เอกสารอ้างอิง

1. Jennings, A., "Frame Analysis Including Change of Geometry," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.94, No.ST3, pp.627-644, March 1968.
2. Mallett, Robert H.and Marcal, Pedro V., "Finite Element Analysis of Nonlinear Structures," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.94, No.ST9, pp. 2081-2105, September 1968.
3. Stricklin, James A., Haisler, Walter E.,and Von Riesemann, Walter A., "Geometrically Nonlinear Structural Analysis by Direct Stiffness Mothod," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.97, No.ST9, pp.2299-2314, September 1971.
4. Mondkar, D.P.,and Powell, G.H., "Finite Element Analysis of Nonlinear Static and Dynamic Response," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol.11, 499-520, 1977.
5. Mondkar, D.P.,and Powell, G.H., "Evaluation of Solution Schemes for Nonlinear Structures," Computers & Structures, Vol.9 223-236, 1978.
6. Wood, R.D.,and schrefler, B., "Geometrically Non-Linear Analysis A Correlation of Finite Element Notations," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol.12, 635-642, 1978.

7. Crisfield, M.A., "A Faster Modified Newton-Raphson I teration," Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol.20, 267-278, 1979.

8. Agrawal. A.B., Mufti, A.A, and Jaeger, L.G., "Band-Schemes vs. Frontal Routines in Nonlinear Structural Analysis," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol.15, 753-766, 1980.

9. Noor, Ahmed K., and Peters, Jeanne M., "Nonlinear Analysis Via Global-Local Mixed Finite Element Approach," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol.15, 1363-1380, 1980.

10. Simitses, G.J., Giri, J., and Kounadis, A.N., "Nonlinear Analysis of Portal Frames," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol.17, 123-132, 1981.

11. Wen, Robert K., and Rahimzadeh, Jalil, "Nonlinear Elastie Frame Analysis by Finite Element," Journal of Structural Engineering, Vol.109, 1952-1971, 1983.

12. Meek, J.L. Matrix Structural Analysis, Mc. Graw-Hill, 1971.

13. Hasegawa, Akio, Liyanaqe, Kithsiri K., and Nishiro, Fumio, "Spatial Instability and Nonlinear Finite Displacement Analysis of Thin-Walled Members and Frames," Journal of the Faculty of Engineering, The University of Tokyo. Vol. XXXVIII, No.4, 19-78, 1986.

14. Rubinstein, M.F., Matrix Computer Analysis of Structures, Prentice-Hall Inc., Englewood, N.J., 1966.

15. Cook, R.D., Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 2nd Edition, John Willeys son, 1981.

16. Chen, W.F., and Atsuta, T., Theory of Beam-Columns, Vol. I and II, Mc. Graw-Hill, N.Y, 1977.

17. Timoshenko, S.P., and Gere, J.M., Theory of Elastic Stability, 2nd Edition, Mc.Graw-Hill, N.Y., 1981.

18. ทักษิณ เทพชาตรี, โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์โครงข้อแข็ง 2 มิติ, เลขที่ คส.04/2526 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

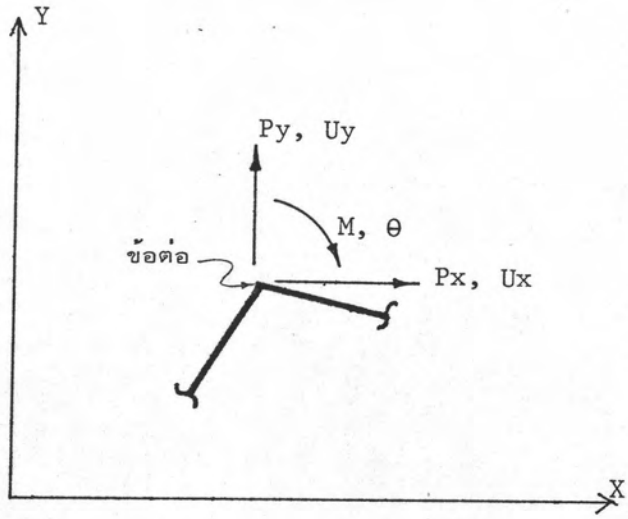
19. ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์, การวิเคราะห์โครงสร้าง, 2527.

20. Harrison, H.B., Computer Methods in Structural Analysis, Prentice-Hall, New Jersey, 1973.

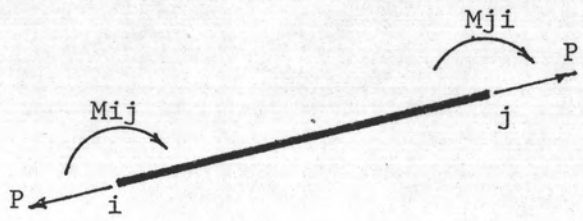
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อตกลงเกี่ยวกับเครื่องหมาย



รูปที่ ก-1 แสดงทิศทางบวกของแรงกระทำ และการเคลื่อนที่ของข้อต่อ



รูปที่ ก-2 แสดงทิศทางบวกของแรงภายในชิ้นส่วน

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์

โปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ เขียนขึ้นเพื่อใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ชนิด ฮิวเลทท์ แพคการ์ด HP9000 รุ่น 216 โดยเขียนเป็นภาษาเบสิค ถ้าใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดอื่น อาจจะต้องเปลี่ยนแปลงคำสั่งบางคำสั่งในโปรแกรมให้เหมาะสมกับเครื่อง ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมมีดังต่อไปนี้

1. บรรทัดที่ 80-480 เป็นส่วนของการเรียกข้อมูลจากแผ่นจานแม่เหล็กในกรณีที่ใช้ข้อมูลของเดิมที่มีอยู่ในแผ่นจานแม่เหล็ก

2. บรรทัดที่ 490-1180 เป็นส่วนของการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับพิกัดของข้อต่อ และข้อต่อที่ปลายของชิ้นส่วน

3. บรรทัดที่ 1190-1420 เป็นส่วนของการสร้างภาพรูปร่างของโครงสร้างเพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ป้อนจากข้อ 1 หรือข้อ 2

