

有限要素法による平面熱応力解析プログラム “SASKE-S1” について

塚田悠治*・天田重庚*・町田明正*
村田克教**・山崎敏男**

Program “SASKE-S1” of Plane Thermal Stress Analysis
by the Finite Element Method

By

Yuji TSUKADA, Shigeyasu AMADA, Akimasa MACHIDA,
Katsunori MURATA and Toshio YAMAZAKI

Abstract

This paper presents a plane thermal stress analysis by the finite element method, the program of which is called “SASKE-S1”. The heat conduction analysis for plane and axis-symmetric problem by the finite element method has been made so far. Hence the system of thermal stress analysis has been established, which can be applied to the plane problems subjected to thermal loadings.

The SASKE-S1 was applied to a rectangular plate with a circular hole under uni-axial tension, to a rectangular plate in non-uniform temperature field and to a ring. The solutions by SASKE-S1 were compared with the analytical ones and the errors were briefly discussed.

1. ま え が き

機関部品の熱応力を求める目的として著者らは有限要素法による平面熱応力解析プログラムの作成に取り組んできたが、ここに当初の目的を達成したので報告する。

有限要素法は解析法の壁である幾何学形状の複雑さを問題としないばかりか、その汎用性からいっても、最も有力な数値解析法であると思われる。もともと数値解析法は計算機を用いた数値実験と見なされるので、そこに使用される理論式が対象としている場の挙動を忠実に表すことが保証されていれば、ある精度内で解をうる可能性がある。したがって、計算機の使用を前提とした有限要素法プログラムの作成は数値実験

装置を組み立てることに相当し、モデルを作成する代わりに入力データを与えさえすれば所要の結果を得ることができる。

用いる理論式は応力解析の場合、仮想仕事の原理から導かれる変分式であり、汎関数が求まれば有限要素法の定式化が行える。一般に汎関数による停留値問題が与えられれば相当する境界値問題を導くことは容易であるが、その逆は非常に困難で、はたして汎関数が存在するののかもわからない場合が多い。そのような場合、すなわち汎関数が求められない場合、有限要素法の定式化の過程で次の二つの方法が用いられる。一つは Least Square Method を用いる方法、他は Weighted Residual Method¹⁾ と呼ばれるものである。特に後者の方法は粘性流体力学の分野に多くの貢献をしている。

これまで著者らは平面熱伝導問題の有限要素法プロ

* 機関開発部 ** 工学院大学
原稿受付：昭和49年9月11日

グラムについて下記のものを作成した。

- i) SASKE-H1²⁾.....定常, 固定境界条件
- ii) SASKE-H2³⁾.....定常, 一般境界条件
- iii) SASKE-H3⁴⁾.....非定常, 一般境界条件

ここに平面熱応力解析プログラム“SASKE-S1”の完成により, 平面問題として温度の初期, 境界条件と応力の境界条件を与えさえすれば, 温度ならびに熱応力を求めるシステムが確立されたことになり, 一つの数値実験装置として今後の研究におおいに役立つであろう。

2. 基礎理論⁵⁾

Fig. 1 のごとく物体の占めている領域を Ω , その境界を $\partial\Omega$ で表し, 次のような偏微分方程式の境界値問題を考える。

$$\mathcal{L}u=f \quad \text{in } \Omega \quad (1)$$

$$Bu=g \quad \text{on } \partial\Omega \quad (2)$$

u は求めようとする未知関数, f と g は与えられる関数とする。演算子 \mathcal{L} が次の性質を持つ場合に議論をしぼる。 u_1, u_2, v, η をある関数とすれば

- i) 線形である。

$$\mathcal{L}(a_1u_1+a_2u_2)=a_1\mathcal{L}u_1+a_2\mathcal{L}u_2 \quad (3)$$

ただし, a_1, a_2 は定数。

- ii) 対称である。

$$\langle \mathcal{L}u, v \rangle = \langle \mathcal{L}v, u \rangle \quad (4)$$

- iii) Positive Definite である。

$$\langle \mathcal{L}\eta, \eta \rangle > 0 \quad \text{for } \eta \neq 0 \quad (5)$$

ただし $\langle \rangle$ なる記号は二つの関数の内積を示す。

すると次の定理が成立する。

〔定理〕

性質, i), ii), iii) を持つ \mathcal{L} に対して, (1), (2) 式の解は汎関数

$$J(u) = \langle \mathcal{L}u, u \rangle - 2\langle f, u \rangle \quad (6)$$

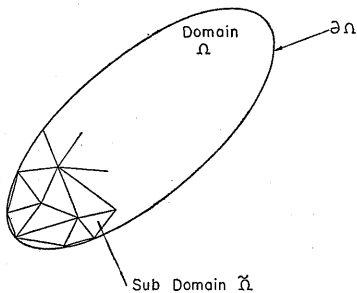


Fig. 1 Domain occupied by body

を最小にする。

〔証明〕

(1), (2) 式を満足する解を u^* とすると

$$\mathcal{L}u^*=f \quad (7)$$

η を u^* と同じ階まで微分可能な任意関数とすれば

$$\begin{aligned} J(u^*+\eta) &= \langle \mathcal{L}(u^*+\eta), u^*+\eta \rangle - 2\langle f, u^*+\eta \rangle \\ &= \langle \mathcal{L}u^*, u^* \rangle - 2\langle f, u^* \rangle \\ &\quad + \langle \mathcal{L}u^*, \eta \rangle + \langle \mathcal{L}\eta, u^* \rangle \\ &\quad + \langle \mathcal{L}\eta, \eta \rangle - 2\langle f, \eta \rangle \\ &= J(u^*) + 2\langle \mathcal{L}u^*, \eta - f, \eta \rangle + \langle \mathcal{L}\eta, \eta \rangle \\ &= J(u^*) + \langle \mathcal{L}\eta, \eta \rangle \\ &\geq J(u^*) \end{aligned}$$

[Q.E.D.]

それゆえ, (1), (2) 式を満足する u を見つける代わりに (6) 式で定義された汎関数 $J(u)$ を最小にするような Ω の subdomain $\tilde{\Omega}$ 上で定義された近似関数 \tilde{u} を見つける手順が有限要素法の骨子である。

3. 有限要素法の基礎式の導入

対象としている物体を Fig. 1 のように有限個の三角要素に分割する。要素内のある点において変位が次のように定義されると仮定する。

$$\{u\} = [N]\{\delta\} \quad (8)$$

u は, x, y 方向の変位から成る変位ベクトル, δ は節点での変位ベクトル, $\{ \}$ は列ベクトルを示す。 $\{\delta\}$ を $\{u\}$ に変換する線形演算子 $[N]$ は Shape Function と呼ばれる。ひずみは $\{\epsilon\}$ を用いると

$$\{\epsilon\} = [B]\{\delta\} \quad (9)$$

のように表される。熱膨張によるひずみは初期ひずみ $\{\epsilon_0\}$ として取り扱えるので, 応力-ひずみ式は

$$\{\sigma\} = [D](\{\epsilon\} - \{\epsilon_0\}) \quad (10)$$

となる。

仮想変位を $d\{u\}$ とすれば

$$d\{u\} = [N]d\{\delta\} \quad (11)$$

となり, 節点力を $\{F\}$ とすると $d\{\delta\}$ によってなされた仕事は

$$d\{\delta\}^T \{F\} \quad (12)$$

にて示される。一方, 上記の仕事は物体内にて単位体積あたり

$$d\{\epsilon\}^T \{\sigma\} \quad (13)$$

なる仕事とつり合うので, 次式を得る。

$$\begin{aligned} d\{\delta\}^T \{F\} \\ = d\{\delta\}^T \left[\int [B]^T [D] [B] d(\text{vol}) \right] \{\delta\} \end{aligned}$$

$$-\int [B]^T [D] \{e_0\} d(\text{vol}) \quad (14)$$

簡単な形で示すと

$$\{\tilde{F}\} = [K] \{\theta\}. \quad (15)$$

ただし

$$\{\tilde{F}\} = \{F\} + \{F_0\}$$

$$[K] = \int [B]^T [D] [B] d(\text{vol})$$

$$\{F_0\} = \int [B]^T [D] \{e_0\} d(\text{vol})$$

一方, (12), (13) の両式より

$$d[\{\theta\}^T \{F\}] - d\left[\frac{1}{2} \int ([D] \{e\})^T \{e\} d(\text{vol})\right] = 0 \quad (16)$$

第1項は外力によるポテンシャルエネルギー, 第2項はひずみエネルギーであり, それぞれ W と U で表すと

$$dW + dU = 0$$

$\chi = U + W$ とすれば

$$d(\chi) = 0 \quad (17)$$

となる。 χ は全ポテンシャルエネルギーと呼ばれる。結局, (17) 式はつり合い状態において全ポテンシャルエネルギー, χ が許容変位の変分に対して停留値となることを意味する†。前章で述べた $J(u)$ に相当する汎関数がここで導いた χ であることは容易に理解されよう。

4. 解の収束性について

2章で述べたように物体を有限個の三角要素に分割し, その要素間の節点での変位で要素の変位を表現するということは, もともと無限の自由度を有する物体を有限の自由度で置き換える考えが基本にある。したがって χ の近似, $\bar{\chi}$ が χ_{\min} から離れれば離れるほど, 境界値問題の真の解 u^* と \bar{u} からえられる \bar{u} との差も大きくなると想像される。では逆に分割を細かくして自由度を増してやれば真の解に近づくかどうかの疑問が残る。Tong⁹⁾ らは, 仮定する変位が

