

針着パネルの曲げ解析に関するプログラム

辻野哲司*

(1986年5月1日受理)

1. 緒 言

木質釘着パネルの曲げ変形挙動に関する理論的研究は、今までいくつか見られ、例えば Amana¹⁾、沢田²⁾らは4階微分方程式により、神谷³⁾は逐次近似法により解を得ている。

また有限要素法もこの種の問題解析に適しており、Polensek⁴⁾⁵⁾は栈木をI型梁一柱要素で、面材を長方形要素でモデル化するとともに、栈木の材料非線形性を考慮しながら増分法を適用して解析を、Thompson⁶⁾⁷⁾、Vanderbilt⁸⁾らは、栈木には層間迂りを有するT型梁要素を、面材には梁要素(スパン方向は栈木に直角)を適用して解析を行っている。一方筆者は、栈木を2層釘着梁要素で、面材を長方形要素でモデル化するとともに、釘の剪断力一迂り関係の非線形性を考慮した解析を試み比較的良い結果を得た⁹⁾¹⁰⁾。そこで本研究では、その際開発した計算プログラムについて報告する。

2. 解 析 方 法

2.1 剛性マトリックス

本研究では、栈木を2層釘着梁要素で、面材を長方形要素で分割している。従って、上記2つの剛性マトリックスを重ね合わせることにより、釘着パネルの剛性マトリックスが得られる。

2.1.1 栈木

栈木における2層釘着梁要素の剛性マトリックス \mathbf{k}_R は、次式で与えられる¹¹⁾。

$$\mathbf{k}_R = \begin{pmatrix} \mathbf{k}_{E_1 A_1} + \mathbf{k}_D & -\mathbf{k}_D & \mathbf{k}_C \\ -\mathbf{k}_D & \mathbf{k}_{E_2 A_2} + \mathbf{k}_D & -\mathbf{k}_C \\ \mathbf{k}_G & -\mathbf{k}_G & \mathbf{k}_{EI} + \mathbf{k}_J \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

ここに

$$\mathbf{k}_{E_i A_i} = \mathbf{B}^{-1T} \int_0^l \mathbf{I}'^T E_i A_i \mathbf{I}' dx \mathbf{B}^{-1} \quad (i = 1, 2)$$

$$\mathbf{k}_D = \mathbf{B}^{-1T} \int_0^l \mathbf{I}'^T \frac{K_{sR}}{a} \mathbf{I} dx \mathbf{B}^{-1}$$

$$\mathbf{k}_C = \mathbf{B}^{-1T} \int_0^l \mathbf{I}'^T \frac{h_1 + h_2}{2} \frac{K_{sR}}{a} \mathbf{H}' dx \mathbf{A}^{-1}$$

$$\mathbf{k}_G = \mathbf{A}^{-1T} \int_0^l \mathbf{H}'^T \frac{h_1 + h_2}{2} \frac{K_{sR}}{a} \mathbf{I} dx \mathbf{B}^{-1}$$

$$\left. \begin{aligned}
 \mathbf{k}_{BI} &= \mathbf{A}^{-1T} \int_0^l \mathbf{H}''^T (E_1 I_1 + E_2 I_2) \mathbf{H}'' dx \mathbf{A}^{-1} \\
 \mathbf{k}_J &= \mathbf{A}^{-1T} \int_0^l \mathbf{H}'^T \frac{(h_1 + h_2)^2}{4} \frac{K_s r}{a} \mathbf{H}' dx \mathbf{A}^{-1} \\
 \mathbf{H} &= [1 \ x \ x^2 \ x^3], \quad \mathbf{I} = [1 \ x] \\
 \mathbf{A}^{-1} &= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -3/l^2 & 2/l & 3/l^2 & 1/l \\ 2/l^3 & -1/l^2 & -2/l^3 & -1/l^2 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B}^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/l & 1/l \end{pmatrix}
 \end{aligned} \right\} (2.2)$$

E_1, E_2 : 繊維方向曲げヤング係数, h_1, h_2 : 材せい

A_1, A_2 : 断面積, I_1, I_2 : 断面2次モーメント

K_s : 送り係数, r : 釘列数, a : 釘間隔

l : 梁要素の長さ, 下添字 1, 2 はそれぞれ上部材, 下部材を示す。

2.1.2 面材

a) 曲げ剛性について

曲げ剛性に関しては, 次の変位関数を用いる。

$$\begin{aligned}
 w &= \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 x^2 + \alpha_5 xy + \alpha_6 y^2 + \alpha_7 x^3 \\
 &\quad + \alpha_8 x^2 y + \alpha_9 xy^2 + \alpha_{10} y^3 + \alpha_{11} x^3 y + \alpha_{12} xy^3
 \end{aligned} \quad (2.3)$$

この時, 剛性マトリックス \mathbf{k}_B は次式で与えられる。

$$\mathbf{k}_B = \mathbf{C}_a^{-1T} \int_A \mathbf{P}_a^T \mathbf{D}_a \mathbf{P}_a dA \mathbf{C}_a^{-1} \quad (2.4)$$

ここに \mathbf{P}_a は要素内, 任意の点 x, y から成る 3 行 12 列のマトリックスを, \mathbf{D}_a はモーメントと曲率との間の関係を示す 3 行 3 列のマトリックスである。また

$$\mathbf{C}_a = [\mathbf{C}_{ai} \ \mathbf{C}_{aj} \ \mathbf{C}_{ak} \ \mathbf{C}_{al}]^T$$

であり, \mathbf{C}_{ai} は節点座標 i により定まる 3 行 12 列のマトリックスを表わす。なお, $\mathbf{C}_{aj}, \mathbf{C}_{ak}, \mathbf{C}_{al}$ についても同様の定義がなされる。

b) 面内剛性について

椽木 (2 層釘着梁要素) における節点の自由度との関係から, 長方形要素の面内剛性も考慮し, 次の変位関数を用いる。

$$\begin{cases} u = \beta_1 + \beta_2 x + \beta_3 y + \beta_4 xy \\ v = \beta_5 + \beta_6 x + \beta_7 y + \beta_8 xy \end{cases} \quad (2.5)$$

ここに, 要素の剛性マトリックス \mathbf{k}_P は

$$\mathbf{k}_P = h_1 \mathbf{C}_b^{-1T} \int_A \mathbf{P}_b^T \mathbf{D}_b \mathbf{P}_b dA \mathbf{C}_b^{-1} \quad (2.6)$$

で与えられる。なお \mathbf{P}_b は要素内任意の点 x, y から成る 3 行 8 列のマトリックスを, \mathbf{D}_b は応力-歪間の関係を示す 3 行 3 列のマトリックスである。また

$$\mathbf{C}_b = [\mathbf{C}_{bi} \ \mathbf{C}_{bj} \ \mathbf{C}_{bk} \ \mathbf{C}_{bl}]^T$$

であり, \mathbf{C}_{bi} は節点座標 i により定まる 3 行 8 列のマトリックスを示す。なお, $\mathbf{C}_{bj}, \mathbf{C}_{bk}, \mathbf{C}_{bl}$ についても同様の定義がなされる。

ここにおいて, 釘着パネルの剛性マトリックス \mathbf{k} は

$$\mathbf{k} = \mathbf{k}_R + \mathbf{k}_B + \mathbf{k}_P \quad (2.7)$$

で与えられる。なお1節点(例えば*i*)の自由度は次のとおりである。

$$d_i = [u_{i1} \ v_{i1} \ w_{i1} \ \theta_{xi1} \ \theta_{yi1} \ u_{i2}]^T \quad (2.8)$$

ここに、*u* : *x* 方向変位、*v* : *y* 方向変位、*w* : *z* 方向変位、 θ_x : *x* 軸まわりの回転角、 θ_y : *y* 軸まわりの回転角を表わす。また下添字1, 2は2.1.1節で定義したものと同じである。

2.2 迂り係数

負荷の増とともに釘着部位により変わっていく迂り係数 K_s を考慮するには、釘の剪断力—迂り関係を式で表わす必要がある、それには連分数が適切であることを既に報告した。そこで本研究ではこの近似式の概要について記述する。

釘の剪断力 P を迂り量 s に関する連分数で表わすと次のようになる。

$$P = f(s) = s \left(\begin{array}{l} r_0 + \frac{1}{s^n} \\ r_1 + \frac{s^n}{s^n} \\ r_2 + \frac{s^n}{s^n} \\ \vdots \end{array} \right) \quad (2.9)$$

ここに、 n は任意の値である。

(2.9) 式において、今 r_0 まで取れば次式を得る。

$$P = s \frac{c_1 + c_2 s^n + c_3 s^{2n} + c_4 s^{3n}}{c_0 + c_5 s^n + c_6 s^{2n} + c_7 s^{3n}} \quad (2.10)$$

ここに $c_0, c_1 \dots c_7$ は未知係数である。ところで n は任意の値であるので $n=1$ とし、さらに未知数を1つ減らすために、 c_0 に強制的に1を与えると(2.10)式は次のように書きかえられる。

$$P = \frac{c_1 s + c_2 s^2 + c_3 s^3 + c_4 s^4}{1 + c_5 s + c_6 s^2 + c_7 s^3} \quad (2.11)$$

ここで、上式に P および s の補正值として $\Delta P, \Delta s$ を与え書き直すと

$$P = \frac{c_1(s + \Delta s) + c_2(s + \Delta s)^2 + c_3(s + \Delta s)^3 + c_4(s + \Delta s)^4}{1 + c_5(s + \Delta s) + c_6(s + \Delta s)^2 + c_7(s + \Delta s)^3} + \Delta P \quad (2.12)$$

さらに、(2.12)式を変形して

$$\begin{aligned} s_0 c_1 + s_0^3 c_2 + s_0^5 c_3 + s_0^7 c_4 - P_0 s_0^2 c_5 \\ - P_0 s_0^4 c_6 - P_0 s_0^6 c_7 = P_0 \end{aligned} \quad (2.13)$$

ここに $s_0 = s + \Delta s, P_0 = P - \Delta P$

そこで、釘の剪断力—迂りに関する実測値から任意の7点を選び、7元連立一次方程式を解けば、未知数 $c_1, c_2 \dots c_7$ が得られる。なお、 $\Delta s, \Delta P$ は試行錯誤的に与えることにする。従って、迂り係数 K_{st} は(2.12)式の接線の勾配と定義しているので

$$K_{st} = \frac{c_1 + 2c_2 s_0 + 3c_3 s_0^2 + 4c_4 s_0^3}{1 + c_5 s_0 + c_6 s_0^2 + c_7 s_0^3} + \frac{(c_1 s_0 + c_2 s_0^2 + c_3 s_0^3 + c_4 s_0^4)(c_5 + 2c_6 s_0 + 3c_7 s_0^2)}{(1 + c_5 s_0 + c_6 s_0^2 + c_7 s_0^3)^2} \quad (2.14)$$