4. บรรทัดที่ 1430-1610 เป็นส่วนของการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติแต่ละหน้าตัด

5. บรรทัดที่ 1620-1850 เป็นส่วนของการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับสภาพยึดรั้งของข้อต่อ

6. บรรทัดที่ 1860-1980 คำนวณหาค่าดีกรีของความอิสระและความกว้างของแถบในสติฟเนสเมตริกซ์

7. บรรทัดที่ 1990-2410 เป็นส่วนของการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักที่กระทำ

8. บรรทัดที่ 2420-2810 เก็บข้อมูลต่าง ๆ ไว้ในแผ่นจานแม่เหล็ก

9. บรรทัดที่ 2820-3230 พิมพ์ข้อมูลต่าง ๆ ลงบนเครื่องพิมพ์

10. บรรทัดที่ 3240-3390 กำหนดค่าเมตริกซ์ A และ เมตริกซ์ T มีค่าเป็นศูนย์

11. บรรทัดที่ 3400-4550 คำนวณหาค่าสติฟเนสจากเส้นสัมผัสของชิ้นส่วน ในพิกัดของโครงสร้าง

12. บรรทัดที่ 4560-4820 คำนวณหาค่าแรงภายในของโครงสร้าง

13. บรรทัดที่ 4830-5140 เก็บค่าสติฟเนสจากเส้นสัมผัสของแต่ละชิ้นส่วนไว้ในสติฟเนสของโครงสร้าง

14. บรรทัดที่ 5150-5170 คำนวณหาน้ำหนักที่ขาดสมดุล

15. บรรทัดที่ 5180-5600 แก้สมการเพื่อหาค่าการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้น

16. บรรทัดที่ 5610-5760 ตรวจสอบค่าการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นกับค่าการเคลื่อนที่ทั้งหมด

17. บรรทัดที่ 5770-5840 สะสมค่าการเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นเป็นค่าการเคลื่อนที่ทั้งหมด

18. บรรทัดที่ 5850-6200 แสดงผลการวิเคราะห์เป็นภาพการเคลื่อนที่บนจอภาพ

19. บรรทัดที่ 6210-6600 แสดงผลการวิเคราะห์ลงบนเครื่องพิมพ์

20. บรรทัดที่ 6610-6720 แสดงผลสรุปเมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์

