6
50     SEMX(N20,N10)=SEMX(N10,N20)
51 120 CONTINUE
52     RETURN
53     END

```

```

1      SUBROUTINE PATERN
2      COMMON / A1 / AAA(22220)
3      COMMON / A2 / NT(10) ,NP ,NE ,NS ,ISP ,
4      1      TT ,NOP ,IOW ,IBD(5) ,IPG ,
5      COMMON / A3 / IO ,EDP2 ,ICOUNT ,NLOAD1 ,NLOAD2 ,
6      1      ISSP ,ISSN ,ISW ,IOWK ,NBOUN ,
7      DIMENSION MH(900),MI(900),MJ(900),MK(900),INOP(900),G22(900),
8      1      G2(900),NEUN(20),EE(900),G1(900)
9      DIMENSION PTRN(10,115),ALP(20,30)
10     EQUIVALENCE (AAA(1821),MH(1)),(AAA(2721),MI(1)),(AAA(3621),MJ(1)),
11     1      (AAA(4521),MK(1)),(AAA(5421),INOP(1)),
12     EQUIVALENCE (AAA(12221),G1(1)),(AAA(13121),G2(1)),
13     1      (AAA(14021),PTRN(1,1)),(PTRN(1,16),ALP(1,1))
14     EQUIVALENCE (AAA(15171),G22(1))
15     EQUIVALENCE (AAA(1801),NEUN(1)),(AAA(6321),EE(1))
16     READ( 10 ) PTRN
17     REWIND 10
18     GO TO (100,110,110),ISW
19     110 CONTINUE
20     IF( IOWK,GT,1 ) GO TO 200
21     GO TO 210
22     200 CONTINUE
23     IDE=14
24     READ( 3' IDE )(G22(I10),I10=1,300)
25     READ( 3' IDE )(G22(I10),I10=301,600)
26     READ( 3' IDE )(G22(I10),I10=601,900)
27     210 CONTINUE
28     DO 120 I10=1,NE
29     N10=MH(I10)
30     I1=MI(I10)
31     JJ=MJ(I10)
32     KK=MK(I10)
33     N20=INOP(N10)
34     IPP=PTRN(I1,N20)
35     GO TO (120,130,140),IPP
36     130 CONTINUE
37     KKK=N20*2=1
38     N30=ISSN=1
39     IF(IOWK,EQ,1) GO TO 150
40     IF(I10,GT,NEUN(IOWK-1)) GO TO 150
41     G2(N10)=EDP2*(G2(N10)-G22(N10))+G22(N10)
42     150 CONTINUE
43     IF(G2(N10),LT,0.0) GO TO 120
44     DO 160 I20=1,N30
45     IF(ALP(I20,KKK),LE,G2(N10),AND,ALP(I20*1,KKK),GE,G2(N10))
46     *GO TO 160
47     160 CONTINUE
48     R5=(ALP(I20*1,KKK*1)-ALP(I20,KKK*1))/(ALP(I20*1,KKK)-ALP(I20,KKK))
49     R6=R5*G2(N10)+(R5*(-ALP(I20,KKK))-ALP(I20,KKK*1))
50     EE(N10)=G2(N10)/R6
51     G22(N10)=G2(N10)
52     GO TO 120
53     140 CONTINUE
54     E100=PTRN(7,N20)*PTRN(8,N20)*((G2(N10)*PTRN(8,N20))/PTRN(8,N20))

```

```
1      **PTRN(9,N20)
49      RAGA=PTRN(5,N20)*3.14159/180.0
50      S100=SIN( RAGA )
51      C100=COS( RAGA )
52      E200=PTRN(6,N20)*(1.0-S100)*(G1(N10)-G2(N10))
53      E300*2.0=(PTRN(4,N20)*C100*G2(N10)*S100)
54      EE(N10)=(1.0-E200/E300)**2*E100
55      120 CONTINUE
56      IDE=14
57      WRITE( 3,IDE )(G22(I10),I10=1,300)
58      WRITE( 3,IDE )(G22(I10),I10=301,600)
59      WRITE( 3,IDE )(G22(I10),I10=601,900)
60      100 CONTINUE
61      RETURN
62      END
```

第2章 荒川樋管移動に関する解析例

第2章 荒川樋管移動に関する解析例

2-1 まえがき

埼玉県戸田市美女木地先に建設される荒川左岸流域下水道処理場では、排水処理の目的で埋設された樋管の周囲堤築造工事が進められている。

処理場の排水はこの樋管を通して荒川に放水されると同時に、樋管は荒川水面の変動を受けることになる。東京湾海面の干満による水面変動は、この地点の荒川の水面変動にも影響を与えるという。従って樋管は水面変動による外力を朝夕受けている。堤体内の構造物は常に堤防の弱点を形成するものである。現在は樋管埋め戻し工事は終了しているが、昭和47年3月、堤体の計画断面に従って盛土を築造中の所、この時点において樋管の接合部が堤体内側に移動を起しはじめている。このため現場の土質調査を行ない、当初計画断面で安定な堤体を設計施工出来るかどうかを検討するため、ここでは基礎地盤の強度による安定性の検討と樋管移動量の解析を試みる。

2-2 基礎地盤の土質

(1) 地形及び地質

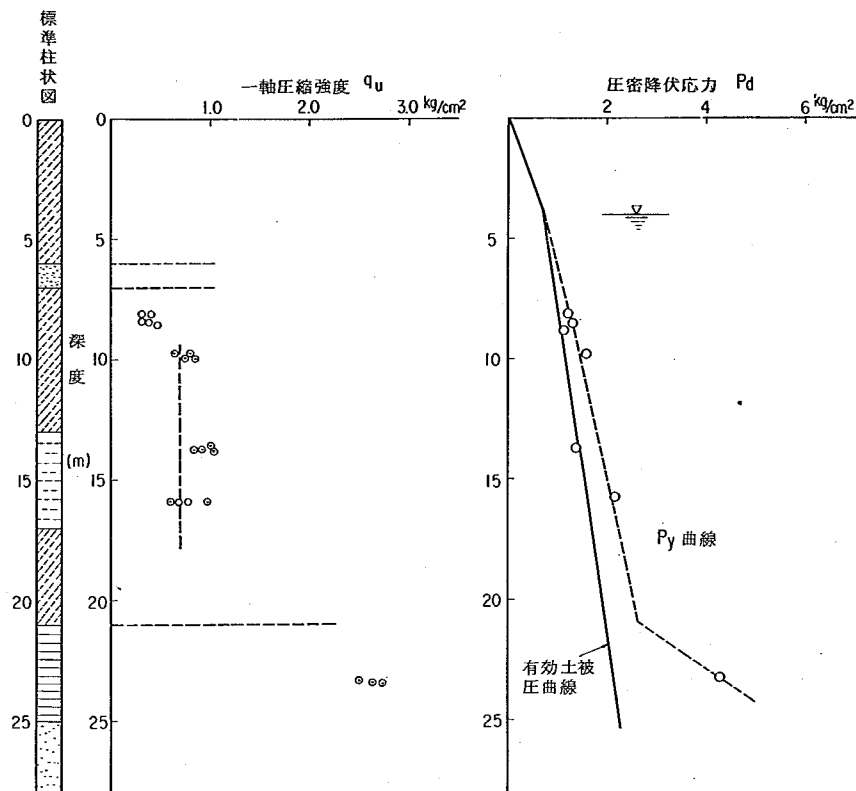
調査地は埼玉県と東京都の間を流れる荒川左岸の沖積平野上に位置する。荒川はこの地区では東方の大宮浦和台地と西方の武蔵野台地の間を南東～東流し、洪積世末期に形成された侵蝕谷部が沖積世に入ると共に、地殻の沈降や、海水面の上昇によりこの侵蝕谷部は水に覆われその底に泥土を沈積して現在にいたったものである。

荒川沖積平野は全般的に沖積層に覆われ、その層厚は位置により変化が激しく、東京湾に流入する河口付近では40～50m以上に達するが、下流に近いこの調査地区では一般に20～30m前後を示している。本沖積層は末固結の粘土、シルト、砂からなり、その地質断面図を図-1に示す。

(2) 基礎地盤の土質

周囲堤築造計画地点は土質調査結果によると軟弱な沖積層が厚く存在し深度20～24mまでが砂質シルト及び砂質粘土層である。各層は全体的にみれば水平に成層を成している。この沖積層の中には所所シルト質細砂がはさまれているが砂層の厚さ広がりともに小さく、基礎地盤全体としてみた場合透水係数 10^{-7} cm/sec前後の不透水性の軟弱粘土地盤とみられる。地盤から採取した不攪乱試料の物理試験結果によると全重量に対する粘土シルト分の重量比は60～98%に達し、塑性指数 I_p は16～25%であるので、土質力学的には粘土として取り扱うべきである。また飽和度は95～100%を示し、荒川水面の影響を受け土質の飽和度は高く、地下水位も高い。

一軸試験結果によると深度と一軸強度 q_u の関係は図-2に示されるように $0.3 \sim 1.0 \text{ Kg/cm}^2$ が求め



られている。しかし砂質土の場合に用いる相対密度が相対的な間隙比の度合、つまり粗密の度合を示すのに対して、粘性土の相対的なかたさを意味するコンシステンシー指数 IC は $IC = 0$ を示し、自然含水比が液性限界に近く、このような土を乱せば液状を呈することになり強さが著しく低下する可能性があるので注意せねばならない。また圧密試験から得られた深度と圧密降伏応力 P_y との関係によると深度 20 m 前後までは有効土被り圧と同じ P_y 値を示し、正規圧密状態の粘性土を示している。それより深い所では P_y 値は急激に増加し、過圧密状態を示している。

2-3 計画されている堤体盛土

埋め戻しを終了した樋管および周囲堤盛土の計画縦断面は図-3に示す通りである。

樋管の構造はコンクリート製の箱型構造で断面は長方形の複断面となっている。前節でふれたように基礎地盤は支持力の低い軟弱層を含んでいるので、 N 値 40 前後の下部の硬層に深度 3.4 m まで打ちこまれた PC 杭及び鋼管杭によって支持されている。樋管のまわりには止水壁の鋼矢板が 1.0 m まで打たれている。合流槽部の樋管は処理場側のそれと連結されている。

図中に示されている実線が計画断面で、点線で示されるものが実施された断面である。盛土完成後は樋管の換気塔上部と盛土の間に管理橋を設けることが計画されている。

2-4 盛土施工中の樋管移動量

樋管のコンクリート打設工事は昭和 45 年度中に終了している。その後の作業順序は樋管の埋め戻し工事を 46 年 11 月～47 年 2 月にかけて行ない、3 月より盛土工事に着手し、20 日間程度で 5～8 m の盛土を行なった。延長 7.0 m 程度の樋管は 3 区間に分けてコンクリート打設が行なわれ、樋管全体は一体構造にはなっていない。今度の盛土でこれらの接合部分分離し、樋管の移動が起りはじめた。移動量の経過は図-4 に示される。