となる。

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、プログラムリストとその概要を述べる。

```

C  ** BAND MATRIX **
C  EMX(M), EMY(M)...GXY(M) : CONSTANT VALUE OF FLANGE(BENDING)
C  EXT, EYT...GTXY          : CONSTANT VALUE OF FLANGE(TENSION)
C  EXB(M), EXT(M)...BR(M)   : CONSTANT VALUE OF RIB
C  EXB(M) : BENDING  EXT(M) : TENSION, BR(M) : BREADTH
C  SK(I) : SLIP MODULUS, SPACE(I) : NAIL SPACE, ROW(I) : NAIL ROW
C  MAT=1 (NCON(NELM, 4)=1), MAT=3 (NCON(NELM, 4)=1, 2, 3)
COMMON NODT, NELT, BAIN, MUD, NDIM1, IJJ, N, M, NOEE, MM, ABZ1(20)
COMMON EMX(10), EMY(10), POX(10), POY(10), GXY(10), IEP(170)
COMMON X(170), Y(170), Z(170), IXD(170), IYD(170), IZD(170), ISXD(170)
COMMON SM(24, 24), ESM(12, 12), ESPL(8, 8), K1(24), IXDD(170), ISYD(170)
COMMON LAKOM(100, 5), D(5, 3, 3), CD(100, 3, 3), A(50000)
COMMON LCON(100, 4, 2), NCON(100, 4), EI(5), EA(5, 3), H(5), TH(100)
COMMON AA(12, 12), BK(12, 12), TB(12, 12), IND(24), MAT, NUM, JAL(4, 2)
COMMON EXB(5, 3), EXT(5, 3), GK(5, 3), BR(5, 3), NB, NEND, NM, MX, NLOAD
COMMON TPZ, RAB, NCAL, DELTX, DELTP, SLIP1, NST, UPPER, NREPR, MEND
COMMON EXC, EYT, PTX, PTY, GTXY, T(5), TA(600), XV(25), AV(25)
COMMON SK1(5), SPACE1(5), ROW1(5), SK(50, 4), SPACE(50, 4), ROW(50, 4)
COMMON IB1(20), ABX(20), ABY(20), ABZ(20), ABSX(20), ABSY(20), ABXX(20)
C
C  READ(5, 100) NODT, NELT, NUM, MAT, MUD, MEND, NREPR, MCAL
100 FORMAT(1615)
C
C  CALL INPUT
C
C  DO 500 NST=1, MEND
C
C  410 MM=MUD+1
      NM=N*MM-MM*MUD/2
C
C  DO 300 L=1, NM
300 A(L)=0.0
C
C  DO 105 M=1, NELT
C
C  CALL BCONDI
C
C  CALL ESMAT
C  CALL ESMPL
C  CALL RIB
C
C  CALL STORE
C
C  105 CONTINUE
C
C  IF(MUD.GE.MX) GO TO 405
      MUD=MX
      GO TO 410

```

```

405 NB=NM+1
    NEND=NM+N
C
    CALL LOAD
C
    NP1=N-1
    IF(MUD.LE.NP1) GO TO 3000
    WRITE(6,3001)
3001 FORMAT(8X,'MUD SPECIFIED GREATER THAN ALLOWABLE')
    GO TO 999
C
3000 CALL CHOLES
    CALL OUTPUT
C
    ZZ=TA(NREPR)
    IF(ABS(ZZ).GT.ABS(UPPER)) GO TO 999
500 CONTINUE
999 STOP
    END

```

このプログラムの概要は次のとおりである。NODT：節点数（170以下とする）、NELT：要素数（100以下とする）、NUM：パネル構成部材数、片面パネルであるから（面材、栈木）2を与える。MAT：層間迂りにおける変数（迂り係数、釘間隔、釘列数）の指定に関するインデックス、本研究では $MAT = 1$ 。MUD：半バンド幅、本研究では $MUD = 5$ にしておく心安心。MEND：変形段階を表わし、1ステージから MEND ステージまで計算を行う。NREPR：節点 n の z 方向の荷重を代表荷重に選ぶので、 $NREPR = 6n - 3$ とする。NCAL：103ページ（2.12）式における係数 $c_1, c_2 \dots c_7$ の数であるから $NCAL = 7$ となる。

INPUT：入力データの読み込み、および読み込んだ結果の印刷を行う。

A(L)：全体剛性マトリックスのための記憶表。本計算における変数Aの最大容量はA(50000)である。

BCONDI：境界条件の設定を行う。

ESMAT：面材の曲げ剛性マトリックス k_B の作成を行う。

ESMPL：面材の面内剛性マトリックス k_P の作成を行う。

RIB：栈木（2層釘着梁要素）の剛性マトリックス k_R を作成する。

STORE：本プログラムでは、全体剛性マトリックスをバンドマトリックス法で解くが、その際、要素の剛性マトリックスを、変数A(L)の適切な場所に入れる操作を行う。

LOAD：荷重条件の設定を行う。

CHOLES：バンドマトリックス法で未知節点変位を求める。

OUTPUT：計算結果の印刷と次ステージの迂り係数の算定を行う。

UPPER：指定した節点における z 方向荷重の上限値。

3.2 サブルーチンプログラム

つぎの106～127ページまではサブルーチンに関するプログラムである。これらの概要はすでに述べてあるので詳細な説明は省略するが、入力データの読み込みを行う INPUT についてのみ、変数等の説明を3.2.1に載せておく。

SUBROUTINE INPUT

```

C
COMMON  NODT,NELT,BAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NOEE,MM,ABZ1(20)
COMMON  EMX(10),EMY(10),POX(10),POY(10),GXY(10),IEP(170)
COMMON  X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON  SM(24,24),ESM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON  KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
COMMON  LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),EA(5,3),H(5),TH(100)
COMMON  AA(12,12),RK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON  FXR(5,3),EXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NB,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON  TPZ,RAB,NCAL,DELTX,DELTP,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON  FXC,FYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
COMMON  SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON  IB1(20),ABX(20),ABY(20),ABZ(20),ABSX(20),ABSY(20),ABXX(20)

C
NDIM1=50000
NOEE=24
MX=1
N=0
MAXM=0
TPZ=0.

C
11 FORMAT(16I5)
15 FORMAT(5F15.6)
26 FORMAT(8F10.0)

C
DO 20 I=1,NELT
  READ(5,11) L,(KAKOM(L,J),J=1,5)
  KAKOM(L,5)=KAKOM(L,5)+1
  IF(KAKOM(L,5).GT.MAXM) MAXM=KAKOM(L,5)
20 CONTINUE

C
WRITE(6,355)
355 FORMAT(1H0,5HNODE.,2X,3HIXR,2X,3HIYR,2X,3HIZR,1X,4HISXR,
#      1X,4HISYR,1X,4HIXRR,6X,4HX(I),6X,4HY(I),2X,3HIEP )

C
READ(5,26)  RAIY,RAIY,UPPER,RAB,BAIN

C
DO 30 I=1,NODT
  READ(5,25) L,IXR,IYR,IZR,ISXR,ISYR,IXRR,X(L),Y(L),IS
25 FORMAT(13,1X,6I1,2F10.0,15)
  IEP(L)=IS
  IF(IXR) 205,206,205
206 N=N+1
  IXD(L)=N
  GO TO 207
205 IXD(L)=NDIM1
207 IF(IYR) 208,209,208
209 N=N+1
  IYD(L)=N
  GO TO 210
208 IYD(L)=NDIM1
210 IF(IZR) 305,306,305
306 N=N+1
  IZD(L)=N
  GO TO 307

305 IZD(L)=NDIM1
307 IF(ISXR) 308,309,308
309 N=N+1
  ISXD(L)=N

```

```

GO TO 310
308 ISXD(L)=NDJM1
310 IF(ISYR) 311,312,311
312 N=N+1
    ISYD(L)=N
    GO TO 520
311 ISYD(L)=NDJM1
520 IF(IXRR) 521,522,521
522 N=N+1
    IXDD(L)=N
    GO TO 35
521 IXDD(L)=NDJM1
    35 CONTINUE
    X(L)=X(L)*RAIX
    Y(L)=Y(L)*RAIY
C
    WRITE(6,322) L,IXR,IYR,IZR,ISXR,ISYR,IXRR,X(L),Y(L),IEP(L)
322 FORMAT(1H,7I5,2F10.2,I5)
C
    30 CONTINUE
C
    DO 315 I=1,MAXM
    READ(5,26) EMX(I),EMY(I),POX(I),POY(I),GXY(I),T(I)
315 CONTINUE
    READ(5,26) FXC,EYT,PTX,PTY,GTXY
    DO 351 I=1,MAT
    DO 351 J=1,NUM
351 READ(5,26) BR(I,J),EXR(I,J),EXT(I,J),GK(I,J)
    READ(5,26) H(I),I=1,3)
    DO 352 I=1,MAT
352 READ(5,28) SK1(I),SPACE1(I),ROW1(I)
    28 FORMAT(8F10.2)
    DO 360 K4=1,NELT
360 READ(5,11) M,((LCQN(M,IL,JL),JL=1,2),IL=1,4 )
    DO 365 K5=1,NELT
365 READ(5,11) M,((NCON(M,IN),IN=1,4 )
C
C
    WRITE(6,65) NODT,NELT,NUM,MAT,MUD,MEND,NRFRPR,NCAL
    65 FORMAT(1H0,'NODT=',I3,3X,'NELT=',I3,3X,'NUM=',I2,3X,'MAT=',I2,3X
    *      ',MUD=',I3,3X,'MEND=',I3,3X,'NRFRPR=',I3,3X,'NCAL=',I2)
    WRITE(6,70)
    70 FORMAT(1H0,1X,4HELEM,3X,14HKAKOM(I,J,K,L),5X,3HMAT)
    DO 71 I=1,NELT
    71 WRITE(6,72) I,(KAKOM(I,J),J=1,5)
    72 FORMAT(1H,6I5)
    WRITE(6,73)
    73 FORMAT(1H0,3HNO.,5X,3HEMX,11X,3HEMY,11X,2HPX,11X,2HPY,12X,3HGXY)
    WRITE(6,74) (I,EMX(I),EMY(I),POX(I),POY(I),GXY(I),T(I),I=1,MAXM)
    74 FORMAT(1H,I3,1P6E14.5)
    WRITE(6,75)
    75 FORMAT(1H0,2X,3HNUM,5X,6HEXB(I),5X,6HEXT(I),6X,5HGK(I),
    *      6X,5HBR(I) )
    DO 77 I=1,MAT
    DO 77 J=1,NUM
C
    77 WRITE(6,78) J,EXB(I,J),EXT(I,J),GK(I,J),BR(I,J)
    78 FORMAT(1H,I5,4F11.3 )
    WRITE(6,83)
    83 FORMAT(1H0,2X,3HNUM,8X,4HH(I) )
    WRITE(6,84) (I,H(I),I=1,3 )
    84 FORMAT(1H,I5,5X,F10.5 )
C