21. ส่วนที่เหลือเป็นส่วนที่ใช้สอบถามว่าจะมีการคำนวณปัญหาอื่นหรือไม่ และเป็นส่วนป้องกันการผิดพลาดจากการเก็บข้อมูลหรือเรียกข้อมูลจากแผ่นจานแม่เหล็ก

```
10    DIM A(3,4),S(3,3),Sa(3,4),As(4,4),Sr(6),Sd(6)
20    DIM T(4,6),Ta(4,6),Kt(6,6),S$[80]
30    DIM Co(500,2),Ar(50),Sm(50)
40    DIM Bk(32760),Rw(1500),R(1500),D(1500),Dt(1500)
50    INTEGER Jc,Nm,Ns,Ndf,Kb,Jt(500,3),Mc(800,3),Ji(500)
60    DISP CHR$(129)
70    PRINT CHR$(12)
80    INPUT " ENTER STRUCTURE IDENTIFICATIONS ",S$
90    IF S$="END" THEN 6880
100   PRINT "DESCRIPTION : ";S$
110   DISP " Do you  want to use any old data (Y/N)? "
120   ON KBD GOTO 140
130   GOTO 120
140   O$=KBD$
150   OFF KBD
160   IF O$<>"Y" AND O$<>"N" THEN 120
170   IF O$="Y" THEN
180     INPUT " Entre MASTER file of old data ",M1$
190     IF M1$="" THEN 180
200   END IF
210   IF O$="N" THEN 500
220   ON ERROR GOTO 6890
230   DISP CHR$(130);" DATA IS BEING LOADED FROM DISK ";CHR$(129)
240   ASSIGN @Path TO M1$
250   OFF ERROR
260   ENTER @Path;Jc,Nm,Ns,Em
270   FOR I=1 TO Jc
280     FOR J=1 TO 2
290       ENTER @Path;Co(I,J)
300     NEXT J
310     FOR J=1 TO 3
320       ENTER @Path;Jt(I,J)
330     NEXT J
340     ENTER @Path;Ji(I)
350   NEXT I
360   FOR I=1 TO Nm
370     FOR J=1 TO 3
380       ENTER @Path;Mc(I,J)
390     NEXT J
400   NEXT I
410   FOR I=1 TO Ns
420     ENTER @Path;Ar(I),Sm(I)
430   NEXT I
440   ENTER @Path;Ndf;Kb
450   FOR I=1 TO Ndf
460     ENTER @Path;R(I)
470   NEXT I
480   ASSIGN @Path TO *
490   IF O$="N" THEN
500     INPUT " Enter number of NODE,  MEMBER,  SECTION ",Jc,Nm,Ns
510     IF Jc<=0 OR Nm<=0 OR Ns<=0 THEN 500
520     INPUT " Enter Young's Modulas ",Em
530     IF Em<=0 THEN 520
540   END IF
550   PRINT
```

```
560  PRINT "Number of NODES    = ";Jc
570  PRINT "Number of MEMBERS  = ";Nm
580  PRINT "Number of SECTIONS = ";Ns
590  PRINT "Young's Modulus    = ";Em
600  DISP " DO YOU ACCEPT THESE DATA (Y/N)? "
610  ON KBD GOTO 630
620  GOTO 610
630  A$=KBD$
640  OFF KBD
650  IF A$<>"N" AND A$<>"Y" THEN 610
660  IF A$="N" THEN 500
670  INPUT " Approximate band-widths = ? ",Kb
680  Ele=Kb*Jc*3
690  IF Ele>32760 THEN
700    BEEP
710    DISP " WARNING ... These data may be out of memory "
720    WAIT 3
730    DISP " Do you want to continue input data (Y/N) ? "
740    ON KBD GOTO 760
750    GOTO 740
760    A$=KBD$
770    OFF KBD
780    IF A$<>"N" AND A$<>"Y" THEN 740
790    IF A$="N" THEN 70
800  END IF
810  IF O$<>"N" THEN 870
820  PRINT
830  FOR I=1 TO Jc
840    PRINT "Input COORDINATES OF NODE  ";I
850    INPUT "  X-Coor.  AND  Y-Coor. ",Co(I,1),Co(I,2)
860  NEXT I
870  PRINT
880  PRINT "NODE NO.          X-coor.            Y-coor."
890  FOR I=1 TO Jc
900    PRINT USING "6D,2(15D.4D)";I,Co(I,1),Co(I,2)
910  NEXT I
920  A$=""
930  INPUT " Change all DATA ==> [1]   Change partial DATA ==> [2]   Accept ==> [Cont] ",A$
940  IF A$="1" THEN 820
950  IF A$<>"2" THEN 1000
960  INPUT " Change NODE No. ? ",N
970  IF N<=0 OR N>Jc THEN 920
980  INPUT " X-Coor.  AND  Y-Coor. ",Co(N,1),Co(N,2)
990  GOTO 870
1000 IF O$<>"N" THEN 1060
1010 PRINT
1020 FOR I=1 TO Nm
1030   PRINT "Input data of MEMBER No. ";I
1040   INPUT " Node I  AND  Node J  AND  Section No. ",Mc(I,1),Mc(I,2),Mc(I,3)
1050 NEXT I
1060 PRINT
1070 PRINT "MEMBER NO.       NODE I         NODE J       SECTION NO."
1080 FOR I=1 TO Nm
1090   PRINT USING "6D,3(15D)";I,Mc(I,1),Mc(I,2),Mc(I,3)
1100 NEXT I
```

```
1110  A$=""
1120  INPUT " Change all DATA ==> [1]   Change partial DATA ==> [2]   Accept ==> [Cont] ",A$
1130  IF A$="1" THEN 1010
1140  IF A$<>"2" THEN 1190
1150  INPUT " Change MEMBER No. ? ",N
1160  IF N<=0 OR N>Nm THEN 1110
1170  INPUT " Node I  AND  Node J  AND  Section No. ",Mc(N,1),Mc(N,2),Mc(N,3)
1180  GOTO 1060
1190  PRINT CHR$(12)
1200  Xmin=Co(1,1)
1210  Xmax=Co(1,1)
1220  Ymin=Co(1,2)
1230  Ymax=Co(1,2)
1240  FOR I=2 TO Jc
1250    IF Co(I,1)>Xmax THEN Xmax=Co(I,1)
1260    IF Co(I,1)<Xmin THEN Xmin=Co(I,1)
1270    IF Co(I,2)>Ymax THEN Ymax=Co(I,2)
1280    IF Co(I,2)<Ymin THEN Ymin=Co(I,2)
1290  NEXT I
1300  GINIT
1310  GRAPHICS ON
