

合板の大たわみ解析に関するプログラム

辻野哲司*

(1987年7月25日受理)

1. 緒 言

木質系工業化住宅において用いられている構造用合板は、一般に曲げを受ける場合が多い。それ故、このような部材の曲げ撓みを予測することは、設計上重要なことであり、いままでに線形曲げ解析であるが、いくつか研究¹⁾²⁾³⁾がみられる。

ところで合板の曲げ変形において、線形領域は僅かであることから、より合理的な設計資料を得るには、荷重-撓み挙動に対する非線形解析が不可欠となる。そこで筆者はすでに、上記部材の大撓みすなわち幾可学的非線形曲げ解析を、Kawai⁴⁾⁵⁾らの手法を用いて報告したが⁶⁾、本研究では、その際開発した汎用プログラムについて取上げることにする。

2. 解 析 方 法

板の曲げに関する線形理論では板の中央面における伸びは無視できるが、幾可学的非線形問題になると、それは無視できなくなり、ひずみは次式のようなになる。

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 - z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 - z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} - 2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

又、応力とひずみの関係は

$$\begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{E_x}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}} & \frac{\mu_{yx}E_x}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}} & 0 \\ \frac{\mu_{xy}E_y}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}} & \frac{E_y}{1-\mu_{xy}\mu_{yx}} & 0 \\ 0 & 0 & G_{xy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{pmatrix} \quad (2)$$

で表わされる。

ここに、 E_x ：合板の表繊維方向ヤング係数、 E_y ：合板の表繊維に直角方向ヤング係数、 μ_{xy} ：合板の表繊維方向ポアソン比、 μ_{yx} ：合板の表繊維に直角方向のポアソン比、 G_{xy} ：合板の剪断弾性係数である。

ここで、平板のひずみエネルギー U は

* 岩手大学教育学部

$$U = \frac{1}{2} \int_V (\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \tau_{xy} \gamma_{xy}) dV \quad (3)$$

であらわされるので、(3) 式に (1), (2) 式を代入すると次式が得られる。

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 \quad (4)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \frac{h}{2} \iint \left[D_{11} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + D_{12} \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial y} + D_{22} \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. + D_{33} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right] dx dy \\ U_2 &= \frac{h^3}{24} \iint \left[D_{11} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 + D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right. \\ &\quad \left. + D_{22} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 4D_{33} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] dx dy \\ U_3 &= \frac{h}{2} \iint \left[\left(D_{11} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{D_{12}}{2} \frac{\partial v}{\partial y} \right) \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. + \left(D_{22} \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{D_{12}}{2} \frac{\partial u}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + 2D_{33} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right) \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] dx dy \\ U_4 &= \frac{h}{8} \iint \left[D_{11} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^4 + (D_{12} + 4D_{33}) \left(\frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. + D_{22} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^4 \right] dx dy \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

なお

$$D_{11} = \frac{E_x}{1 - \mu_{xy}\mu_{yx}}, \quad D_{12} = \frac{\mu_{yx}E_x + \mu_{xy}E_y}{1 - \mu_{xy}\mu_{yx}}$$

$$D_{22} = \frac{E_y}{1 - \mu_{xy}\mu_{yx}}, \quad D_{33} = G_{xy}, \quad h = \text{板厚}$$

ところで、解析に用いる要素は Fig. 1 に示すような長方形要素とし、曲げ変形に関しては、Greene²⁾ により提案された (6) 式を、又面内変形に関しては (7) 式を用いる。

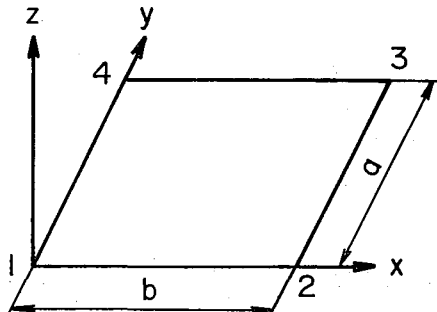


Fig. 1 Rectangular plate element.

$$w = \varphi_1(\xi)\varphi_1(\eta)w_1 + a\varphi_1(\xi)\varphi_3(\eta)\theta_{x1} + b\varphi_3(\xi)\varphi_1(\eta)\theta_{y1}$$

$$+ \varphi_2(\xi)\varphi_1(\eta)w_2 + a\varphi_2(\xi)\varphi_3(\eta)\theta_{x2} + b\varphi_4(\xi)\varphi_1(\eta)\theta_{y2}$$

$$\begin{aligned} & + \varphi_2(\xi)\varphi_2(\eta)w_3 + a\varphi_2(\xi)\varphi_4(\eta)\theta_{x3} + b\varphi_4(\xi)\varphi_2(\eta)\theta_{y3} \\ & + \varphi_1(\xi)\varphi_2(\eta)w_4 + a\varphi_1(\xi)\varphi_4(\eta)\theta_{x4} + b\varphi_3(\xi)\varphi_2(\eta)\theta_{y4} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} u &= (1-\xi)(1-\eta)u_1 + \xi(1-\eta)u_2 + \xi\eta u_3 + (1-\xi)\eta u_4 \\ v &= (1-\xi)(1-\eta)v_1 + \xi(1-\eta)v_2 + \xi\eta v_3 + (1-\xi)\eta v_4 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ここに、 ξ 、 η および $\varphi_1 \sim \varphi_4$ はつぎのようにあらわされる。

$$\left. \begin{aligned} \xi &= x/b, & \eta &= y/a \\ \varphi_1(s) &= 1-3s^2+2s^3 \\ \varphi_2(s) &= 3s^2-2s^3 \\ \varphi_3(s) &= s-2s^2+s^3 \\ \varphi_4(s) &= -s^2+s^3 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

ここにおいて、(6)、(7)、(8) 式を (4) 式に代入すると、ひずみエネルギー U は節点変位の関数としてあらわされ、Castigliano の第 1 定理より、剛性方程式が得られるわけである。すなわち、 U_2 、 U_3 、 U_4 から (9) 式が、 U_1 、 U_3 から (10) 式が求まる。

$$\mathbf{f}_b = \mathbf{k}_b \cdot \delta_b + \mathbf{k}_{a1} \cdot \delta_{a1} + \mathbf{k}_{a2} \cdot \delta_{a2} \quad (9)$$

$$\mathbf{f}_m = \mathbf{k}_m \cdot \delta_m + \mathbf{k}_{a3} \cdot \delta_{a3} \quad (10)$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{f}_b^T &= \{F_1, M_{x1}, M_{y1}, F_2, M_{x2}, M_{y2}, \dots, M_{x4}, M_{y4}\} \\ \mathbf{f}_m^T &= \{X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4\} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{k}_b &: \text{線形曲げに関する12行12列のマトリックス} \\ \mathbf{k}_m &: \text{面内変形に関する8行8列のマトリックス} \\ \mathbf{k}_{a1} &: \text{付加的な剛性を与える12行96列のマトリックス} \\ \mathbf{k}_{a2} &: \text{付加的な剛性を与える12行364列のマトリックス} \\ \mathbf{k}_{a3} &: \text{付加的な剛性を与える8行78列のマトリックス} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_b^T &= \{w_1, \theta_{x1}, \theta_{y1}, w_2, \theta_{x2}, \dots, \theta_{x4}, \theta_{y4}\} \\ &= \{\delta_{b1}, \delta_{b2}, \delta_{b3}, \delta_{b4}, \dots, \delta_{b11}, \delta_{b12}\} \\ \delta_m^T &= \{u_1, v_1, u_2, v_2, u_3, v_3, u_4, v_4\} \\ &= \{\delta_{m1}, \delta_{m2}, \delta_{m3}, \delta_{m4}, \delta_{m5}, \delta_{m6}, \delta_{m7}, \delta_{m8}\} \\ \delta_{a1}^T &= \{\delta_{m1}, \delta_{b1}, \delta_{m1}\delta_{b2}, \dots, \delta_{m1}\delta_{b12}, \delta_{m2}\delta_{b1}, \dots, \delta_{m2}\delta_{b12}, \dots, \delta_{m8}\delta_{b12}\} \\ \delta_{a2}^T &= \{\delta_{b1}^3, \delta_{b1}\delta_{b1}\delta_{b2}, \dots, \delta_{b1}\delta_{b1}\delta_{b12}, \delta_{b1}\delta_{b2}\delta_{b2}, \delta_{b1}\delta_{b2}\delta_{b3}, \dots, \delta_{b1}\delta_{b2}\delta_{b12} \\ & \quad \delta_{b1}\delta_{b3}\delta_{b3}, \dots, \delta_{b1}\delta_{b12}\delta_{b12}, \delta_{b2}^3, \delta_{b2}\delta_{b2}\delta_{b3}, \dots, \delta_{b2}\delta_{b2}\delta_{b12} \\ & \quad \dots, \delta_{b2}\delta_{b12}\delta_{b12}, \delta_{b3}^3, \delta_{b3}\delta_{b3}\delta_{b4}, \dots, \delta_{b3}\delta_{b3}\delta_{b12} \\ & \quad \dots, \delta_{b11}^3, \delta_{b11}\delta_{b11}\delta_{b12}, \delta_{b11}\delta_{b12}\delta_{b12}, \delta_{b12}^3\} \\ \delta_{a3}^T &= \{\delta_{b1}^2, \delta_{b1}\delta_{b2}, \dots, \delta_{b1}\delta_{b12}, \delta_{b2}\delta_{b2}, \delta_{b2}\delta_{b3}, \dots, \delta_{b2}\delta_{b12} \\ & \quad \delta_{b3}\delta_{b3}, \dots, \delta_{b3}\delta_{b12}, \delta_{b12}\delta_{b12}\} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

ところで (9), (10) 式は節点変位 δ_b, δ_m に関する 3 次の連立方程式となり, このまま板全体における関係式を求めても, 陽に解くことはできない。そこで, 次に述べるような Kawai⁽⁴⁾⁵⁾ らによる手法を用いた。