```

```

DO 320 NE=1,NELT
DO 320 I=1,3
DO 320 J=1,3
320 CD(NE,I,J)=0.0
DO 321 I=1,MAXM
DO 321 J=1,3
DO 321 K=1,3
321 D(I,J,K)=0.0
C
DO 325 I=1,MAXM
V=1.0-POX(I)*POY(I)
D(I,1,1)=EMX(I)/V
D(I,1,2)=POX(I)*EMY(I)/V
D(I,2,1)=D(I,1,2)
D(I,2,2)=EMY(I)/V
D(I,3,3)=GXY(I)
325 CONTINUE
C
DO 350 NE=1,NELT
I=KAKOM(NE,5)
DO 350 J=1,3
DO 350 K=1,3
CD(NE,J,K)=D(I,J,K)
TH(NE)=T(I)
350 CONTINUE
WRITE(6,3) N
3 FORMAT(1H0,10HN (INPUT)=,13)
C
DO 370 I=1,MAT
FI(I)=0.
DO 370 J=1,NUM
HM=H(J+1)-H(J)
TI = BR(I,J)*HM**3/12.
FI(I)=FI(I)+TI*EXB(I,J)
370 FA(I,J)=EXT(I,J)*BR(I,J)*(H(J+1)-H(J))
WRITE(6,374)
374 FORMAT(1H0,'ELEMENT AND LCON(M,IL,JL) NCON(M,I)')
DO 375 M=1,NELT
375 WRITE(6,378) M,((LCON(M,I,J),J=1,2),I=1,4),(NCON(M,K),K=1,4)
378 FORMAT(1H ,5X,15,5X,815,5X,415 )
WRITE(6,379)
379 FORMAT(1H0,2X,3HMAT,2X,3HNUM,10X,5HEI(I),8X,7HEA(I,J))
DO 380 I=1,MAT
WRITE(6,381) I,FI(I)
DO 380 J=1,NUM
WRITE(6,382) J,FA(I,J)
380 CONTINUE
381 FORMAT(1H ,15,5X,1PE15.2 )
382 FORMAT(1H ,110,15X,F15.5 )
C
DO 385 M=1,NELT
DO 385 I=1,4

SK(M,I)=0.
SPACE(M,I)=0.
385 ROW(M,I)=0.
C
DO 386 M=1,NELT
DO 386 I=1,4
IC=NCON(M,I)
IF(IC.EQ.0) GO TO 386
SK(M,I)=SK1(IC)
SPACE(M,I)=SPACE1(IC)

```



```

386 ROW(M,I)=ROW1(IC)
C
  WRITE(6,387)
387 FORMAT(1H0,'NELM',5X,'I',4X,'SK(M,I)',1X,'SPACE(M,I)',3X
*      , 'ROW(M,I)')
  DO 390 M=1,NELT
  DO 390 I=1,4
  IC=NCON(M,I)
  IF(IC.EQ.0) GO TO 390
  WRITE(6,388) M,I,SK(M,I),SPACE(M,I),ROW(M,I)
388 FORMAT(1H ,2I5,1P3F11.2)
390 CONTINUE
C
  READ(5,400) NLOAD
400 FORMAT(I5,6F10.0)
C
  WRITE(6,405)
405 FORMAT(1H0,'4HNODE',3X,'X-FORCE',3X,'Y-FORCE',3X,'Z-FORCE',1X,
*      'SX-MOMENT',1X,'SY-MOMENT',2X,'XX-FORCE' )
  DO 411 L=1,NLOAD
  READ(5,400) IB1(L),ABX(L),ABY(L),ABZ(L),ABSX(L),ABSY(L),ABXX(L)
  WRITE(6,410) IB1(L),ABX(L),ABY(L),ABZ(L),ABSX(L),ABSY(L),ABXX(L)
  ABZ1(L)=ABZ(L)
410 FORMAT(1H ,I4,6F10.2)
411 CONTINUE
  N6=6*NLOAD
  DO 415 I=1,N6
415 TA(I)=0.
C
  READ(5,15) (AV(I),I=1,NCAL)
  READ(5,26) (XV(I),I=1,NCAL)
  READ(5,26) SLIP1,DELTX,DELTP
  WRITE(6,430)
430 FORMAT(1H0,1X,'NCAL',6X,'AV(I)',7X,'XV(I)')
  WRITE(6,435) (I,AV(I),XV(I),I=1,NCAL)
435 FORMAT(1H ,I5,1PE15.5,5X,0PE9.2 )
  WRITE(6,440) NREPR,UPPER,RAB,SLIP1,DELTX,DELTP
440 FORMAT(1H0,'NREPR=',I3,10X,'UPPER=',F8.2,10X,'RAB=',F5.1/1H ,
*      'SLIP1=',F8.2,10X,'DELTX=',F8.2,10X,'DELTP=',F8.2 )
C
  RETURN
  END

SUBROUTINE BCONDI
C
COMMON NODT,NELT,RAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NDOE,MM,ARZ1(20)
COMMON FMX(10),FMY(10),POX(10),PUY(10),GXY(10),IFP(170)
COMMON X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON SM(24,24),FSM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
COMMON LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),EA(5,3),H(5),TH(100)
COMMON AA(12,12),BK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON EXB(5,3),EXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NB,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON TPZ,RAB,NCAL,DELTX,DELTP,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON EXC,EYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
COMMON SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON IB1(20),ABX(20),ABY(20),ABZ(20),ABSX(20),ABSY(20),ABXX(20)
C
  II=KAKOM(M,1)
  JJ=KAKOM(M,2)
  KK=KAKOM(M,3)
  LL=KAKOM(M,4)

```

```

K1(1)=IXD(II)
K1(2)=IYD(II)
K1(3)=IZD(II)
K1(4)=ISXD(II)
K1(5)=ISYD(II)
K1(6)=IXDD(II)
K1(7)=IXD(JJ)
K1(8)=IYD(JJ)
K1(9)=IZD(JJ)
K1(10)=ISXD(JJ)
K1(11)=ISYD(JJ)
K1(12)=IXDD(JJ)
K1(13)=IXD(KK)
K1(14)=IYD(KK)
K1(15)=IZD(KK)
K1(16)=ISXD(KK)
K1(17)=ISYD(KK)
K1(18)=IXDD(KK)
K1(19)=IXD(LL)
K1(20)=IYD(LL)
K1(21)=IZD(LL)
K1(22)=ISXD(LL)
K1(23)=ISYD(LL)
K1(24)=IXDD(LL)

```

C
C

```

DO 90 LP=1,NOEE
DO 90 MP=LP,NOEE
IF((K1(LP).GE.NDIM1).OR.(K1(MP).GE.NDIM1)) GO TO 90
MDI=K1(LP)-K1(MP)
IF(MDI) 75,76,76
75 MDJ=-MDI
76 IF(MDI-MX) 90,90,85
85 MX=MDI
90 CONTINUE
RETURN
END

```

C
C

SUBROUTINE ESMAT

```

COMMON NODT,NELT,PAIN,MID,NDIM1,IJJ,N,M,NOEF,MM,ABZ1(20)
COMMON FMX(10),FMY(10),POX(10),POY(10),GXY(10),IEP(170)
COMMON X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON SM(24,24),FSM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON KAKOM(100,5),D(5,3,3), CU(100,3,3), A(50000)
COMMON LCON(100,4,2), NCON(100,4),EI(5), FA(5,3), H(5), TH(100)
COMMON AA(12,12),PK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON FXR(5,3), EXT(5,3), GK(5,3), BR(5,3),NB,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON TP2,RAB,NCAL,DELTX,DELT,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON FXC,EYT,PTY,PTY,GTXY,T(5),TA(600), XV(25),AV(25)
COMMON SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON IBI(20),ABX(20),ABY(20),ABZ(20),ABSX(20),ABSY(20),ABXX(20)

```

C

```

II=KAKOM(M,1)
JJ=KAKOM(M,2)
KK=KAKOM(M,3)
LL=KAKOM(M,4)
XI=X(II)
XJ=X(JJ)
XK=X(KK)
XL=X(LL)

```

```

YI=Y(II)
YJ=Y(JJ)
YK=Y(KK)
YL=Y(LL)
C
C
XJ1=XJ-XI
YL1=YL-YI
XJ2=XJ**2-XI**2
YL2=YL**2-YI**2
XJ3=XJ**3-XI**3
YL3=YL**3-YI**3
C
71=XJ1*YL1
ZX=XJ2*YL1/2.0
ZY=XJ1*YL2/2.0
ZXY=XJ2*YL2/4.0
ZX2=XJ3*YL1/3.0
ZY2=XJ1*YL3/3.0
ZX2Y=XJ3*YL2/6.0
ZX2Y2=XJ2*YL3/6.0
ZX2Y2=XJ3*YL3/9.0
ZX3=(XJ**4-XI**4)*YL1/4.0
ZX3Y=(XJ**4-XI**4)*YL2/8.0
ZX3Y3=XJ2*(YL**4-YI**4)/8.0
ZY3=XJ1*(YL**4-YI**4)/4.0
ZX4=(XJ**5-XI**5)*YL1/5.0
ZY4=XJ1*(YL**5-YI**5)/5.0
C
DO 2150 I=1,12
DO 2150 J=1,12
2150 BK(I,J)=0.0
BK(4,4)=4.0*CD(M,1,1)*71
BK(4,5)=-4.0*CD(M,1,3)*Z1
BK(4,6)=4.0*CD(M,1,2)*Z1
BK(4,7)=12.0*CD(M,1,1)*ZX
BK(4,8)=4.0*CD(M,1,1)*ZY-8.0*CD(M,1,3)*ZX
BK(4,9)=4.0*CD(M,1,2)*ZX-8.0*CD(M,1,3)*ZY
BK(4,10)=12.0*CD(M,1,2)*ZY
BK(4,11)=12.0*CD(M,1,1)*ZXY-12.0*CD(M,1,3)*ZX2
BK(4,12)=12.0*CD(M,1,2)*ZXY-12.0*CD(M,1,3)*ZY2
BK(5,5)=4.0*CD(M,3,3)*Z1
BK(5,6)=-4.0*CD(M,2,3)*Z1
BK(5,7)=-12.0*CD(M,1,3)*ZX
BK(5,8)=8.0*CD(M,3,3)*ZX-4.0*CD(M,1,3)*ZY
BK(5,9)=8.0*CD(M,3,3)*ZY-4.0*CD(M,2,3)*ZX
BK(5,10)=-12.0*CD(M,2,3)*ZY
BK(5,11)=12.0*CD(M,3,3)*ZX2-12.0*CD(M,1,3)*ZXY
BK(5,12)=12.0*CD(M,3,3)*ZY2-12.0*CD(M,2,3)*ZXY
BK(6,6)=4.0*CD(M,2,2)*Z1
BK(6,7)=12.0*CD(M,1,2)*ZX
BK(6,8)=4.0*CD(M,1,2)*ZY-8.0*CD(M,2,3)*ZX
BK(6,9)=4.0*CD(M,2,2)*ZX-8.0*CD(M,2,3)*ZY
BK(6,10)=12.0*CD(M,2,2)*ZY
BK(6,11)=12.0*CD(M,1,2)*ZXY-12.0*CD(M,2,3)*ZX2
BK(6,12)=12.0*CD(M,2,2)*ZXY-12.0*CD(M,2,3)*ZY2
BK(7,7)=36.0*CD(M,1,1)*ZX2
BK(7,8)=12.0*CD(M,1,1)*ZXY-24.0*CD(M,1,3)*ZX2
BK(7,9)=12.0*CD(M,1,2)*ZX2-24.0*CD(M,1,3)*ZXY
BK(7,10)=36.0*CD(M,1,2)*ZXY
BK(7,11)=36.0*CD(M,1,1)*ZX2Y-36.0*CD(M,1,3)*ZX3
BK(7,12)=36.0*CD(M,1,2)*ZX2Y-36.0*CD(M,1,3)*ZXY2