1320  VIEWPORT 20,110,30,100
1330  SHOW Xmin-5,Xmax+5,Ymin-5,Ymax+5
1340  FOR I=1 TO Nm
1350    FOR J=1 TO 2
1360      PLOT Co(Mc(I,J),1),Co(Mc(I,J),2),J
1370    NEXT J
1380  NEXT I
1390  A$=""
1400  INPUT " Change DATA ==> [1]   Accept ==> [Cont] ",A$
1410  GRAPHICS OFF
1420  IF A$="1" THEN 870
1430  IF O$<>"N" THEN 1490
1440  PRINT
1450  FOR I=1 TO Ns
1460    PRINT "Input PROPERTIES of SECTION No. ";I
1470    INPUT " Area   AND   Inertia ",Ar(I),Sm(I)
1480  NEXT I
1490  PRINT
1500  PRINT "SECTION NO.              AREA              INERTIA"
1510  FOR I=1 TO Ns
1520    PRINT USING "7D,2(15D.5D)";I,Ar(I),Sm(I)
1530  NEXT I
1540  A$=""
1550  INPUT " Change all DATA ==> [1]   Change partial DATA ==> [2]   Accept ==> [cont] ",A$
1560  IF A$="1" THEN 1440
1570  IF A$<>"2" THEN 1620
1580  INPUT " Change SECTION No. ? ",N
1590  IF N<=0 OR N>Ns THEN 1540
1600  INPUT " Area   AND   Inertia ",Ar(N),Sm(N)
1610  GOTO 1490
1620  IF O$<>"N" THEN 1740
1630  FOR I=1 TO Jc
1640    FOR J=1 TO 3
1650      Jt(I,J)=1
```

```
1660    NEXT J
1670  NEXT I
1680  INPUT " Number of NODE with restrain = ? ",Nr
1690  IF Nr<=0 OR Nr>Jc THEN 1680
1700  FOR I=1 TO Nr
1710    PRINT "Input NODE with restrain no. ";I
1720    INPUT " Node No. ,  X-direc.,  Y-direc.,  Rotate.  *** Fixed ==> 0   Free ==> 1 ",N,Jt(N,1),
Jt(N,2),Jt(N,3)
1730  NEXT I
1740  PRINT
1750  PRINT "  NODE          BOUNDARY COND.(Fixed = 0,Free = 1)"
1760  PRINT "   No.           X-direct    Y-direct    Rotation"
1770  FOR I=1 TO Jc
1780    PRINT USING "5D,5X,3(12D)";I,Jt(I,1),Jt(I,2),Jt(I,3)
1790  NEXT I
1800  A$=""
1810  INPUT " Change all DATA ==> [1]   Change partial DATA ==> [2]   Accept ==> [cont] ",A$
1820  IF A$="1" THEN 1630
1830  IF A$<>"2" THEN 1860
1840  INPUT " Node No. ,  X-direc.,  Y-direc.,  Rotate.  *** Fixed ==> 0   Free ==> 1 ",N,Jt(N,1),Jt
(N,2),Jt(N,3)
1850  GOTO 1740
1860  Ndf=0
1870  FOR I=1 TO Jc
1880    Ji(I)=Ndf
1890    FOR J=1 TO 3
1900      Ndf=Ndf+Jt(I,J)
1910    NEXT J
1920  NEXT I
1930  Kb=0
1940  FOR I=1 TO Nm
1950    K1=ABS(Mc(I,1)-Mc(I,2))
1960    IF K1>Kb THEN Kb=K1
1970  NEXT I
1980  Kb=(Kb+1)*3
1990  IF O$<>"N" THEN 2160
2000  FOR I=1 TO Ndf
2010    R(I)=0
2020  NEXT I
2030  INPUT " Number of JOINT LOAD = ? ",Ln
2040  IF Ln<=0 OR Ln>Jc THEN 2030
2050  PRINT
2060  FOR I=1 TO Ln
2070    PRINT "Input LOAD at Joint Load No. ";I
2080    INPUT " Node No.,  X-load,  Y-load,  Moment ",N,Sr(1),Sr(2),Sr(3)
2090    Li=Ji(N)
2100    FOR J=1 TO 3
2110      IF Jt(N,J)<=0 THEN 2140
2120      Li=Li+1
2130      R(Li)=Sr(J)
2140    NEXT J
2150  NEXT I
2160  PRINT
2170  PRINT "NODE No.            X-LOAD              Y-LOAD              MOMENT"
2180  FOR I=1 TO Jc
2190    Li=Ji(I)
2200    FOR J=1 TO 3
```

```
2210      Sr(J)=0
2220      IF Jt(I,J)<=0 THEN 2250
2230      Li=Li+1
2240      Sr(J)=R(Li)
2250    NEXT J
2260    PRINT USING "6D,3(15D.4D)";I,Sr(1),Sr(2),Sr(3)
2270  NEXT I
2280  A$=""
2290  INPUT " Change all DATA ==> [1]   Change partial DATA ==> [2]   Accept ==> [cont] ",A$
2300  IF A$="1" THEN 2000
2310  IF A$<>"2" THEN 2400
2320  INPUT " Node No.,  X-load,  Y-load,  Moment ",N,Sr(1),Sr(2),Sr(3)
2330  Li=Ji(N)
2340  FOR I=1 TO 3
2350    IF Jt(N,I)<=0 THEN 2380
2360    Li=Li+1
2370    R(Li)=Sr(I)
2380  NEXT I
2390  GOTO 2160
2400  INPUT " Number of LOAD STEP = ? ",Ls
2410  IF Ls<=0 THEN 2400
2420  DISP " Do you want to SAVE these data (Y/N)? "
2430  ON KBD GOTO 2450
2440  GOTO 2430
2450  Sa$=KBD$
2460  OFF KBD
2470  IF Sa$<>"Y" AND Sa$<>"N" THEN 2430
2480  IF Sa$="Y" THEN
2490     INPUT " Enter MASTER file name of current data ",M2$
2500     IF M2$="" THEN 2490
2510     DISP CHR$(130);" DATA IS BEING STORED ON DISK ";CHR$(129)
2520     Lr=20+Jc*22+Nm*6+Ns*16+Ndf*8
2530     Lr=INT(Lr/250)+1
2540     ON ERROR GOTO 6890
2550     CREATE BDAT M2$,Lr
2560     OFF ERROR
2570     ASSIGN @Path TO M2$
2580     OUTPUT @Path;Jc,Nm,Ns,Em
2590     FOR I=1 TO Jc
2600       FOR J=1 TO 2
2610         OUTPUT @Path;Co(I,J)
2620       NEXT J
2630       FOR J=1 TO 3
2640         OUTPUT @Path;Jt(I,J)