まず, 両式における非線形項を付加節点力と考え, 板全体についての節点力と節点変位の関係を次式のように書きかえる。

$$\mathbf{F}_b = \mathbf{K}_b \mathbf{d}_b + \mathbf{F}_{a1}(\mathbf{d}_m, \mathbf{d}_b) + \mathbf{F}_{a2}(\mathbf{d}_b) \quad (14)$$

$$\mathbf{F}_m = \mathbf{K}_m \mathbf{d}_m + \mathbf{F}_{a3}(\mathbf{d}_b) \quad (15)$$

ここに,

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{F}_{a1}(\mathbf{d}_m, \mathbf{d}_b) &= \sum \mathbf{k}_{a1} \cdot \delta_{a1} \\ \mathbf{F}_{a2}(\mathbf{d}_b) &= \sum \mathbf{k}_{a2} \cdot \delta_{a2} \\ \mathbf{F}_{a3}(\mathbf{d}_b) &= \sum \mathbf{k}_{a3} \cdot \delta_{a3} \\ \mathbf{K}_b &= \sum \mathbf{k}_b, \quad \mathbf{K}_m = \sum \mathbf{k}_m \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

なお \sum は各要素についての総和を示す。

次に“くり返し法”により, (14), (15) 式を同時に満足する節点変位 $\mathbf{d}_m, \mathbf{d}_b$ を求めるのであるが, 本報告ではその計算手順を省略し, フローチャートのみを Fig. 2 に示す。

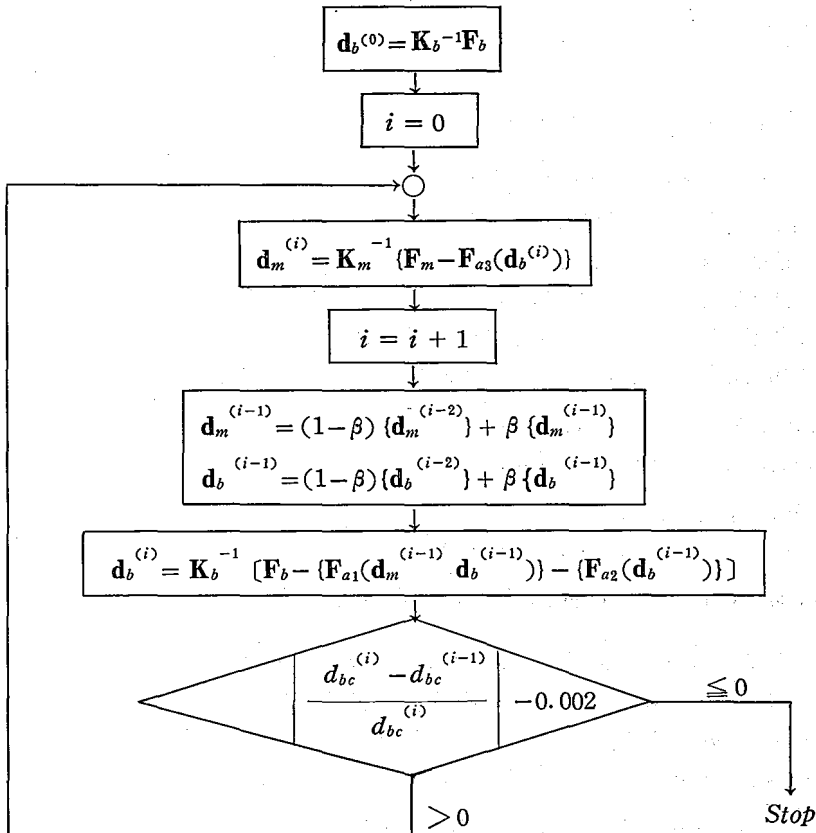


Fig. 2 Flow chart of iterative method.

なお、 β は重みに関する変数であり、 $\beta = 0.3$ にとれば良い収束を示すことが述べられている⁴⁾⁵⁾ので、本計算でも同じ値を用いた。又、 d_{bc} は板の中央における撓みであり、これにより解の収束の判定を行った。

3. プログラムの構成および概説

3.1 メインプログラム

本プログラムのメイン (Main) は、ステートメントほとんどがサブルーチンの呼び出しであり、簡単な構成となっている。以下、プログラムリストを記載する。

```

C
C   MAIN OF F.E.M. LARGE DEFLECTION
C   ISIGN=0:LINEAR ANALYSIS, ISIGN=1:NONLINEAR ANALYSIS
C   MAXNC=MAXIMUM ITERATIVE NUMBER
C   MM2=DIVISION IN X-DIRECTION, NN2=DIV. IN Y-DIRECTION
C
COMMON  DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON  INDEX(150),INDPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON  DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON  P1(12),P2(12),AK3(8,78), AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON  X(100), NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON  NOKW(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON  MCON(50,4),EMX,EMY,PX,PY,GXY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPY,TH
COMMON  MM2,NN2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON  EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON  S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON  A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON  A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON  D7(150),D8(100),RB(150),RU(100)
COMMON  A5(8,11,11),B5(8,11,11)
C
CALL INPUT
CALL MATOSM
C
IF(ISIGN.EQ.0) GO TO 500
C
CALL MATAKP
CALL NOAK3
CALL NOAK1
CALL NOAK2
C
500 CONTINUE
C
CALL ITERATE
C
STOP
END

```

このプログラムの概要は次のとおりである。

INPUT: 入力データの読み込みを行うサブルーチン。

MATOSM: 板の線形曲げに関する剛性マトリックス \mathbf{K}_b とその逆マトリックス \mathbf{K}_b^{-1} を作成するサブルーチン。

ISIGN: 本研究の場合は ISIGN = 1 とする。なお板の線形曲げ解析のみの場合は ISIGN = 0 とする。

MATAKP: 面内変形解析に関する剛性マトリックス \mathbf{K}_m とその逆マトリックス \mathbf{K}_m^{-1} の作成を行うサブルーチン。

NOAK 3: (10) 式におけるマトリックス \mathbf{k}_{a3} を作成するサブルーチン。

NOAK 1: (9) 式におけるマトリックス \mathbf{k}_{a1} を作成するサブルーチン。

NOAK 2: (9) 式におけるマトリックス \mathbf{k}_{a2} を作成するサブルーチン。

ITERATE: くり返し法により解の収束を行った後、結果の印刷を行うサブルーチン。

3.2 サブルーチンプログラム

つぎの104~117ページまではサブルーチンに関するプログラムである。これの詳細な説明は

省略するが、入力データの読込を行う INPUT についてのみ、記号の説明を次節に載せておく。

3.2.1 SUBROUTINE INPUT

NODE: 節点数, NELM: 要素数,

KOW, KOX, KOY, KPX, KPY: それぞれ z 方向, x 軸まわりの回転角, y 軸まわりの回転角, x 方向, y 方向の拘束節点数を示す。

LOAD: 解の収束を判定するために用いる配列番号。

節点 n の z 方向変位を代表に選ぶ時には $LOAD=3n-2$

節点 n の x 方向変位を代表に選ぶ時には $LOAD=3n-1$

節点 n の y 方向変位を代表に選ぶ時には $LOAD=3n$

MM2, NN2: 本研究では $\int_0^1 \int_0^1 f(\xi) f(\eta) d\xi d\eta$ の 2 重積分をかなりたくさん行わなければならない。そこでプログラムにおいては Simpson の公式により数値積分⁸⁾を行った。その際 MM2, NN2 はそれぞれ ξ 方向, η 方向の分割数 (偶数) を示す。BAIX, BAIY: x 座標, y 座標の倍率, ISIGN: 線形解析の場合は 0, 非線形解析の場合は 1 とする。MAXNC: くり返し法において、解は振動しながら発散する場合もある。このような時は MAXNC の指定により、有限の回数で計算を打切る。XX, YY: それぞれ x , y 座標 (無次元化している) を示す。FW, ZFX, ZFY: それぞれ z 方向, x 方向, y 方向の節点外力, FX, FY: それぞれ x 軸まわり, y 軸まわり節点外部モーメント, NOKW(I), NOKX(J), NOKY(K), NOPX(II), NOPY(JJ): それぞれ KOW, KOX, KOY, KPX, KPY に対応する節点番号を記憶する配列。MCON(M, J): 要素 m の節点番号を反時計まわりに記憶する。

EMX, EMY, PX, PY, GXY: それぞれ合板の引張り (又は圧縮) に関する表板繊維方向ヤング係数, 表板繊維方向と直角方向ヤング係数, 表板繊維方向ポアソン比, 表板繊維方向と直角方向ポアソン比, およびせん断弾性係数。

EXB, EYB, PXB, PYB, GXYB: それぞれ合板の曲げに関する表板繊維方向ヤング係数, 繊維方向と直角方向ヤング係数, 表板繊維方向ポアソン比, 繊維方向と直角方向ポアソン比, およびせん断弾性係数。

TH: 板厚, CRTV: くり返し数 i 回めにおける節点変位と, 同 $i-1$ 回めのそれとの相対誤差がある限度以下になれば計算は終了するわけである。本計算ではこの限度を $CRTV(=0.002)$ という変数であらわす。AL, BL: Fig. 1 における長方形要素の辺の長さ a , b に対応する。

BETA: フローチャート (Fig. 2) の重みに関する変数 β である。

```

SUBROUTINE INPUT
C
COMMON DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON INDEX(150),INDPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON P1(12),P2(12),AK3(8,78),AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON X(100),NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON NOKW(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON MCON(50,4),EMX,EMY,PX,PY,GXY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPY,TH
COMMON MM2,NN2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON D7(150),DB(100),RB(150),RU(100)
COMMON A5(8,11,11),B5(8,11,11)