- i) $\Omega + \partial\Omega$ (Ω は物体の占める領域, $\partial\Omega$ はその境界) 内で連続であること。
- ii) その変位の1階微分が区分的連続であること。
- iii) 変位があらゆるなめらかな関数を ϵ^2 (ϵ は三角要素の1辺の大きさ) の大きさまで近似できること。

† 弾性系では χ は最小となることが保証されている。

なる条件を満足するならば, $\epsilon \rightarrow 0$ になるにつれて有限要素解は厳密解に近づくことを保証した。

5. プログラムについて

5.1 プログラムの概要

本プログラムは有限要素法による平面応力解析プログラムであり, 変位・外力・温度を各節点に指定することにより, 各要素に働く応力を求めることができる。なお, 使用した計算機は CDC6600 である。

5.2 適用範囲および制限事項

- i) 節 点 数 400 以下
- ii) 要 素 数 800 以下
- iii) 境界上の節点数 100 以下
- iv) 隣接した節点との節点番号差 40 以下

これらの制限事項は計算機の容量等により簡単に変更できる。なお本プログラムは, 物体力・圧力が作用する場合には適用できないが, サブルーチンの形でプログラムを追加することにより, 物体力・圧力の作用する場合も計算可能となる。

5.3 プログラムの構成

本プログラムは下記に示すサブルーチン群から成る。本プログラムは文献 7) による部分が大きい。

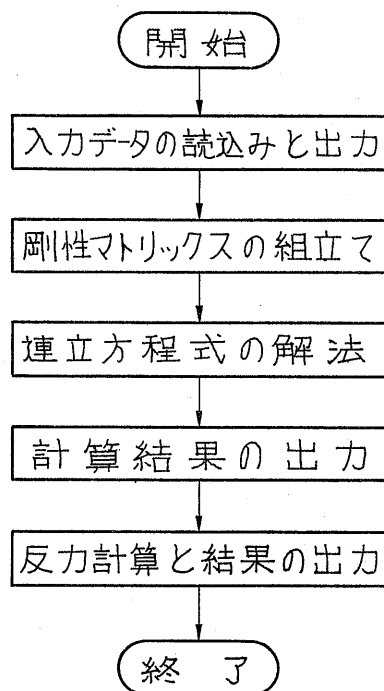


Fig. 2 Flow chart


- i) MAIN 主プログラムで全体の剛性マトリックスの組み立てを行う。
- ii) SUB-1: DINPUT 入力データの読み込みと印刷。
- iii) SUB-2: STFPAN 要素剛性マトリックスと温度係数ベクトルの計算。
- iv) SUB-3: SOLVE 一次元連立方程式の解法〔対角化分割法〕。
- v) SUB-4: OUTPUT 要素内の応力歪の計算と計算結果の印刷。
- vi) SUB-5: FORCE 未知節点力の計算。
- vii) SUB-6: MATINV 逆マトリックスの計算。
- viii) SUB-7: MATM マトリックスの積計算。
- ix) SUB-8: MATTM 転置マトリックスの積計算。

Fig. 2 に本プログラムのフローチャートを示す。

5.4 入力

入力データの種類と書式を Table 1 に示す。入力

Table 1 Input date format

順番	入力データ	データ形式	備考
①	NPOINT: 節点の総数 NELEMT: 要素の総数 NUNIT: 隣接した節点との最大節点番号差	NPOINT NUNIT I4 I4 I4 NELEMT	
②	E: ヤング率(kg/cm ²) AMU: ポアソン比 CHTHI: 要素の厚さ(mm)	E AMU CHTHI E12.4 E12.4 E12.4	○E, AMUはどの要素でも一定。 ○CHTHI>0...どの要素も一定。 CHTHI≦0...各要素ごとに違う。
③	IND: 要素と節点との組み合わせ	J1 J2 J3 I4 I4 I4 NELEMT I4 I4 I4	 任意の要素kに対して、その節点番号を反時計回りに、J1, J2, J3の順とする。
④	XX: 節点のx座標(mm) YY: 節点のy座標(mm)	XX YY F10.3 F10.3 NPOINT F10.3 F10.3	
⑤	MOJI: 出力のための文字データ	MOJI(1) MOJI(2) A1 A1	MOJI(1).....文字X MOJI(2).....文字Y
⑥	THICK: 各要素の厚さ(mm)	THICK E12.4 NELEMT E12.4	○CHTHI>0なら、このデータは必要ない。
⑦	NUV1: 変位が既知で大きさが0の成分の総数	NUV1 I4	
⑧	J: 既知変位(大きさが0)の節点番号 K: 変位の方向を表わす	J K I4 I2 NUV1 I4 I2	○NUV1=0なら、このデータは必要ない。 ○K=1...x方向を表わす。 K=2...y方向を表わす。

順番	入力データ	データ形式	備考
⑨	NUV2: 変位が既知で大きさが0でない成分の総数	NUV2 I4	
⑩	J: 既知変位(大きさが0)の節点番号 K: 変位の方向を表わす UVK: 変位の大きさ	J K UVK I4 I2 E12.4 NUV2 I4 I2 E12.4	○NUV2=0なら、このデータは必要ない。 ○K=1...x方向を表わす。 K=2...y方向を表わす。
⑪	NFF: 外力が既知で大きさが0でない成分の総数	NFF I4	
⑫	J: 既知外力(大きさが0)の節点番号 K: 外力の方向を表わす FFK: 外力の大きさ	J K FFK I4 I2 E12.4 NFF I4 I2 E12.4	○NFF=0なら、このデータは必要ない。 ○K=1...x方向を表わす。 K=2...y方向を表わす。
⑬	TP(1): 節点番号1の温度	TP(1) E13.5	
⑭	TP: 各節点(1以外)の温度	TP E13.5 NPOINT E13.5	○TP(1)≦-300なら、このデータは必要ない。
⑮	ALFAR: 材料の線膨張係数	ALFAR E13.5	
⑯	IJKU: 要素の厚さ決定のための変数	IJKU I4	○IJKU≠0なら、要素の厚さはx軸に比例する。

データは、5.2の注意事項を厳守し Table 1の順序に従って作成する。

5.5 出力

入力データは読み込まれるとすぐに出力される。計算結果として各節点の変位・各節点に働く力・各要素の応力と歪が出力される。

6. 精度の検討のための計算例

本プログラムの精度の検討のため、a) 熱負荷を受ける平板、b) 引張り荷重を受ける穴あき平板、c) 熱負荷を受ける円板について計算を行った。

FEM 解では、一般に要素内の応力が一定であるとおくことから、任意断面の応力分布は階段状になってしまい、物体内の連続した応力分布が得られない。そこで、一般には代表的な点の応力を決定し、なんらかの補間を行い、滑らかな応力分布とする。この代表的な点の応力決定については、経験的に次に示す方法が良く用いられている (Fig. 3 参照)。

- ① 節点における応力を、隣接する要素の応力の平均値とする。(節点平均)

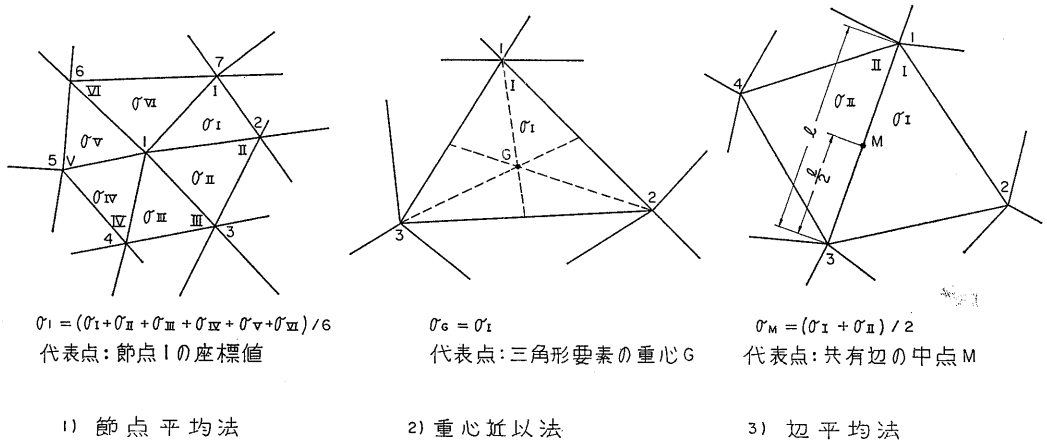


Fig. 3 Representation of stress at point

- ② 要素内の応力を, その要素の重心の位置とする。(重心近似)
- ③ 辺の中点における応力を, その辺を共有する要素の平均値とする。(辺平均)

計算結果は上記の代表点の応力について, 解析解と比較した。なお, 上記の問題は分割法に密接に関連するので詳細な点は文献 8) を参照されたい。

6.1 熱負荷を受ける平板⁹⁾

Fig. 4 に示すような, 長辺と短辺の比が 5:2 の長方形平板の y 軸方向に放物線状の温度分布がある場合について, 熱応力の計算を行った。温度分布は一般に

- ① 要素の代表温度として, その要素の重心位置の温度を与える。
- ② 各節点の位置の温度を与えて, 要素の温度を各頂点の温度の平均とする。

この二つの場合があり, 本プログラムは各節点に温度を与えた。FEM 解は, 要素内で応力-歪が一定である

ので, Fig. 5 に示すような階段状の解となってしまう。そこで, 前に述べた方法で応力の代表点を決定した。Fig. 6 からわかるように, σ_x に関しては重心近似・節点近似が, σ_y に関しては辺平均が解析解と良くあっていた。なお, 重心近似において σ_y の値が大きいのは, 要素の大きさ, 要素分割の方法により生じたものと思われる。