2650       NEXT J
2660       OUTPUT @Path;Ji(I)
2670     NEXT I
2680     FOR I=1 TO Nm
2690       FOR J=1 TO 3
2700         OUTPUT @Path;Mc(I,J)
2710       NEXT J
2720     NEXT I
2730     FOR I=1 TO Ns
2740       OUTPUT @Path;Ar(I),Sm(I)
2750     NEXT I
```

```
2760     OUTPUT @Path;Ndf,Kb
2770     FOR I=1 TO Ndf
2780       OUTPUT @Path;R(I)
2790     NEXT I
2800     ASSIGN @Path TO *
2810   END IF
2820   BEEP
2830   DISP CHR$(131)
2840   INPUT " Please TURN ON PRINTER  and press CONTINUE Key ",A$
2850   PRINT CHR$(12)
2860   DISP CHR$(129)
2870   PRINTER IS 701
2880   PRINT CHR$(27)&"(s17hu2B"
2890   PRINT CHR$(27)&"&a201120M"
2900   PRINT "                          ==============================="
2910   PRINT "                          NONLINEAR PLANE FRAMES ANALYSIS"
2920   PRINT "                          ==============================="
2930   PRINT
2940   PRINT
2950   PRINT "DESCRIPTION : ";S$
2960   PRINT
2970   PRINT "          Number of NODES    = ";Jc
2980   PRINT "          Number of MEMBERS  = ";Nm
2990   PRINT "          Number of SECTIONS = ";Ns
3000   PRINT "          Young's Modulus    = ";Em
3010   PRINT
3020   PRINT "   NODE                                    BOUNDARY COND.(FIXED=0,FREE=1)"
3030   PRINT "    NO.    X-coordinate     Y-coordinate     X-direc.  Y-direc.   Rotate"
3040   FOR I=1 TO Jc
3050   PRINT USING "6D,2(12D.4D),3(10D)";I,Co(I,1),Co(I,2),Jt(I,1),Jt(I,2),Jt(I,3)
3060   NEXT I
3070   PRINT
3080   PRINT "MEMBER No.      NODE I    NODE J     SECTIONAL AREA    MOMENT OF INERTIA"
3090   FOR I=1 TO Nm
3100     PRINT USING "6D,4X,2(10D),2(15D.5D)";I,Mc(I,1),Mc(I,2),Ar(Mc(I,3)),Sm(Mc(I,3))
3110   NEXT I
3120   PRINT
3130   PRINT " NODE No.              X-LOAD              Y-LOAD              MOMENT"
3140   FOR I=1 TO Jc
3150     Li=Ji(I)
3160     FOR J=1 TO 3
3170       Sr(J)=0
3180       IF Jt(I,J)<=0 THEN 3210
3190       Li=Li+1
3200       Sr(J)=R(Li)
3210     NEXT J
3220     PRINT USING "6D,3X,3(15D.5D)";I,Sr(1),Sr(2),Sr(3)
3230   NEXT I
3240   Total=TIMEDATE
3250   Ed=1.E-6
3260   Mi=20
3270   FOR I=1 TO 4
3280     FOR J=1 TO 6
3290       T(I,J)=0
3300     NEXT J
```

```
3310  NEXT I
3320  FOR I=1 TO 3
3330    FOR J=3 TO 4
3340      A(I,J)=0
3350    NEXT J
3360  NEXT I
3370  FOR I=1 TO Ndf
3380    Dt(I)=0
3390  NEXT I
3400  FOR Ln=1 TO Ls
3410    It=-1
3420    Im=1
3430    FOR I=1 TO Ndf
3440      Rw(I)=0
3450      FOR J=1 TO Kb
3460        Ij=(I-1)*Kb+J
3470        Bk(Ij)=0
3480      NEXT J
3490    NEXT I
3500    FOR I=1 TO Nm
3510      DISP " Load factor";Ln;" Iteration no.";Im;" Form stiffness";I
3520      FOR J=1 TO 2
3530        J1=Mc(I,J)
3540        Li=Ji(J1)
3550        FOR K=1 TO 3
3560          K1=(J-1)*3+K
3570          Sd(K1)=0
3580          IF Jt(J1,K)<=0 THEN 3610
3590          Li=Li+1
3600          Sd(K1)=Dt(Li)+D(Li)
3610        NEXT K
3620      NEXT J
3630      J1=Mc(I,1)
3640      J2=Mc(I,2)
3650      X=Co(J2,1)-Co(J1,1)
3660      Y=Co(J2,2)-Co(J1,2)
3670      Le=SQR(X*X+Y*Y)
3680      Za=Y/Le
3690      Ca=X/Le
3700      Zm=Mc(I,3)
3710      T(1,1)=-Ca
3720      T(1,2)=-Za
3730      T(1,4)=Ca
3740      T(1,5)=Za
3750      T(2,1)=Za
3760      T(2,2)=-Ca
3770      T(2,4)=-Za
3780      T(2,5)=Ca
3790      T(3,3)=1
3800      T(4,6)=1
3810      FOR J=1 TO 4
3820        Sr(J)=0
3830        FOR K=1 TO 6
3840          Sr(J)=Sr(J)+T(J,K)*Sd(K)
3850        NEXT K
```

```
3860      NEXT J
3870      Lu=Le+Sr(1)
3880      Di=SQR(Lu*Lu+Sr(2)*Sr(2))-Le
3890      T1=Sr(3)+ATN(Sr(2)/Lu)
3900      T2=Sr(4)+ATN(Sr(2)/Lu)
3910      Ld=Le+Di
3920      A(1,1)=Lu/Ld
3930      A(1,2)=Sr(2)/Ld
3940      A(2,1)=-Sr(2)/(Ld*Ld)
3950      A(2,2)=Lu/(Ld*Ld)
3960      A(2,3)=1
3970      A(3,1)=A(2,1)
3980      A(3,2)=A(2,2)
3990      A(3,4)=1
4000      S(1,1)=Em*Ar(Zm)/Le
4010      S(1,2)=Em*Ar(Zm)/30*(4*T1-T2)
4020      S(1,3)=Em*Ar(Zm)/30*(4*T2-T1)
4030      S(2,1)=S(1,2)
4040      S(2,2)=4*Em*Sm(Zm)/Le+Em*Ar(Zm)/30*(4*Di+Le/10*(8*T1*T1-4*T1*T2+3*T2*T2))
4050      S(2,3)=2*Em*Sm(Zm)/Le+Em*Ar(Zm)/30*(Le/10*(6*T1*T2-2*T1*T1-2*T2*T2)-Di)