```

```

READ(5,*) NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,LOAD,MM2,NN2
READ(5,*) BAIY,BAIX,ISIGN,MAXNC
C
DO 20 K=1,NODE
READ(5,*) I,XX,YY,FX,FX,ZFX,ZFY
IJ=3*I
II=IJ-1
IH=IJ-2
DF(IH)=FW
DF(II)=FX
DF(IJ)=FY
IL=2*I
IK=IL-1
PF(IK)=ZFX
PF(IL)=ZFY
X(IK)=BAIX*XX
X(IL)=BAIY*YY
20 CONTINUE
READ(5,*) (NOKW(I),I=1,KOW)
READ(5,*) (NOKX(J),J=1,KOX)
READ(5,*) (NOKY(K),K=1,KOY)
READ(5,*) (NOPX(II),II=1,KPX)
READ(5,*) (NOPY(JJ),JJ=1,KPY)
C
DO 25 N=1,NELM
READ(5,*) M,(MCON(M),J),J=1,4)
25 CONTINUE
READ(5,*) EMX,EMY,PX,PY,GXY,TH,CRTV,AL,BL,BETA
READ(5,*) EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB
C
NT=3*NODE
NT2=2*NODE
NODE6=6*NODE
NODE4=4*NODE
C
DO 28 I=1,NODE6
28 DB(I)=0.0
DO 29 J=1,NODE4
29 DU(J)=0.0
C
WRITE(6,51) NODE,NELM,LOAD,ISIGN,MAXNC

51 FORMAT(1H0,5HNODE=,I2,7X,8HELEMENT=,I2,7X,5HLOAD=,I2/1H ,
& 'ISIGN=',I1,5X,'MAXNC=',I2)
WRITE(6,53)
53 FORMAT(1H0/1H0,4HNODE,4X,16HCOORDINATE (X,Y))
WRITE(6,55) (I,X(2*I-1),X(2*I),I=1,NODE)
55 FORMAT(1H ,I4,2F10.4)
WRITE(6,56)
56 FORMAT(1H0/1H0,16HKO 0 SOKU SETTEN)
WRITE(6,58) (NOKW(I),I=1,KOW)
WRITE(6,58) (NOKX(J),J=1,KOX)
WRITE(6,58) (NOKY(L),L=1,KOY)
WRITE(6,58) (NOPX(II),II=1,KPX)
WRITE(6,58) (NOPY(JJ),JJ=1,KPY)
58 FORMAT(1H0,24I5)
WRITE(6,70) EMX,EMY,PX,PY,GXY,TH,CRTV
70 FORMAT(1H0/1H0,2X,4HEMX=,F10.5,2X,4HEMY=,F10.5,2X,3HPX=,F7.5,2X,
& 3HPY=,F7.5,2X,4HGXY=,F10.5/1H ,2X,3HTH=,F7.4,2X,5HCRTV=,F7.5)
WRITE(6,74) EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB
74 FORMAT(1H0/1H0,'EXB=',F10.2,5X,'EYB=',F10.2/1H ,
& 5X,'PXB=',F7.5,5X,'PYB=',F7.5,5X,'GXYB=',F10.5)
WRITE(6,73)
73 FORMAT(1H0/1H0,2('NELM',6X,14HNODES(I,J,K,L),10X))
WRITE(6,75) (I,(MCON(I),J),J=1,4),I=1,NELM)
75 FORMAT(1H ,2(I4,4I5,10X))
WRITE(6,77) BETA,DF(1)
77 FORMAT(1H0/1H0,5HBETA=,F10.5,10X,6HDF(1)=,F10.5)
C
MM=MM2+1
NA=NN2+1
DPX=1.0/FLOAT(MM2)
DPY=1.0/FLOAT(NN2)
DO 120 I=1,MM
120 XE(I)=FLOAT(I-1)*DPX
DO 121 J=1,NA
121 YE(J)=FLOAT(J-1)*DPY
C
WRITE(6,122)
122 FORMAT(1H0/1H0,'MM',6X,'XE(I)',5X,'YE(I)')
WRITE(6,123) (I,XE(I),YE(I),I=1,MM)
123 FORMAT(1H ,I2,2F10.2)
C
DO 35 K=1,NA
S1(K)=0.0
S2(K)=0.0
S3(K)=0.0
S4(K)=0.0
35 CONTINUE
C
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MATOSM
C
COMMON DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON INDEX(150),INDPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON P1(12),P2(12),AK3(8,78),AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON X(100),NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON NOKW(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON MCON(50,4),EMX,EMY,PX,PY,GXY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPY,TH
COMMON MM2,NN2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON D7(150),D8(100),RB(150),RU(100)
COMMON A5(8,11,11),B5(8,11,11)

C
DO 32 I=1,3
DO 32 J=1,3
ED(I,J)=0.0
32 ES(I,J)=0.0

C
V=1.0-PX*PY
ED(1,1)=EMX/V
ED(1,2)=(PY*EMX+PX*EMY)/V
ED(2,1)=ED(1,2)
ED(2,2)=EMY/V
ED(3,3)=GXY

C
IF(NELM.GT.1) GO TO 80
WRITE(6,76)
76 FORMAT(1H0,15HMATRIX ED(I,J))
DO 77 I=1,3
WRITE(6,78) (ED(I,J),J=1,3)
78 FORMAT(1H ,10X,3F15.5)
77 CONTINUE
80 CONTINUE

C
ZZ=1.0-PXB*PYB
ES(1,1)=EXB/ZZ
ES(1,2)=(PYB*EXB+PXB*EYB)/ZZ
ES(2,1)=ES(1,2)
ES(2,2)=EYB/ZZ
ES(3,3)=GXYB

C
DO 205 K=1,NA
DO 205 L=1,MM
A2(1,K,L)=(-6.0+12.0*XE(L))*(1.0-3.0*YE(K)**2+2.0*YE(K)**3)
A2(2,K,L)=(-6.0+12.0*XE(L))*(YE(K)-2.0*YE(K)**2+YE(K)**3)*AL
A2(3,K,L)=BL*(-4.0+6.0*XE(L))*(1.0-3.0*YE(K)**2+2.0*YE(K)**3)
A2(4,K,L)=-A2(1,K,L)
A2(5,K,L)=-A2(2,K,L)
A2(6,K,L)=BL*(-2.0+6.0*XE(L))*(1.0-3.0*YE(K)**2+2.0*YE(K)**3)
A2(7,K,L)=(6.0-12.0*XE(L))*(3.0*YE(K)**2-2.0*YE(K)**3)
A2(8,K,L)=AL*(6.0-12.0*XE(L))*(-YE(K)**2+YE(K)**3)
A2(9,K,L)=BL*(-2.0+6.0*XE(L))*(3.0*YE(K)**2-2.0*YE(K)**3)
A2(10,K,L)=-A2(7,K,L)
A2(11,K,L)=-A2(8,K,L)
A2(12,K,L)=BL*(-4.0+6.0*XE(L))*(3.0*YE(K)**2-2.0*YE(K)**3)

C
B2(1,K,L)=(-6.0+12.0*YE(K))*(1.0-3.0*XE(L)**2+2.0*XE(L)**3)
B2(2,K,L)=AL*(-4.0+6.0*YE(K))*(1.0-3.0*XE(L)**2+2.0*XE(L)**3)
B2(3,K,L)=BL*(-6.0+12.0*YE(K))*(XE(L)-2.0*XE(L)**2+XE(L)**3)
B2(4,K,L)=(-6.0+12.0*YE(K))*(3.0*XE(L)**2-2.0*XE(L)**3)
B2(5,K,L)=AL*(-4.0+6.0*YE(K))*(3.0*XE(L)**2-2.0*XE(L)**3)
B2(6,K,L)=BL*(-6.0+12.0*YE(K))*(-XE(L)**2+XE(L)**3)
B2(7,K,L)=-B2(4,K,L)
B2(8,K,L)=AL*(-2.0+6.0*YE(K))*(3.0*XE(L)**2-2.0*XE(L)**3)
B2(9,K,L)=-B2(6,K,L)
B2(10,K,L)=-B2(1,K,L)
B2(11,K,L)=AL*(-2.0+6.0*YE(K))*(1.0-3.0*XE(L)**2+2.0*XE(L)**3)
B2(12,K,L)=-B2(3,K,L)

C
C2(1,K,L)=36.0*(-XE(L)+XE(L)**2)*(-YE(K)+YE(K)**2)
C2(2,K,L)=6.0*(-XE(L)+XE(L)**2)*(1.0-4.0*YE(K)+3.0*YE(K)**2)*AL
C2(3,K,L)=6.0*(-YE(K)+YE(K)**2)*(1.0-4.0*XE(L)+3.0*XE(L)**2)*BL
C2(4,K,L)=-C2(1,K,L)
C2(5,K,L)=-C2(2,K,L)
C2(6,K,L)=6.0*(-2.0*XE(L)+3.0*XE(L)**2)*(-YE(K)+YE(K)**2)*BL
C2(7,K,L)=C2(1,K,L)
C2(8,K,L)=6.0*(-2.0*YE(K)+3.0*YE(K)**2)*(XE(L)-XE(L)**2)*AL
C2(9,K,L)=-C2(6,K,L)
C2(10,K,L)=C2(4,K,L)
C2(11,K,L)=-C2(8,K,L)
C2(12,K,L)=-C2(3,K,L)
205 CONTINUE

C
DO 208 I=1,12
DO 208 J=1,12
208 SB(I,J)=0.0
C