```

```

BK(8,8)=4.0*CD(M,1,1)*ZY2+16.0*CD(M,3,3)*ZX2-16.0*CD(M,1,3)*ZXY
BK(8,9)=4.0*CD(M,1,2)*ZXY+16.0*CD(M,3,3)*ZXY-8.0*CD(M,2,3)*ZX2
1  -8.0*CD(M,1,3)*ZY2
BK(8,10)=12.0*CD(M,1,2)*ZY2-24.0*CD(M,2,3)*ZXY
BK(8,11)=12.0*CD(M,1,1)*ZXY2+24.0*CD(M,3,3)*ZX3
2  -36.0*CD(M,1,3)*ZX2Y
BK(8,12)=12.0*CD(M,1,2)*ZXY2+24.0*CD(M,3,3)*ZXY2
3  -24.0*CD(M,2,3)*ZX2Y-12.0*CD(M,1,3)*ZY3
BK(9,9)=4.0*CD(M,2,2)*ZX2+16.0*CD(M,3,3)*ZY2-16.0*CD(M,2,3)*ZXY
BK(9,10)=12.0*CD(M,2,2)*ZXY-24.0*CD(M,2,3)*ZY2
BK(9,11)=12.0*CD(M,2,1)*ZX2Y+24.0*CD(M,3,3)*ZX2Y
3  -12.0*CD(M,2,3)*ZX3-24.0*CD(M,1,3)*ZXY2
BK(9,12)=12.0*CD(M,2,2)*ZX2Y+24.0*CD(M,3,3)*ZY3
1  -36.0*CD(M,2,3)*ZXY2
BK(10,10)=36.0*CD(M,2,2)*ZY2
BK(10,11)=36.0*CD(M,2,1)*ZXY2-36.0*CD(M,2,3)*ZX2Y
BK(10,12)=36.0*CD(M,2,2)*ZXY2-36.0*CD(M,2,3)*ZY3
BK(11,11)=36.0*CD(M,1,1)*ZX2Y2+36.0*CD(M,3,3)*ZX4
2  -72.0*CD(M,1,3)*ZX3Y
BK(11,12)=36.0*CD(M,1,2)*ZX2Y2+36.0*CD(M,3,3)*ZX2Y2
3  -36.0*CD(M,1,3)*ZXY3-36.0*CD(M,2,3)*ZX3Y
BK(12,12)=36.0*CD(M,2,2)*ZX2Y2+36.0*CD(M,3,3)*ZY4
4  -72.0*CD(M,2,3)*ZXY3
C
DO 2250 J=4,11
IJ=J+1
DO 2250 K=IJ,12
BK(K,J)=BK(J,K)
2250 CONTINUE
C
THICK3 = TH(M)**3/12.
DO 2251 I=1,12

DO 2251 J=1,12
2251 BK(I,J)=BK(I,J)*THICK3
C
DO 101 I=1,12
DO 101 J=1,12
AA(I,J)=0.0
FSM(I,J)=0.0
101 CONTINUE
DO 22 I=1,24
DO 22 J=1,24
22 SM(I,J)=0.0
C
NA=1
C
DO 210 I=1,4
II=KAKPM(M,I)
XI=X(II)
YI=Y(II)
C
AA(NA,1)=1.0
AA(NA,2)=XI
AA(NA,3)=YI
AA(NA,4)=XI**2
AA(NA,5)=XI*YI
AA(NA,6)=YI**2
AA(NA,7)=XI**3
AA(NA,8)=XI**2*YI
AA(NA,9)=XI*YI**2
AA(NA,10)=YI**3

```

```

AA(NA,11)=X1**3*Y1
AA(NA,12)=X1*Y1**3
NA=NA+1
AA(NA,3)=+1.0
AA(NA,5)=+X1
AA(NA,6)=+2.0*Y1
AA(NA,8)=+X1**2
AA(NA,9)=+2.0*X1*Y1
AA(NA,10)=+3.0*Y1**2
AA(NA,11)=+X1**3
AA(NA,12)=+3.0*X1*Y1**2
NA=NA+1
AA(NA,2)=-1.0
AA(NA,4)=-2.0*X1
AA(NA,5)=-Y1
AA(NA,7)=-3.0*X1**2
AA(NA,8)=-2.0*X1*Y1
AA(NA,9)=-Y1**2
AA(NA,11)=-3.0*X1**2*Y1
AA(NA,12)=-Y1**3
NA=NA+1
210 CONTINUE
C
C
C
NN=12
DO 102 K=1,NN
102 IND(K)=K
DO 103 K=1,NN

W=0.0
DO 104 I=K,NN
IF(ABS(AA(I,1)),LE,W) GO TO 104
W=ABS(AA(I,1))
IR=I
104 CONTINUE
IF(IR.EQ,K) GO TO 106
DO 107 J=1,NN
W=AA(K,J)
AA(K,J)=AA(IR,J)
107 AA(IR,J)=W
MP=IND(K)
IND(K)=IND(IR)
IND(IR)=MP
106 W=AA(K,1)
NN1=NN-1
DO 108 J=1,NN1
108 AA(K,J)=AA(K,J+1)/W
AA(K,NN)=1.0/W
DO 109 I=1,NN
IF(I.EQ,K) GO TO 109
W=AA(I,1)
DO 110 J=1,NN1
110 AA(I,J)=AA(I,J+1)-W*AA(K,J)
AA(I,NN)=-W*AA(K,NN)
109 CONTINUE
103 CONTINUE
DO 111 K=1,NN1
IF(K.EQ,IND(K)) GO TO 111
KU=K+1
DO 112 I=KU,NN
IF(K,NE,IND(I)) GO TO 112
IR=I

```

```

GO TO 114
112 CONTINUE
114 DO 115 J=1,NN
    W=AA(J,K)
    AA(J,K)=AA(J,IR)
115 AA(J,IR)=W
    IND(IR)=IND(K)
    IND(K)=K
111 CONTINUE
C
C
DO 2750 I=1,12
DO 2750 J=1,12
2750 TB(I,J)=0.0
C
DO 2800 I=1,12
DO 2800 J=1,12
GT=BK(I,1)*AA(1,J)+BK(I,2)*AA(2,J)+BK(I,3)*AA(3,J)
1 +BK(I,4)*AA(4,J)+BK(I,5)*AA(5,J)+BK(I,6)*AA(6,J)
TB(I,J)=GT+BK(I,7)*AA(7,J)+BK(I,8)*AA(8,J)+BK(I,9)*AA(9,J)
2 +BK(I,10)*AA(10,J)+BK(I,11)*AA(11,J)+BK(I,12)*AA(12,J)
GT=0.0
2800 CONTINUE
C
DO 3800 I=1,12
DO 3800 J=1,12

ABCD=AA(1,I)*TB(1,J)+AA(2,I)*TB(2,J)
1 +AA(3,I)*TB(3,J)+AA(4,I)*TB(4,J)
ABCD=ABCD+AA(5,I)*TB(5,J)+AA(6,I)*TB(6,J)
2 +AA(7,I)*TB(7,J)+AA(8,I)*TB(8,J)
FSM(I,J)= ABCD+AA(9,I)*TB(9,J)+AA(10,I)*TB(10,J)
3 +AA(11,I)*TB(11,J)+AA(12,I)*TB(12,J)
ABCD=0.0
3800 CONTINUE
C
C
C
I=1
JA=3
35 JB=JA+2
DO 50 J=JA,JB
IA=1
KA=3
25 CONTINUE
KB=KA+2
DO 30 K=KA,KB
SM(J,K)=FSM(I,IA)
IA=IA+1
30 CONTINUE
KA=KA+6
IF(KA.GT.24) GO TO 20
GO TO 25
20 I=I+1
50 CONTINUE
JA=JA+6
IF(JA.GT.24) GO TO 51
GO TO 35
C
51 CONTINUE
C
C
C

```

```

RETURN
END

```

```

C
C
C
SUBROUTINE ESMPL

```

```

COMMON  NODT,NELT,RAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NDEE,MM,ABZ1(20)
COMMON  FMX(10),EMY(10),POX(10),POY(10),GXY(10),IFP(170)
COMMON  X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON  SM(24,24),ESM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON  KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
COMMON  LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),FA(5,3),H(5),TH(100)
COMMON  AA(12,12),BK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON  EXR(5,3),EXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NR,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON  TPZ,RAR,NCAL,DELTX,DELTP,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON  EXC,EYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
COMMON  SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON  IB1(20),ABX(20),ARY(20),AB7(20),ARSX(20),ARSY(20),ABXX(20)

```

```

C
C
VT=1.0-PTX*PTY
TD11=EXC/VT
TD12=PTX*EYT/VT
TD21=TD12
TD22=EYT/VT
TD33=GTXY

```

```

C
II=KAKOM(M,1)
JJ=KAKOM(M,2)
KK=KAKOM(M,3)
LL=KAKOM(M,4)
XI=X(II)
XJ=X(JJ)
XK=X(KK)
XL=X(LL)
YI=Y(II)
YJ=Y(JJ)
YK=Y(KK)
YL=Y(LL)

```

```

C
DO 10 I=1,8
DO 10 J=1,8
BK(I,J)=0.0
AA(I,J)=0.0
TB(I,J)=0.0
ESPL(I,J)=0.0
10 CONTINUE

```

```

C
XJ1=XJ-XI
YL1=YL-YI
XJ2=XJ**2-XI**2
YL2=YL**2-YI**2
XJ3=XJ**3-XI**3
YL3=YL**3-YI**3

```

```

C
BK(2,2) =TD11      *XJ1*YL1
BK(2,4) =0.5*TD11  *XJ1*YL2
BK(2,7) =TD12      *XJ1*YL1
BK(2,8) =0.5*TD12  *XJ2*YL1
BK(3,3) =TD33      *XJ1*YL1
BK(3,4) =0.5*TD33  *XJ2*YL1