2-5 軟弱地盤上の盛土について

基礎地盤の中にはコンクリート製の樋管が埋設されているが、ここでは一応無視し、その部分を土に置換して軟弱地盤上の盛土の安定性の検討を行なう。

(I) 軟弱地盤の支持力

周囲堤体に使用する盛土材料は、旧荒川河川堤体内の元地盤から採取したシルト質粘性土である。盛土した後のこの盛土材料の単位体積重量を $\gamma_b = 1.6 \text{ t/m}^3$ とすると、軟弱粘土地盤に対するテルツァーギーの極限支持力公式は局部セン断及び全般セン断に対して、それぞれ

$$q_d = 3.80 C \quad \text{及び} \quad q_d = 5.70 C \quad \text{にて求められる。}$$

したがって局部セン断に対して

$$q_d' = 3.80 \times 3.5 = 13.3 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma H_c = 1.6 \times H_c = 13.3 \quad \text{より} \quad H_c = 8.31 \text{ m}$$

$$\text{安全率 } 1.2 \text{ をとると、} \quad H_a = 8.31 / 1.2 = 6.9 \text{ m}$$

同様に全般セン断に対しては $H_a = 10.4 \text{ m}$ となる。

実際の施工状況は施工速度 20～30 日で盛土高 5～8 m まで瞬間的に盛り上げている。したがって以上の計算結果からみると、全般セン断に対しては安全とみなせるが、局部セン断に対しては基礎地盤の支持力不足の危険性がある。このように地盤がゆるい状態で、しかも基礎地盤が掘削、埋め戻し等により乱れていると、盛土初期の段階からすでに弾性的挙動は示さず、いつまでもじわじわと荷重の増加と共に変形が進行する事になり不安定である。

粘土層は圧密の進行とともにその強度が増加するので、当初支持力が不足していても徐々に載荷して

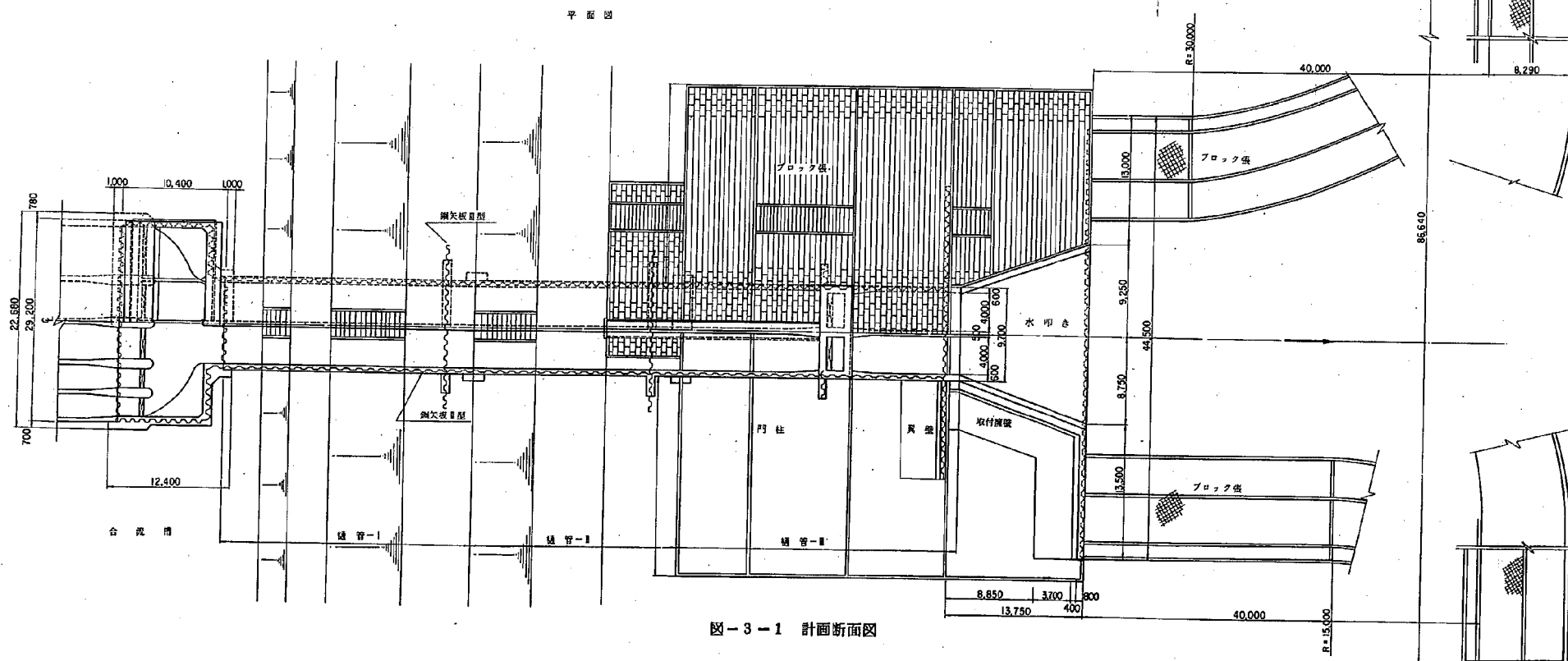
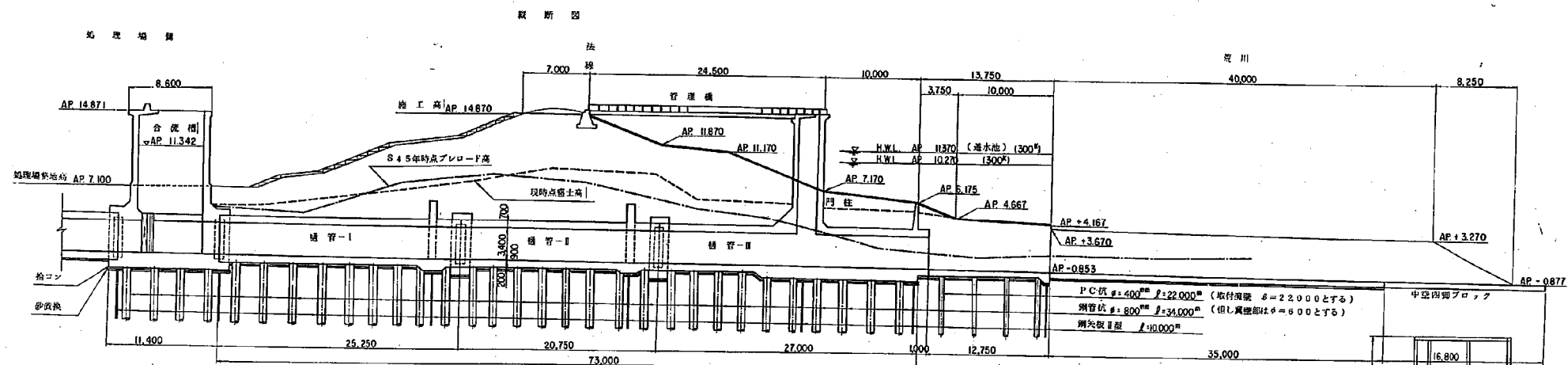


図-3-1 計画断面図

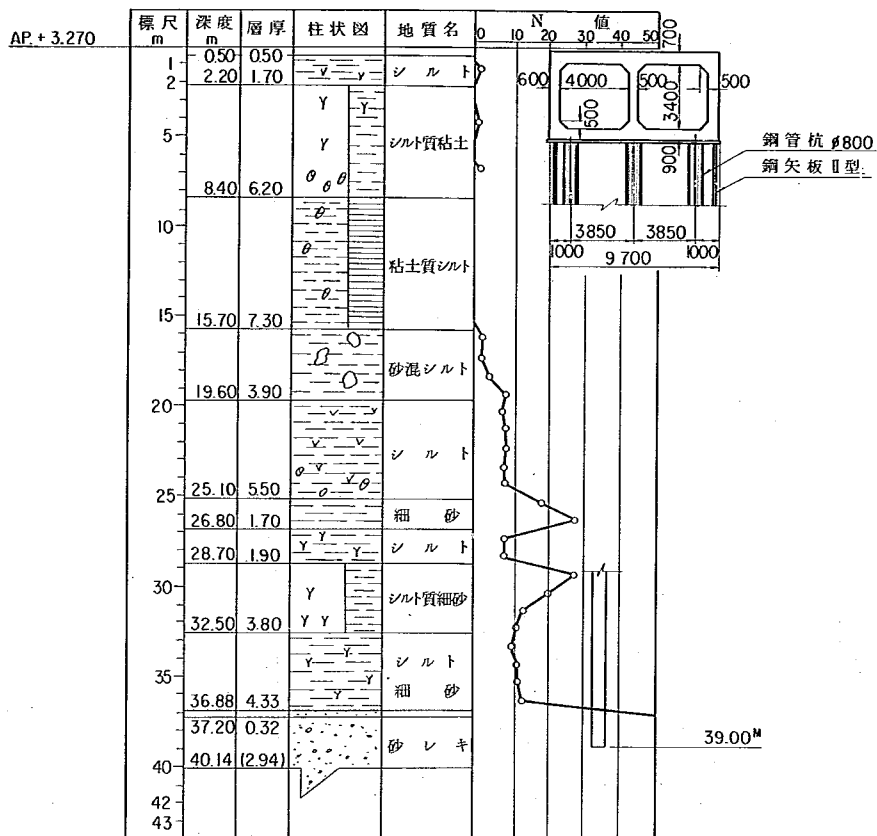


図-3-2 地質柱状図

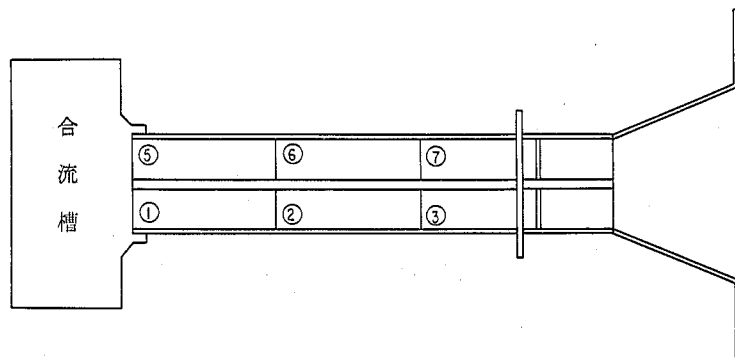
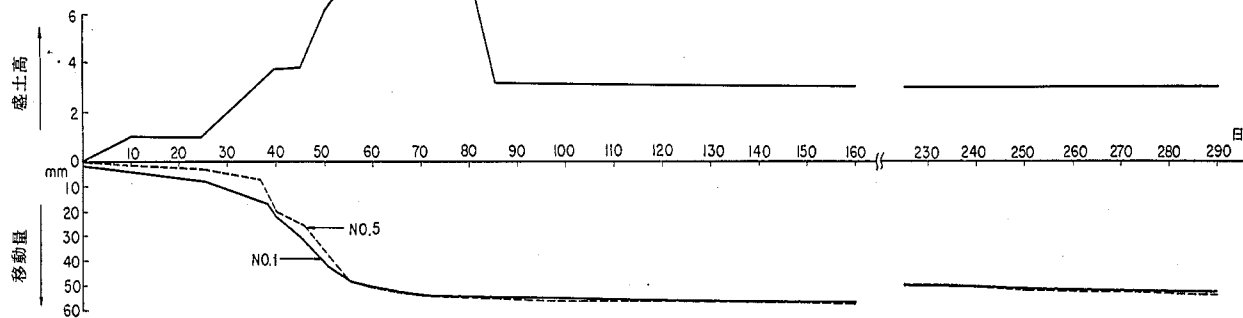


図-4(A) 移動量経過図

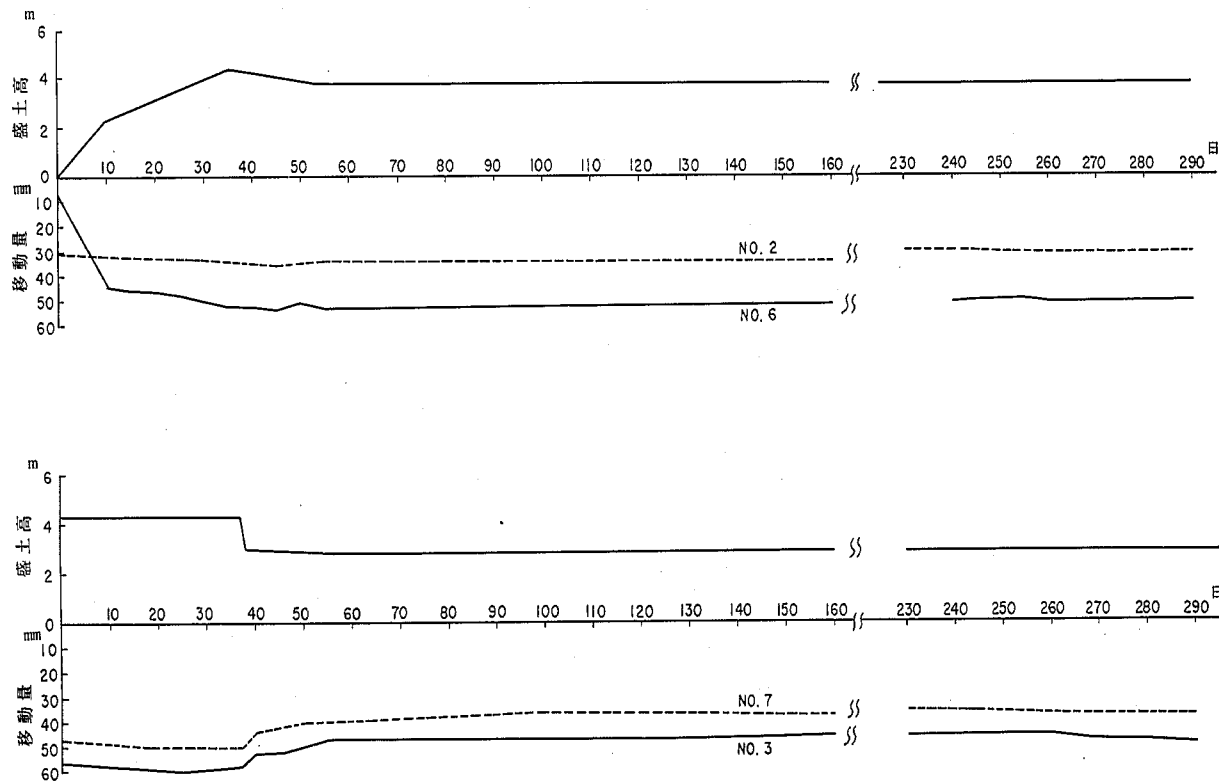
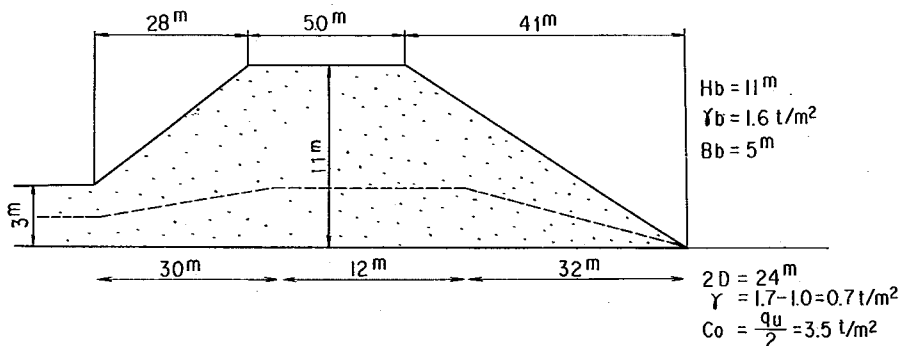


図-4(B) 移動量經過図

行けば、圧密による強度増加（支持力増加）の期待が持たれる。これらに対する検討は下記の(Ⅲ)により行なう事にする。

(Ⅲ) 軟弱地盤盛土の安定性

基礎地盤の中にはコンクリート製の樋管が埋設されているが、今の場合一応無視して軟弱地盤上の当初計画盛土断面の安定性の検討を行なう。



計 算 条 件

(a) 限界粘着力 $C_d = 3.14\text{ t/m}^2$

深さ係数 $n_d = H_b + 2D/H_b = 11 + 24/11 = 3.2$

従って安定係数 N_s は Taylor の図表より $N_s = 5.6$

$$\therefore C_d = \frac{H}{N_s} \cdot \gamma_b = \frac{11}{5.6} \times 1.6 = 3.14\text{ Kg/cm}^2$$

(b) 軟弱層のせん断強度 $C_o = 3.5\text{ t/m}^2$

§ 2 でふれたように一軸強度は $3 \sim 10\text{ t/m}^2$ を示しているが、樋管打設工事及び埋め戻し工事などによって地盤のその部分は乱されているものと考えられる。なお § 2 でみたように乱れによる強度低下が考えられるので、杭の水平抵抗もかなり低下しているものと思われる。以上のことを考えあわせ、地盤の強度としては、軟弱層の平均値の q_u より幾分低めの値をとるのが妥当と考えられるので $q_u = 7\text{ t/m}^2$ をとるものとする。したがって $C_o = q_u/2 = 3.5\text{ t/m}^2$ となる。

(c) 軟弱層の荷重-間隙比曲線

軟弱層の土かぶりによる初期荷重 P_1 は

$$P_1 = r'D = 0.7 \times 12 = 8.4 \text{ t/m}^2$$

盛土荷重 ΔP を受けた後の最終荷重 P_2 はオスターベルグ係数 $I = 0.87$ を用いて

$$P_2 = P_1 + \Delta P = r'D + r_b H_b I = 8.4 + 1.6 \times 11 \times 0.87 = 23.7 \text{ t/m}^2$$

従って圧密試験結果図-8より P_1 に対する初期間ゲキ比 $e_1 = 1.35$ P_2 に対する間ゲキ比 $e_2 = 1.16$ となる。

(d) 軟弱層の圧密係数 $C_v = 2.75 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}^2$

平均荷重 $P_1 + P_2 / 2 = 16.0$ に対する $C_v = 1.65 \times 10^{-1} \text{ cm}^2/\text{min} = 2.75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$

(e) 強度増加率 $n = 0.31$

圧密非排水三軸結果によると強度増加率は、正規圧密状態の粘性土に対して平均値 $m = c_u/p_0 = 0.31$ が求まる。

5-1) 安定性に対する検討

安全率 $F_o = c_o/c_d = 3.5/3.14 \approx 1.1$

軟弱層の初期強度 c_o と盛土を保つに必要な粘着力 c_d の安全率が1.1である。

このことは盛土を瞬間的に急速に盛ることは出来ない。従って、工期的に許されるかぎり、緩速施工法によらざるを得ない。すなわち少しづつ盛土を行なつて、その盛土荷重で圧密される軟弱層の強度増加を待つて漸次盛土高を高くする工法である。 F_o が1~1.2なる時急速に盛り上げるのは危険である。盛土荷重による圧密で期待される強度増加は

$$\bar{c} = c_o + m \cdot \Delta P \cdot U = c_o + m \cdot r_b \cdot H_b \cdot I \cdot U$$

にて与えられる。ここに U は圧密度で次式で表わされる時間係数を用いて求められる。

$$T = \frac{t \cdot C_v}{D^2} = \frac{\frac{t_1}{2} \cdot C_v}{D^2}$$

ここに t : 等速漸増盛土を行なった場合の盛土施工期間

D : 軟弱層の $1/2$

いま $t_1 = 100$ 日にて盛土高 11 m まで施工した場合圧密により期待される粘着力を求めると以下のようになる。

$$C_v = 2.75 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec} = 2.75 \times 10^{-3} \times 8.64 \text{ m}^2/\text{day} = 23.76 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{day}$$

$$T = \frac{\frac{100}{2} \times 23.76 \times 10^{-3}}{12^2} = 0.008$$

$\therefore$ 圧密度は $U = 0.1$

$$\therefore \bar{c} = 3.5 + 0.31 \times 1.6 \times 11 \times 0.87 \times 0.1 = 4.0$$

安全率は $F_o = 4.0/3.14 = 1.26$ となる。安定な状態と言えよう。ここで t_1 をパラメーターにした計算を行なうと表-1が得られる。

表-1 施工速度と安全率(強度増加を期待した場合)

t 日	100日	200日	300日	400日
$\bar{c} t / m^2$	4.0	4.2	4.3	4.4
F_0	1.26	1.34	1.37	1.40

以上より圧密による強度増加を期待しつつ、施工速度100～200日をとれば、現計画断面でも安全率1.26～1.34が期待出来る事になる。

またこの粘土層の圧密度80%に達するまでには約9～10年間の日数を必要とする。この粘土層の各圧密度とそれに要する日数の関係を表-2に示す。

表-2 圧密度と要する日数の関係

圧密度 U (%)	10	20	30	40	50	80
要する日数	49日	187日	430日	763日	3年	9.4年

以上の計算で用いた強度増加率は $m = 0.31$ である。この値は圧密非排水試験結果によるものであるが、室内試験の供試体から得られる強度と現実の自然地盤内の強度との関連性の問題を考え合わせると、室内試験による DATA をそのまま用いるのは危険性を含んでいるといえよう。従って、設計に用いる強度増加率として、 $m = 0.25$ ($0.31/1.2 = 0.258$) を用いると、上記の表-1における施工速度100日の安全率は、1.24を示し一応安定性が保持される。

圧密沈下量は12.3cmが計算結果求まるが、いままで述べてきた基礎地盤の特性からみると、予想される沈下量は理論値よりも、速く進行するものと思われる。

2-6 移動量に対する検討

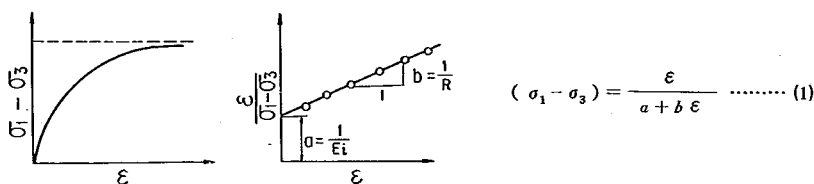
盛土築造後の樋管接合部の移動量の実測図より分かる通り、変形形状は段階的な盛土荷重によって生じる初期変形によって左右され、盛土荷重が一定になった後は、変形はほぼ一定値を示している。