```



```

DO 220 I=1,12
LE=0
DO 220 J=1,12
LE=LE+1
DO 210 K=1,NA
S1(K)=A2(I,K,1)*A2(J,K,1)-A2(I,K,MM)*A2(J,K,MM)
S2(K)=B2(I,K,1)*B2(J,K,1)-B2(I,K,MM)*B2(J,K,MM)
S3(K)=A2(I,K,1)*B2(J,K,1)+B2(I,K,1)*A2(J,K,1)
S4(K)=A2(I,K,MM)*B2(J,K,MM)+B2(I,K,MM)*A2(J,K,MM)
S5(K)=C2(I,K,1)*C2(J,K,1)-C2(I,K,MM)*C2(J,K,MM)
DO 210 L=2,MM2/2
S1(K)=S1(K)+4.0*A2(I,K,L)*A2(J,K,L)+2.0*A2(I,K,L+1)*A2(J,K,L+1)
S2(K)=S2(K)+4.0*B2(I,K,L)*B2(J,K,L)+2.0*B2(I,K,L+1)*B2(J,K,L+1)
S3(K)=S3(K)+4.0*(A2(I,K,L)*B2(J,K,L)+B2(I,K,L)*A2(J,K,L))
S4(K)=S4(K)+4.0*(A2(I,K,L+1)*B2(J,K,L+1)+B2(I,K,L+1)*A2(J,K,L+1))
S5(K)=S5(K)+4.0*C2(I,K,L)*C2(J,K,L)+2.0*C2(I,K,L+1)*C2(J,K,L+1)
210 CONTINUE
SE1=S1(1)-S1(NA)
SE2=S2(1)-S2(NA)
SE3=S3(1)-S3(NA)
SE4=S4(1)-S4(NA)
DO 212 II=2,NN2/2
SE1=SE1+4.0*S1(II)+2.0*S1(II+1)
SE2=SE2+4.0*S2(II)+2.0*S2(II+1)
SE3=SE3+4.0*S3(II)+2.0*S3(II+1)
SE4=SE4+4.0*S4(II)+2.0*S4(II+1)
212 CONTINUE

SE1=SE1*AL*ES(1,1)/(12.0*BL**3)
SE2=SE2*BL*ES(2,2)/(12.0*AL**3)
SE3=SE3*ES(1,2)/(24.0*AL*BL)
SE4=SE4*ES(3,3)/(3.0*AL*BL)
SB(I,LE)=(SE1+SE2+SE3+SE4)*TH**3*DPX*DPY/9.0
220 CONTINUE
C
IF(NELM.GT.1) GO TO 2500
WRITE(6,221)
221 FORMAT(1H0,15HMATRIX SB(I,J))
WRITE(6,222) ((SB(I,J),J=1,12),I=1,12)
222 FORMAT(1H ,1P12E10.2)
2500 CONTINUE
C
DO 225 I=1,NT
DO 225 J=1,NT
225 OSM(I,J)=0.0
C
DO 4000 M=1,NELM
DO 3900 I=1,4
DO 3900 J=1,4
KI=(MCON(M,I)-1)*3
KJ=(MCON(M,J)-1)*3
IS=(I-1)*3
JS=(J-1)*3
DO 3900 K=1,3
DO 3900 L=1,3
KIK=KI+K
KJL=KJ+L
ISK=IS+K
JSL=JS+L
OSM(KIK,KJL)=OSM(KIK,KJL)+SB(ISK,JSL)
3900 CONTINUE
4000 CONTINUE
C
DO 7000 I=1,NT
INDEX(I)=I
DO 7001 I=1,KOW
N=3*NOKW(I)-2
7001 INDEX(N)=0
DO 7002 I=1,KOX
N=3*NOKX(I)-1
7002 INDEX(N)=0
DO 7003 I=1,KOY
N=3*NOKY(I)
7003 INDEX(N)=0
NN=0
DO 7004 I=1,NT
IF(INDEX(I).EQ.0) GO TO 7004
NN=NN+1
INDEX(NN)=INDEX(I)
7004 CONTINUE
DO 7005 I=1,NN
IA=INDEX(I)
DF(I)=DF(IA)
DO 7005 J=1,NN
JA=INDEX(J)
7005 OSM(I,J)=OSM(IA,JA)

```

C MATRIX INVERSION

```

C
DO 7010 I=1,NT
7010 IND(I)=0
DO 102 K=1,NN
102 IND(K)=K
DO 103 K=1,NN
W=0.
DO 104 I=K,NN
IF (ABS(OSM(I,1)) .LE. W) GO TO 104
W=ABS(OSM(I,1))
IR=I
104 CONTINUE
IF (IR.EQ.K) GO TO 106
DO 107 J=1,NN
W=OSM(K,J)
OSM(K,J)=OSM(IR,J)
107 OSM(IR,J)=W
MR=IND(K)
IND(K)=IND(IR)
IND(IR)=MR
106 W=OSM(K,1)
N1=NN-1
DO 108 J=1,N1
108 OSM(K,J)=OSM(K,J+1)/W
OSM(K,NN)=1.0/W
DO 109 I=1,NN
IF (I.EQ.K) GO TO 109
W=OSM(I,1)
DO 110 J=1,N1
110 OSM(I,J)=OSM(I,J+1)-W*OSM(K,J)
OSM(I,NN)=-W*OSM(K,NN)
109 CONTINUE
103 CONTINUE
DO 111 K=1,N1
IF (K.EQ.IND(K)) GO TO 111
K1=K+1
DO 112 I=K1,NN
IF (K.NE.IND(I)) GO TO 112
IR=I
GO TO 114
112 CONTINUE
114 DO 115 J=1,NN
W=OSM(J,K)
OSM(J,K)=OSM(J,IR)
115 OSM(J,IR)=W
IND(IR)=IND(K)
IND(K)=K
111 CONTINUE
C
RETURN
END

```

SUBROUTINE MATAKP

```

C
COMMON DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON INDEX(150),INDPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON P1(12),P2(12),AK3(8,78),AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON X(100),NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON NOKW(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON MCON(50,4),EMX,EMY,PX,PY,GXY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPLY,TH
COMMON HM2,NN2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON D7(150),D8(100),RB(150),RU(100)
COMMON A5(8,11,11),B5(8,11,11)
C
DO 122 K=1,NA
DO 122 L=1,MM
A1(1,K,L)=-1.-YE(K)
A1(2,K,L)=-1.-XE(L)
A1(3,K,L)=1.-YE(K)
A1(4,K,L)=-XE(L)
A1(5,K,L)=YE(K)
A1(6,K,L)=XE(L)
A1(7,K,L)=-YE(K)
A1(8,K,L)=1.-XE(L)
122 CONTINUE

```

```

C
DO 125 I=1,8
DO 125 J=1,8
SP(I,J)=0.0
125 SP4(I,J)=0.0
DO 135 I=1,8
LL=0
DO 135 J=1,8
LL=LL+1
DO 140 K=1,NA
S1(K)=A1(I,K,1)*A1(J,K,1)-A1(I,K,MM)*A1(J,K,MM)
DO 140 L=2,MM2,2
S1(K)=S1(K)+4.0*A1(I,K,L)*A1(J,K,L)+2.0*A1(I,K,L+1)*A1(J,K,L+1)
140 CONTINUE
SE=S1(1)-S1(NA)
DO 142 II=2,NN2,2
142 SE=SE+4.0*S1(II)+2.0*S1(II+1)
SP(I,LL)=SE*DPX*DPY/9.0
135 CONTINUE
C
DO 145 I=1,4
DO 145 J=1,4
SP4(2*I-1,2*J-1)=SP(2*I,2*J)
SP4(2*I-1,2*J)=SP(2*I,2*J-1)
SP4(2*I,2*J-1)=SP(2*I-1,2*J)
SP4(2*I,2*J)=SP(2*I-1,2*J-1)
145 CONTINUE
C
DO 146 I=1,8
IF(I.EQ.1) GO TO 147
IF(MOD(I,2).EQ.0) GO TO 150
IF(MOD(I,2).EQ.1) GO TO 147
147 SP(I,1)=AL*ED(1,1)*SP(I,1)*TH/BL
DO 148 J=2,8
IF(MOD(J,2).EQ.0) SP(I,J)=0.5*ED(1,2)*TH*SP(I,J)
IF(MOD(J,2).EQ.1) SP(I,J)=AL*ED(1,1)*TH*SP(I,J)/BL
148 CONTINUE
GO TO 146
150 SP(I,1)=0.5*ED(1,2)*TH*SP(I,1)
DO 152 J=2,8
IF(MOD(J,2).EQ.0) SP(I,J)=BL*ED(2,2)*TH*SP(I,J)/AL
IF(MOD(J,2).EQ.1) SP(I,J)=0.5*ED(1,2)*TH*SP(I,J)
152 CONTINUE
146 CONTINUE
C
DO 155 I=1,8
IF(I.EQ.1) GO TO 156
IF(MOD(I,2).EQ.1) GO TO 156
IF(MOD(I,2).EQ.0) GO TO 158
156 SP4(I,1)=ED(3,3)*BL*TH*SP4(I,1)/AL
DO 157 J=2,8
IF(MOD(J,2).EQ.0) SP4(I,J)=ED(3,3)*TH*SP4(I,J)
IF(MOD(J,2).EQ.1) SP4(I,J)=ED(3,3)*BL*TH*SP4(I,J)/AL
157 CONTINUE
GO TO 155
158 SP4(I,1)=ED(3,3)*TH*SP4(I,1)
DO 160 J=2,8
IF(MOD(J,2).EQ.0) SP4(I,J)=ED(3,3)*TH*AL*SP4(I,J)/BL
IF(MOD(J,2).EQ.1) SP4(I,J)=ED(3,3)*TH*SP4(I,J)
160 CONTINUE
155 CONTINUE
C
MATRIX SP(I,J)
DO 161 I=1,8
DO 161 J=1,8
161 SP(I,J)=SP(I,J)+SP4(I,J)
C
IF(NELM.GT.1) GO TO 2550
WRITE(6,162)
162 FORMAT(1H0,15HMATRIX SP(I,J))
WRITE(6,163) ((SP(I,J),J=1,8),I=1,8)
163 FORMAT(1H,1P8E12.2)
2550 CONTINUE
DO 165 I=1,NT2
DO 165 J=1,NT2
165 AKP(I,J)=0.0
C
C
DO 4000 M=1,NELM
DO 3900 I=1,4
DO 3900 J=1,4
KI=(MCON(M,I)-1)*2
KJ=(MCON(M,J)-1)*2
IS=(I-1)*2
JS=(J-1)*2
DO 3900 K=1,2
DO 3900 L=1,2
KIK=KI+K
KJL=KJ+L
ISK=IS+K
JSL=JS+L