4060      S(3,1)=S(1,3)
4070      S(3,2)=S(2,3)
4080      S(3,3)=4*Em*Sm(Zm)/Le+Em*Ar(Zm)/30*(4*Di+Le/10*(3*T1*T1-4*T1*T2+8*T2*T2))
4090      P=Em*Ar(Zm)*(Di/Le+(2*T1*T1-T1*T2+2*T2*T2)/30)
4100      M1=2*Em*Sm(Zm)/Le*(2*T1+T2)+P*Le/30*(4*T1-T2)
4110      M2=2*Em*Sm(Zm)/Le*(2*T2+T1)+P*Le/30*(4*T2-T1)
4120      Sd(1)=A(1,1)*P+A(2,1)*M1+A(3,1)*M2
4130      Sd(2)=A(1,2)*P+A(2,2)*M1+A(3,2)*M2
4140      Sd(3)=A(1,3)*P+A(2,3)*M1+A(3,3)*M2
4150      Sd(4)=A(1,4)*P+A(2,4)*M1+A(3,4)*M2
4160      FOR J=1 TO 3
4170        FOR K=1 TO 4
4180          Sa(J,K)=0
4190          FOR L=1 TO 3
4200            Sa(J,K)=Sa(J,K)+S(J,L)*A(L,K)
4210          NEXT L
4220        NEXT K
4230      NEXT J
4240      FOR J=1 TO 4
4250        FOR K=J TO 4
4260          As(J,K)=0
4270          FOR L=1 TO 3
4280            As(J,K)=As(J,K)+A(L,J)*Sa(L,K)
4290          NEXT L
4300        NEXT K
4310      NEXT J
4320      As(1,1)=As(1,1)+((2*Lu*Lu+Sr(2)*Sr(2))*Sr(2)*Sd(2)-Sr(2)*Sr(2)*Lu*Sd(1))/(Ld*Ld*Ld*Ld)
4330      As(1,2)=As(1,2)-(Sr(2)^3*Sd(1)+Lu^3*Sd(2))/(Ld*Ld*Ld*Ld)
4340      As(2,2)=As(2,2)+(Lu*(Lu*Lu+2*Sr(2)*Sr(2))*Sd(1)-Lu*Lu*Sr(2)*Sd(2))/(Ld*Ld*Ld*Ld)
4350      FOR J=1 TO 3
4360        FOR K=J+1 TO 4
4370          As(K,J)=As(J,K)
4380        NEXT K
4390      NEXT J
4400      FOR J=1 TO 4
```

```
4410        FOR K=1 TO 6
4420          Ta(J,K)=0
4430          FOR L=1 TO 4
4440            Ta(J,K)=Ta(J,K)+As(J,L)*T(L,K)
4450          NEXT L
4460        NEXT K
4470      NEXT J
4480      FOR J=1 TO 6
4490        FOR K=J TO 6
4500          Kt(J,K)=0
4510          FOR L=1 TO 4
4520            Kt(J,K)=Kt(J,K)+T(L,J)*Ta(L,K)
4530          NEXT L
4540        NEXT K
4550      NEXT J
4560      FOR J=1 TO 6
4570        Sr(J)=0
4580        FOR K=1 TO 4
4590          Sr(J)=Sr(J)+T(K,J)*Sd(K)
4600        NEXT K
4610      NEXT J
4620      IF It<0 THEN 4730
4630      FOR J=1 TO 2
4640        J1=Mc(I,J)
4650        Li=(J1-1)*3
4660        FOR K=1 TO 3
4670          K1=(J-1)*3+K
4680          Li=Li+1
4690          Rw(Li)=Rw(Li)+Sr(K1)
4700        NEXT K
4710      NEXT J
4720      GOTO 6440
4730      FOR J=1 TO 2
4740        J1=Mc(I,J)
4750        Li=Ji(J1)
4760        FOR K=1 TO 3
4770          K1=(J-1)*3+K
4780          IF Jt(J1,K)<=0 THEN 4810
4790          Li=Li+1
4800          Rw(Li)=Rw(Li)+Sr(K1)
4810        NEXT K
4820      NEXT J
4830      FOR N=1 TO 2
4840        J1=Mc(I,N)
4850        Sr(N)=Ji(J1)
4860      NEXT N
4870      FOR N=1 TO 3
4880        Jb=3*(INT(N/2)-INT(N/3))+1
4890        Je=Jb+2
4900        Ke=3*(INT(N/2)-2*INT(N/4)+1)
4910        Ks=Ke-2
4920        Lb=INT(Je/3)
4930        La=INT(Ke/3)
4940        Jn=Mc(I,Lb)
4950        Jm=Mc(I,La)
```

```
4960        Jz=0
4970        FOR J=Jb TO Je
4980          Jf=J-Jb+1
4990          Jz=Jz+Jt(Jn,Jf)
5000          Kz=0
5010          FOR K=Ks TO Ke
5020            Kf=K-Ks+1
5030            Kz=Kz+Jt(Jm,Kf)
5040            IF Jt(Jn,Jf)*Jt(Jm,Kf)<=0 THEN 5110
5050            Jj=Sr(Lb)+Jz
5060            Kk=Sr(La)+Kz
5070            Kj=Kk-Jj
5080            IF Kj<0 THEN 5110
5090            Kk=Kj*Ndf+Jj
5100            Bk(Kk)=Bk(Kk)+Kt(J,K)
5110          NEXT K
5120        NEXT J
5130      NEXT N
5140    NEXT I
5150    FOR I=1 TO Ndf
5160      Rw(I)=Ln*R(I)-Rw(I)
5170    NEXT I
5180    DISP " Load factor";Ln;" Iteration no.";Im;" Solve equation "
5190    FOR I=2 TO Ndf
5200      I1=I-1
5210      K1=I1+Kb
5220      IF K1>Ndf THEN K1=Ndf
5230      FOR J=I TO K1
5240        Ij=(J-I)*Ndf+I
5250        Su=Bk(Ij)
5260        Nkb=J-Kb+1
5270        IF Nkb<1 THEN Nkb=1
5280        IF Nkb>I1 THEN 5340
5290        FOR N=Nkb TO I1
5300          Ni=(I-N)*Ndf+N
5310          Nj=(J-N)*Ndf+N
5320          Su=Su-Bk(Ni)*Bk(Nj)/Bk(N)
5330        NEXT N
5340        Bk(Ij)=Su
5350      NEXT J
5360    NEXT I
5370    Rw(1)=Rw(1)/Bk(1)
5380    FOR I=2 TO Ndf
5390      Su=Rw(I)
5400      I1=I-1
5410      Nkb=I-Kb+1
5420      IF Nkb<1 THEN Nkb=1
5430      FOR K=Nkb TO I1
5440        Jn=(I-K)*Ndf+K
5450        Su=Su-Bk(Jn)*Rw(K)