6.2 引張り荷重を受ける穴あき平板

Fig. 7 に示すような穴のあいた長方形平板の y 軸方向に引張り荷重を加えた場合について計算した。計算結果は, Fig. 8 に示すように $\theta=0^\circ, 45^\circ$ の二つの断面について解析解と比較した。Fig. 9, 10 からわかるように, 重心近似による値は他の方法でえられた値に比較して大きく振動した値となっているが, 節点平均, 辺平均の値は解析解と良く合っていた。

6.3 熱負荷を受ける円板

Fig. 11 に示すような, 外径と内径の比が 2:1 の円

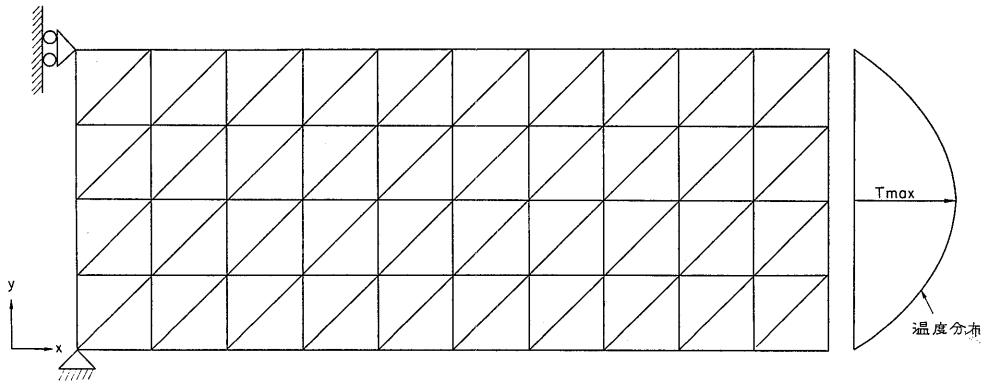


Fig. 4 Division of rectangular plate

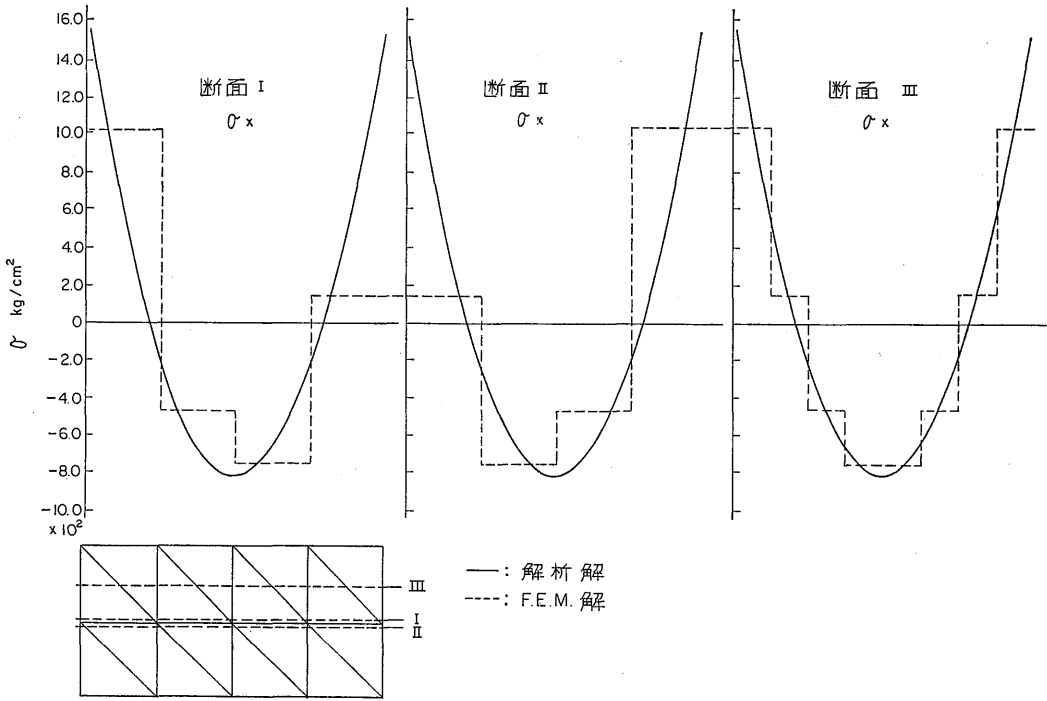


Fig. 5 Thermal stress in rectangular plate

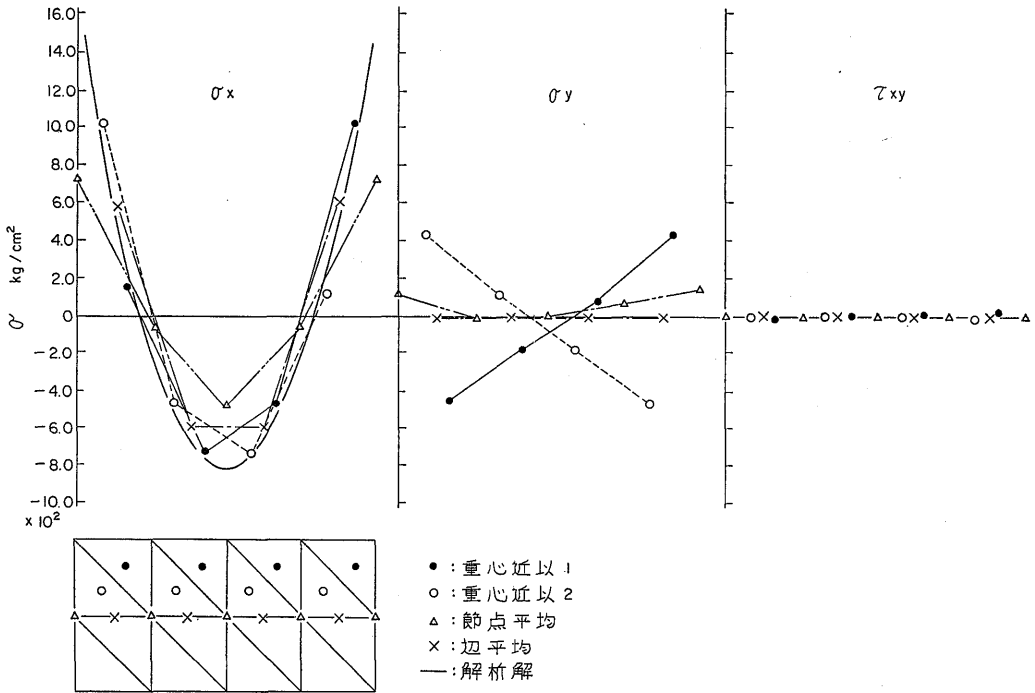


Fig. 6 Thermal stress in rectangular plate

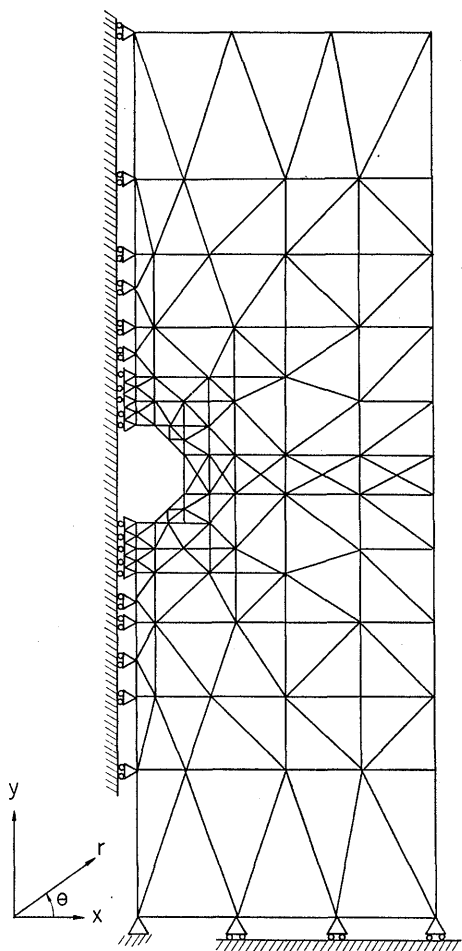


Fig. 7 Division of rectangular plate with circular hole

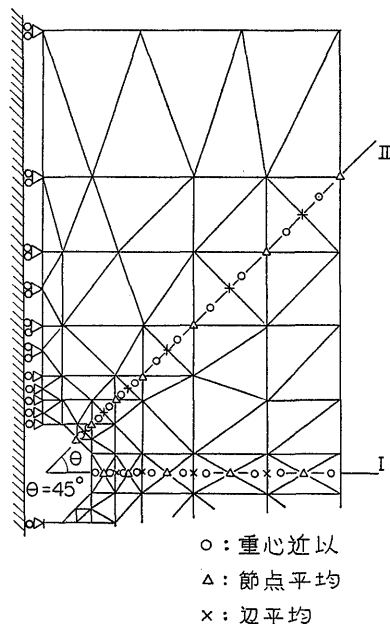


Fig. 8 Positions of stress by FEM

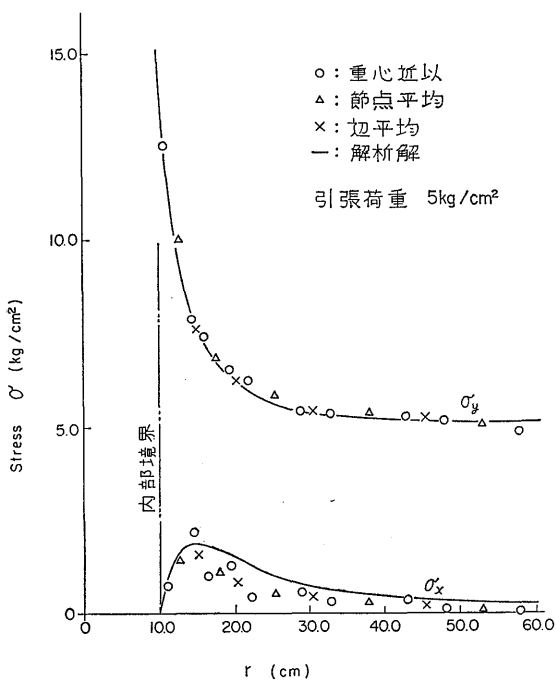


Fig. 9 Result of calculation by FEM

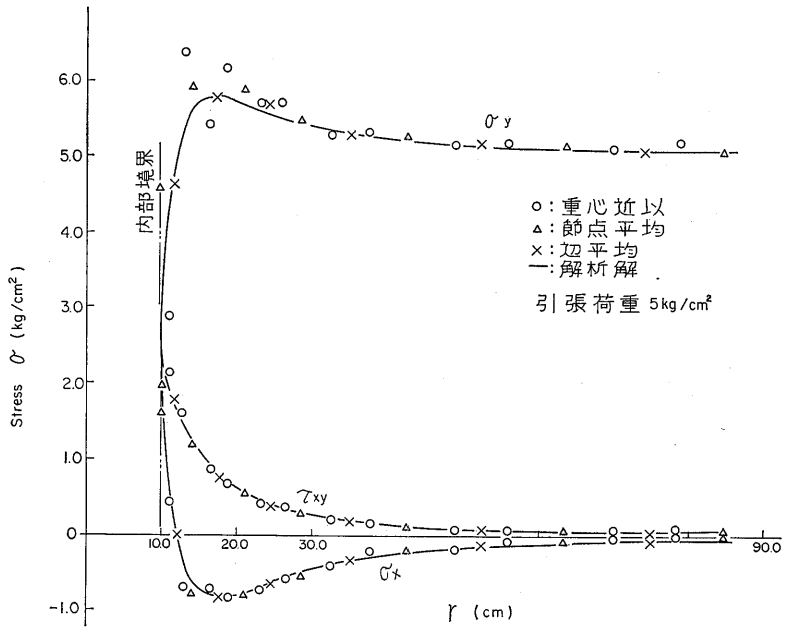


Fig. 10 Result of calculation by FEM

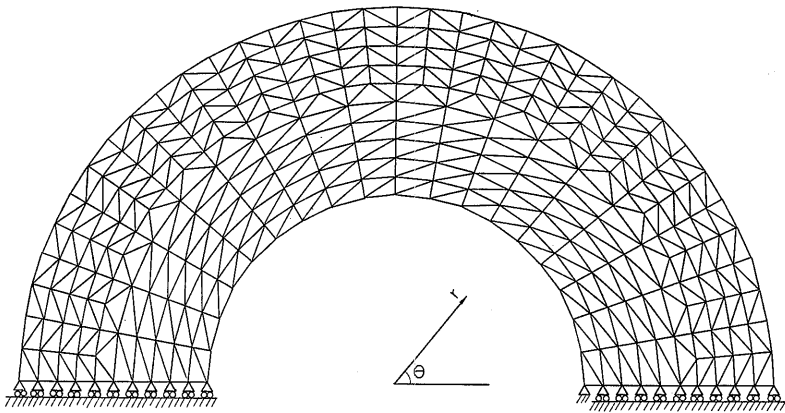


Fig. 11 Division of ring

板の、半径方向 r に対数関数状の温度分布すなわち、

$$T = T_0 \log\left(\frac{b}{r}\right) / \log\left(\frac{b}{a}\right) \quad (18)$$

がある場合について計算を行った。 $T_0=100^\circ\text{C}$ の場合の計算結果を Fig. 12 に示すような、 $\theta=90^\circ$ 上の断面について解析解¹⁰⁾と比較した。Fig. 13 からわかるように、節点平均、辺平均の値は解析解と良く合っているが、重心近似の値は誤差が大きかった。

以上のような結果より、本プログラムは実用に供し得ることがわかった。解の精度は要素を細かくすれば良くなるわけであるが、本例題においては、応力の代表点の決定について、重心近似とするよりも、辺平均節点平均とした方が精度が良かった。これについては鶴戸口らの論文⁹⁾があり、次の関係がある場合、辺平均、節点平均は、重心近似よりも誤差は少ないとしている。

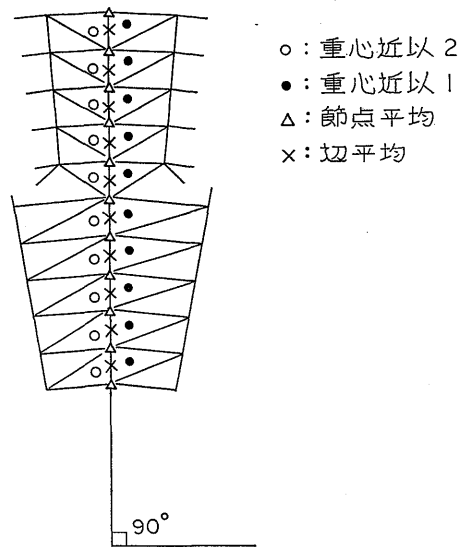