```

```

      AKP(KIK,KJL)=AKP(KIK,KJL)+SP(ISK,JSL)
3900 CONTINUE
4000 CONTINUE
C
      DO 171 I=1,NT2
171  INDPX(I)=I
      DO 172 I=1,KPX
      N=2*NDPX(I)-1
172  INDPX(N)=0
      DO 173 I=1,KPY
      N=2*NDPY(I)
173  INDPX(N)=0
      NU=0
      DO 174 I=1,NT2
      IF(INDPX(I).EQ.0) GO TO 174
      NU=NU+1
      INDPX(NU)=INDPX(I)
174  CONTINUE
      DO 175 I=1,NU
      IA=INDPX(I)
      PF(I)=PF(IA)
      DO 175 J=1,NU
      JA=INDPX(J)
175  AKP(I,J)=AKP(IA,JA)
C
C      MATRIX INVERSION
      DO 185 I=1,NT2
185  IPD(I)=0
      DO 102 K=1,NU
102  IPD(K)=K
      DO 103 K=1,NU
      W=0.
      DO 104 I=K,NU
      IF(ABS(AKP(I,1)).LE.W) GO TO 104
      W=ABS(AKP(I,1))
      IR=I
104  CONTINUE
      IF(IR.EQ.K) GO TO 106
      DO 107 J=1,NU
      W=AKP(K,J)
      AKP(K,J)=AKP(IR,J)
107  AKP(IR,J)=W
      MR=IPD(K)
      IPD(K)=IPD(IR)
      IPD(IR)=MR
106  W=AKP(K,1)
      N1=NU-1
      DO 108 J=1,N1
108  AKP(K,J)=AKP(K,J+1)/W
      AKP(K,NU)=1.0/W
      DO 109 I=1,NU
      IF(I.EQ.K) GO TO 109
      W=AKP(I,1)
      DO 110 J=1,N1
110  AKP(I,J)=AKP(I,J+1)-W*AKP(K,J)
      AKP(I,NU)=-W*AKP(K,NU)
109  CONTINUE
103  CONTINUE
      DO 111 K=1,N1

      IF(K.EQ.IPD(K)) GO TO 111
      K1=K+1
      DO 112 I=K1,NU
      IF(K.NE.IPD(I)) GO TO 112
      IR=I
      GO TO 114
112  CONTINUE
114  DO 115 J=1,NU
      W=AKP(J,K)
      AKP(J,K)=AKP(J,IR)
115  AKP(J,IR)=W
      IPD(IR)=IPD(K)
      IPD(K)=K
111  CONTINUE
C
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE NOAK3
C
COMMON DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON INDEX(150),INDPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON P1(12),P2(12),AK3(8,78),AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON X(100),NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON NOKW(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON MCON(50,4),EMX,EMY,PIX,PY,GPY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPY,TH
COMMON MM2,NN2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON EXB,EYB,PXB,PYB,GXBY,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON D7(150),D8(100),RB(150),RU(100)
COMMON A5(8,11,11),B5(8,11,11)

C
DO 305 K=1,NA
DO 305 L=1,MM
A(1,K,L)=-AL*ED(1,1)*(1.0-YE(K))/BL**2
A(2,K,L)=-0.5*ED(1,2)*(1.0-XE(L))/BL
A(3,K,L)=-A(1,K,L)
A(4,K,L)=-0.5*ED(1,2)*XE(L)/BL
A(5,K,L)=AL*ED(1,1)*YE(K)/BL**2
A(6,K,L)=-A(4,K,L)
A(7,K,L)=-A(5,K,L)
A(8,K,L)=-A(2,K,L)
B(1,K,L)=-0.5*ED(1,2)*(1.0-YE(K))/AL
B(2,K,L)=-BL*ED(2,2)*(1.0-XE(L))/AL**2
B(3,K,L)=-B(1,K,L)
B(4,K,L)=-BL*ED(2,2)*XE(L)/AL**2
B(5,K,L)=0.5*ED(1,2)*YE(K)/AL
B(6,K,L)=-B(4,K,L)
B(7,K,L)=-B(5,K,L)
B(8,K,L)=-B(2,K,L)
C(1,K,L)=-C(1,0-XE(L))/AL
C(2,K,L)=-C(1,0-YE(K))/BL
C(3,K,L)=-XE(L)/AL
C(4,K,L)=-C(2,K,L)
C(5,K,L)=-C(3,K,L)
C(6,K,L)=YE(K)/BL
C(7,K,L)=-C(1,K,L)
C(8,K,L)=-C(6,K,L)
305 CONTINUE
C
DO 310 K=1,NA
DO 310 L=1,MM
A3(1,K,L)=6.0*(-XE(L)+XE(L)**2)*(1.0-3.0*YE(K)**2+2.0*YE(K)**3)
A3(2,K,L)=6.0*(-XE(L)+XE(L)**2)*(YE(K)-2.0*YE(K)**2+YE(K)**3)*AL
A3(3,K,L)=(1.0-4.0*XE(L)+3.0*XE(L)**2)*(1.0
& -3.0*YE(K)**2+2.0*YE(K)**3)*BL
A3(4,K,L)=-A3(1,K,L)
A3(5,K,L)=-A3(2,K,L)
A3(6,K,L)=(-2.0*XE(L)+3.0*XE(L)**2)*(1.0
& -3.0*YE(K)**2+2.0*YE(K)**3)*BL
A3(7,K,L)=6.0*(XE(L)-XE(L)**2)*(3.0*YE(K)**2-2.0*YE(K)**3)
A3(8,K,L)=6.0*(XE(L)-XE(L)**2)*(-YE(K)**2+YE(K)**3)*AL
A3(9,K,L)=(-2.0*XE(L)+3.0*XE(L)**2)*(3.0*YE(K)**2-2.0*YE(K)**3)*BL
A3(10,K,L)=-A3(7,K,L)

A3(11,K,L)=-A3(8,K,L)
A3(12,K,L)=(1.0-4.0*XE(L)+3.0*XE(L)**2)
& *(3.0*YE(K)**2-2.0*YE(K)**3)*BL
B3(1,K,L)=6.0*(-YE(K)+YE(K)**2)*(1.0-3.0*XE(L)**2+2.0*XE(L)**3)
B3(2,K,L)=(1.0-4.0*YE(K)+3.0*YE(K)**2)*(1.0
& -3.0*XE(L)**2+2.0*XE(L)**3)*AL
B3(3,K,L)=6.0*(-YE(K)+YE(K)**2)*(XE(L)-2.0*XE(L)**2+XE(L)**3)*BL
B3(4,K,L)=6.0*(-YE(K)+YE(K)**2)*(3.0*XE(L)**2-2.0*XE(L)**3)
B3(5,K,L)=(1.0-4.0*YE(K)+3.0*YE(K)**2)
& *(3.0*XE(L)**2-2.0*XE(L)**3)*AL
B3(6,K,L)=-6.0*(YE(K)-YE(K)**2)*(-XE(L)**2+XE(L)**3)*BL
B3(7,K,L)=-B3(4,K,L)
B3(8,K,L)=(-2.0*YE(K)+3.0*YE(K)**2)*(3.0*XE(L)**2-2.0*XE(L)**3)*AL
B3(9,K,L)=-B3(6,K,L)
B3(10,K,L)=-B3(1,K,L)
B3(11,K,L)=(-2.0*YE(K)+3.0*YE(K)**2)*(1.0
& -3.0*XE(L)**2+2.0*XE(L)**3)*AL
B3(12,K,L)=-B3(3,K,L)
310 CONTINUE
C
DO 311 I=1,8
DO 311 J=1,78
311 AK3(I,J)=0.0

```

```

DO 320 JA=1,8
LE=0
LF=0
LG=13
DO 320 I=1,12
DO 320 J=I,12
LE=LE+1
LH=LE-LF
DO 314 K=1,NA
S1(K)=A(JA,K,1)*A3(I,K,1)*A3(J,K,1)
& -A(JA,K,MM)*A3(I,K,MM)*A3(J,K,MM)
S2(K)=B(JA,K,1)*B3(I,K,1)*B3(J,K,1)
& -B(JA,K,MM)*B3(I,K,MM)*B3(J,K,MM)
S3(K)=C(JA,K,1)*(A3(I,K,1)*B3(J,K,1)+B3(I,K,1)*A3(J,K,1))
& -C(JA,K,MM)*(A3(I,K,MM)*B3(J,K,MM)+B3(I,K,MM)*A3(J,K,MM))
DO 314 L=2,MM2/2
S1(K)=S1(K)+4.0*A(JA,K,L)*A3(I,K,L)*A3(J,K,L)
& +2.0*A(JA,K,L+1)*A3(I,K,L+1)*A3(J,K,L+1)
S2(K)=S2(K)+4.0*B(JA,K,L)*B3(I,K,L)*B3(J,K,L)
& +2.0*B(JA,K,L+1)*B3(I,K,L+1)*B3(J,K,L+1)
S3(K)=S3(K)+4.0*C(JA,K,L)*(A3(I,K,L)*B3(J,K,L)+B3(I,K,L)*A3(J,K,
& L))+2.0*C(JA,K,L+1)*(A3(I,K,L+1)*B3(J,K,L+1)+B3(I,K,L+1)
& *A3(J,K,L+1))
314 CONTINUE
SE1=S1(1)-S1(NA)
SE2=S2(1)-S2(NA)
SE3=S3(1)-S3(NA)
DO 315 II=2,MM2/2
SE1=SE1+4.0*S1(II)+2.0*S1(II+1)
SE2=SE2+4.0*S2(II)+2.0*S2(II+1)
SE3=SE3+4.0*S3(II)+2.0*S3(II+1)
315 CONTINUE
IF(LH.EQ.1) GO TO 316
AK3(JA,LE)=(SE1+SE2+ED(3,3)*SE3)*DPX*DPY*TH/9.0
GO TO 320

316 AK3(JA,LE)=(0.5*SE1+0.5*SE2+ED(3,3)*SE3)*DPX*DPY*TH/9.0
LG=LG-1
LF=LF+LG
320 CONTINUE
RETURN
END

```

SUBROUTINE NOAK1

```

COMMON DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON INDEX(150),INDPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON P1(12),P2(12),AK3(8,78), AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON X(100), NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON NOKW(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON MCON(50,4),EMX,EMY,PX,PY,GXY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPY,TH
COMMON MM2,MM2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON D7(150),D8(100),RB(150),RU(100)
COMMON A5(8,11,11),B5(8,11,11)