```

```

BK(3,6) =BK(3,3)
BK(3,8) =0.5*TD33      *XJ1*YL2
BK(4,4) =TD11      *XJ1*YL3/3.0+TD33      *XJ3*YL1/3.0
BK(4,6) =BK(3,4)
BK(4,7) =0.5*TD12      *XJ1*YL2
BK(4,8) =0.25*(TD12      +TD33      ) *XJ2*YL2
BK(6,6) =TD33      *XJ1*YL1
BK(6,8) =BK(3,8)
BK(7,7) =TD22      *XJ1*YL1
BK(7,8) =0.5*TD22      *XJ2*YL1
BK(8,8) =TD22      *XJ3*YL1/3.0+TD33      *XJ1*YL3/3.0
C
DO 200 J=1,7
  IJ=J+1
  DO 200 K=IJ,8
    BK(K,J)=BK(J,K)
200 CONTINUE
C
  MA=1
C
DO 210 I=1,4
  II=KAKOM(M,I)
  XI=X(II)
  YI=Y(II)
C
  AA(MA,1)=1.0
  AA(MA,3)=YI
  AA(MA,2)=XI
  AA(MA,4)=XI*YI
  MA=MA+1
  AA(MA,5)=1.0
  AA(MA,6)=XI
  AA(MA,7)=YI
  AA(MA,8)=XI*YI
  MA=MA+1
210 CONTINUE
C
  NN=8
C
DO 102 K=1,NN
102  IND(K)=K
DO 103 K=1,NN
  W=0.0
DO 104 I=K,NN
  IF(ABS(AA(I,1)),LE.W) GO TO 104
  W=ABS(AA(I,1))
  IR=I
104 CONTINUE
  IF(IP.EQ.K) GO TO 106
DO 107 J=1,NN
  W=AA(K,J)
  AA(K,J)=AA(IP,J)
107  AA(IR,J)=W
  MP=IND(K)
  IND(K)=IND(IP)
  IND(IR)=MP
106  W=AA(K,1)
  NN1=NN-1

DO 108 J=1,NN1
108  AA(K,J)=AA(K,J+1)/W
  AA(K,NN)=1.0/W

```



```

DO 109 I=1,NN
  IF(I,EQ,K) GO TO 109
  W=AA(I,1)
  DO 110 J=1,NN1
110 AA(I,J)=AA(I,J+1)-W*AA(K,J)
  AA(I,NN)=-W*AA(K,NN)
109 CONTINUE
103 CONTINUE
  DO 111 K=1,NN1
  IF(K,EQ,IND(K)) GO TO 111
  KU=K+1
  DO 112 I=KU,NN
  IF(K,NF,IND(I)) GO TO 112
  IR=I
  GO TO 114
112 CONTINUE
114 DO 115 J=1,NN
  W=AA(J,K)
  AA(J,K)=AA(J,IR)
115 AA(J,IR)=W
  IND(IR)=IND(K)
  IND(K)=K
111 CONTINUE
C
C
DO 250 I=1,8
DO 250 J=1,8
TB(I,J)=BK(I,1)*AA(1,J)+BK(I,2)*AA(2,J)+BK(I,3)*AA(3,J)
1 +BK(I,4)*AA(4,J)+BK(I,5)*AA(5,J)+BK(I,6)*AA(6,J)
2 +BK(I,7)*AA(7,J)+BK(I,8)*AA(8,J)
250 CONTINUE
C
DO 255 I=1,8
DO 255 J=1,8
DAINA =AA(1,I)*TB(1,J)+AA(2,I)*TB(2,J)+AA(3,I)*TB(3,J)
3 +AA(4,I)*TB(4,J)+AA(5,I)*TB(5,J)+AA(6,I)*TB(6,J)
4 +AA(7,I)*TB(7,J)+AA(8,I)*TB(8,J)
ESPL(I,J)=DAINA*TH(M)
255 CONTINUE
C
C
I=1
JA=1
35 JB=JA+1
DO 50 J=JA,JB
IA=1
KA=1
25 CONTINUE
KB=KA+1
DO 30 K=KA,KB
SM(J,K)=ESPL(I,IA)+SM(J,K)
IA=IA+1
30 CONTINUE
KA=KA+6
IF(KA,GT,24) GO TO 20

GO TO 25
20 I=I+1
50 CONTINUE
JA=JA+6
IF(JA,GT,24) GO TO 51
GO TO 35

```

51 CONTINUE

C
C
CRETURN
END

SUBROUTINE RIB

```

COMMON  NQPT,NELT,RAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NQEE,MM,ARZ1(20)
COMMON  EMX(10),EMY(10),POX(10),POY(10),GXY(10),IEP(170)
COMMON  X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON  SM(24,24),FSM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON  KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
COMMON  LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),EA(5,3),H(5),TH(100)
COMMON  AA(12,12),BK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON  EXH(5,3),FXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NH,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON  TPZ,RAB,NCAL,DELTX,DFLTP,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON  EXC,FYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
COMMON  SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON  IB1(20),ABX(20),ABY(20),ABZ(20),ABSX(20),ARSY(20),ABXX(20)

```

C
C
C

```

JAL(1,1)=1
JAL(1,2)=2
JAL(2,1)=2
JAL(2,2)=3
JAL(3,1)=3
JAL(3,2)=4
JAL(4,1)=4
JAL(4,2)=1

```

C

DO 350 LL=1,4

C

```

DO 200 I=1,12
DO 200 J=1,12
AA(I,J)=0.
200 ESM(I,J)=0.

```

C

```

IC = NCON(M,LL)
IF(IC.FW.0) GO TO 300
II=LCON(M,LL,1)
JJ=LCON(M,LL,2)
XI=X(II)
XJ=X(JJ)
YI=Y(II)
YJ=Y(JJ)

```

C

AL = SQRT((XJ-XI)**2 + (YJ-YI)**2)

C

C

C

STIFFNESS MATRIX OF TWO-LAYERED WOOD BEAMS CONNECTED WITH NAILS

C

```

D1 = SK(M,LL)*ROW(M,LL)/SPACE(M,LL)
TH1 = (H(3)-H(1))/2.0
C1 = TH1*D1
G1 = D1*TH1**2

```

C

```

D11 = D1*AL/3.
D12 = D1*AL/6.
D21 = D12

```

```

D22 = D11
C
A11 = EA(IC,1)/AL+D11
A12 = -FA(IC,1)/AL+D12

A21 = A12
A22 = A11
C
B11 = EA(IC,2)/AL+D11
B12 = -EA(IC,2)/AL+D12
B21 = B12
B22 = B11
C
E11 = 12.*EI(IC)/AL**3+G1#6./(5.*AL)
E12 = -6.*EI(IC)/AL**2-G1/10.
E13 = -E11
E14 = E12
E22 = 4.*EI(IC)/AL+G1*2.*AL/15.
E23 = -E12
E24 = 2.*EI(IC)/AL-G1*AL/30.
E33 = F11
E34 = -E12
E44 = F22
C
C11 = -C1/2.
C12 = -C1*AL/12.
C13 = -C11
C14 = -C12
C21 = C11
C22 = -C12
C23 = -C11
C24 = C12
C
GK11 = (GK(IC,1)+GK(IC,2))*6./(5.*AL)
C
ESM(1,1) = A11
ESM(1,3) = C11
ESM(1,5) = C12
ESM(1,6) = -D11
ESM(1,7) = A12
ESM(1,9) = C13
ESM(1,11) = C14
ESM(1,12) = -D12
ESM(3,3) = E11
ESM(3,5) = E12
ESM(3,6) = -C11
ESM(3,7) = C21
ESM(3,9) = E13
ESM(3,11) = E14
ESM(3,12) = -C21
ESM(4,4) = GK11
ESM(4,10) = -GK11
ESM(5,5) = E22
ESM(5,6) = -C12
ESM(5,7) = C22
ESM(5,9) = E23
ESM(5,11) = E24
ESM(5,12) = -C22
ESM(6,6) = B11
ESM(6,7) = -D12
ESM(6,9) = -C13
ESM(6,11) = -C14
ESM(6,12) = B12

```

```

ESM(7,7) = A22
ESM(7,9) = C23
ESM(7,11) = C24
ESM(7,12) = -D22
FSM(9,9) = E33
ESM(9,11) = E34
ESM(9,12) = -C23
FSM(10,10) = GK11
FSM(11,11) = E44
FSM(11,12) = -C24
FSM(12,12) = B22

```

```

C
DO 20 J=1,11
  IJ=J+1
  DO 20 K=IJ,12
20 FSM(K,J) = ESM(J,K)

```

```

C
C
C
CS = (XJ-XI)/AL

```

```

AA(1,1)=CS
AA(2,2)=CS
AA(3,3)= 1.
AA(4,4)=CS
AA(5,5)=CS
AA(6,6)=CS
AA(7,7)=CS
AA(8,8)=CS
AA(9,9)= 1.
AA(10,10)= CS
AA(11,11)= CS
AA(12,12)= CS

```

```

C
DO 215 I=1,12
  DO 215 J=1,12
    BK(I,J)=0.
    DO 215 K=1,12
215 BK(I,J) = BK(I,J)+AA(K,I)*FSM(K,J)
  DO 220 I=1,12
    DO 220 J=1,12
      ESM(I,J)=0.
      DO 220 K=1,12
220 FSM(I,J) = ESM(I,J)+BK(I,K)*AA(K,J)

```

```

C
300 CONTINUE

```

```

C
DO 340 I=1,2
  DO 340 J=1,2
    KI = (JAL(LL,I)-1)*6
    KJ = (JAL(LL,J)-1)*6
    IB=(I-1)*6
    JB=(J-1)*6
    DO 340 K=1,6
    DO 340 L=1,6
      KIK=KI+K
      KJI=KJ+L
      IBK=IB+K
      JBL=JB+L
340 SM(KIK,KJL) = SM(KIK,KJL)+ESM(IBK,JBL)
350 CONTINUE

```

```

      II=KAKOM(M,1)
      JJ=KAKOM(M,2)
      KK=KAKOM(M,3)
      LL=KAKOM(M,4)
      IF(IEP(II).EQ.1) GO TO 360
      SM(6,6)=1.
360  IF(IEP(JJ).EQ.1) GO TO 365
      SM(12,12)=1.
365  IF(IEP(KK).EQ.1) GO TO 370
      SM(18,18)=1.
370  IF(IEP(LL).EQ.1) GO TO 375
      SM(24,24)=1.
375  CONTINUE
C
      RETURN
      END

      SUBROUTINE STORE
C
C      MEMBER STIFFNESS MATRIX AKT INTO THE APPROPRIATE POSITIONS
C      OF THE LOWER HALF-BAND LINEAR ARRAY A.
C
      COMMON  NODT,NFLT,RAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NOEE,MM,ABZ1(20)
      COMMON  EMX(10),EMY(10),POX(10),PUY(10),GXY(10),IFP(170)
      COMMON  X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
      COMMON  SM(24,24),ESM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
      COMMON  KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
      COMMON  LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),EA(5,3),H(5),TH(100)
      COMMON  AA(12,12),BK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
      COMMON  FXR(5,3),EXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NR,NEND,NM,MX,NLOAD
      COMMON  TPZ,RAR,NCAL,DELTX,DELTP,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
      COMMON  EXC,EYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
      COMMON  SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
      COMMON  IB1(20),ABX(20),ABY(20),ABZ(20),ABSX(20),ABSY(20),ABXX(20)
C
      IF(MUD.EQ.0) MUD=1
      MM=MUD+1
      NS=MUD*MM/2
      DO 621 L=1,NOEE
      I=K1(L)
      DO 621 K=1,NOEE
      J=K1(K)
      IF(I.LT.J) GO TO 621
      IF(I.GE.NDIM1.OR.J.GE.NDIM1) GO TO 621
      LL=J+(I-MM)*MUD+NS
      IF(I.LE.MUD) LL=J+(I-1)*I/2
      A(LL)=A(LL)+ SM(L,K)
621  CONTINUE
C
      WRITE(6,625) LL
      625  FORMAT(1H0,12HLL OF STORE=,17)
C
      RETURN
      END