一般に飽和した粘土地盤上の外荷重による基礎地盤の変形は非排水状態における弾性的な変形及びクリープ変形の2種類に大別することが出来よう。しかしながら、これらの変形はクリープ変形による影響とみるよりも、弾性的な変形によるものと考えられる。したがってその初期変形量を求めれば、荷重載荷後の変形量も推定することができよう。ここでは、飽和粘土地盤土における基礎地盤の盛土荷重と変形状態を定量的に把握するため、土の非線型荷重変形特性を用いて地盤の弾性的な変形を有限要素法により追跡する。

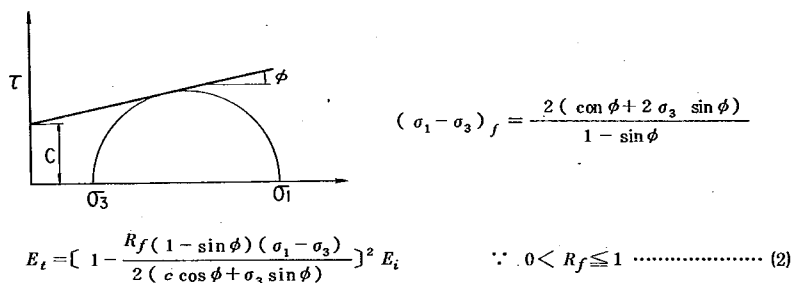
非排水状態における飽和土の線形解析では有効応力の概念を用いた土の応力ひずみ関係としてヤング

係数及びポアソン比の2つの定数が必要となりこれらは排水試験から求められる。しかし融和粘土などにおいてはその特性を等方性と仮定すると、その変形は、セン断弾性係数だけに支配され、その決定には間隙水はセン断成分を持たない事から、非排水試験を用いることが出来る。

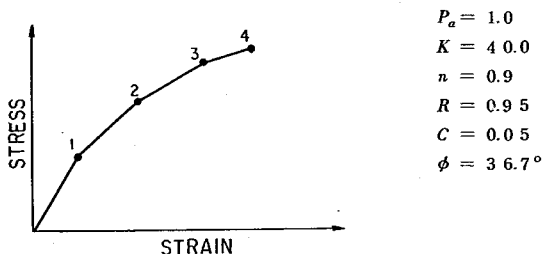
土の応力ひずみ曲線は、三軸結果からも理解される様に、双曲線に近い事から破壊前の挙動に関して1章で述べたようにこれを(1)式に近似し、常数 a 、 b を求め、解析にとり入れる事にする。



これを用いると初期係数は $E_i = P_a \cdot K ((\sigma_3 + P_a)/P_a)^n$ にて表わされる。一方モール・クーロンの降伏基準 $\tau = c + \sigma \tan \phi$ から土の強度が定められるとすると、モール応力円の幾何学性を利用する事により、各応力レベルに於うた接線係数 E_t が、次式(2)にて求まる。



これを用いて荷重漸増法で計算する。用いた常数は非排水三軸試験結果から得られた下記の値である。



解析図は、図-5に示されるもので計算に用いた条件として当初計画断面にまで圧密による強度増加を

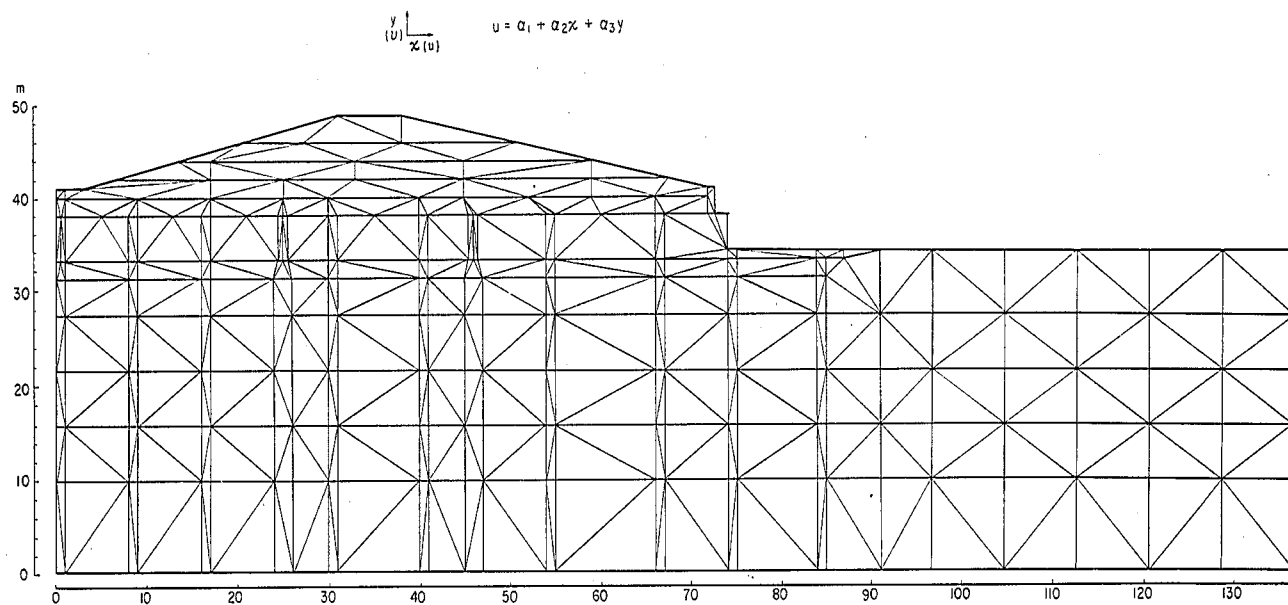
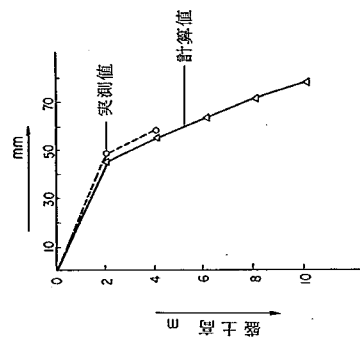
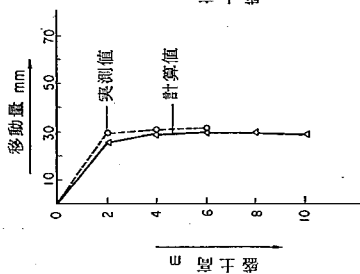
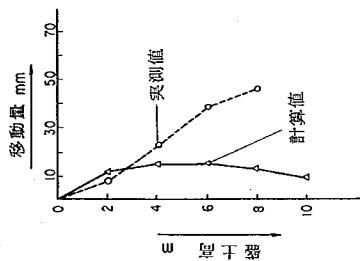
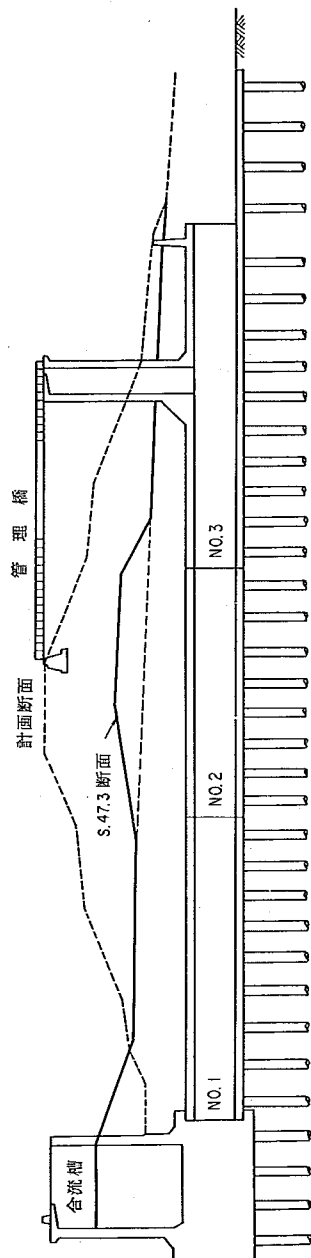


図-5 解析用モデル



期待し、段階的に盛土を行なった場合を考えている。得られた樋管接合部No 1、No 2、No 3の実測値と計算結果は、図-6に示される。No 1の部分については、解析値と実測値の傾向に違いが生じているがこれは盛土の施工条件と解析の荷重条件さらに合流槽側の変形を許さないなど解析の条件にきびしい制約をつけた境界条件などによる不都合なそれらの影響が組み合わさったものと思われる。現実の変形は合流槽側の方にも生じると考えられるし、この部分は相対的な移動量となり、今後の変形はNo 2、No 3と同様な挙動を示すだろう。

No 2、No 3については解析値と実測値はいままでの所よく一致しており、今後の最大移動量は解析結果によるとNo 2について 30 ± 10 mm、No 3で 80 ± 10 mm前後が生じるものと思われる。

以上の試みた計算は、三軸試験結果による平均的な応力ひずみの非線型性をとり入れたものであり、その結果は幾分少なめの値を示す傾向にある。いままでの検討は力学的な面から非線型、弾性的挙動をとらえる事を目的としていた。しかしながら実際の変形はその範囲内にとどまらず、塑性流動等による挙動をも含まれるし、そのような取り扱いをせねばならないだろう。

2-7 ま と め

以上の検討および数値解析から、次のような現計画断面に対する設計方針が得られた。

まず、軟弱地盤上の盛土による安定性については、圧密による強度増加を待って施工せねばならないこと。つまり、施工速度は一応100～200日をとれば全般セン断及び局部セン断破壊は起こらず、弾性的な変形量にとどまるであろう。

数値解析結果からもわかる様に樋管の移動は基礎地盤の移動に伴って生じている。そしてその移動量は盛土荷重の載荷時に起き、今後40～50mmの移動量が生じるのはやむえないものと思われる。この範囲を越える移動量が生じる場合は、施工速度をおとしたり、施工を中止し盛土を放置するなど、考慮をはらうと同時に、移動量の観測を行ないながら、注意深く施工を行なわなければならない。

あとがき

本報告書は土構造物の非線形解析用プログラムと、地盤の流動に従って生じる樋管の移動量を軟弱地盤の強度増加の面からと数値解析の面から検討したもので、実測値と比較している。

荷重漸増方式による本解析法は実測値と解析値が比較的よく合っていて、この種の現象を追跡することが可能であることを示しているといえよう。

参 考 文 献

- 1) Konder (1963): Hyperbolic stress-strain response, Cohesive soils, ASCE, Vol. 89, No. SM1, pp115~143
- 2) Duncan, Chang (1970): Nonlinear Analysis of stress and strein in soils, ASCE, Vol. 96, No. SM5, pp1629~1653
- 3) Kulhawy, Duncan (1972): Stresses and movements in Oroville dam, ASCE, Vol. No. SM7, pp653~665
- 4) 戸川隼人: マトリクスの数値計算、ホーム社
- 5) 土研資料第564号「有限要素法による盛土等の内部応力変形解析」
- 6) 土研資料第687号「二次元および軸対称問題における有限要素法」
- 7) Application of Finite elements methods in civil Engineering: School of Engineering Vanderbilt University ASCE, 1969
- 8) Zienkiewiz: The tinite element Method in Engineering Science, McGRAW-HILL, LONDON
- 9) G.W. Clough, J.M. Duncan: Finite element Analyses of Port Allen and OLD RIVER Locks, September 1969, Berkeley Report No. TE69-3
- 10) G.W. Clough, J.M. Duncan: Finite element analyses of Retaining Wall behavior, ASCE, SM12, December 1971

付 録*

F E M電子計算プログラム使用説明書

* 本資料は三次元軸対称問題解析用に作成したプログラムの入出力データの作成見方およびチェック計算について述べたものである。

目 次

1. 軸対称応力計算プログラム	1
§ 1-1 プログラム能力概要	1
§ 1-2 計算式概説	1
§ 1-3 入力データシート作成法	7
§ 1-4 出力データの見方	14
§ 1-5 解 析 例	18

ま え が き

本プログラムは三次元軸対称弾性体応力解析のために作成したものである。

本プログラムは土木研究所ダム構造研究室で開発した二次元弾性体プログラムを元にして、軸対称問題解析まで拡張したものである。

本プログラムは超大型の計算機を必要とするため、IBMシステム360モデル75電子計算機用に作成されている。プログラミング作業は日本IBM株式会社熊谷厚生氏が担当された。深く感謝する次第である。

建設省土木研究所 田 中 俊 彦

1. 軸対称応力計算プログラム

§ 1-1 プログラムの概要

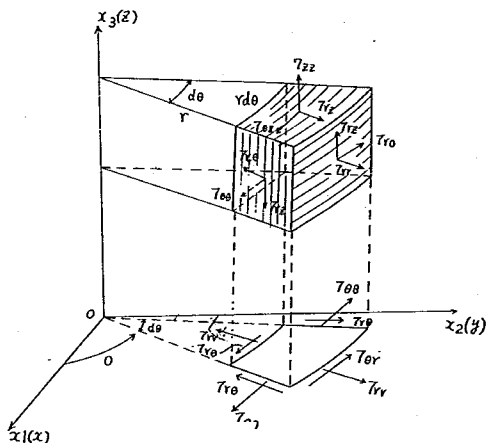
本プログラムは三次元軸対称弾性体応力解析のために作成したものである。本プログラムは土木研究所ダム構造研究室で開発した二次元弾性体プログラムを元にして、軸対称問題解析まで拡張したものである。本プログラムは超大型の計算機を必要とするため、IBMシステム360モデル75電子計算機用に作成されている。

使用に当たって注意すべき項目は以下の通りである。

- (1) 本プログラムは三次元軸対称問題の弾性計算を行なうものである。
- (2) 使用できる要素は三角形、四角形要素である。
- (3) 自重の計算は単位重量をインプットする事により可能である。
- (5) 使用できる節点数は1000まで、要素数は2000までであり、連立方程式の解法はunit分割法を用いている。
- (6) 節点外荷重のほか、変位量を指定しても計算出来る。
- (7) 弾性パターン数は10種類まで可能である。
- (8) 荷重の組合せは5種類まで可能である。
- (9) 出力は節点変位、節点反力、要素ひずみ、要素応力等である。
- (10) 計算結果はプロッターを用いて図化できる。(主応力図、要素分割図)

§ 1-2 計算式概説

三次元軸対称
問題を取り扱う
場合、円柱座標
に直して考える
と都合が良い。
この時軸方向(z)、
半径方向(r)、円
周方向(θ)につい
ての平衡方程式、
ひずみ成分(微



小変形理論では)は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + Fr &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial \tau_{\theta z}}{\partial z} + \frac{2}{r} \tau_{r\theta} + F_\theta &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\theta z}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \tau_{rz} + F_z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad 1-2-1$$

ここに Fr, F_θ, F_z : 物体力成分