5460      NEXT K
5470      Rw(I)=Su/Bk(I)
5480    NEXT I
5490    FOR Jj=2 TO Ndf
5500      I=Ndf-Jj+1
```

```
5510      Su=0
5520      I1=I+1
5530      Nkb=I-1+Kb
5540      IF Nkb>Ndf THEN Nkb=Ndf
5550      FOR K=I1 TO Nkb
5560        Jn=(K-I)*Ndf+I
5570        Su=Su+Bk(Jn)*Rw(K)
5580      NEXT K
5590      Rw(I)=Rw(I)-Su/Bk(I)
5600    NEXT Jj
5610    Er=0
5620    Et=0
5630    FOR I=1 TO Ndf
5640      D(I)=D(I)+Rw(I)
5650      Er=Er+Rw(I)*Rw(I)
5660      Et=Et+D(I)*D(I)
5670      FOR J=1 TO Kb
5680        Ij=(J-1)*Ndf+I
5690        Bk(Ij)=0
5700      NEXT J
5710    NEXT I
5720    Ec=SQR(Er/Et)
5730    IF Ec<=Ed THEN 5770
5740    Im=Im+1
5750    IF Im>Mi THEN 6660
5760    GOTO 3430
5770    DISP
5780    FOR I=1 TO Ndf
5790      Dt(I)=Dt(I)+D(I)
5800      D(I)=0
5810    NEXT I
5820    FOR I=1 TO 3*Jc
5830      Rw(I)=0
5840    NEXT I
5850    FOR I=1 TO Jc
5860      Li=Ji(I)
5870      FOR K=1 TO 2
5880        Sr(K)=Co(I,K)
5890        IF Jt(I,K)>0 THEN
5900          Li=Li+1
5910          Sr(K)=Co(I,K)+Dt(Li)
5920        END IF
5930      NEXT K
5940      IF Sr(1)<Xmin THEN Xmin=Sr(1)
5950      IF Sr(1)>Xmax THEN Xmax=Sr(1)
5960      IF Sr(2)<Ymin THEN Ymin=Sr(2)
5970      IF Sr(2)>Ymax THEN Ymax=Sr(2)
5980    NEXT I
5990    GINIT
6000    GRAPHICS ON
6010    VIEWPORT 20,110,30,100
6020    SHOW Xmin-5,Xmax+5,Ymin-5,Ymax+5
6030    FOR I=1 TO Nm
6040      FOR J=1 TO 2
6050        LINE TYPE 1
```

```
6060        PLOT Co(Mc(I,J),1),Co(Mc(I,J),2),J
6070      NEXT J
6080      FOR J=1 TO 2
6090        Li=Ji(Mc(I,J))
6100        FOR K=1 TO 2
6110          Sr(K)=Co(Mc(I,J),K)
6120          IF Jt(Mc(I,J),K)>0 THEN
6130            Li=Li+1
6140            Sr(K)=Co(Mc(I,J),K)+Dt(Li)
6150          END IF
6160        NEXT K
6170        LINE TYPE 5
6180        PLOT Sr(1),Sr(2),J
6190      NEXT J
6200    NEXT I
6210    PRINT
6220    PRINT
6230    PRINT "SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = ";Ln
6240    PRINT "NO. OF ITERATIONS = ";Im;" CYCLES"
6250    PRINT
6260    PRINT "DEFORMATIONS"
6270    PRINT " NODE NO.          X-MOVEMENT          Y-MOVEMENT          ROTATION"
6280    FOR J=1 TO Jc
6290      Li=Ji(J)
6300      FOR K=1 TO 3
6310        Sr(K)=0
6320        IF Jt(J,K)<=0 THEN 6350
6330        Li=Li+1
6340        Sr(K)=Dt(Li)
6350      NEXT K
6360      PRINT USING "6D.,2X,3(6X,MD.8DE)";J,Sr(1),Sr(2),Sr(3)
6370    NEXT J
6380    It=1
6390    PRINT
6400    PRINT "MEMBER FORCES"
6410    PRINT "MEMBER No.  NODE I  NODE J      MOMENT I        MOMENT J     AXIAL FORCE"
6420    FOR I=1 TO Nm
6430      GOTO 3520
6440      PRINT USING "6D.,X,8D,8D,3(11D.4D)";I,Mc(I,1),Mc(I,2),M1,M2,P
6450    NEXT I
6460    PRINT
6470    PRINT "NODAL INTERNAL FORCES"
6480    PRINT " NODE No.     HORIZONTAL FORCE       VERTICAL FORCE       APPLIED MOMENT"
6490    Li=0
6500    FOR I=1 TO 3
6510      Sd(I)=0
6520    NEXT I
6530    FOR I=1 TO Jc
6540      FOR K=1 TO 3
6550        Li=Li+1
6560        Sr(K)=Rw(Li)
6570        Sd(K)=Sd(K)+Sr(K)
6580      NEXT K
6590      PRINT USING "6D.,2X,3(6X,MD.8DE)";I,Sr(1),Sr(2),Sr(3)
6600    NEXT I
```

```
6610    PRINT USING "9A,3(6X,MD.8DE)";"   SUM.  ",Sd(1),Sd(2),Sd(3)
6620    GRAPHICS OFF
6630    PRINT "CPU. RUNNING TIME IS ";TIME$(TIMEDATE-Total);" HOURS"
6640  NEXT Ln
6650  GOTO 6690
6660  PRINT
6670  PRINT "NO CONVERGE IN LOAD FACTOR ";Ln
6680  PRINT "AFTER ";Mi;" CYCLES"
6690  PRINT
6700  PRINT "END OF ANALYSIS"
6710  PRINTER IS 1
6720  BEEP
6730  DISP " ANY MORE LOAD CASE (Y/N) ? "
6740  ON KBD GOTO 6760
6750  GOTO 6740
6760  B$=KBD$
6770  OFF KBD
6780  IF B$<>"Y" AND B$<>"N" THEN 6740
6790  IF B$="Y" THEN 2000
6800  DISP " ANY MORE PROBLEM (Y/N) ? "
6810  ON KBD GOTO 6830
6820  GOTO 6810
6830  C$=KBD$
6840  OFF KBD
6850  IF C$<>"Y" AND C$<>"N" THEN 6800
6860  IF C$="Y" THEN 80
6870  DISP CHR$(128)
6880  GOTO 6990
6890  IF ERRN=54 THEN
6900    PURGE M2$
6910    GOTO 2550
6920  END IF
6930  IF ERRN=56 THEN
6940    BEEP
6950    DISP " File name is undefined "
6960    WAIT 2
6970    GOTO 110
6980  END IF
6990  END
```