Fig. 12 Position of stress by FEM

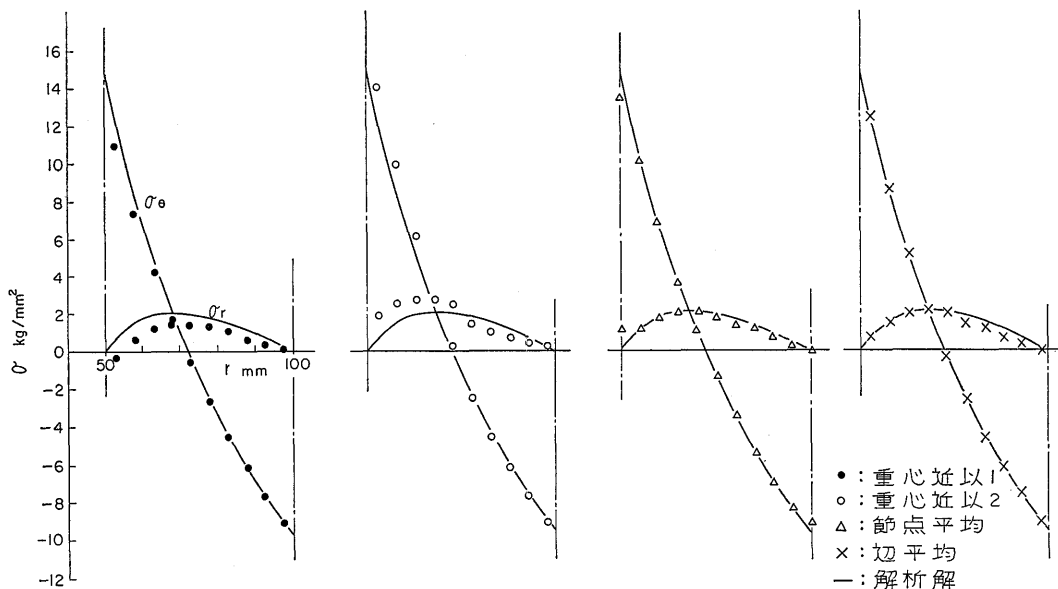


Fig. 13 Comparison between FEM and analytic solution of ring

- ① 辺平均の場合、関係する4点が点対称となる配置の場合。
 - ② 節点平均の場合、関係するまわりの点が、内節点に対して対称に配置している場合である。
- この関係は、Fig. 6, 8, 12 とそれぞれの解を見ればわかるように、上記の条件が良く合っていた。

7. 結 論

(1) 有限要素法による応力解析プログラム (SASKE-S1) を完成し、実用に供し得ることを確かめた。

(2) このプログラムは熱伝導解析プログラム (SASKE-H) と組み合わせることにより、熱的境界条

件を与えられた場合の応力解析も行うことができる。

今後、このプログラムの若干の訂正により、軸対称問題への拡張が容易に行えるので、ピストンや弁などへの適用を進めていく予定である。

なお、本プログラムの開発は FEM 研究グループ(著者らと前橋、塩出、高井(機関性能部)氏ら)の検討されながら1971年に開始されたのであるが、種々の事情で中断され、今日やっと完成にこぎつけた。開発当初には、特に高井元弘技官には多くの御協力を受けたのでここに感謝する次第である。

附録に本プログラムのリストをのせ、何らかの参考 に供したい。

参 考 文 献

- 1) Zienkiewicz; "The Finite Element Method in Engineering Science" McGraw-Hill (1971)
- 2) 高田, 他; "有限要素法による熱伝導解析プログラム SASKE-H1" 船研報告 第9巻第5号 (1972)
- 3) 塚田, 他; "有限要素法による熱伝導解析プログラム SASKE-H2" 船研報告 第10巻第3号 (1973)
- 4) 塚田, 他; "有限要素法による熱伝導解析プログラムについて" 船研報告 第10巻第5号 (1973)
- 5) Yang; "Seminar Note on Advanced Numerical Analysis" Applied Mechanics Department, The University of Michigan (1973)
- 6) Tong, Pian; "The Convergence of Finite Element Method in Solving Linear Elastic Problems" International J. of Solids and Structures, Vol. 3 (1967)
- 7) Zienkiewicz, Cheung; "マトリックス有限要素法" 培風館 (1970)
- 8) 鶴戸口, 他; "有限要素パターンの誤差解析" 日本機械学会論文集 39巻 320号 (1973)
- 9) 大西, 他; "有限要素法による連続体の熱応力解析について" 日立造船技報 第32巻第1号 (1971)
- 10) Timoschenko, et al.; "Theory of Elasticity" McGraw-Hill (1951)