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_r &= \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \epsilon_\theta = \frac{u}{r}, \quad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \\ \gamma_{r\theta} &= \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right) \\ \gamma_{rz} &= \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r} \\ \gamma_{z\theta} &= \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta} \end{aligned} \right\} \quad 1-2-2$$

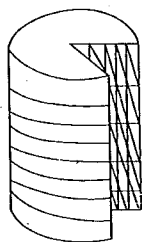
ここに u, v, w : 半径方向, 回転方向, 軸方向の変位 (せん断ひずみは工学的ひずみの2倍をとっている)。

軸対称の場合回転方向(θ)には独立であるので, 半径方向と軸方向とで作られる平面的な釣合いとなり, 上式は次式に書き直される。

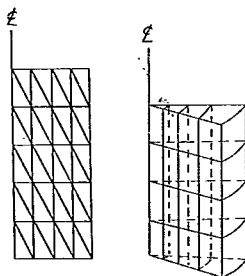
$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} + Fr &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\tau_{rz}}{r} + F_z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad 1-2-3$$

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_r &= \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \epsilon_\theta = \frac{u}{r}, \quad \epsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \\ \gamma_{rz} &= \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r} \end{aligned} \right\} \quad 1-2-4$$

有限要素法による解析



解析モデル



要素断面 (三角形, 四角形)

このように変位としては軸方向変位(w)と半径方向変位のみを考えればよいことになる。
 そしてこの時間問題は二次元状態であるから平面解析に用いた変位関数および要素がそのまま使えることになる。

しかし軸対称状態では式(1-2-4)から分かるように半径方向変位に伴って自動的に回転方向のひずみが生じることになる。そしてこれに関連した回転方向の応力成分が発生するので、この成分を考慮した剛性計算を行なう必要がある。以下に三角形要素及び四角形要素を用いた場合の剛性マトリクス等を示す。

(1) 三角形要素を用いた場合

・剛性マトリクス

$$K = 2\pi [A^{-1}]^T [k] [A^{-1}]$$

$$[A^{-1}] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} r_j Z_k - r_k Z_j & 0 & r_k Z_i - r_i Z_k & 0 & r_i Z_j - r_j Z_i & 0 \\ Z_{jk} & 0 & Z_{ki} & 0 & Z_{ij} & 0 \\ r_{kj} & 0 & r_{ik} & 0 & r_{ji} & 0 \\ 0 & r_j Z_k - r_k Z_j & 0 & r_k Z_i - r_i Z_k & 0 & r_i Z_j - r_j Z_i \\ 0 & Z_{jk} & 0 & Z_{ki} & 0 & Z_{ij} \\ 0 & r_{kj} & 0 & r_{ik} & 0 & r_{ji} \end{bmatrix}$$

$$[k] = \begin{bmatrix} C_{11} * I_4 & \text{Symmetric} \\ (C_x + C_{11}) * I_1 & 2(C_{11} + C_x) * I_2 \\ C_{11} * I_5 & (C_{11} + C_x) * I_3 & C_{11} * I_6 + C_{33} * I_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_{33} * I_2 & 0 & C_{33} * I_2 \\ C_{12} * I_1 & 2C_{12} * I_2 & C_{12} * I_3 & 0 & 0 & C_{22} * I_2 \end{bmatrix}$$

・応力～ひずみマトリクス

$$\begin{bmatrix} \sigma_z \\ \sigma_r \\ \sigma_\theta \\ \tau_{rz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{22} & C_{12} & C_{12} & 0 \\ C_{12} & C_{11} & C_x & 0 \\ C_{12} & C_x & C_{11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_z \\ \varepsilon_r \\ \varepsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{bmatrix}$$

$$C11 = C0 * n(1 - n\nu_1^2), \quad C22 = (1 - \nu_1^2) * C0$$

$$C12 = n\nu_2(1 + \nu_1) * C0, \quad Cx = n(\nu_1 + n\nu_2^2) * C0$$

$$C33 = m(1 + \nu_1)(1 - \nu_1 - 2n\nu_2^2), \quad m = \frac{1}{2(1 + \nu_2)}$$

$$n = E1/E2$$

ここに $E1, \nu_1$: 半径方向のヤング係数及ポアソン比

$E2, \nu_2$: 軸方向のヤング係数及ポアソン比

・自重を考慮する時は節点力を慣性力に応じて作る。

$$\begin{bmatrix} F_{ir} \\ F_{iz} \\ F_{jr} \\ F_{jz} \\ F_{kr} \\ F_{kz} \end{bmatrix} = 2\pi [A^{-1}]^T \begin{bmatrix} I_2 \rho r \\ I_7 \rho r \\ I_8 \rho r \\ I_3 \rho z \\ I_7 \rho z \\ I_8 \rho z \end{bmatrix}$$

・ひずみマトリクス

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_z \\ \varepsilon_r \\ \varepsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{bmatrix} = \frac{1}{2II} \begin{bmatrix} 0 & \gamma_{kj} & 0 & \gamma_{ik} & 0 & \gamma_{ji} \\ Z_{jk} & 0 & Z_{ki} & 0 & Z_{ij} & 0 \\ a'_i + Z_{jk} + \gamma_{kj} \frac{Z}{r} & 0 & a'_j + Z_{ki} + \gamma_{ik} \frac{Z}{r} & 0 & a'_k + Z_{ji} + \gamma_{ji} \frac{Z}{r} & 0 \\ \gamma_{kj} & z_{jk} & \gamma_{ik} & z_{ki} & \gamma_{ji} & z_{ij} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \\ u_k \\ v_k \end{bmatrix}$$

ここに $a'_i = \gamma_j Z_k - \gamma_k Z_j, \quad a'_j = \gamma_k Z_i - \gamma_i Z_k, \quad a'_k = \gamma_i Z_j - \gamma_j Z_i$

$$I_1 = \iint r dr dz = \frac{1}{2} (\gamma_j i * Z_{ki} - \gamma_{ki} * Z_{ji})$$

$$I_2 = \iint r dr dz = \frac{1}{8} (r_i + \gamma_j + \gamma_k) I_1 = \gamma^m I_1$$

$$I_3 = \iint Z dr dz = \frac{1}{8} (z_i + Z_j + Z_k) I_1 = Z^m I_1$$

$$I_4 = \iint \frac{1}{r} dr dz = \Sigma (A\alpha\gamma - A\gamma\beta) \log_e \gamma r = \frac{1}{\gamma^m}$$

$$\alpha = ijk$$

$$\beta = jki$$

$$\gamma = kij$$

$$I_5 = \iint \frac{z}{r} dr dz = \sum \left\{ \frac{1}{2} (A_{\alpha}^2 r - A_{\gamma} r^2) \log_e r + A_{\gamma} B_{\gamma} (r\beta - r_{\gamma}) + \frac{1}{4} B_{\gamma}^2 (r_{\beta}^2 - r_{\gamma}^2) \right\}$$