```

```

DO 305 K=1,NA
DO 305 L=1,MM
A5(1,K,L)=-AL*ES(1,1)*(1.0-YE(K))/BL**2
A5(2,K,L)=-0.5*ES(1,2)*(1.0-XE(L))/BL
A5(3,K,L)=-A5(1,K,L)
A5(4,K,L)=-0.5*ES(1,2)*XE(L)/BL
A5(5,K,L)=AL*ES(1,1)*YE(K)/BL**2
A5(6,K,L)=-A5(4,K,L)
A5(7,K,L)=-A5(5,K,L)
A5(8,K,L)=-A5(2,K,L)
B5(1,K,L)=-0.5*ES(1,2)*(1.0-YE(K))/AL
B5(2,K,L)=-BL*ES(2,2)*(1.0-XE(L))/AL**2
B5(3,K,L)=-B5(1,K,L)
B5(4,K,L)=-BL*ES(2,2)*XE(L)/AL**2
B5(5,K,L)=0.5*ES(1,2)*YE(K)/AL
B5(6,K,L)=-B5(4,K,L)
B5(7,K,L)=-B5(5,K,L)
B5(8,K,L)=-B5(2,K,L)
305 CONTINUE

```

```

DO 400 I=1,12
DO 400 J=1,96
400 AK1(I,J)=0.0

```

```

DO 410 I=1,12
LE=0
DO 410 JA=1,8
DO 410 J=1,12
LE=LE+1
DO 404 K=1,NA
S1(K)=A5(JA,K,1)*A3(I,K,1)*A3(J,K,1)
& -A5(JA,K,MM)*A3(I,K,MM)*A3(J,K,MM)
S2(K)=B5(JA,K,1)*B3(I,K,1)*B3(J,K,1)
& -B5(JA,K,MM)*B3(I,K,MM)*B3(J,K,MM)
S3(K)=C(JA,K,1)*A3(I,K,1)*B3(J,K,1)+B3(I,K,1)*A3(J,K,1)
& -C(JA,K,MM)*A3(I,K,MM)*B3(J,K,MM)+B3(I,K,MM)*A3(J,K,MM)
DO 404 L=2,MM2,2
S1(K)=S1(K)+4.0*A5(JA,K,L)*A3(I,K,L)*A3(J,K,L)
& +2.0*A5(JA,K,L+1)*A3(I,K,L+1)*A3(J,K,L+1)
S2(K)=S2(K)+4.0*B5(JA,K,L)*B3(I,K,L)*B3(J,K,L)
& +2.0*B5(JA,K,L+1)*B3(I,K,L+1)*B3(J,K,L+1)

S3(K)=S3(K)+4.0*C(JA,K,L)*A3(I,K,L)*B3(J,K,L)+B3(I,K,L)*A3(J,K,L)
& +2.0*C(JA,K,L+1)*A3(I,K,L+1)*B3(J,K,L+1)+B3(I,K,L+1)
& *A3(J,K,L+1)
404 CONTINUE
SE1=S1(1)-S1(NA)
SE2=S2(1)-S2(NA)
SE3=S3(1)-S3(NA)
DO 405 II=2,NN2,2
SE1=SE1+4.0*S1(II)+2.0*S1(II+1)
SE2=SE2+4.0*S2(II)+2.0*S2(II+1)
SE3=SE3+4.0*S3(II)+2.0*S3(II+1)
405 CONTINUE
AK1(I,LE)=(SE1+SE2+ES(3,3)*SE3)*DPX*DPY*TH/9.0
410 CONTINUE
C
RETURN
END

SUBROUTINE NOAK2
C
COMMON DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON INDEX(150),INDPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON P1(12),P2(12),AK3(8,78),AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON X(100),NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON NOKW(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON MCON(50,4),EMX,EMY,PX,PY,GXY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPY,TH
COMMON MM2,NN2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON D7(150),D8(100),RB(150),RU(100)
COMMON A5(8,11,11),B5(8,11,11)
C
DO 500 I=1,12
DO 500 J=1,364
500 AK2(I,J)=0.0
C
DO 550 IE=1,12
LE=0
DO 550 I=1,12
DO 550 J=1,12
DO 550 KE=J,12
LE=LE+1
DO 510 K=1,NA
S1(K)=A3(IE,K,1)*A3(I,K,1)*A3(J,K,1)*A3(KE,K,1)
& -A3(IE,K,MM)*A3(I,K,MM)*A3(J,K,MM)*A3(KE,K,MM)
S2(K)=B3(IE,K,1)*B3(I,K,1)*B3(J,K,1)*B3(KE,K,1)
& -B3(IE,K,MM)*B3(I,K,MM)*B3(J,K,MM)*B3(KE,K,MM)
DO 510 L=2,MM2,2
S1(K)=S1(K)+4.0*A3(IE,K,L)*A3(I,K,L)*A3(J,K,L)*A3(KE,K,L)
& +2.0*A3(IE,K,L+1)*A3(I,K,L+1)*A3(J,K,L+1)*A3(KE,K,L+1)
S2(K)=S2(K)+4.0*B3(IE,K,L)*B3(I,K,L)*B3(J,K,L)*B3(KE,K,L)
& +2.0*B3(IE,K,L+1)*B3(I,K,L+1)*B3(J,K,L+1)*B3(KE,K,L+1)
510 CONTINUE
SE1=S1(1)-S1(NA)
SE2=S2(1)-S2(NA)
DO 515 II=2,NN2,2
SE1=SE1+4.0*S1(II)+2.0*S1(II+1)
SE2=SE2+4.0*S2(II)+2.0*S2(II+1)
515 CONTINUE
AK2(IE,LE)=(AL*ES(1,1)*SE1/BL**3
& +BL*ES(2,2)*SE2/AL**3)*DPX*DPY*TH/18.0
C

```

```

C
IF(J.NE,KE) GO TO 100
IF(I.EQ,J) GO TO 550
AK2(IE,LE)=3.*AK2(IE,LE)
GO TO 550
100 IF(I.NE,J) GO TO 200
AK2(IE,LE)=3.*AK2(IE,LE)
GO TO 550
200 AK2(IE,LE)=6.*AK2(IE,LE)
550 CONTINUE
C
DO 580 I1=1,12

LE=0
DO 580 I2=1,12
DO 580 I3=I2,12
DO 580 I4=I3,12
LE=LE+1
DO 551 K=1,NA
SS1=A3(I1,K,1)*(A3(I2,K,1)*B3(I3,K,1)*B3(I4,K,1)
& +B3(I2,K,1)*A3(I3,K,1)*B3(I4,K,1)
& +B3(I2,K,1)*B3(I3,K,1)*A3(I4,K,1))
SS2=A3(I1,K,MM)*(A3(I2,K,MM)*B3(I3,K,MM)*B3(I4,K,MM)
& +B3(I2,K,MM)*A3(I3,K,MM)*B3(I4,K,MM)
& +B3(I2,K,MM)*B3(I3,K,MM)*A3(I4,K,MM))
SS3=B3(I1,K,1)*(B3(I2,K,1)*A3(I3,K,1)*A3(I4,K,1)
& +A3(I2,K,1)*B3(I3,K,1)*A3(I4,K,1)
& +A3(I2,K,1)*A3(I3,K,1)*B3(I4,K,1))
SS4=B3(I1,K,MM)*(B3(I2,K,MM)*A3(I3,K,MM)*A3(I4,K,MM)
& +A3(I2,K,MM)*B3(I3,K,MM)*A3(I4,K,MM)
& +A3(I2,K,MM)*A3(I3,K,MM)*B3(I4,K,MM))
S3(K)=SS1+SS3-(SS2+SS4)
DO 551 L=2,MM2,2
SS5= 4.*A3(I1,K,L)*(A3(I2,K,L)*B3(I3,K,L)*B3(I4,K,L)
& +B3(I2,K,L)*A3(I3,K,L)*B3(I4,K,L)
& +B3(I2,K,L)*B3(I3,K,L)*A3(I4,K,L))
SS6= 2.*A3(I1,K,L+1)*(A3(I2,K,L+1)*B3(I3,K,L+1)*B3(I4,K,L+1)
& +B3(I2,K,L+1)*A3(I3,K,L+1)*B3(I4,K,L+1)
& +B3(I2,K,L+1)*B3(I3,K,L+1)*A3(I4,K,L+1))
SS7= 4.*B3(I1,K,L)*(B3(I2,K,L)*A3(I3,K,L)*A3(I4,K,L)
& +A3(I2,K,L)*B3(I3,K,L)*A3(I4,K,L)
& +A3(I2,K,L)*A3(I3,K,L)*B3(I4,K,L))
SS8= 2.*B3(I1,K,L+1)*(B3(I2,K,L+1)*A3(I3,K,L+1)*A3(I4,K,L)
& +A3(I2,K,L+1)*B3(I3,K,L+1)*A3(I4,K,L)
& +A3(I2,K,L+1)*A3(I3,K,L+1)*B3(I4,K,L+1))
C
S3(K)=S3(K)+SS5+SS6+SS7+SS8
551 CONTINUE
SE3=S3(1)-S3(NA)
DO 555 I1=2,NN2,2
555 SE3=SE3+4.0*S3(I1)+2.0*S3(I1+1)
SS10=0.25*(ES(1,2)+4.0*ES(3,3))*SE3*DPX*DPY*TH/(9.0*AL*BL)
C
C
IF(I3.EQ,I4) GO TO 560
IF(I2.EQ,I3) GO TO 575
SS10=2.*SS10
GO TO 575
560 IF(I2.NE,I3) GO TO 575
SS10=SS10/3.
575 AK2(I1,LE)=AK2(I1,LE)+SS10
580 CONTINUE
C
RETURN
END
C
SUBROUTINE ITERATE
C
COMMON DB(300),DB1(12),DB3(78),DF(150),F3(100),PT3(100),P3(8)
COMMON INDEX(150),INPX(100),NN,NU,NT,NT2,LOAD,BETA,AL,BL
COMMON DU(200),PF(100),F1(150),PT1(150),DUK(8),DU1(96),DU2(364)
COMMON P1(12),P2(12),AK3(8,78),AK2(12,364),AK1(12,96),IND(150)
COMMON X(100),NODE,NELM,KOW,KOX,KOY,KPX,KPY,ISIGN,IPD(100)
COMMON NOKM(50),NOKX(50),NOKY(50),NOPX(50),NOPY(50),IEP(50)
COMMON MCON(50,4),EMX,EMY,PX,PY,GXY,CRTV,ED(3,3),DPX,DPY,TH
COMMON MM2,NN2,MM,NA,XE(21),YE(21),SP(8,8),SP4(8,8),A1(8,11,11)
COMMON EXB,EYB,PXB,PYB,GXYB,ES(3,3),ALOAD,MAXNC
COMMON S1(21),S2(21),S3(21),S4(21),OSM(100,100),AKP(55,55)
COMMON A2(12,11,11),B2(12,11,11),C2(12,11,11),A3(12,11,11)
COMMON A(8,11,11),B(8,11,11),C(8,11,11),SB(12,12),B3(12,11,11)
COMMON D7(150),D8(100),RB(150),RU(100)
COMMON A5(8,11,11),B5(8,11,11)