=====

PROGRAM MAIN CDC 6600 FTH V3.0-P328 OPT=1 03/16/74 16.26.37.

```

PROGRAM MAIN (INPUT,OUTPUT,TAPE2=INPUT,TAPE3=OUTPUT,TAPE4,TAPE6
1 (TAPE5)
C****SASKE-J PROGRAM***** STRESS ANALYSIS AT SENKEN
C NPOINT**TOTAL NUMBER OF NODAL POINTS
C NELEMT**TOTAL NUMBER OF ELEMNTS
C NHUNIT**TOTAL NODAL POINTS IN ONE PARTITION
C E*****YOUNG'S MODULUS
C NUJ*****POISSON'S RATIO
10 C THICK**THICKNESS OF PLATE
C IND*****INDEX MATRIX COMBINING BETWEEN ELEMNT AND TOTAL STRUCTURAL
C MATRIX
C XX*****COORDINATES OF NODAL POINT IN X-DIRECTION
C YY*****COORDINATES OF NODAL POINT IN Y-DIRECTION
C NF*****NUMBER OF NODAL POINTS WHERE DISPLACEMENT KNOWN
15 C NF*****NODAL POINTS OF KNOWN DISP.-NF(NBOWN)
C NK10*****TOTAL NUMBER OF NK10
C NK10*****KNOW POSITION OF NODAL POINTS WHERE FORCE KNOWN
C SK*****TOTAL STRUCTURAL MATRIX
C FF*****LOAD VECTOR
20 C HV*****DISPLACEMENT VECTOR
C SSIX*****ELEMNT STIFFNESS MATRIX
C NPART**TOTAL NUMBER OF PARTITION
C NHUNIT** NUMBER OF PARTITION
C DT***** TEMPERATURE OF TRIANGLE
25 C TP***** TEMPERATURE OF NODAL POINT
C ALFAR***** THE RATE OF EXPANSION
C STIX***** ELEMENT TEMP MATRIX
C AX*****COORDINATES OF 3-VERTICES OF TRIANGLE
C AY*****COORDINATES OF 3-VERTICES OF TRIANGLE
30 C ATAL*****THREE AREA OF TRIANGLE
C*****

```

```

REAL VECT
DO 100 J=1,NPOINT,NELEMT,NHUNIT,NPART,IJKU,NPPO
/362/FF(NUJ),THICK(660)/SK1/IND(600,3),XX(400),YY(400),TP(400)
/36-/NF3,NHUNIT,FF(100),NPK(150),NKNOB,NKNO(800)
/363/UV(400),FF(600)/36/SK(60,100)/BK7/AX(3),AY(3),DTP(3),
/364/IX(0),SSMX(0,0)/BK3/DF(60),NHUNIT(10,2)
/365/YP(80,80),DF(30),KS(80),F(60),DIS(60)/JK10/ALFAR
/366/LVECT(180)
40 C**** INPUT OF DATA ****
CALL INPUT

```

```

WRITE(3,*)36
*30 FORMAT(1H0,18HINPUT OF DATA OK)
WRITE(3,500)FF(1),I=1,NPPO
WRITE(3,500)UV(1),I=1,NPPO
45 WRITE(3,501)(NF(I),I=1,NF3)
501 FORMAT(1H ,7H F=DATA,/,10I*)
210 FORMAT(1H ,10E12,3)
DO 433 I=1,100
50 433 LVECT(I)=0.0
C****
C GOUSTI MATRIX OF KUNITATE
C**** DETERMINATION OF NPART ****
L=10
55 M=1

```

* [] は計算に不要な出力文

```

DO 200 LA=1,L
NM=4*L
IF(NM.GE.NPOINT) GO TO 201
NHUNIT(LA,1)=M
NHUNIT(LA,2)=NM
M=M+1
200 CONTINUE
201 NPART=LA
60 NHUNIT(NPART,1)=M
NHUNIT(NPART,2)=NPOINT
WRITE(3,*)31 NPART,((NHUNIT(H1,H2),H1=1,NPART),H2=1,2)
431 FORMAT(1H0,25HDETERMINATION OF NPART OK
,/,3HNPART,40E,12,/,10I2,10I5)
65 C**** PREPARE OF UNIT MATRIX
DO 410 KA1=1,80
410 OF3(KA1)=0.0
DO 202 L=1,NPART
L1=NHUNIT(L,1)
L2=NHUNIT(L,2)
75 DO 203 LA=1,80
DO 203 LB=1,150
203 SK(LA,L3)=0.0
DO 204 LA=1,NELEMT
DO 205 LB=1,3
80 TP(1+IND(LA,L3).GE.L1.AND.IND(LA,LB).LE.L2) GO TO 206
205 CONTINUE
GO TO 204
206 DO 207 LC=1,3
NA=IND(LA,LC)
AX(LC)=XX(NA)
AY(LC)=YY(NA)
207 DTP(LC)=TP(NA)
IF(IJKU.EQ.0) GO TO 220
TAU=(AX(1)+AX(2)+AX(3))/3.0
GO TO 221
90 220 TAU=THICK(LA)
221 TAU=THICK(LA)
C**** CONSTRUCTION OF CLENT STIFFNES,TEMP AND BODY FORCE ****
321 CALL STFFAN(LA,TAU)
95 WRITE(3,*)33 LA
433 FORMAT(1H0,14HCALL STFFAN OK,3X,5HELEMT NO=,15)
WRITE(3,*)461 LA
461 FORMAT(1H0,16HSTHX-MATRIX-----OK,15)
C****

```

```

IF(L.EQ.NPART) GO TO 210
L3=NHUNIT(L+1,2)
GO TO 211
210 L3=NHPOINT
211 DO 206 LD=1,3
NB=IND(LA,LD)
105 H1=2*AL
H1=LD
H1=H1-80*(L-1)
IF(NB.GE.L1.AND.NB.LE.L2) GO TO 211
GO TO 206
110 431 DO 453 LE=1,3

```

```

115      HC=IND(LA,LE)
      IF(HC.L1.L1) GO TO 453
      IF(HC.GE.L1.AND.HC.LE.L3) GO TO 208
      GO TO 454
120      M2=2*HC
      M2=LE
      M2=M2-60*(L-1)
      SK(M1,M2)=SK(MH1,M2)+SSHX(MH1+3,MH2+3)
      SK(MH1,M2)=SK(MH1,M2-1)+SSHX(MH1+3,MH2)
      SK(MH1-1,M2)=SK(MH1-1,M2)+SSHX(MH1,MH2+3)
      SK(MH1-1,M2-1)=SK(MH1-1,M2-1)+SSHX(MH1,MH2)
      GO TO 453
125      *34 WRITE(3,452) LA,L3,LE,(IHM(LA,IJKX),IJKX=1,3)
      *52 FOR IAT(1H,12)HTHC ELEMENT IS UNBIT OVER,/,
      ,I7,X,I4,I4,3X,3I5)
      *53 CONTINUE
      FF(I1)=FF(M1)+STHX(MH1+3)
      FF(I1-1)=FF(M1-1)+STHX(MH1)
      LVCOT(I1)=LVCOT(M1)+STHX(MH1+3)
      LVCOT(M1-1)=LVCOT(M1-1)+STHX(MH1)
130      *56 CONTINUE
      *57 CONTINUE
      *58 FOR IAT(1H0,15)HPREPARE OF UNIT MATRIX OK)
135      C**** WRITE MT (NO 0) ****
      M1=2*(L2-L1)+2
      M2=2*(L3-L1)+2
      M3=2*M1-1
      M4=2*M2
      M5=2*L3
      M6=M2-M3
      M7=M1+1
      IF(L.NE.HPART) GO TO 456
      M8=M4
      M9=1
140      *59 WRITE(6) M1, M, ((SK(I,J),I=1,M1),J=1,M1),
      ,((SK(I,J),I=1,M1),J=M1,M2),((FF(I),I=M1,M4)
      ,M2)
      *60 FOR IAT(1H0,15)HWRITE HT NO0 OK,714)
145      C**** CALL FUNCTION OF COLUMN AND ROW WHERE FORCE UNKNOWN ****
      L4=3
      DO 212 L4=ML3,ML4
      L4=L4+1
150      *61 DFF(L4)=DFF(L3)+DFD(L4)
      IF(L.EC.HPART) GO TO 411
      DO 412 KA1=1,M1
      DO 412 KA2=MLL,ML2
      KA2=KA2-MLL+1
160      *62 YH(KA1,KA2)=SK(KA1,KA2)
      *11 END
      DO 213 HC=ML3,ML5
      MXX=HE-ML3+1
      MF=0
165      *63 MF=MF+1
      IF(HE.LO.MF(HF)) GO TO 214
      IF(HF.GE.NF0) GO TO 215
      GO TO 215
170      *64 M4=M4+1
      DO 219 MH=1,80
      SK(MH,MH)=SK(MH,MXX)
      GO TO 213
      *65 WRITE(3,470) L
      *70 FOR IAT(1H,2X,9)HBLOCK NO=,I4)
175      *22 DFF(MH)=DFF(MH)+SK(MH,MXX)*UV(MH)
      IF(HE.GE.ML3.AND.HE.LE.ML4) GO TO 413
      GO TO 213
      *13 DO 414 KA=1,M
      *14 DFD(KA)=DFD(KA)+YH(MX,KA)*UV(MH)
180      *23 CONTINUE
      M2=M
      M=0
      DO 402 HC=ML3,ML4
      MXX=HE-ML3+1
      MF=0
185      *66 MF=MF+1
      IF(HE.LO.MF(HF)) GO TO 460
      IF(HF.GE.NF0) GO TO 463
      GO TO 401
190      *67 M4=M4+1
      DFF(M)=DFF(MXX)
      DO 405 MH=1,100
      *68 SK(I,HP)=SK(MXX,MH)
195      *50 CONTINUE
      MH=1
      C**** WRITE MT (NO4) ****
      M3=MH+1
      M4=MH+1
      IF(L.NE.HPART) GO TO 467
      M5=1
      *69 M2=M3
      *57 WRITE(L) MH1,MH,((SK(I,J),I=1,MH1),J=1,MH1),
      ,((SK(I,J),I=1,MH1),J=MH1,MH2),((FF(I),I=1,MH1)
200      *69 WRITE(L,453) MH1,MH2,MH3,MH4
      *35 FOR IAT(1H0,15)HWRITE HT NO4 OK,615)
      *71 WRITE(3,471) L,MH1,MH,((SK(KXX,KYY),KYY=1,10),KXX=1,10)
205      *71 FOR IAT(1H0,5X,9)HBLOCK NO=,I4,2X,4)HMXNO,2I4,/,
      ,I10(L12,477)
      *202 CONTINUE
      *71 WRITE(3,507) (FF(KYK),LVCOT(KYK),KYK=1,NPPO)
      *REVIEW 4
210      C**** CALL JUNCTION OF DISPLACEMENT ****
      CALL SOLVE
      C****
215      *72 WRITE(3,504)
      *504 FOR IAT(1H5,11)HDISPLACEMENT)
      *72 WRITE(3,502)
      *72 WRITE(3,507) (UV(L,I),L=1,1,NPPO)
      *72 WRITE(3,506)
220      *505 FOR IAT(1H1,11)HLOAD VECTOR)