$$\alpha = ijk$$

$$\beta = jki$$

$$\gamma = kij$$

$$= \frac{z}{r} \frac{m}{m} I_1$$

$$I_6 = \iint \frac{z^2}{r} dr dz = \sum_{\substack{\alpha = ijk \\ \beta = jki \\ \gamma = kij}} \left\{ \frac{1}{3} (A_{\alpha} r^3 - A_{\gamma} r_{\beta}^3) \log_e r + A_{\gamma} B_{\gamma}^2 (r\beta - r_{\gamma}) + \frac{1}{2} A_{\gamma} B_{\gamma}^2 (r_{\beta}^2 - r_{\gamma}^2) + \frac{1}{9} B_{\gamma}^3 (r_{\beta}^3 - r_{\gamma}^3) \right\}$$

$$A_{\alpha} r = \frac{r_{\gamma} z_{\alpha} - r_{\alpha} z_{\gamma}}{r_{\gamma} - r_{\alpha}}$$

$$B_{\gamma} \beta = \frac{z_{\beta} - z_{\gamma}}{r_{\beta} - r_{\gamma}}, r_{ij} = r_i - r_j, z_{ij} = z_i - z_j, \text{ etc}$$

$$I_7 = \frac{I_1}{12} (r_i^2 + r_j^2 + r_k^2 + (r_i + r_j + r_k)^2)$$

$$I_8 = \frac{I_1}{12} (r_i z_i + r_j z_j + r_k z_k + (r_i + r_j + r_k) (z_i + z_j + z_k))$$

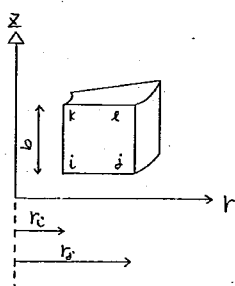
(2) 四角形要素を用いた場合

○ 剛性マトリクス K

$$K = 2 \pi [A^{-1}]^T [k] [A^{-1}]$$

ここに

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & r_i & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & r_i & 0 & 0 \\ 1 & r_j & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & r_j & 0 & 0 \\ 1 & r_i & b & br_i & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & r_i & b & br_i \\ 1 & r_j & b & br_j & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & r_j & b & br_j \end{bmatrix}$$



$$[K] = \begin{bmatrix} C_{11}I_{10} & & & & & & & & \\ (C_X+C_{11})I_1 & 2(C_X+C_{11})I_2 & & & & & & & \\ C_{11}I_{11} & (C_{11}+C_X)I_3 & C_{11}I_{12}+C_{33}I_2 & & & & & & \\ (C_X+C_{11})I_3 & 2(C_X+C_{11})I_4 & (C_X+C_{11})I_6+C_{33}I_5 & (C_{11}+C_X)I_8+C_{33}I_7 & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & \\ 0 & 0 & C_{33}I_2 & C_{33}I_5 & & & & & \\ C_{12}I_1 & 2C_{12}I_2 & C_{12}I_3 & 2C_{12}I_4 & & & & & \\ C_{12}I_2 & 2C_{12}I_5 & (C_{12}+C_{33})I_4 & (2C_{12}+C_{33})I_9 & & & & & \\ C_{12}I_2 & 2C_{12}I_2 & C_{12}I_3 & 2C_{12}I_4 & & & & & \end{bmatrix}$$

Symmetric

$$\begin{bmatrix} 0 & & & & & & & & \\ 0 & C_{33}I_2 & & & & & & & \\ 0 & 0 & C_{22}I_2 & & & & & & \\ 0 & C_{33}I_4 & C_{22}I_5 & C_{33}I_7+C_{33}I_8 & & & & & \end{bmatrix}$$

○自重を考慮する時は第点力を慣性力に応じて作る。

$$\begin{bmatrix} F_{ir} \\ F_{iz} \\ F_{jr} \\ F_{jz} \\ F_{kr} \\ F_{kz} \\ F_{lr} \\ F_{lz} \end{bmatrix} = 2\pi[A^{-1}]^T \begin{bmatrix} I_2 \rho r \\ I_5 \rho r \\ I_4 \rho r \\ I_9 \rho r \\ I_2 \rho z \\ I_5 \rho z \\ I_4 \rho z \\ I_9 \rho z \end{bmatrix}$$

○ ひずみマトリクス

$$\begin{pmatrix} \epsilon_z \\ \epsilon_r \\ \epsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & z & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{r} & 1 & \frac{z}{r} & z & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & r & 0 & 1 & 0 & z \end{pmatrix} [A^{-1}] \begin{pmatrix} u_{ir} \\ v_{iz} \\ u_{jr} \\ v_{jz} \\ u_{kr} \\ v_{kz} \\ u_{lr} \\ v_{lz} \end{pmatrix}$$

$$I_1 = r_{ji} b, \quad I_2 = \frac{b}{2} (r_j^2 - r_i^2), \quad I_3 = \frac{b^2}{2} r_{ji}$$

$$I_4 = \frac{b^2}{4} (r_j^2 - r_i^2), \quad I_5 = \frac{b}{3} (r_j^3 - r_i^3)$$

$$I_6 = \frac{b^3}{3} (r_j - r_i), \quad I_7 = \frac{b}{4} (r_j^4 - r_i^4)$$

$$I_8 = \frac{1}{6} b^3 (r_j^2 - r_i^2), \quad I_9 = \frac{b^2}{6} (r_j^3 - r_i^3)$$

$$I_{10} = b (\log_{eri} \frac{r_j}{r_i}), \quad I_{11} = \frac{b^2}{2} (\log_{eri} \frac{r_j}{r_i})$$

$$I_{12} = \frac{b^3}{3} (\log_{eri} \frac{r_j}{r_i})$$

§ 1-3 入力データ作成法

○ 軸対称 弾性体 FEM Input data の説明

(注) k_g cm 系の input $\rightarrow$ k_g 系の output
(t, m) (t, m)

1) CONT (プロッターに関する情報)

0....プロットしない

B { 1....主応力をプロット

0....主応力値を書かない

C { 1....主応力値を書き込む

0....格子 (element) を記入しない....このとき NODE

D { header card に続けてまわりの
1....格子 () も書く。頂点の数及びその NODE# を 20
14 で入れる (19個まで)

E 主応力の単位値を E 倍 cm とする単位 ($1 \frac{Kg}{cm^2} \rightarrow 1 cm$)

F 節点間の距離を F 倍 cm として格子 (element) をプロットする。

G₁ 原点を用紙上で x 方向に $G_1 cm$ 移動する。

G₂ 原点を用紙上で z 方向に $G_2 cm$ 移動する。

H { $\begin{array}{l} 0 \dots\dots \text{主応力が} \{ \begin{array}{l} (+) \text{ のとき } \leftarrow \text{---} \rightarrow \\ (-) \text{ のとき } \rightarrow \text{---} \leftarrow \end{array} \} \text{ のようにプロット} \\ 1 \dots\dots \text{主応力が} \{ \begin{array}{l} (+) \text{ のとき } \rightarrow \text{---} \leftarrow \\ (-) \text{ のとき } \leftarrow \text{---} \rightarrow \end{array} \} \text{ のようにプロット} \end{array}$ (すべての歪値に(-)を掛ける)

I { 0 大きい用紙を使う (z 方向 30 inch) 75cm

I { 1 小さい用紙を使う (z 方向 12 inch) 30cm

(注) 主応力をプロットする node 数には(-)を付ける。

2) 計 算 名

o cal1 はすべての場合必ずブランクとすること。(cal 80 もブランク)

o 計算名は何枚あってもよい。