```

SUBROUTINE LOAD

```

COMMON  NODT,NELT,BAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NOEE,MM,ABZ1(20)
COMMON  EMX(10),EMY(10),POX(10),POY(10),GXY(10),IEP(170)
COMMON  X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON  SM(24,24),ESM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON  KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
COMMON  LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),EA(5,3),H(5),TH(100)
COMMON  AA(12,12),BK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON  EXB(5,3),EXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NB,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON  TPZ,RAB,NCAL,DELTX,DELT,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON  EXC,EYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
COMMON  SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON  IB1(20),ABX(20),ABY(20),ABZ(20),ABSX(20),ABSY(20),ABXX(20)

```

```

C
C
WRITE(6,7) NR,NEND,NM,MUD
7 FORMAT(1H0,3HN=,I5,10X,5HNEND=,I5,10X,3HN=,I5,10X,4HMUD=,I5)

```

```

C
DO 435 I=NR,NEND
435 A(I)=0.

```

```

C
WRITE(6,450) NST
450 FORMAT(1H1,'STAGE=',I3)

```

```

C
WRITE(6,455)
455 FORMAT(1H0,'INCREMENTAL LOAD'/1H,'NODE',3X,'X-FORCE',3X
*      ,'Y-FORCE',3X,'Z-FORCE',1X,'SX-MOMENT',1X,'SY-MOMENT'
*      ',2X,'XX-FORCE')

```

```

C
DO 470 L=1,NLOAD
J=IB1(L)
K11=IXD(J)+NM
K22=IYD(J)+NM
K33=IZD(J)+NM
K44=ISXD(J)+NM
K55=ISYD(J)+NM
K66=IXDD(J)+NM
IF(K11.GT.NDIM1) K11=NDIM1
IF(K22.GT.NDIM1) K22=NDIM1
IF(K33.GT.NDIM1) K33=NDIM1
IF(K44.GT.NDIM1) K44=NDIM1
IF(K55.GT.NDIM1) K55=NDIM1
IF(K66.GT.NDIM1) K66=NDIM1

```

```

C
A(K11)=ABX(L)
A(K22)=ABY(L)
A(K33)=ABZ(L)
A(K44)=ABSX(L)
A(K55)=ABSY(L)
A(K66)=ABXX(L)

```

```

C
WRITE(6,475) J,ABX(L),ABY(L),ABZ(L),ABSX(L),ABSY(L),ABXX(L)
470 CONTINUE
475 FORMAT(1H ,I4,6F10.2)

```

```

C
RETURN
END

```

SUBROUTINE CHOLES

```

C
COMMON  NODT,NELT,BAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NOEE,MM,ABZ1(20)
COMMON  EMX(10),EMY(10),POX(10),POY(10),GXY(10),IEP(170)
COMMON  X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON  SM(24,24),ESM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON  KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
COMMON  LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),EA(5,3),H(5),TH(100)
COMMON  AA(12,12),AK(12,12),TB(12,12),INO(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON  FXB(5,3),EXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NR,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON  TPZ,RAH,NCAL,DELTX,DELTPT,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON  EXC,FYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
COMMON  SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON  IB1(20),ABX(20),ABY(20),AB7(20),ABSX(20),ARSY(20),ABXX(20)

```

```

C
DOUBLE PRECISION S1,T1
C***  A IS THE ARRAY CONTAINING THE ELEMENTS OF THE LOWER HALF BAND
C***  OF THE SYMMETRIC STRUCTURE STIFFNESS MATRIX.
C***  N = NUMBER OF EQUATIONS OR NUMBER OF UNKNOWN DISPLACEMENTS.
C***  MM= HALF BAND WIDTH + DIAGONAL ELEMENT OR MUD+1
C***  TB + 1 = NO. OF RIGHT HAND SIDE VECTORS.
C***  IF 1 OR LESS MATRIX IS FACTORED. IF GREATER THAN 1
C***  FORWARD AND BACKWARD SUBSTITUTION PERFORMED.
C***  S1 AND T1 ARE TEMPORARY DOUBLE PRECISION VARIABLES.

```

```

C
      IB=0
      MUD=MM-1
      NS = MUD*MM/2
      NM=N*MM-NS
      IF(IJJ-1) 30,30,31
30  DO 20 J=1,N
      IF(J-MUD) 1,1,2
      2  IN=J-MUD
      L=IN+(J-MM)*MUD+NS
      GO TO 7
      1  IN=1
      L=IN+(J-1)*J/2
      7  IF(J-N+MUD) 103,103,105
105  M5=N
      GO TO 104
103  M5=J+MUD
104  S1=0.0
      J1=J-1
      J2=J+1
      IF(J1) 4,4,3
      3  DO 6 K=IN,J1
      T1=A(L)
      S1=S1+T1*T1
      6  L=L+1
      4  T1=A(L)
      IF(T1-S1.LT.0.) GO TO 100
      T1=DSQRT(T1-S1)
      A(L)=T1
      IF(J-N) 19,20,20
19  DO 18 I=J2,M5
      SUM=0.0
      IF(I-MUD) 68,68,71
71  IN=I-MUD
      LL=IN+(I-MM)*MUD+NS

      GO TO 5
68  IN=1
      LL=IN+(I-1)*I/2

```

```

5 IF(J1) 18,18,8
8 IF(IN-J1) 53,53,18
53 DO 17 K=IN,J1
   LM=L+K-J
   SUM=SUM+A(LL)*A(LM)
17 LL=LL+1
C
18 A(LL)=(A(LL)-SUM)/A(L)
20 CONTINUE
C
C
WRITE(6,650) LL
650 FORMAT(1H0,14HLL OF CHOLES =,17)
C
C
C*** BEGIN FORWARD SUBSTITUTION.
31 NR=IB+1
   NB=NM+1
   DO 65 K=1,NR
   A(NB)=A(NB)/A(1)
   DO 60 I=2,N
   IF(I-MUD) 21,21,22
22 IN=I-MM
   KS=IN*MUD+NS
   M5=MUD
   GO TO 27
21 IN=0
   M5=I-1
   KS=M5*I/2
27 SUM=0.
   DO 61 J=1,M5
   JR=J+IN
   L=JR+KS
   JR=JR+NB-1
61 SUM=SUM+A(L)*A(JR)
   ID=I+KS
60 A(JR+1)=(A(JR+1)-SUM)/A(ID)
65 NB=NR+1
C*** BEGIN BACKWARD SUBSTITUTION
   NB=NM+1
   DO 15 K=1,NR
   A(NB)=A(NB)/A(NM)
   DO 80 II=2,N
   I=N-II+1
   IF(I-MUD) 41,41,95
95 ID=I+(I-MM)*MUD+NS
   GO TO 42
41 ID=I+(I-1)*I/2
42 IF(I-N+MM) 43,43,45
45 M5=II-1
   GO TO 76
43 M5=MUD
76 SUM=0
   DO 81 J=1,M5
   JR=I+J
   IF(JP-MUD) 98,98,99

99 L=I+(JR-MM)*MUD+NS
   GO TO 82
98 L=I+(JR-1)*JR/2
82 JR=NR-N+JR
81 SUM=SUM+A(L)*A(JR)
   JR=NR-N+I

```



```

80 A(JR)=(A(JR)-SUM)/A(ID)
15 NB=NR+N
   RETURN
100 WRITE(6,901)
901 FORMAT(1H,'STIFFNESS MATRIX IS NOT POSITIVE DEFINITE HALT THIS
*PROBLEM.')
```