```

```

PROGRAM      H4I#          CDC 6600 FTH V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.

      WRITE(3,662)
      WRITE(3,667) (FF (HL),HL=1,NPPO)
      WRITE(3,677) (CLVGT(KYK),KYK=1,NPPO)
225      DO7 FOR IAT(1H,2LH,3)
      DO2 FOR IAT(1H,3) 2HX=1,3; 2HY=1,4H)
C*****
C**** OUTPUT OF DATA (STRESS AND STRAIN)
      CALL OUTPUT
230      C**** CALCULATION OF JIKM-IN FORCE ****
      CALL FORJE
      WRITE(3,63L)
      DO3 FOR IAT(1H,1,3)CALL FORJE OK)
235      C****
      STOP
      END

          CDC 6600 FTH V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.

C**** SUBROUTINE FOR FORMATION OF ELEM STIFFNESS MATRIX
SUBROUTINE STFFPA(LA,TAU)
DIMENSION AH(3,6),DHX(3,3),DAH(3,6)
COMMON/DKCE,AMU,THICK(,00)/BK7/AX(3),AY(3),UTP(3),STHX(6),
,SSHX(6,6)/SKID/ALFAR
C=C*TAU/(1.0-AMU**2)
DHX(1,1)=C
DHX(1,2)=C*AMU
DHX(1,3)=0.
DHX(2,1)=C*AMU
DHX(2,2)=C
DHX(2,3)=0.
DHX(3,1)=0.
DHX(3,2)=0.
DHX(3,3)=C*(1.0-AMU)*C
ATA2=AX(3)*AY(1)-AX(1)*AY(3)+AX(1)*AY(2)-AX(2)*AY(1)+
1AX(2)*AY(3)-AX(3)*AY(2)
AH(1,1)=(AY(2)-AY(3))/ATA2
AH(1,2)=(AY(3)-AY(1))/ATA2
AH(1,3)=(AY(1)-AY(2))/ATA2
AH(1,4)=0.
AH(1,5)=0.
AH(1,6)=0.
25  AH(2,1)=0.
AH(2,2)=0.
AH(2,3)=0.
AH(2,4)=(AX(3)-AX(2))/ATA2
AH(2,5)=(AX(1)-AX(3))/ATA2
AH(2,6)=(AX(2)-AX(1))/ATA2
30  AH(3,1)=AH(2,4)
AH(3,2)=AH(2,5)
AH(3,3)=AH(2,6)
AH(3,4)=AH(1,1)
AH(3,5)=AH(1,2)
AH(3,6)=AH(1,3)
DO 36L J=1,6
DO 700 I=1,3
700  AH(I,J)=0.
40  DO 701 I=1,6
701  SSX(I,J)=0.
50  DO2 CONTINUE
DO 300 J=1,6
DO 300 I=1,3
DO 300 KK=1,3
600  DAH(I,J)=DAH(I,J)+DHX(I,KK)*AH(KK,J)
DO 300 J=1,6
DO 300 I=1,3
DO 300 KK=1,3
700  SSX(I,J)=SSX(I,J)+DAH(KK,I)*DAH(KK,J)
DO 301 J=1,6
DO 301 J2=1,6
SSX(J1,J2)=SSX(J1,J2)*AT
901  CONTINUE

SUBROUTINE STFFAN          CDC 6600 FTH V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.
AVTEMP=(DTP(1)+UTP(2)+DTP(3))/3.0
CALV=ALFAR*E*AVTEMP*TAU/(2.0*(1.0-AMU))
STHX(1)=CALV*(AY(2)-AY(3))
STHX(2)=CALV*(AY(3)-AY(1))
STHX(3)=CALV*(AY(1)-AY(2))
STHX(4)=CALV*(AX(3)-AX(2))
STHX(5)=CALV*(AX(1)-AX(3))
STHX(6)=CALV*(AX(2)-AX(1))
RETURN
65  END

```

```

C**** SUBROUTINE FOR SOLUTION
SUBROUTINE SOLVE
  COMMON/UKI/NOINIT,NELEMT,NUAIT,NPART,IJKU,HPPQ/BK6/AM(60,60),
  5  ,HM(60,60)/BK9/YH(60,50),TF(60),RS(60),F(60),DIS(60)
  ,/BK5/UV(500),FF(500)/BK9/HF9,HUV1,NF(100),NFK(150),NKH00,NKNO(600)
  ,/BK6/OFF(60),NHUNIT(10,2)
  DO 301 I=1,60
    TF(I)=6.0
  10  'S(I)=1.0
    NO 301 J=1,60
    YH(I,J)=0.0
  901 DO 302 LL=1,NPART
    REAO(4) M,N,((AM(I,J),I=1,M),J=1,M),
  15  ,((BH(I,J),I=1,M),J=1,M), (F(I),I=1,M)
    WRITE(J,203) M,N
  233 FORMAT(10,2M=13,5X,2M=13)
  C*****
  DO 303 I=1,M
    F(I)=F(I)-TF(I)
  20  DIS(I)=F(I)
    DO 303 J=1,M
    303 AM(I,J)=AM(I,J)-YM(I,J)
    CALL MATH(M)
  25  WRITE(1) M,N,((A*(I,J),I=1,M),J=1,M)
    ,((BH(I,J),I=1,M),J=1,M), (F(I),I=1,M)
    CALL MATH(M,N)
    IF(NPART-LL) 304,304,305
  300 CALL MATH(M,N)
  30  CALL MATH(M,N)
    DO 306 J=1,M
    DO 306 I=1,M
    YH(I,J)=0.0
    DO 306 K=1,M
  35  YH(I,J)=YH(I,J)+AM(I,K)*BH(K,J)
    DO 307 J=1,M
    DO 307 I=1,M
    AM(I,J)=0.0
    DO 307 K=1,M
  40  AM(I,J)=AM(I,J)+BH(K,I)*YH(K,J)
    DO 308 I=1,M
    DO 308 J=1,M
  50  YH(I,J)=AM(I,J)
  902 CONTINUE
  904 N=NHND *
    II=1
    NH1=2*NHUNIT(NPART,1)-1
    NH2=2*NHUNIT(NPART,2)
    DO 309 I=NH1,NH2
  50  DO 309 J=1,NF9
    IF(1.EG.NF(J)) GO TO 309
  600 CONTINUE
    II=II+1
    UV(I)=DIS(II)
  55  903 CONTINUE

```

SUBROUTINE SOLVE

CDC 6600 FTH V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 16.26.37.

```

  IF(NPART-1) 910,910,911
  911 N=NPART-1
  NO 912 LL=1,NA
  BACKSPACE 0
  60  U*****
  REAO(6) M,N,((A1(I,J),I=1,M),J=1,M),
  ,((3H(I,J),I=1,M),J=1,M), (F(I),I=1,M)
  DO 920 IMF=1,M
  65  TF(IMF)=6.0
    NO 920 IIG=1,I
    TF(IMF)=TF(IMF)+3H(I-IF,IIG)*DIS(IIG)
  923 CONTINUE
  DO 913 I=1,M
  70  F(I)=F(I)-TF(I)
    CALL MATH(M,N)
    IIG
    NH1=NPART-LL
    NH2=2*NHUNIT(NHLL,1)-1
    NH2=2*NHUNIT(NHLL,2)
  75  DO 901 I=NH1,NH2
    DO 902 J=1,NF9
    IF(1.EG.NF(J)) GO TO 901
  802 CONTINUE
    II=II+1
  80  UV(I)=DIS(II)
  801 CONTINUE
  912 CONTINUE
  910 RETURN
  65  END