```



```

C
C          CALCULATION OF DB(D)

```

```

DO 700 I=1,NN
  RB(I)=0.
  DO 700 K=1,NN
700  RB(I)=RB(I)+OSM(I,K)*DF(K)
    DO 701 I=1,NN
      IA=INDEX(I)
701  DB(IA)=RB(I)
C
  TDF=0.
  DO 1500 I=1,NT
1500 TDF=TDF+DF(I)
C
  WRITE(6,801) TDF*4.
801  FORMAT(1H1,'DISPLACEMENT ON LOAD=' ,F10.4)
  NC=0
755  IF(NC.GT.MAXNC) GO TO 760
  WRITE(6,800) NC
800  FORMAT(1H0/1H0,'10X,4HNC =',15)

```

```

C
  IF(ISIGN.EQ.0) GO TO 1000

```

```

C
  DO 702 I=1,NT2
  F3(I)=0.0
702  PT3(I)=0.0

```

```

C
  DO 710 M=1,NELM
  N1=MCON(M,1)
  N2=MCON(M,2)
  N3=MCON(M,3)
  N4=MCON(M,4)
  DB1(1)=DB(3*N1-2)
  DB1(2)=DB(3*N1-1)
  DB1(3)=DB(3*N1)
  DB1(4)=DB(3*N2-2)
  DB1(5)=DB(3*N2-1)
  DB1(6)=DB(3*N2)
  DB1(7)=DB(3*N3-2)
  DB1(8)=DB(3*N3-1)
  DB1(9)=DB(3*N3)
  DB1(10)=DB(3*N4-2)

```

```

  DB1(11)=DB(3*N4-1)
  DB1(12)=DB(3*N4)

```

```

C
  L3=0
  DO 704 I=1,12
  DO 704 J=1,12
  L3=L3+1
704  DB3(L3)=DB1(I)*DB1(J)

```

```

C
  DO 705 I=1,8
  P3(I)=0.0
  DO 705 J=1,78
705  P3(I)=P3(I)+AK3(I,J)*DB3(J)

```

```

C
  PT3(2*N1-1)=P3(1)
  PT3(2*N1)=P3(2)
  PT3(2*N2-1)=P3(3)
  PT3(2*N2)=P3(4)
  PT3(2*N3-1)=P3(5)
  PT3(2*N3)=P3(6)
  PT3(2*N4-1)=P3(7)
  PT3(2*N4)=P3(8)

```

```

C
C
  DO 707 I=1,NT2
707  F3(I)=F3(I)+PT3(I)

```

```

C
  DO 708 L=1,NT2
708  PT3(L)=0.0

```

```

710 CONTINUE

```

```

C
C          CALCULATION OF DU(D)

```

```

DO 711 I=1,NU
  IB=INDPX(I)
711  F3(I)=F3(IB)
C
  DO 712 I=1,NU
  RU(I)=0.0
  DO 712 K=1,NU
712  RU(I)=RU(I)+AKP(I,K)*(PF(K)-F3(K))
    DO 714 I=1,NU
      IB=INDPX(I)
714  DU(IB)=RU(I)

```

```

C
1000 WRITE(6,802)
802 FORMAT(1H0/1H0,1X,4HNODE,11X,4HDISW,11X,4HFAIX,11X,4HFAIY,12X,
& 3HDUX,12X,3HDUY)
& WRITE(6,803) (I,DB(3*I-2),DB(3*I-1),DB(3*I),DU(2*I-1),
& DU(2*I),I=1,NODE)
803 FORMAT(1H ,14,1PSE15.5)
IF(ISIGN.EQ.0) GO TO 770
C
LOAD1=LOAD+NT
DELT=(DB(LOAD)-DB(LOAD1))/DB(LOAD)
WRITE(6,804) DELT
804 FORMAT(1H0/1H0,5HDELT=,F15.8)

C
WRITE(6,815) DB(1),DB(76)
815 FORMAT(1H0/1H0,6HDB(1)=,1PE15.5,10X,7HDB(76)=,1PE15.5)
IF(ABS(DELT).LT.CRTV) GO TO 770
C
DO 720 L=1,NT
L5=L
LL=NT+L5
D7(L)=(1.0-BETA)*DB(LL)+BETA*DB(L)
720 DB(LL)=DB(L)
DO 721 J=1,NT2
JJ=NT2+J
D8(J)=(1.0-BETA)*DU(JJ)+BETA*DU(J)
721 DU(JJ)=DU(J)
C
DO 722 I=1,NT
F1(I)=0.0
722 PT1(I)=0.0
C
DO 740 M=1,NELM
N1=MCON(N,1)
N2=MCON(N,2)
N3=MCON(N,3)
N4=MCON(N,4)
DUK(1)=D8(2*N1-1)
DUK(2)=D8(2*N1)
DUK(3)=D8(2*N2-1)
DUK(4)=D8(2*N2)
DUK(5)=D8(2*N3-1)
DUK(6)=D8(2*N3)
DUK(7)=D8(2*N4-1)
DUK(8)=D8(2*N4)
DB1(1)=D7(3*N1-2)
DB1(2)=D7(3*N1-1)
DB1(3)=D7(3*N1)
DB1(4)=D7(3*N2-2)
DB1(5)=D7(3*N2-1)
DB1(6)=D7(3*N2)
DB1(7)=D7(3*N3-2)
DB1(8)=D7(3*N3-1)
DB1(9)=D7(3*N3)
DB1(10)=D7(3*N4-2)
DB1(11)=D7(3*N4-1)
DB1(12)=D7(3*N4)
C
L1=0
DO 725 I=1,8
DO 725 J=1,12
L1=L1+1
725 DU1(L1)=DUK(I)*DB1(J)
C
L2=0
DO 726 I=1,12
DO 726 J=1,12
DO 726 K=J,12
L2=L2+1
726 DU2(L2)=DB1(I)*DB1(J)*DB1(K)
C
DO 728 I=1,12
P1(I)=0.0
DO 728 J=1,96
728 P1(I)=P1(I)+AK1(I,J)*DU1(J)
C
DO 729 I=1,12
P2(I)=0.0
DO 729 J=1,364
729 P2(I)=P2(I)+AK2(I,J)*DU2(J)

```

```

PT1(3*N1-2)=P1(1)+P2(1)
PT1(3*N1-1)=P1(2)+P2(2)
PT1(3*N1)=P1(3)+P2(3)
PT1(3*N1-2)=P1(4)+P2(4)
PT1(3*N2-1)=P1(5)+P2(5)
PT1(3*N2)=P1(6)+P2(6)
PT1(3*N3-2)=P1(7)+P2(7)
PT1(3*N3-1)=P1(8)+P2(8)
PT1(3*N3)=P1(9)+P2(9)
PT1(3*N4-2)=P1(10)+P2(10)
PT1(3*N4-1)=P1(11)+P2(11)
PT1(3*N4)=P1(12)+P2(12)
C
DO 732 I=1,NT
732 F1(I)=F1(I)+PT1(I)
C
DO 735 L=1,NT
735 PT1(L)=0.0
C
740 CONTINUE
C
DO 741 I=1,NN
IA=INDEX(I)
741 F1(I)=F1(IA)          CALCULATION OF DB(I)
C
DO 744 K=1,NT
744 DB(K)=0.0
DO 745 I=1,NN
RB(I)=0.0
DO 745 K=1,NT
745 RB(I)=RB(I)+0.5M(I,K)*(DF(K)-F1(K))
DO 750 I=1,NN
IA=INDEX(I)
750 DB(IA)=RB(I)
C
C
NC=NC+1
C
GO TO 755
RETURN
C
C
760 WRITE(6,808) NC
808 FORMAT(1H0/1H0,'NC.GT.MAXNC=',15)
770 STOP
END

```

3.3 入出力例

Fig. 3 に示すような中央集中荷重を受ける正方形構造用合板について、前ページまでのプロ

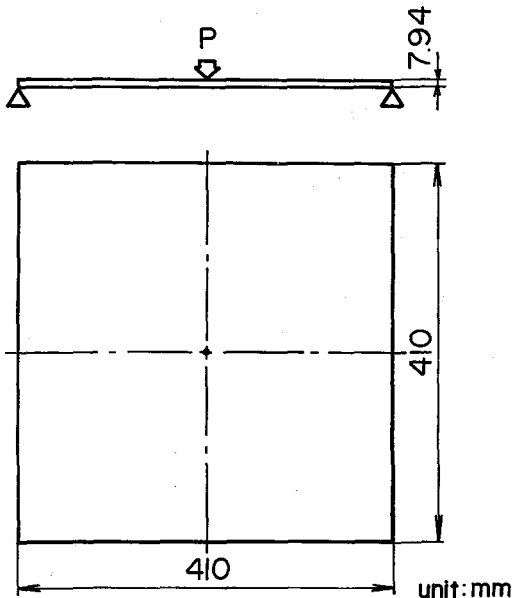


Fig. 3 Square plywood with two opposite edges simply supported and the other two edges free.