SUBROUTINE OUTPUT

```

COMMON NODT,NFLT,BAIN,MUD,NDIM1,IJJ,N,M,NQEE,MM,ABZ1(20)
COMMON EMX(10),EMY(10),POX(10),POY(10),GXY(10),IEP(170)
COMMON X(170),Y(170),Z(170),IXD(170),IYD(170),IZD(170),ISXD(170)
COMMON SM(24,24),FSM(12,12),ESPL(8,8),K1(24),IXDD(170),ISYD(170)
COMMON KAKOM(100,5),D(5,3,3),CD(100,3,3),A(50000)
COMMON LCON(100,4,2),NCON(100,4),EI(5),FA(5,3),H(5),TH(100)
COMMON AA(12,12),BK(12,12),TB(12,12),IND(24),MAT,NUM,JAL(4,2)
COMMON EXP(5,3),FXT(5,3),GK(5,3),BR(5,3),NR,NEND,NM,MX,NLOAD
COMMON TPZ,RAR,NCAL,DELTX,DELTP,SLIP1,NST,UPPER,NREPR,MEND
COMMON EXC,EYT,PTX,PTY,GTXY,T(5),TA(600),XV(25),AV(25)
COMMON SK1(5),SPACE1(5),ROW1(5),SK(50,4),SPACE(50,4),ROW(50,4)
COMMON IB1(20),ABX(20),ABY(20),ABZ(20),ABSX(20),ABSY(20),ABXX(20)
```

```

A(NDIM1)=0.
```

```

TABZ=0.
```

```

DO 900 I=1,NLOAD
```

```

  TABZ = ABZ(I)
```

```

900 ABZ(I) = ABZ(I)+RAR*ABZ1(I)
```

```

  TPZ = TPZ + TABZ
```

```

  WRITE(6,915) NST,TPZ,TABZ
```

```

915 FORMAT(1H0,'TOTAL LOAD ON STAGE=',I3/1H,10X,'TPZ=',F10.2
*          ,10X,'TABZ=',F10.2)
```

```

  WRITE(6,920)
```

```

920 FORMAT(1H0,'MODE',7X,'X-DEFLEC',7X,'Y-DEFLEC',7X,'Z-DEFLEC'
*          ,8X,'SX-ANGL',8X,'SY-ANGL',6X,'XX-DEFLEC')
```

```

DO 930 I=1,NODT
```

```

  K11=IXD(I)+NM
```

```

  K22=IYD(I)+NM
```

```

  K33=IZD(I)+NM
```

```

  K44=ISXD(I)+NM
```

```

  K55=ISYD(I)+NM
```

```

  K66=IXDD(I)+NM
```

```

  IF(K11.GT,NDIM1) K11=NDIM1
```

```

  IF(K22.GT,NDIM1) K22=NDIM1
```

```

  IF(K33.GT,NDIM1) K33=NDIM1
```

```

  IF(K44.GT,NDIM1) K44=NDIM1
```

```

  IF(K55.GT,NDIM1) K55=NDIM1
```

```

  IF(K66.GT,NDIM1) K66=NDIM1
```

```

  I1=6*I-5
```

```

  I2=I1+1
```

```

  I3=I1+2
```

```

  I4=I1+3
```

```

  I5=I1+4
```

```

  I6=I1+5
```

```

  TA(I1)=BAIN*TA(I1)+A(K11)
```

```

  TA(I2)=BAIN*TA(I2)+A(K22)
```

```

    TA(I3)=BAIN*TA(I3)+A(K33)
    TA(I4)=BAIN*TA(I4)+A(K44)
    TA(I5)=BAIN*TA(I5)+A(K55)
    TA(I6)=BAIN*TA(I6)+A(K66)
    WRITE(6,935) I,A(K11),A(K22),A(K33),A(K44),A(K55),A(K66)
930 CONTINUE

935 FORMAT(1H ,I4,1P6E15.5)
C
    WRITE(6,950)
950 FORMAT(1H0,'NODE',6X,'TX-DEFLEC',6X,'TY-DEFLEC',6X,'TZ-DEFLEC'
    *          ,7X,'TSX-ANGL',7X,'TSY-ANGL',5X,'TXX-DEFLEC' )
C
    DO 960 I=1,NOBT
    I1=6*I-5
    I2=I1+1
    I3=I1+2
    I4=I1+3
    I5=I1+4
    I6=I1+5
960 WRITE(6,935) I,TA(I1),TA(I2),TA(I3),TA(I4),TA(I5),TA(I6)
    IF(MEND,EQ.1) GO TO 1000
C
    NP1=NCAL+1
    NP2=NP1/2
    NP3=NP2+1
C
    DO 980 M=1,NFLT
    DO 980 I=1,4
    IC = NCON(M,I)
    IF(IC,FG.0) GO TO 980
    K=LCON(M,I,1)
    L=LCON(M,I,2)
    K0=6*K-5
    K6=K0+5
    L1=6*L-5
    L6=L1+5
C
    XK = ARS(TA(K0))+ARS(TA(K6))
    XL = ARS(TA(L1))+ARS(TA(L6))
    XS = XK
C
    IF(XS,LT,SLIP1) GO TO 980
    PD1=0.
    PD2=0.
    PD3=0.
    PD4=0.
    XS = XS+DELTX
C
    ***** TANGENT MODULUS *****
    DO 970 I1=1,NP2
    PD1 = PD1+AV(I1)*XS**XV(I1)
    U1 = XV(I1)
    U2 = U1-1.
    PD3 = PD3+U1*AV(I1)*XS**U2
970 CONTINUE
C
    DO 975 J1=NP3,NCAL
    PD2 = PD2+AV(J1)*XS**XV(J1)
    UP1 = XV(J1)
    UP2 = UP1-1.
    PD4 = PD4+UP1*AV(J1)*XS**UP2
975 CONTINUE

```

```

PD2=1.+PD2
SK(M,I)=PD3/PD2-PD1*PD4/PD2**2
C
980 CONTINUE

C
WRITE(6,985)
985 FORMAT(1H0,'NEXT STAGE VALUES'/1H,'NELM',5X,'I',4X,'SK(M,I)',1X
*      , 'SPACE(M,I)',3X,'ROW(M,I)' )
DO 990 M=1,NELT
DO 990 I=1,4
IC=NCON(M,I)
IF(IC,EQ,0) GO TO 990
WRITE(6,995) M,I,SK(M,I),SPACE(M,I),ROW(M,I)
990 CONTINUE
995 FORMAT(1H ,2I5,1P3E11.2)
C
1000 CONTINUE
C
RETURN
END

```

3.2.1 SUBROUTINE INPUT

KAKOM(L,J) : 要素の節点番号。

BAIX, BAIY : 節点の x 座標, y 座標に対する倍率。

UPPER : 指定した節点における z 方向荷重の上限値, RAB : 荷重増分のための倍率 (普通は 1.0 で良い)。

BAIN : $n + 1$ ステージにおける迂り係数を求めるために, n ステージまでの迂り量 s を $s = \sum_{i=1}^n 0.5^{n-i} s_i$ で算定する¹¹⁾。BAIN はこの係数 0.5 を示す。

L : 節点番号, IXR, IYR, IZR, ISXR, ISYR, IXRR : 節点変位 ($u_{i1}, v_{i1}, w_{i1}, \theta_{x1}, \theta_{y1}, u_{i2}$) の拘束条件を表わすインデックスで既知のものには 1 を入れる。X(L), Y(L) : 節点の x 座標および y 座標, IS : 節点において, 栈木を有するか否かを示すインデックスで, 有する場合は IS = 1, そうでない場合は IS = 0 とおく。

EMX(I), EMY(I) : 面材のスパン方向およびそれと直角方向の曲げヤング係数, POX(I), POY(I) : 面材のスパン方向, およびそれと直角方向のポアソン比, GXY(I) : 面材の剪断弾性係数, T(I) : 面材の厚さ, EXC, EYT : 面材のスパン方向, およびそれと直角方向の引張ヤング係数, PTX, PTY : 面材のスパン方向, およびそれと直角方向のポアソン比, GTXY : 面材の剪断弾性係数。

BR(I,J), EXB(I,J), EXT(I,J), GK(I,J) : 2層釘着梁要素における定数 (幅, スパン方向の曲げ, および引張ヤング係数, 剪断弾性係数) を表わす。

H(I) : 面材の厚さ, パネルの高さを示す。すなわち $H(1) = 0$, $H(2) =$ 面材の厚さ, $H(3) = H(2) +$ 栈木の高さとする。

SK1(I) : 迂り係数, SPACE1(I) : 釘間隔, ROW1(I) : 釘列数。

LCON(M,IL,JL) : 栈木の剛性マトリックスを面材のそれに組込むために用いる節点番号リストである。前述の KAKOM(L,J) とは異なった形で入力する。例えば Fig.1 について記述すると Table 1 のようになる。

Table 1. Reading of LCON (M, IL, JL).

M	LCON (M, IL, JL)							
1	1	2	2	9	9	8	8	1
2	2	3	3	10	10	9	9	2
3	3	4	4	11	11	10	10	3
⋮								
12	13	14	14	21	21	20	20	13

NCON(M, IN) : 長方形要素の4つの辺において、 栈木を有するか否かを示す。有する場合は1を、そうでない場合は0を入れる（左下の節点を原点に考え、反時計回りに読む）。例えば Fig.1 においては Table 2 のようになる。

Table 2. Reading of NCON (M, IN).

M	NCON (M, IN)			
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
⋮				
11	0	0	1	0
12	0	0	1	0

NLOAD : 荷重が作用している節点の総数。

IB1(L) : 荷重が作用している節点番号, ABX(L), ABY(L), ABZ(L) : それぞれ x 方向 (面材部), y 方向, z 方向の荷重。

ABSX(L), ABSY(L) : それぞれ x 軸および y 軸まわりの外部モーメント,

ABXX(L) : x 方向 (栈木部) 荷重。

AV(I) : (2.12) 式における係数 $c_1, c_2 \dots c_7$ を表わす。

XV(I) : (2.12) 式における指数 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3 を示す。

SLIP1 : 釘の剪断力一辺り関係が線形を示す領域における最大一辺り量, DELTX : (2.12) 式における ΔS , DELTP : (2.12) 式における ΔP 。

3.3 入出力例

Fig.1 は曲げを受ける釘着片面パネルの有限要素モデルである。このパネルについて、前ページまでのプログラムにより実行した計算例を示す。対称性により全体の 1/4 について解析することにし、用いた要素数は12、節点数は21である。

129~130ページ : 入力データ。

130~131ページ : ステージ 1 と 20 で得られた荷重, 全節点変位および次ステージで計算に用

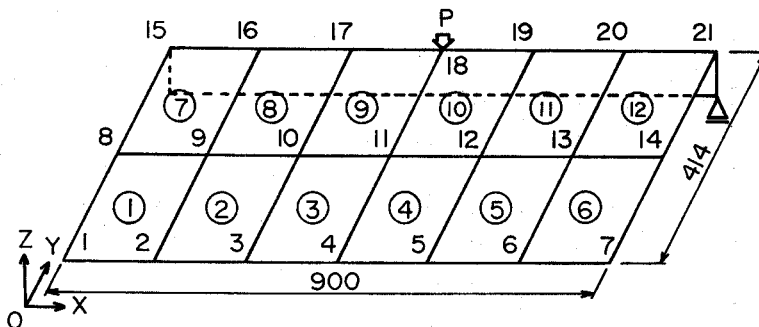


Fig. 1. Element division for the finite element method.

Note : Finite element analysis conducted on a quarter of the specimen.

いるり係数の出力。なお負荷も全体の 1/4 を与えている。

NODE.	IXR	IYR	I7R	ISXP	ISYR	IXRR	X(1)	Y(1)	IEP
1	1	1	0	1	1	0	0.	0.	0
2	0	1	0	1	0	0	150.00	0.	0
3	0	1	0	1	0	0	300.00	0.	0
4	0	1	0	1	0	0	450.00	0.	0
5	0	1	0	1	0	0	600.00	0.	0
6	0	1	0	1	0	0	750.00	0.	0
7	0	1	0	1	0	0	900.00	0.	0
8	1	0	0	0	1	0	0.	103.50	0
9	0	0	0	0	0	0	150.00	103.50	0
10	0	0	0	0	0	0	300.00	103.50	0
11	0	0	0	0	0	0	450.00	103.50	0
12	0	0	0	0	0	0	600.00	103.50	0
13	0	0	0	0	0	0	750.00	103.50	0
14	0	0	0	0	0	0	900.00	103.50	0
15	1	0	0	0	1	1	0.	207.00	1
16	0	0	0	0	0	0	150.00	207.00	1
17	0	0	0	0	0	0	300.00	207.00	1
18	0	0	0	0	0	0	450.00	207.00	1
19	0	0	0	0	0	0	600.00	207.00	1
20	0	0	0	0	0	0	750.00	207.00	1
21	0	0	1	0	0	0	900.00	207.00	1

NODT= 21 NELS= 12 NUM= 2 MAT= 1 MUD= 5 MEMD= 35 NREPR= 18 NCAL= 7

ELEM	KAKOM(1,J,K,L)	MAT
1	1 2 9 8	1
2	2 3 10 9	1
3	3 4 11 10	1
4	4 5 12 11	1
5	5 6 13 12	1
6	6 7 14 13	1
7	8 9 16 15	1
8	9 10 17 16	1
9	10 11 18 17	1
10	11 12 19 18	1
11	12 13 20 19	1
12	13 14 21 20	1