```

CDC 6600 FTN V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.

```

C SUBROUTINE FOR MATRIX INVERSION
SUBROUTINE MATINV(N)
DIMENSION IPIVOT(60),INDEX(60,2),PIVOT(60)
COMMON/SK0/A(60,60),34(60,80)
5 DO J=0 J=1,N
950 IPIVOT(J)=0
DO J=1 I=1,N
AMAX=6.0
10 DO J=2 J=1,N
IF(IPIVOT(J)-1) 954,952,954
954 DO J=3 K=1,N
IF(IPIVOT(K)-1) 955,953,950
955 IF(ABS(AMAX)-ABS(A(J,K))) 957,953,953
957 IROW=J
15 ICOLUM=K
AMAX=A(J,K)
953 CONTINUE
952 CONTINUE
IPIVOT(ICOLUM)=IPIVOT(ICOLUM)+1
20 IF(ZER0=ICOLUM) 956,954,950
956 DO J=0 L=1,N
SWAP=A(IROW,L)
A(IROW,L)=A(ICOLUM,L)
958 A(ICOLUM,L)=SWAP
959 2) X(1,1)=ZER0
INDEX(1,2)=ICOLUM
PIVOT(1)=A(ICOLUM,ICOLUM)
A(ICOLUM,ICOLUM)=1.0
30 DO J=1 L=1,N
961 A(ICOLUM,L)=A(ICOLUM,L)/PIVOT(1)
DO J=1 LL=1,N
IF(LL=ICOLUM) 962,961,962
962 T=A(LL,ICOLUM)
A(LL,ICOLUM)=0.0
35 DO J=3 L=1,N
963 A(LL,L)=A(LL,L)-A(ICOLUM,L)*T
961 CONTINUE
DO J=4 I=1,N
L=I-1
40 IF(L=INDEX(L,1)-INDEX(L,2)) 965,964,965
965 JROW=INDEX(L,1)
JCOLUM=INDEX(L,2)
DO J=0 K=1,N
SWAP=A(K,JROW)
45 A(K,JROW)=A(K,JCOLUM)
A(K,JCOLUM)=SWAP
960 CONTINUE
964 CONTINUE
GO TO 567
50
966 WRITE(3,1)
1 FOR IAT(14,5X,20)NOT MATRIX INVERSION
967 RETURN
55 END

```

CDC 6600 FTN V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.

```

C**** SUBROUTINE FOR MULTIPLICATION-1
SUBROUTINE MATM(H,N)
COMMON/SK0/A(30,50),34(60,80)/SK0/YH(50,50),TF(10),RS(10),F(10),
5 I(10)
DO J=0 I=1,N
D(I)=0.0
DO J=0 K=1,N
920 D(I)=D(I)+A(I,K)*F(K)
10 RETURN
END

```

CDC 6600 FTN V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.

```

C**** SUBROUTINE FOR MULTIPLICATION-2
SUBROUTINE MATM(H,N)
COMMON/SK0/AH(30,50),34(60,80)/SK0/YH(50,50),D(30),RS(10),F(50),
5 FT(30)
DO J=0 I=1,N
D(I)=0.0
DO J=0 K=1,N
10 930 D(I)=D(I)+3(K,I)*FT(K)
RETURN
END

```

```

C**** SUBROUTINE OF OUTPUT ****
SUBROUTINE OUTPUT
DIMENSION ALP(6)
COMMON/SKI/NPOI,IT,NELEMT,HUNIT,HPART,IJIKU,HPPO/BK2/E,AMU,
,THICK(600)/BK3/TH(300,3),XX(400),YY(400),TP(400)/BK5/UV(600),
,FF(300)/BKJ/EPX(J00),EPY(600),EPT(800),SIGX(600),
,SELY(600),SIGT(600),ZANZ(1000)
, /BK10/ALFAR
10  EAM=E/(1.0-AMU**2)
    DO 777 JK=1,NELEMT
      JI=INT(JK,1)
      JJ=INT(JK,2)
      JZ=INT(JK,3)
15  AVTCHP=(TP(JI)+TP(JZ)+TP(J3))/3.0
      AA=1.0/(XX(JZ)*YY(J3)+XX(J1)*YY(J2)+XX(J3)*YY(J1)-
      , YY(J1)*XX(J2)-XX(J1)*YY(J3)-YY(J2)*XX(J3))
      ALP(1)=AA*(XX(J2)*YY(J3)-XX(J3)*YY(J2))*UV(2*J1-1)+
      , (XX(J3)*YY(J1)-XX(J1)*YY(J3))*UV(2*J2-1)+
      , (XX(J1)*YY(J2)-XX(J2)*YY(J1))*UV(2*J3-1)
20  ALP(2)=AA*(YY(J2)-YY(J3))*UV(2*J1-1)+
      , (YY(J3)-YY(J1))*UV(2*J2-1)+
      , (YY(J1)-YY(J2))*UV(2*J3-1)
      ALP(3)=AA*(XX(J3)-XX(J2))*UV(2*J1-1)+
      , (XX(J1)-XX(J3))*UV(2*J2-1)+
      , (XX(J2)-XX(J1))*UV(2*J3-1)
25  ALP(4)=AA*(XX(J2)*YY(J3)-XX(J3)*YY(J2))*UV(2*J1)+
      , (XX(J3)*YY(J1)-XX(J1)*YY(J3))*UV(2*J2)+
      , (XX(J1)*YY(J2)-XX(J2)*YY(J1))*UV(2*J3)
      ALP(5)=AA*(YY(J2)-YY(J3))*UV(2*J1)+
      , (YY(J3)-YY(J1))*UV(2*J2)+
      , (YY(J1)-YY(J2))*UV(2*J3)
30  ALP(6)=AA*(XX(J3)-XX(J2))*UV(2*J1)+
      , (XX(J1)-XX(J3))*UV(2*J2)+
      , (XX(J2)-XX(J1))*UV(2*J3)
      EPX(JK)=ALP(2)
      EPT(JK)=ALP(5)
      EPT(JK)=ALP(3)+ALP(5)
40  SIGX(JK)=EAM*(EPX(JK)+AMU*EPY(JK))-E*ALFAR*AVTCHP/(1.0-AMU)
      SELY(JK)=EAM*(AMU*EPX(JK)+EPY(JK))-E*ALFAR*AVTCHP/(1.0-AMU)
      SIGT(JK)=EAM*(1.0-AMU)/2.0+EPT(JK)
777 CONTINUE
    WRITE(3,2004)
45  2004 FORMAT(1H1,4HNELEMT=,I7,4HSIGX=,11X,4HSIGY=,11X,4HSIGT=,11X,
      , 3HEPX=,12X,3HEPY=,12X,3HEPT=
      , WRITE(3,2005)(JK,SIGX(JK),SIGY(JK),SIGT(JK),EPX(JK),EPY(JK),
      , EPT(JK)),JK=1,NELEMT)
2005 FORMAT(1H ,3X,1=,1X,5E15.3)
    RETURN
50  END

```

```

C**** CALCULATION OF UNKNOWN FORCE
SUBROUTINE FORCE
REAL L,VECT
COMMON/SKI/ZAH1(3),HPART,IJIKU,HPPO/BK4/HFB,NUV1,NF(100),
,IZANZ(551)/BK5/UV(500),FF(300)/BK6/AM(60,60),BM(60,60)
, /BK3/DFF(6,0),HUNIT(1,2)/BK9/YH(80,80),ZAN(320)
, /BK11/LVECT(500)
10  I=INT(L,1)
    DO 610 J=1,60
      DO 610 J1=1,30
        AM(I,J)=0.0
        JM(I,J)=0.0
        YH(I,J)=0.0
15  610 CONTINUE
      DO 611 I1=1,HPART
        IFAM(I,J),I1=1,M),J1=1,M),
        , ((M(I,J),I1=1,M),J1=1,M), (JFF(I),I1=1,M)
        J12=2*HUNIT(I1,1)-1
        J13=2*HUNIT(I1,2)
        DO 613 I1=J11,J12
          DMFF=0.0
          DO 614 J1=1,HFB
            IF(I1,SC,HF(J1)) GO TO 315
25  314 CONTINUE
            GO TO 613
            315 IJJ=I-J1+1
                IF(I1,JI,1) GO TO 815
                DO 617 I1J=1,HH
                  I1J1=I+M+IJJ-1
                  617 DMFF=DMFF+YH(I1J,IJJ)*UV(I1J1)
                    616 HME=1
                        DO 618 I1J=1,I
                          I1J1=J1+I1J-1
                  316 DMFF=DMFF+AM(I1J,I1J)*UV(I1J1)
                    DO 619 I1J=1,I
                      I1J1=J1+I1J-1
                  619 DMFF=DMFF+2H(I1J,I1J)*UV(I1J1)
                    FF(I)=DMFF
40  614 CONTINUE
            DO 612 I1=1,M
              DO 612 J1=1,M
                612 YH(I,J)=H(I,J)
            611 CONTINUE
            DO 614 I1=1,HPPO
              614 FF(I)=FF(I)+LVECT(I)
45  C**** WRITE LP *****
            WRITE(3,504)
            504 FORMAT(1H1,11HLOAD VECTOR)
            WRITE(3,502)
            502 FORMAT(1H0,3X,2HX=,13X,2HY=/,1H0)
            WRITE(3,507) (FF(I1),I1=1,HPPO)
            507 FORMAT(1H ,2T13.5)
            RETURN
50  END