$E_{xm}=656.2\text{kg/mm}^2$, $E_{ym}=606.1\text{kg/mm}^2$,
 $\mu_{xy}=0.189$, $\mu_{yx}=0.174$, $G_{xy}=52.3\text{kg/mm}^2$,
 $E_{xb}=740.7\text{kg/mm}^2$, $E_{yb}=286.5\text{kg/mm}^2$,
 $\mu_{xyb}=0.173$, $\mu_{yxb}=0.067$, $G_{xyb}=52.3\text{kg/mm}^2$,

suffixes mean... b: in bending, m: in tension, x: parallel to span, y: perpendicular to span.

$P=80\text{kg}$ (concentrated load).

グラムにより実行した計算の入出力例である。なお、対称性から全体の $\frac{1}{4}$ について考慮することとし、用いた要素数，節点数はそれぞれ16，25である。

NODE=25 ELEMENT=16 LOAD= 1
ISIGN=1 MAXNC=35

NODE	COORDINATE (X,Y)	
1	0.0000	0.0000
2	51.2500	0.0000
3	102.5000	0.0000
4	153.7500	0.0000
5	205.0000	0.0000
6	0.0000	51.2500
7	51.2500	51.2500
8	102.5000	51.2500
9	153.7500	51.2500
10	205.0000	51.2500
11	0.0000	102.5000
12	51.2500	102.5000
13	102.5000	102.5000
14	153.7500	102.5000
15	205.0000	102.5000
16	0.0000	153.7500
17	51.2500	153.7500
18	102.5000	153.7500
19	153.7500	153.7500
20	205.0000	153.7500
21	0.0000	205.0000
22	51.2500	205.0000
23	102.5000	205.0000
24	153.7500	205.0000
25	205.0000	205.0000

K0 0 SOKU SETTEN

5	10	15	20	25				
1	2	3	4	5	10	15	20	25
1	6	11	16	21				
1	6	11	16	21				
1	2	3	4	5				

EMX= 656.20001 EMY= 606.13000 PX=0.18910 PY=0.17470 GXY= 52.32000
TH= 7.9420 CRTV=0.00200

EXB= 740.67 EYB= 286.49
PXB=0.17340 PYB=0.06707 GXYB= 52.32000

NELM	NODES(I,J,K,L)				NELM	NODES(I,J,K,L)			
1	1	2	7	6	2	2	3	8	7
3	3	4	9	8	4	4	5	10	9
5	6	7	12	11	6	7	8	13	12
7	8	9	14	13	8	9	10	15	14
9	11	12	17	16	10	12	13	18	17
11	13	14	19	18	12	14	15	20	19
13	16	17	22	21	14	17	18	23	22
15	18	19	24	23	16	19	20	25	24

BETA= 0.30000 DF(1)= -20.00000

MH	XE(I)	YE(I)
1	0.00	0.00
2	0.10	0.10
3	0.20	0.20
4	0.30	0.30
5	0.40	0.40
6	0.50	0.50
7	0.60	0.60
8	0.70	0.70
9	0.80	0.80
10	0.90	0.90
11	1.00	1.00

DISPLACEMENT ON LOAD= -80.0000

NC = 0

NODE	DISW	FAIX	FAIY	DUX	DUY
1	-1.19583E+01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	-1.06532E+01	0.00000E+00	4.46088E-02	8.38455E-03	0.00000E+00
3	-7.79647E+00	0.00000E+00	6.63243E-02	-5.60248E-02	0.00000E+00
4	-4.09502E+00	0.00000E+00	7.79501E-02	-1.82709E-01	0.00000E+00
5	0.00000E+00	0.00000E+00	8.16482E-02	-3.42998E-01	0.00000E+00
6	-1.07570E+01	3.51517E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	6.98943E-03
7	-9.81173E+00	2.92154E-02	3.60516E-02	-4.31046E-03	7.67286E-04
8	-7.30525E+00	1.79624E-02	6.01802E-02	-5.81563E-02	-6.03224E-03
9	-3.86750E+00	8.44562E-03	7.31103E-02	-1.68530E-01	-1.18045E-02
10	0.00000E+00	0.00000E+00	7.72072E-02	-3.11429E-01	-3.27122E-02
11	-8.80637E+00	3.94625E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	-1.60142E-02
12	-8.10690E+00	3.52826E-02	2.65975E-02	-1.19459E-02	-1.75396E-02
13	-6.15282E+00	2.51013E-02	4.81981E-02	-5.28697E-02	-1.89835E-02
14	-3.30289E+00	1.27281E-02	6.16079E-02	-1.32374E-01	-2.34205E-02
15	0.00000E+00	0.00000E+00	6.60608E-02	-2.37010E-01	-5.39187E-02
16	-6.90148E+00	3.49951E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	-4.39024E-02
17	-6.37527E+00	3.20976E-02	2.01391E-02	-1.33723E-02	-4.07514E-02
18	-4.87713E+00	2.41140E-02	3.72359E-02	-4.38222E-02	-3.32535E-02
19	-2.63777E+00	1.27920E-02	4.86350E-02	-9.77585E-02	-3.26855E-02
20	0.00000E+00	0.00000E+00	5.26194E-02	-1.66436E-01	-6.05054E-02
21	-5.23781E+00	3.08781E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	-6.65703E-02
22	-4.84486E+00	2.84182E-02	1.54724E-02	-2.97129E-02	-5.98335E-02
23	-3.71875E+00	2.15365E-02	2.88222E-02	-6.14443E-02	-4.41845E-02
24	-2.01834E+00	1.15314E-02	3.79613E-02	-9.65038E-02	-3.72220E-02
25	0.00000E+00	0.00000E+00	4.12247E-02	-1.36236E-01	-5.98546E-02

DELT= 1.00000000

DB(1)= -1.19583E+01

DB(76)= 0.00000E+00

NC = 15

NODE	DISW	FAIX	FAIY	DUX	DUY
1	-1.01212E+01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	-9.00190E+00	0.00000E+00	3.79872E-02	5.31346E-03	0.00000E+00
3	-6.59327E+00	0.00000E+00	5.58446E-02	-4.06399E-02	0.00000E+00
4	-3.46977E+00	0.00000E+00	6.58577E-02	-1.31031E-01	0.00000E+00
5	0.00000E+00	0.00000E+00	6.91403E-02	-2.46453E-01	0.00000E+00
6	-9.11549E+00	2.83759E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	4.08807E-03
7	-8.30765E+00	2.34837E-02	3.07746E-02	-4.14234E-03	-1.43609E-04
8	-6.18049E+00	1.44636E-02	5.08822E-02	-4.35980E-02	-4.04176E-03
9	-3.27284E+00	6.92233E-03	6.17404E-02	-1.22929E-01	-7.60041E-03
10	0.00000E+00	0.00000E+00	6.52397E-02	-2.25429E-01	-2.14534E-02
11	-7.59780E+00	2.98003E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	-9.31812E-03
12	-6.98330E+00	2.65634E-02	2.33163E-02	-8.94968E-03	-1.07080E-02
13	-5.28327E+00	1.88985E-02	4.16835E-02	-3.99533E-02	-1.18094E-02
14	-2.82937E+00	9.65410E-03	5.27812E-02	-9.90839E-02	-1.48463E-02
15	0.00000E+00	0.00000E+00	5.64506E-02	-1.76032E-01	-3.51759E-02
16	-6.19325E+00	2.52308E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	-2.39168E-02
17	-5.70616E+00	2.31931E-02	1.85949E-02	-9.47053E-03	-2.27429E-02
18	-4.33923E+00	1.75703E-02	3.36946E-02	-3.33304E-02	-1.93911E-02
19	-2.33384E+00	9.41926E-03	4.32144E-02	-7.58408E-02	-2.03192E-02
20	0.00000E+00	0.00000E+00	4.64548E-02	-1.29558E-01	-3.93593E-02
21	-5.01680E+00	2.13842E-02	0.00000E+00	0.00000E+00	-3.48224E-02
22	-4.61709E+00	1.98519E-02	1.54624E-02	-1.96475E-02	-3.19850E-02
23	-3.50213E+00	1.53742E-02	2.78416E-02	-4.42481E-02	-2.48203E-02
24	-1.87894E+00	8.42104E-03	3.55065E-02	-7.44364E-02	-2.27532E-02
25	0.00000E+00	0.00000E+00	3.80375E-02	-1.08964E-01	-3.88341E-02

DELT= 0.00114045

DB(1)= -1.01212E+01

DB(76)= -1.01097E+01

118ページ : 入力データ。

119ページ : くり返し数=0 (NC=0) における曲げ線形解 $d_b^{(0)}$ とそれより得られる面内変位の第ゼロ近似解 $d_m^{(0)}$ ならびに収束解 (本計算の場合 NC=15 で収束)。

なお、NC=14 と NC=15 における解の相対誤差 (DELTA) が 0.00114 であり、入力データで指定した値 0.002 以下になっている。

文 献

- 1) 沢田 稔, 上田恒司: 北大演報, 25(1), 61-84(1967)
- 2) 平嶋義彦: 木材学会誌, 14(6), 317-323 (1968)
- 3) H. W. March: *U. S. Dept. Agr. Mimeo, No. 1312* (1942)
- 4) T. Kawai; N. Yoshimura: *Int. J. num. Meth. Engng.* 1, 123-133 (1969)
- 5) 川井忠彦, 吉村信敏: 生産研究, 20(8), 383-387 (1968)
- 6) 辻野哲司: 木材学会誌, 23(3), 168-172 (1977)
- 7) B. E. Greene: *Structural Analysis Research Memorandum, No. 45, The Boeing Company, Seattle* (1962)
- 8) 雨宮綾夫, 田口武夫: “数値解析と FORTRAN”, 丸善, 1971. p. 318-322.

Summary

The geometrically non-linear bending problem of axisymmetric plywood was analysed by author⁶⁾.

The basic theory adopted in the analysis was the finite element method based upon a displacement method. In the numerical-solution procedure, the iteration technique was applied. Comparative study with the results of the authors experiment justified the applicability of the proposed expression.

The object of this paper was to develop a computer program to determine the large deflection for anisotropic rectangular plate (containing plywood) under lateral load.

A listing of program, written in JIS FORTRAN was given, the input and output data for example plate were also presented.