これ等の cord は output の表紙に見出しとして print される。

3) L O S S

cal 6 { 0 element Stiffness matrix が対称のとき

1 element Stiffness matrix が非対称のとき

4) P A T T (cal 5~6 はパターン数)

$p r, p z$ は内部で $1/1000$ される。

5) N O D E (1000 節点まで N O D E 数は 2000 まで可)

o 節点番号及び r, z 座標を与える (欠番があってもよいが ascending order であること)

o その点が支点である場合は r, z の別に cal65 及び cal70 に 1 を入れる。

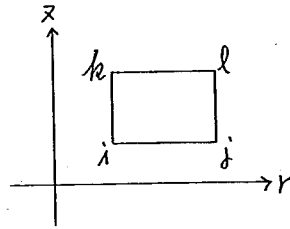
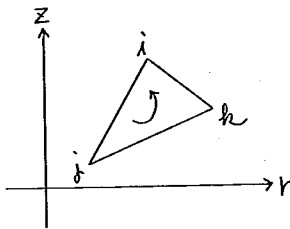
6) L M N T (2000 要素まで, 要素番号としては 4000 まで可)

o 要素番号及びその要素を構成する node 番号を書く。

- o 要素は 3, 4 角形要素とする。

3 角形要素の各頂点の node 番号は反時計まわりとする。

4 角形要素は下図の通り



- o unit# は 1 から順番に ascending order にする → Max 30
- o unit# のちがう LMNT card が入りまじってはならない。
- o 同一 unit 内での要素番号は ascending order であること。
- o 1 unit に要素は最大 200 個まで
- o 1 unit にクラス 1, 2 の合計最大 50 まで (節点)

クラス分類の定義

- class 1 他のどの unit とも結合されない node
- class 2 若い番号の unit と結合されているが、大きい番号の unit とは結合されていない node
- class 3 若い番号の unit と大きい番号の unit と結合される node
- class 4 若い番号の unit とは結ばれておらず、大きい番号の unit と結合されている node

7) LOAD

- o load header card の col 6~9 に load condition 数
- o 'LDCN' card は load condition ごとにつける。
- o 自重の大きさも考慮する時は cal 15 1' (考慮しなければ blank)
- o LDCN ~ LOAD の組合せを load header card で指定した数だけ input する。

8) G $\bar{O}$ 1 case の data の終りを示す。

9) その他

他の構造	{	2 cases 以上を一度の run で流すときは前の case の G $\bar{O}$ card に
物の場合		続けて RESTART card を入れる (cal 1より)
		最後の case の G $\bar{O}$ card の直後には 'END' card を入れる。

軸対称インプットデータ構成表

12	5	6	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80									
COSS		B		C		D		E		F		G ₁		G ₂		H		I											
計算名 (col2 以後 col 79まで)																													
何枚でも可																													
LOSS																													
PATT		パターン数 ≤ 10																											
E ₁				E ₂				V ₁				V ₂				PATTの数でIT input													
P _r				P _z				(P _r , P _z は内部では 1/1000 される)																					
								PATTの数でIT input																					
NODE		節点数																											
NODE		節点番号																											
				r座標				z座標								r				z									
LMNT																													
LMNT																													
LOAD		荷重種類数 ≤ 5																											
LDCN																													
LOAD		節点番号																											
										P ₁																			
										r 方向荷重										z 方向荷重									
										P ₂																			
										P ₃																			

1	2	5	6	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80			
LDCN	Lead on																							
LÖAD	読み番号												Y 方向荷重				Z 方向荷重							
(---- LDCN ~ L o A D の組合せを荷重横類数 input ----) GO END																								

1	2	5	6	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80
'CONT' ガード上でプロット指示がありかつ $D=0$ の場合 'NODE' reader card に続いて																					
D_0	D_1	D_2	D_3	----																D_{19}	
D_0 頂点を構成する NODE の数 D_1 第1頂点の NODE # ┆ ┆ ┆ D_{19} 第19頂点の NODE # (例)																					
6	1	201	301	401	501	601	ブランク														

記入例

	1	2	5	6	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80
CONT.						0																
						0																
PATT.						1																
						5.00.0				5.00.0												
										0.3												
						0.0																
										1.6												
NODE						4																
NODE						1				1.00.0												
NODE						2				2.00.0												
NODE						3				1.00.0												
NODE						4				2.00.0												
LMNT.						2																
LMNT.						1				1												
LMNT.						2				2												
LMNT.						2				4												
LMNT.						2				1												
LMNT.						2				4												
LMNT.						2				3												

物性要素 1.2 $E=500.0 \text{ kg/cm}^2$ $\nu=0.3$, $P=1.6 \text{ t/m}^2$

固定条件 節点①—固定②, 節点-X方向にローラー

ユニット 要素 1, 2... ユニット 1

荷重条件 1

自重及び一Z方向荷重有り

§ 1-4 出力データの見方

INPUT DATA

入力データがそのまま打ち出される。

STRAIN AT THE CENTER OF ELEMENTS :

要素の重心におけるひずみがユニット順に及び荷重条件順に出力される。

LMNT:要素名

E(Z) : ϵ_z

E(R) : ϵ_r

E(THETA) : ϵ_θ

E(RZ) : γ_{rz}

STRAIN ON THE CORNERS OF ELEMENTS :

要素の節点におけるひずみ

LMNT:要素名

CORNER:要素の節点

E(Z) : ϵ_z

E(R) : ϵ_r

E(THETA) : ϵ_θ

E(RZ) : γ_{rz}

STRESSES AT THE CENTERS OF ELEMENTS:

要素の重心における応力（圧縮が負）

LMNT:要素名

S(Z)Z : σ_z

S(R) : σ_r

S(THETA) : σ_θ

S(ZR) : τ_{zr}

S₁ : 第1主応力

S₂ : 第2主応力

DEG : 第1主応力がr軸となす角度（度，分，秒反時計方向を正とする）。

COORDINATES, FORCES AND DISPLACEMENTS:

座標、節点荷重、節点変位の出力が荷重条件順に出力される。

NODE:節点名

R : r座標

Z : z座標

F-R : r方向荷重

F-Z : z方向荷重

DR : r方向変位

DZ : z方向変位

R : Rがついている点は支点を示す。

REACTION FORCES :

支点反力が荷重条件順に出力される。

NODE:節点名

R-R : r方向反力

R-Z : z方向反力

STRESSES AT THE NODAL POINTS:

節点のまわりの応力を平均した節点応力

NODE: 節点名

S(Z) : σ_z

S(R) : σ_r

S(THETA) : σ_θ