```


CDC 6600 FTH V3.0-P328 OPT=1 03/16/74 18.26.37.

```

C**** INPUT AND OUTPUT OF DATA
SUBROUTINE DIINPUT
  DIMENSION IH(10), IOJ(10), IOUJ(2), UV0(10)
  GO410N/BK1/NPOINT,NELEMT,HUNIT,HPART,1JIKU,HPPO
  5  I/PK2/E,AMU,THICK(300)/BK3/ID(100,3),
  1XX(4,00),YY(4,00),TP(4,00)/UK4/NBU,UV1,NF(100),NFK(100),
  1 HK400,MKH0(600)/BKS/JV(600),FF(800)/BK1U/ALFAR
C****
  10 READ(2,101) NPOINT,NELEMT,HUNIT
  READ(2,102) E,AMU,CNT41
  READ(2,101) ((IHU(I,J),J=1,3),I=1,NELEMT)
  READ(2,103) ((XX(I),YY(I),I=1,NPOINT)
  15  )3
  FORMAT(2F10,3)
  READ(2,104) IOUJ
  101 FORMAT(3F4)
  102 FORMAT(3E12,4)
  103 FORMAT(F10,3)
  104 FORMAT(2A1)
  20  IF(CHTP1) 113,111,111
  111 CONTINUE
  DO 112 I=1,NELEMT
  112 THICK(I)=0.HTHI
  GO TO 115
  25  113 READ(2,114) (THICK(I),I=1,NELEMT)
  114 FORMAT(E12,4)
  11 CONTINUE
C*****
  36  WRITE(3,121) NPOINT,NELEMT,HUNIT
  WRITE(3,122)
  WRITE(3,123) (J, (IHD(J,J),J=1,3),THICK(J),E,AMU,J=1,NELEMT)
  WRITE(3,124)
  35  WRITE(3,125) (KK,XX(KK),YY(KK),KK=1,NPOINT)
  121 FORMAT(I3,17H NPOINT=,I3,6X,7H NELEMT=,I3,6X,6H HUNIT=,I3/1H0)
  122 FORMAT(1H0,1H NELEMT=,I0,6X,2H J1,3X,2H J2,3X,2H J3,5X,5H THICKNESS,
  1 3X,13H YOUNG MODULUS,3X,14H POISSONS RATIO/1H )
  123 FORMAT(14,6X,I4,3X,3E10,E14.0,2X,E14.0,3X,E14.0)
  124 FORMAT(1H1,5X,27H COORDINATES OF NODAL POINTS//1H ,
  40 1 6H NODAL NO,3X,1HX,3X,14H//)
  125 FORMAT(4E12,15,2X,F0.3,2X,F0.3,3X)
C****
  HPPO=2*NPOINT
  2HUNIT=2*HUNIT
  45  HVT=1/HUNIT
C**** CLEAR OF FF,UV MATRIX
  DO 131 J=1,HPPO
  FF(J)=0.0
  131 UV(J)=0.0
  50  C**** BOUNDARY CONDITIONS OF DISPLACEMENT
  READ(2,141) NU01
  141 FORMAT(14)
  IF(NU01.EQ.0) GO TO 149
  DO 143 K1=1,NU01
  READ(2,142) J,K
  55  142 FORMAT(I4,12)

```

SUBROUTINE DIINPUT CDC 6600 FTH V3.0-P328 OPT=1 03/16/74 18.26.37.

```

  H1=4
  362 IF(NU02/4-J) 175,177,173
  177 NR=NU02-4*J
  IF(NR) 178,179,175
  115 178 H1=NR
  173 DO 174 I=1,H1
  H1S=H1S+1
  H1SS=H1S+NU01
  HFO=HF(H1SS)
  121 UV0(I)=UV(HFO)
  IWI(I)=(HF(I)+1)/2
  K=400(I*F0,2)
  174 IOJ(I)=IOUJ(K+1)
  125 WRITE(3,176) (IWI(I),IOJ(I),UV0(I),I=1,H1)
  176 FORMAT(14H ,4(6X,I4,1X,A1,2X,E12.4))
  J=J+1
  GO TO 362
  175 CONTINUE
  130 WRITE(3,156) (NF(K1),K1=1,NF0)
  WRITE(3,157) HFO
C**** CONSTRUCTION OF HKNO
  HKNO=1
  DO 1 I=1,HPPO
  DO 2 J=1,HFO
  JMP=HFO*J
  179 IF(JNF.EQ.1) GO TO 1
  2 CONTINUE
  HKNO=HKNO+1
  140 HKNO(2*HKNO)=1
  GO TO HFE
  HKJO=HPPO-HFO
  WRITE(3,156) HKNO3
  WRITE(3,157)
  145 156 FORMAT(1H0,5X,6H HKNO3)=,I4/)
  157 F03 IAT(1H0,6H HKJO/)
  158 F03 IAT(1H ,1E17)
  WRITE(3,153) NU01
  130 WRITE(3,158) (NF(K1),K1=1,NU01)
C**** BOUNDARY CONDITIONS OF FORCE
  READ(2,161) HFF
  161 HFF(2,201)=HKNO
  IF(HFF.EQ.0) GO TO 203
  DO 161 I=1,HFF
  READ(2,162) J,K,FFK
  155 JJE=2*(J-1)+K
  FFK(J)=FFK
  161 HFK(I)=JJ
  WRITE(3,202) HFF
  WRITE(3,203)
  160 201 FORMAT(1H0,5X,6H HKNO3)=,I4/)
  202 F03 IAT(1H0,6X,6H HFF)=,I4/)
  203 F03 IAT(1H0,6H HFF/FF/)
  H1S=0
  165 JE=0

```

```

SUBROUTINE DINPUT CDC 6600 FTH V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.
      WRITE(3,650) J,K
      650 FOR IAT(1H,2IS)
      NF(K1)=2*J+K-2
      WRITE(3,660) K1,NF(K1)
      143 CONTINUE
      WRITE(3,163) NUW1
      WRITE(3,622) (NF(K1),K1=1,NUW1)
C****
      145 READ(2,141) NUW2
      IF(NUW2.EQ.0) GO TO 450
      DO 152 K1=1,NUW2
      REA(2,1:1) J,K,UVK
      171 FOR IAT(2,12,E12,4)
      JJ=2*(J-1)+K
      HK1=NUW1-K1
      NF(HK1)=JJ
      UV(JJ)=UVK
      122 CONTINUE
C****
      450 WRITE(3,171) NUW2
      161 FOR IAT(2A1)
      NF1=NUW1+NUW2
      WRITE(3,162) NF3
      152 FOR IAT(1H,1H,3,4,NF3=,I4/)
      WRITE(3,163) NUW1
      IF(NUW1.EQ.0) GO TO 155
      WRITE(3,164)
      163 FOR IAT(1H0,6X,5HNUW1=,I4/)
      164 FOR IAT(1H0,2HNF)
      NIS=0
      J=0
      NI=10
      301 IF(NUW1/10-J) 166,163,165
      164 HR=NUW1-10*J
      IF(HR) 160,160,170
      170 HI=HR
      152 DO 166 I=1,NI
      H12=HIS+1
      HF=NF(HIS)
      96 ZH(I)=(HF0+1)/2
      K=100*(NF0+2)
      165 NUJ(I)=NUJ1(K+1)
      WRITE(3,167) (ZM(I),NUJ(I),I=1,NI)
      167 FOR IAT(1H,10(4X,2,1X,A1))
      J=J+1
      GO TO 301
      160 CONTINUE
C****
      WRITE(3,171) NUW2
      IF(NUW2.EQ.0) GO TO 175
      WRITE(3,172)
      171 FOR IAT(1H0,6X,5HNUW2=,I4)
      172 FOR IAT(1H0,3,4NF/UV/)
      NIS=0
      J=0
      110

```

```

SUBROUTINE DINPUT CDC 6600 FTH V3.0-P326 OPT=1 03/16/74 18.26.37.
      HI=4
      303 IF(NFF/4-J) 209,207,204
      207 HR=NFF-4*J
      IF(HR) 209,209,203
      206 HI=HR
      204 DO 205 I=1,NI
      H12=HIS+1
      HF=NF(HIS)
      UVD(I)=FF(NF0)
      173 ZH(I)=(HF0+1)/2
      K=100*(NF0+2)
      205 NUJ(I)=NUJ1(K+1)
      WRITE(3,205) (ZH(I),NUJ(I),UVD(I),I=1,NI)
      206 FOR IAT(1H,4(3X,2,1X,A1,2X,E12,4))
      J=J+1
      GO TO 303
      203 CONTINUE
      REA(2,210) TP(1)
      210 FOR IAT(E13,5)
      IF(TP(1).LE.-300.0) GO TO 415
      REA(2,210) (TP(K),K=2,NPOINT)
      GO TO 410
      415 DO 416 K=1,NJ3
      416 TP(K)=0.0
      190 418 WRITE(3,419)
      419 FOR IAT(1H,2,2HTEMPERATURE OF BOGAL POINT,/)
      WRITE(3,420) (K,TP(K),K=1,NPOINT)
      420 FOR IAT(5(3X,I,3X,E13,5))
      REA(2,210) ALPAR
      195 421 WRITE(3,421) ALPAR
      421 FOR IAT(1H,2,2HTEMPERATURE RATE OF EXPANSION,E13,5)
      READ(3,422) IJJKU
      422 FORMAT(I4)
      200 421 FOR IAT(1H,5H0INPUT=,F7/)
      WRITE(3,652) (NF(K1),K1=1,NUW1)
      422 FOR IAT(1H,10IS)
      RETURN
      END

```