NO.	EMX	EMY	PX	PY	GXY	
1	9.74000E+02	2.92200E+02	3.00000E-01	3.00000E-01	3.86000E+01	7.90000E+00
NUM	EXR(I)	EXT(I)	GK(I)	RR(I)		
1	974.000	714.000	38.600	36.900		
2	927.000	927.000	55.620	36.900		
NUM	H(I)					
1	0.					
2	7.90000					
3	92.10000					

ELEMENT	AND	LCON(M,I,L,JL)	NCON(M,I)										
1		1	2	2	9	9	8	8	1	0	0	0	0
2		2	3	3	10	10	9	9	2	0	0	0	0
3		3	4	4	11	11	10	10	3	0	0	0	0
4		4	5	5	12	12	11	11	4	0	0	0	0
5		5	6	6	13	13	12	12	5	0	0	0	0
6		6	7	7	14	14	13	13	6	0	0	0	0
7		8	9	9	16	16	15	15	8	0	0	1	0
8		9	10	10	17	17	16	16	9	0	0	1	0
9		10	11	11	18	18	17	17	10	0	0	1	0
10		11	12	12	19	19	18	18	11	0	0	1	0
11		12	13	13	20	20	19	19	12	0	0	1	0
12		13	14	14	21	21	20	20	13	0	0	1	0

MAT NUM EI(I) EA(I,J)

1 1.70E+09

1 208138.132R1

2 2880170.37500

NELM	I	SK(M,I)	SPACE(M,I)	ROW(M,I)
7	3	5.53E+02	1.50E+02	1.00E+00
8	3	5.53E+02	1.50E+02	1.00E+00
9	3	5.53E+02	1.50E+02	1.00E+00
10	3	5.53E+02	1.50E+02	1.00E+00
11	3	5.53E+02	1.50E+02	1.00E+00
12	3	5.53E+02	1.50E+02	1.00E+00

4HNODE X-FORCE Y-FORCE Z-FORCE SX-MOMENT SY-MOMENT XX-FORCE

18 0. 0. -12.50 0. 0. 0.

NCAL	AV(I)	XV(I)
1	-1.47078F+01	0.10E+01
2	1.80598E+01	0.20E+01
3	2.10918F+01	0.30E+01
4	-2.48537E+01	0.40E+01
5	-3.03698E+00	0.10F+01
6	3.46448E+00	0.20E+01
7	-1.44280F+00	0.30E+01

NREPR= 18 UPPER= 500.00 RAB= 1.0

SLIP1= 0.02 DELTX= 0.06 DELTP= 0.88

NB= 4030 NEND= 4133 NM= 4029 MUD= 50

STAGE= 1

INCREMENTAL LOAD

NODE	X-FORCE	Y-FORCE	Z-FORCE	SX-MOMENT	SY-MOMENT	XX-FORCE
18	0.	0.	-12.50	0.	0.	0.

TOTAL LOAD ON STAGE= 1

TANZ= -12.50

NODE	X-DEFLEC	Y-DEFLEC	Z-DEFLEC	SX-ANGL	SY-ANGL	XX-DEFLEC
1	0.	0.	-7.66973E-01	0.	0.	0.
2	-3.00222E-03	0.	-7.42642E-01	0.	-3.23956E-04	0.
3	-5.78287E-03	0.	-6.70424E-01	0.	-6.35033E-04	0.
4	-8.14147E-03	0.	-5.53972E-01	0.	-9.08069E-04	0.
5	-9.91009E-04	0.	-4.01494E-01	0.	-1.10903E-03	0.
6	-1.08781E-02	0.	-2.25414E-01	0.	-1.21886E-03	0.
7	-1.15635E-02	0.	-4.5756E-02	0.	-1.23055E-03	0.
8	0.	5.82040F-04	-7.71189E-01	-8.05113E-05	0.	0.
9	-4.07780E-03	5.54979F-04	-7.47489E-01	-8.97249F-05	-3.17063E-04	0.
10	-7.46839E-03	4.74943F-04	-6.76258E-01	-1.10472E-04	-6.30318E-04	0.
11	-1.10952F-02	3.56524F-04	-5.59644E-01	-1.08749E-04	-9.17934E-04	0.
12	-1.35600E-02	2.79151F-04	-4.04134E-01	-4.93850E-05	-1.14324E-03	0.
13	-1.50096E-02	-2.16382F-04	-2.21869E-01	6.34677E-05	-1.26828E-03	0.
14	-1.57506E-02	-2.17522F-04	-2.48733E-02	2.16994E-04	-1.29084E-03	0.
15	0.	1.71367E-03	-7.83253E-01	-1.50010E-04	0.	0.
16	-7.43942E-03	1.65987F-03	-7.60687E-01	-1.64195E-04	-3.01621E-04	2.47138F-03
17	-1.46775E-02	1.50116F-03	-6.92313E-01	-1.93169E-04	-6.12377E-04	4.82565E-03
18	-2.13607E-02	1.22171F-03	-5.75979E-01	-2.00185E-04	-9.43180E-04	6.92338E-03
19	-2.68102F-02	9.37931E-04	-4.11765E-01	-9.50354E-05	-1.22586E-03	8.58207E-03
20	-3.03964F-02	-5.67098F-05	-2.14090E-01	7.49070F-05	-1.39099E-03	9.63538E-03
21	-3.17476E-02	3.24458F-03	0.	3.04650E-04	-1.44539E-03	9.99497F-03

NEXT STAGE VALUES

NELM	I	SK(M,I)	SPACE(M,I)	ROW(M,I)
7	3	5.53E+02	1.50F+02	1.00E+00
8	3	5.53E+02	1.50F+02	1.00E+00
9	3	3.11E+02	1.50F+02	1.00E+00
10	3	2.29E+02	1.50F+02	1.00E+00
11	3	1.99E+02	1.50F+02	1.00E+00
12	3	1.89E+02	1.50F+02	1.00E+00

STAGE= 20
 INCREMENTAL LOAD
 NODE X-FORCE Y-FORCE Z-FORCE SX-MOMENT SY-MOMENT XX-FORCE
 18 0. 0. -250.00 0. 0. 0.

TOTAL LOAD ON STAGE= 20

TAPZ= -250.00

NODE	X-DEFLEC	Y-DEFLEC	Z-DEFLEC	SX-ANGL	SY-ANGL	XX-DEFLEC
1	0.	0.	-2.16332E+01	0.	0.	0.
2	-1.55443E-02	0.	-2.09376E+01	0.	-9.25157E-03	0.
3	-2.99394E-02	0.	-1.88800E+01	0.	-1.80553E-02	0.
4	-4.22309E-02	0.	-1.55769E+01	0.	-2.57058E-02	0.
5	-5.15284E-02	0.	-1.12691E+01	0.	-3.12750E-02	0.
6	-5.67151E-02	0.	-6.31125E+00	0.	-3.42800E-02	0.
7	-6.02308E-02	0.	-1.11519E+00	0.	-3.45894E-02	0.
8	0.	2.72138E-03	-2.17633E+01	-2.48066E-03	0.	0.
9	-2.10170E-02	2.70891E-03	-2.10786E+01	-2.67271E-03	-9.10820E-03	0.
10	-4.08239E-02	2.53555E-03	-1.40421E+01	-3.07469E-03	-1.79912E-02	0.
11	-5.77432E-02	2.05715E-03	-1.97272E+01	-2.87166E-03	-2.60014E-02	0.
12	-7.05570E-02	1.63482E-03	-1.13364E+01	-1.26301E-03	-3.21957E-02	0.
13	-7.79753E-02	-9.19098E-04	-6.21213E+00	1.77202E-03	-3.56189E-02	0.
14	-8.16581E-02	1.06150E-02	-7.93707E-01	5.96399E-03	-3.62385E-02	0.
15	0.	9.13443E-03	-2.21329E+01	-4.56754E-03	0.	0.
16	-4.44767E-02	8.77934E-03	-2.14743E+01	-4.86938E-03	-8.79235E-03	1.38500E-02
17	-8.33530E-02	7.78478E-03	-1.94898E+01	-5.39444E-03	-1.76923E-02	2.63289E-02
18	-1.14939E-01	6.18911E-03	-1.41583E+01	-5.28160E-03	-2.67593E-02	3.66972E-02
19	-1.38342E-01	4.64020E-03	-1.15334E+01	-2.48003E-03	-3.43866E-02	4.44431E-02
20	-1.53179E-01	-2.51847E-04	-5.99525E+00	2.08602E-03	-3.89540E-02	4.92188E-02
21	-1.58810E-01	1.57302E-02	0.	8.37322E-03	-4.04753E-02	5.08339E-02

NEXT STAGE VALUES

NELM	I	SK(M,I)	SPACE(M,I)	ROR(M,I)
7	3	9.36E+01	1.50E+02	1.00E+00
8	3	6.45E+01	1.50E+02	1.00E+00
9	3	4.99E+01	1.50E+02	1.00E+00
10	3	4.20E+01	1.50E+02	1.00E+00
11	3	3.79E+01	1.50E+02	1.00E+00
12	3	3.66E+01	1.50E+02	1.00E+00

文 献

- 1) Amana, E.J.; Booth, L.G.: J Inst Wood Sci., 4(1), 43-69 (1967), 4(2), 19-34 (1967).
- 2) 前田典昭, 沢田稔: 北大演習林報, 38(1), 99-120 (1981).
- 3) 神谷文夫: 林試研報, 329号, 143-165 (1984).
- 4) Polensek, A: J Structural Div., ASCE, ST7, 1317-1335 (1976).
- 5) Polensek, A: Wood Sci., 9(1), 8-20 (1976).
- 6) Thompson, E.G.; Goodmam, J.R.; Vanderbilt, M.D.: J Structural Div., ASCE, ST12, 2659-2672 (1975).
- 7) Thompson, E.G.; Vanderbilt, M.D.; Goodman, J.R.: Computers & Structures, 7, 237-248 (1977).
- 8) Sazinski, R.J.; Vanderbilt, M.D.: Wood Sci., 11(4), 209-220 (1979).
- 9) 辻野哲司: 木材学会北海道支部講演集, 16号, 45-48 (1984).
- 10) 辻野哲司: 木材学会誌, 31(11), 896-902 (1985).
- 11) 辻野哲司, 小泉章夫: 木材学会誌, 29(9), 553-557 (1983).

Summary

The object of this paper is to develop a computer program to predict the bending behavior of a nailed stressed-skin panel.

The procedure used is a finite element method, the stiffness matrix of the panel is derived by using a rectangular plate element for the skin and a two-layered beam element for the rib. A load-slip curve for a nailed joint in single shear is approximated with a continued fraction. In the numerical solution procedure, a load-incremental method is applied, and the slip modulus for each individual element is reevaluated as the slope of the tangent of the above continued fraction.

A listing of the program written in JIS FORTRAN language is given, and moreover its input and output data for example panel are also given.