T(ZR) : τ_{rz}

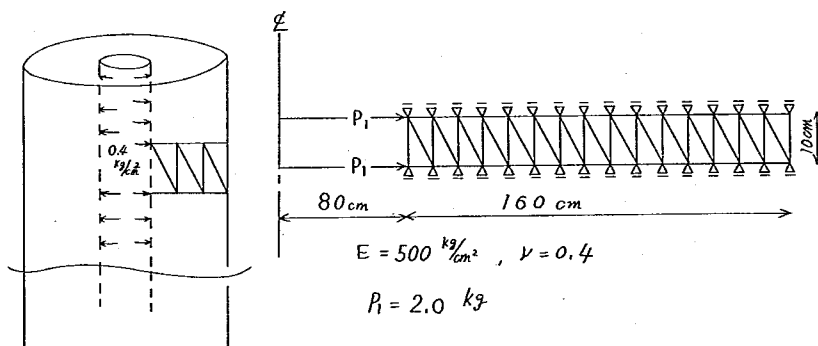
S₁ : 第1主応力

S₂ : 第2主応力

DEG : 第1主応力が r 軸となす角度 (度, 分, 秒, 反時計回りを正とする)

§ 1-5 解析例

三次元軸対称問題の解析例として無限長の中空円筒が内圧を受けた場合の例を示す事にする。この場合応力の一様性から



解析モデル

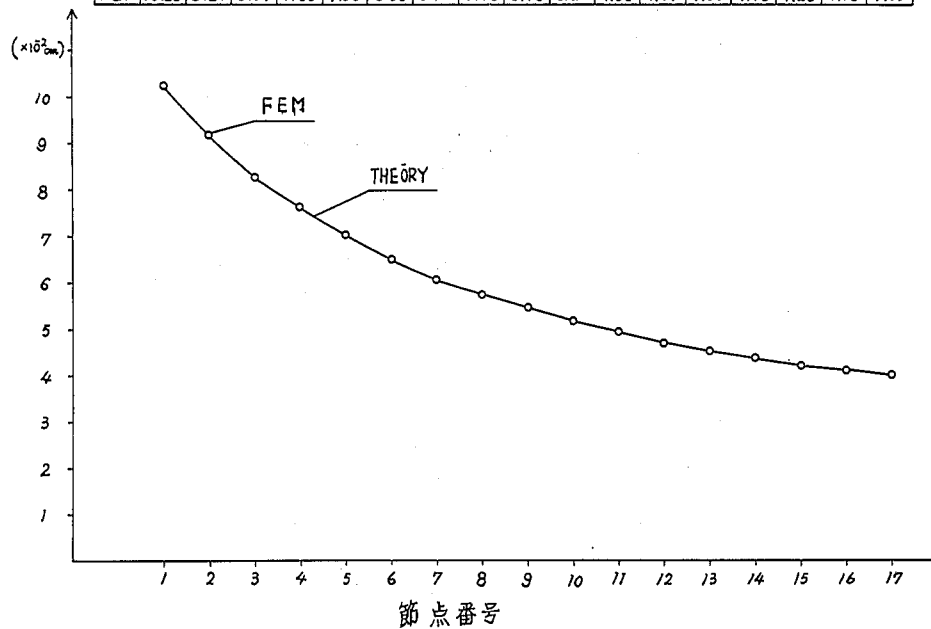
要素分割

長方形断面をとればよく、要素断面の土下端で外側に滑るローラを設ければよい。以下に結果を示すが、いずれも精度よく理論解と一致している。

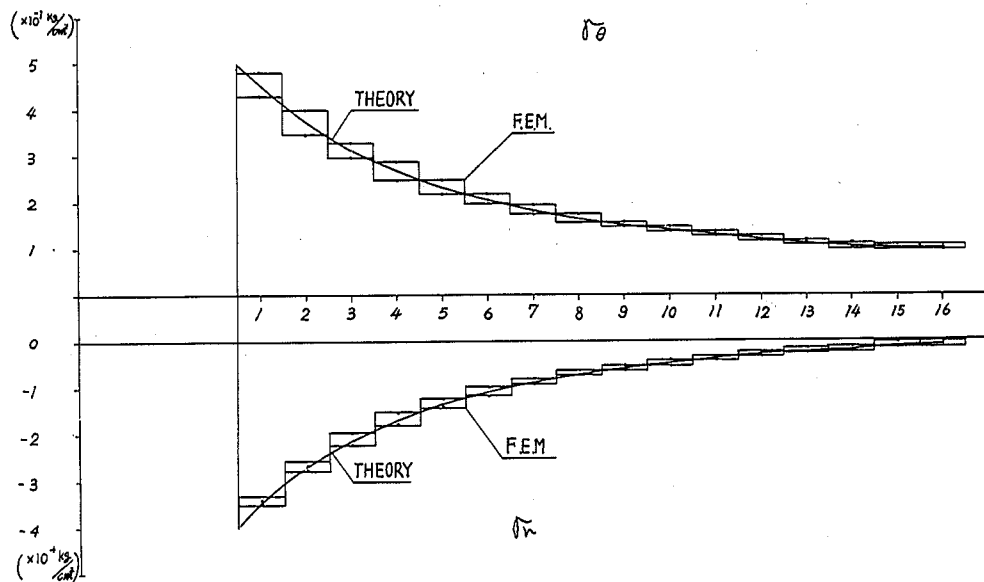
節点変位図

THEORY	10.3	9.21	8.34	7.64	7.06	6.57	6.15	5.80	5.49	5.22	4.99	4.78	4.59	4.43	4.28	4.15	4.03
FEM	10.29	9.20	8.34	7.63	7.05	6.56	6.15	5.79	5.48	5.22	4.98	4.77	4.59	4.43	4.28	4.15	4.03

$\times 10^2 \text{ cm}$



要素应力分布



上記の解析結果のインプットデータ，節点変位，反力，要素中心のひずみおよび応力についてそれぞれのアウトプットを示す。

 ***** INPUT DATA (EXCEPT TITLE) *****

LOSS	0								
CONT	1	1	1	40.0	0.5	0.0	9.0	0	1
PATT	1								
	500.0	500.0		0.4	0.4				
	0.0	0.001							
NODE	34								
NODE	-1	80.		0.0					1
NODE	-2	90.		0.0					1
NODE	-3	100.		0.0					1
NODE	-4	110.		0.0					1
NODE	-5	120.		0.0					1
NODE	-6	130.		0.0					1
NODE	-7	140.		0.0					1
NODE	-8	150.		0.0					1
NODE	-9	160.		0.0					1
NODE	-10	170.		0.0					1
NODE	-11	180.		0.0					1
NODE	-12	190.		0.0					1
NODE	-13	200.		0.0					1
NODE	-14	210.		0.0					1
NODE	-15	220.		0.0					1
NODE	-16	230.		0.0					1
NODE	-17	240.		0.0					1
NODE	-18	80.	10.0						1
NODE	-19	90.	10.0						1
NODE	-20	100.	10.0						1
NODE	-21	110.	10.0						1
NODE	-22	120.	10.0						1
NODE	-23	130.	10.0						1
NODE	-24	140.	10.0						1
NODE	-25	150.	10.0						1
NODE	-26	160.	10.0						1
NODE	-27	170.	10.0						1
NODE	-28	180.	10.0						1
NODE	-29	190.	10.0						1
NODE	-30	200.	10.0						1
NODE	-31	210.	10.0						1
NODE	-32	220.	10.0						1
NODE	-33	230.	10.0						1
NODE	-34	240.	10.0						1

LMNT	32					
LMNT	-1	18	1	2	1	1
LMNT	-2	19	2	3	1	1
LMNT	-3	20	3	4	1	1
LMNT	-4	21	4	5	1	1
LMNT	-5	22	5	6	1	1
LMNT	-6	23	6	7	1	1
LMNT	-7	24	7	8	1	1
LMNT	-8	25	8	9	1	1
LMNT	-9	26	9	10	1	1
LMNT	-10	27	10	11	1	1
LMNT	-11	28	11	12	1	1
LMNT	-12	29	12	13	1	1
LMNT	-13	30	13	14	1	1
LMNT	-14	31	14	15	1	1
LMNT	-15	32	15	16	1	1
LMNT	-16	33	16	17	1	1
LMNT	-17	18	2	19	1	1
LMNT	-18	19	3	20	1	1
LMNT	-19	20	4	21	1	1
LMNT	-20	21	5	22	1	1
LMNT	-21	22	6	23	1	1
LMNT	-22	23	7	24	1	1
LMNT	-23	24	8	25	1	1
LMNT	-24	25	9	26	1	1
LMNT	-25	26	10	27	1	1
LMNT	-26	27	11	28	1	1
LMNT	-27	28	12	29	1	1
LMNT	-28	29	13	30	1	1
LMNT	-29	30	14	31	1	1
LMNT	-30	31	15	32	1	1
LMNT	-31	32	16	33	1	1
LMNT	-32	33	17	34	1	1
LOAD	2					
LOCN	1	0				
LOAD	1				2.0	
LOAD	18				2.0	
LOCN	2	1				
LOAD	1				2.0	
LOAD	18				2.0	
GO						

STRAINS AT THE CENTERS OF ELEMENTS

LOAD CONDITION 1

(UNIT 1)

LMNT	E(Z)	E(R)	E(THETA)	R(RZ)
-1	0.0	-1.121740-03	1.199280-03	-8.808540-05
-2	0.0	-8.783320-04	9.597210-04	-2.673860-05
-3	0.0	-7.080330-04	7.870130-04	-4.291320-06
-4	0.0	-5.831730-04	6.583320-04	3.108760-06
-5	0.0	-4.883280-04	5.598560-04	4.884810-06
-6	0.0	-4.142970-04	4.828030-04	4.717540-06
-7	0.0	-3.552660-04	4.213730-04	4.003900-06
-8	0.0	-3.073740-04	3.716080-04	3.242260-06
-9	0.0	-2.679560-04	3.307270-04	2.586730-06
-10	0.0	-2.351150-04	2.967350-04	2.067510-06
-11	0.0	-2.074640-04	2.681640-04	1.677850-06
-12	0.0	-1.839760-04	2.439200-04	1.409840-06
-13	0.0	-1.638780-04	2.231700-04	1.274350-06
-14	0.0	-1.466030-04	2.052720-04	1.324200-06
-15	0.0	-1.317650-04	1.897230-04	1.598580-06
-16	0.0	-1.191810-04	1.761230-04	2.718860-06
-17	0.0	-1.060400-03	1.108880-03	-2.673860-05
-18	0.0	-8.558850-04	8.961630-04	-4.291320-06
-19	0.0	-7.006330-04	7.403830-04	3.108760-06
-20	0.0	-5.813970-04	6.229990-04	4.884810-06
-21	0.0	-4.884950-04	5.323960-04	4.717540-06
-22	0.0	-4.150110-04	4.610210-04	4.003900-06
-23	0.0	-3.560280-04	4.037970-04	3.242260-06
-24	0.0	-3.080290-04	3.572170-04	2.586730-06
-25	0.0	-2.684750-04	3.187950-04	2.067510-06
-26	0.0	-2.355040-04	2.867320-04	1.677850-06
-27	0.0	-2.077320-04	2.596960-04	1.409840-06
-28	0.0	-1.841110-04	2.366890-04	1.274350-06
-29	0.0	-1.638280-04	2.169490-04	1.324200-06
-30	0.0	-1.462290-04	1.998850-04	1.698580-06
-31	0.0	-1.307450-04	1.850350-04	2.718860-06
-32	0.0	-1.168020-04	1.720350-04	5.097920-06

(UNIT 1)

LMNT	S(Z)	S(R)	S(THETA)	T(ZR)	S1	S2	DEG
-1	5.538250-02	-3.452400-01	4.836960-01	-1.572950-02	5.599910-02	-3.458570-01	-87 45 18
-2	5.813480-02	-2.555550-01	4.008920-01	-4.774740-03	5.820750-02	-2.556280-01	-89 7 41
-3	5.641420-02	-1.964550-01	3.374900-01	-7.663070-04	5.641660-02	-1.964570-01	-89 49 35
-4	5.368480-02	-1.545910-01	2.888030-01	5.551350-04	5.368630-02	-1.545930-01	89 50 50
-5	5.109130-02	-1.233120-01	2.510400-01	8.722870-04	5.109560-02	-1.233160-01	89 42 48
-6	4.893250-02	-9.903080-02	2.213620-01	8.424170-04	4.893730-02	-9.903560-02	89 40 26
-7	4.721960-02	-7.966110-02	1.977100-01	7.149830-04	4.722360-02	-7.966510-02	89 40 38
-8	4.588140-02	-6.389490-02	1.785990-01	5.789750-04	4.588450-02	-6.389800-02	89 41 52
-9	4.483660-02	-5.086200-02	1.629530-01	4.619160-04	4.483880-02	-5.086420-02	89 43 24
-10	4.401420-02	-3.995530-02	1.499910-01	3.691970-04	4.401580-02	-3.995700-02	89 44 53
-11	4.335700-02	-3.073740-02	1.391300-01	2.996160-04	4.335820-02	-3.073860-02	89 46 6
-12	4.281760-02	-2.288800-02	1.299320-01	2.517580-04	4.281850-02	-2.288900-02	89 46 50
-13	4.235160-02	-1.617630-02	1.220550-01	2.275630-04	4.235240-02	-1.617720-02	89 46 38
-14	4.190610-02	-1.045230-02	1.152180-01	2.364640-04	4.190720-02	-1.045330-02	89 44 28
-15	4.139850-02	-5.660430-03	1.091570-01	3.033170-04	4.140050-02	-5.662390-03	89 37 51
-16	4.067310-02	-1.891500-03	1.035740-01	4.855110-04	4.067870-02	-1.897040-03	89 20 48
-17	3.462910-02	-3.440840-01	4.306570-01	-4.774740-03	3.468930-02	-3.441440-01	-89 16 40
-18	2.876980-02	-2.769030-01	3.488280-01	-7.663070-04	2.877170-02	-2.769050-01	-89 51 23
-19	2.839250-02	-2.218340-01	2.928150-01	5.551350-04	2.839380-02	-2.218350-01	89 52 22
-20	2.971540-02	-1.779260-01	2.522150-01	8.722870-04	2.971910-02	-1.779300-01	89 45 34
-21	3.135800-02	-1.431040-01	2.215000-01	8.424170-04	3.136210-02	-1.431090-01	89 43 24
-22	3.286410-02	-1.153540-01	1.975140-01	7.149830-04	3.286750-02	-1.153580-01	89 43 25
-23	3.412080-02	-9.303190-02	1.783340-01	5.789750-04	3.412340-02	-9.303460-02	89 44 21
-24	3.513390-02	-7.487650-02	1.627110-01	4.619160-04	3.513590-02	-7.487850-02	89 45 34
-25	3.594280-02	-5.994120-02	1.497980-01	3.691970-04	3.594430-02	-5.994260-02	89 46 46
-26	3.659080-02	-4.751790-02	1.389950-01	2.996160-04	3.659190-02	-4.751890-02	89 47 45
-27	3.711690-02	-3.707320-02	1.298650-01	2.517580-04	3.711780-02	-3.707410-02	89 48 20
-28	3.755590-02	-2.819800-02	1.220880-01	2.275630-04	3.755670-02	-2.819880-02	89 48 6
-29	3.794330-02	-2.056670-02	1.154250-01	2.364640-04	3.794430-02	-2.056770-02	89 46 6
-30	3.832540-02	-1.389930-02	1.097130-01	3.033170-04	3.832710-02	-1.390110-02	89 40 2
-31	3.877880-02	-7.915830-03	1.048630-01	4.855110-04	3.878380-02	-7.920880-03	89 24 16
-32	3.945250-02	-2.262410-03	1.008940-01	9.103420-04	3.947240-02	-2.282270-03	88 45 2

COORDINATES, FORCES AND DISPLACEMENTS

LOAD CONDITION 1

NODE	R	Z	F-R	F-Z	DR	DZ	
1	8.000000 01	0.0	1.005310 03	0.0	1.033890-01	0.0	R
2	9.000000 01	0.0	0.0	0.0	9.217140-02	0.0	R
3	1.000000 02	0.0	0.0	0.0	8.338800-02	0.0	R
4	1.100000 02	0.0	0.0	0.0	7.630770-02	0.0	R
5	1.200000 02	0.0	0.0	0.0	7.047600-02	0.0	R
6	1.300000 02	0.0	0.0	0.0	6.559270-02	0.0	R
7	1.400000 02	0.0	0.0	0.0	6.144980-02	0.0	R
8	1.500000 02	0.0	0.0	0.0	5.789710-02	0.0	R
9	1.600000 02	0.0	0.0	0.0	5.482340-02	0.0	R
10	1.700000 02	0.0	0.0	0.0	5.214380-02	0.0	R
11	1.800000 02	0.0	0.0	0.0	4.979260-02	0.0	R
12	1.900000 02	0.0	0.0	0.0	4.771800-02	0.0	R
13	2.000000 02	0.0	0.0	0.0	4.587830-02	0.0	R
14	2.100000 02	0.0	0.0	0.0	4.423950-02	0.0	R
15	2.200000 02	0.0	0.0	0.0	4.277340-02	0.0	R
16	2.300000 02	0.0	0.0	0.0	4.145580-02	0.0	R
17	2.400000 02	0.0	0.0	0.0	4.026400-02	0.0	R
18	8.000000 01	1.000000 01	1.005310 03	0.0	1.025080-01	0.0	R
19	9.000000 01	1.000000 01	0.0	0.0	9.190400-02	0.0	R
20	1.000000 02	1.000000 01	0.0	0.0	8.334510-02	0.0	R
21	1.100000 02	1.000000 01	0.0	0.0	7.633880-02	0.0	R
22	1.200000 02	1.000000 01	0.0	0.0	7.052480-02	0.0	R
23	1.300000 02	1.000000 01	0.0	0.0	6.563990-02	0.0	R
24	1.400000 02	1.000000 01	0.0	0.0	6.148980-02	0.0	R
25	1.500000 02	1.000000 01	0.0	0.0	5.792950-02	0.0	R
26	1.600000 02	1.000000 01	0.0	0.0	5.484920-02	0.0	R
27	1.700000 02	1.000000 01	0.0	0.0	5.216450-02	0.0	R
28	1.800000 02	1.000000 01	0.0	0.0	4.980940-02	0.0	R
29	1.900000 02	1.000000 01	0.0	0.0	4.773210-02	0.0	R
30	2.000000 02	1.000000 01	0.0	0.0	4.589100-02	0.0	R
31	2.100000 02	1.000000 01	0.0	0.0	4.425270-02	0.0	R
32	2.200000 02	1.000000 01	0.0	0.0	4.279040-02	0.0	R
33	2.300000 02	1.000000 01	0.0	0.0	4.148300-02	0.0	R
34	2.400000 02	1.000000 01	0.0	0.0	4.031500-02	0.0	R

土構造物の非線型解析

土木研究所資料第 992 号

昭和 50 年 3 月 (1975)

田 中 俊 彦

キーワード 有限要素法・非線型解析・ウェーブフロント法・荷重漸増方式

要 旨 この報告書は、盛土、アースダム等の土構造物の内部応力変形、
について弾性解析および非線型解析まで行なうために作成した
プログラムの内容、実例解析についてとりまとめたものである。



郵便はがき

2 8 0 - □ □

千葉県千葉市穴川

四丁目十二番五二号

建設省土木研究所

動土質研究室 御中

十円切手
をはって
下さい

No. _____

配布先氏名
配布先住所



No. _____

土木研究所資料第992号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印