ภาคผนวก ค.

วิธีการป้อนข้อมูลและตัวอย่างผลการวิเคราะห์

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรมในภาคผนวก ข. มีลำดับการป้อนข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ป้อนชื่อเรียกโครงสร้าง และตอบคำถามว่าต้องการใช้ข้อมูลเก่าหรือไม่ โดยตอบว่า Y(es) หรือ N(o) ถ้าตอบว่า Y ต้องป้อนชื่อแฟ้มข้อมูลที่ต้องการใช้

2. ป้อนข้อมูลรายละเอียดของโครงสร้าง ถ้าตอบคำถามในข้อที่ 1 ว่า Y ให้ป้อนข้อมูลเฉพาะข้อที่ 2.5 และ 2.6

   2.1 จำนวนข้อต่อทั้งหมดรวมทั้งฐาน Jc

   2.2 จำนวนชิ้นส่วนย่อย Nm

   2.3 จำนวนหน้าตัดของชิ้นส่วนย่อย Ns

   2.4 ค่าโมดูลัสของโครงสร้าง Em

   2.5 ตอบคำถามว่ายอมรับข้อมูลชุดนี้หรือไม่ โดยตอบว่า Y(es) หรือ N(o)

   2.6 ป้อนข้อมูลความกว้างของแถบของสติฟเนสเมตริกซ์ Kb

3. ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับพิกัดของข้อต่อ ถ้าคำตอบในข้อที่ 1 เป็น Y ให้ป้อนข้อมูลเฉพาะข้อที่ 3.3

   3.1 พิกัดในแกน X Co(I,1)

   3.2 พิกัดในแกน Y Co(I,2)

   3.3 เลือกคำตอบว่าจะเปลี่ยนข้อมูลใหม่ทั้งหมด (1) หรือเปลี่ยนบางส่วน (2) หรือยอมรับข้อมูลชุดนี้

4. ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับข้อต่อ และหน้าตัดของชิ้นส่วนย่อย ถ้าคำตอบในข้อที่ 1 เป็น Y ให้ป้อนข้อมูลเฉพาะข้อที่ 4.4 และ 4.5

   4.1 เลขที่ข้อต่อที่ปลายซ้ายของชิ้นส่วนย่อย Mc(I,1)

   4.2 เลขที่ข้อต่อที่ปลายขวาของชิ้นส่วนย่อย Mc(I,2)

4.3 เลขที่หน้าตัดของชิ้นส่วนย่อย Mc(I,3)

4.4 เลือกคำตอบว่าจะเปลี่ยนข้อมูลใหม่ทั้งหมด (1) หรือเปลี่ยนบางส่วน (2) หรือยอมรับข้อมูลชุดนี้

4.5 เมื่อจอภาพปรากฏรูปร่างของโครงสร้าง ให้เลือกตอบคำถามว่าจะเปลี่ยนแปลงข้อมูล (1) หรือยอมรับข้อมูลชุดนี้

5. ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของหน้าตัด ในกรณีที่ตอบคำถามในข้อที่ 1 เป็น Y ให้ป้อนข้อมูลเฉพาะข้อที่ 5.3

5.1 พื้นที่หน้าตัด Ar(I)

5.2 โมเมนต์อินเนอร์เชีย Sm(I)

5.3 เลือกคำตอบว่าจะเปลี่ยนข้อมูลใหม่ทั้งหมด (1) หรือเปลี่ยนบางส่วน (2) หรือยอมรับข้อมูลชุดนี้

6. ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับสภาพเงื่อนไขที่ข้อต่อ สำหรับข้อต่อที่มีการยึดรั้งในแนวแกนใดแนวแกนหนึ่ง โดยที่รหัสเป็น 0 ถ้าการเคลื่อนที่ในแนวนั้น ๆ ไม่อาจเกิดขึ้นได้ (fixed) และรหัสเป็น 1 ถ้าไม่มีการยึดรั้ง (free)

6.1 หมายเลขข้อต่อที่มีการยึดรั้ง N

6.2 รหัสการยึดรั้งในแนว X Jt(N,1)

6.3 รหัสการยึดรั้งในแนว Y Jt(N,2)

6.4 รหัสการยึดรั้งในแนวหมุน Jt(N,3)

6.5 เลือกคำตอบว่าจะเปลี่ยนข้อมูลใหม่ทั้งหมด (1) หรือเปลี่ยนบางส่วน (2) หรือยอมรับข้อมูลชุดนี้

7. ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับแรงภายนอกที่กระทำต่อโครงสร้าง

7.1 จำนวนข้อต่อที่มีแรงกระทำ Ln

7.2 หมายเลขข้อต่อ ขนาดของแรงกระทำที่ข้อต่อในแนว X แนว Y และโมเมนต์ N,Sr(1), Sr(2), Sr(3)

7.3 เลือกคำตอบว่าจะเปลี่ยนข้อมูลใหม่ทั้งหมด (1) หรือเปลี่ยนบางส่วน (2) หรือยอมรับข้อมูลชุดนี้

8. ป้อนจำนวนชั้นของน้ำหนักกระทำที่ต้องการให้คำนวณ Ls

9. เปิดเครื่องพิมพ์เพื่อแสดงผลของการวิเคราะห์

<u>ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิต ของตัวอย่างที่ 1 (คานยื่น)</u>

==========
NONLINEAR PLANE FRAMES ANALYSIS
==========

DESCRIPTION : CANTILEVER BEAM (EXAMPLE 1)

Number of NODES = 3
Number of MEMBERS = 2
Number of SECTIONS = 1
Young's Modulus = 3.E+7

NODE NO.	X-coordinate	Y-coordinate	BOUNDARY COND.(FIXED=0,FREE=1) X-direc.	Y-direc.	Rotate
1	0.0000	0.0000	0	0	0
2	52.0300	0.0000	1	1	1
3	102.7600	0.0000	1	1	1

MEMBER No.	NODE I	NODE J	SECTIONAL AREA	MOMENT OF INERTIA
1	1	2	.20000	.00017
2	2	3	.20000	.00017

NODE No.	X-LOAD	Y-LOAD	MOMENT
1	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.00000	-.04250	0.00000
3	0.00000	-.06758	0.00000

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 1
NO. OF ITERATIONS = 4 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-4.60136827E-02	-1.95293769E+00	6.51968924E-02
3.	-1.95954480E-01	-5.84164480E+00	8.24976945E-02

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-9.1401	3.4179	.0041
2.	2	3	-3.4179	-0.0000	.0052

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-1.12957992E-09	1.10075000E-01	-9.14008479E+00
2.	1.58478296E-09	-4.25000001E-02	3.19355653E-10
3.	-4.55203044E-10	-6.75750000E-02	-4.17725446E-11
SUM.	-1.03397577E-25	0.00000000E+00	-9.14008479E+00

CPU. RUNNING TIME IS 00:00:12 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 2
NO. OF ITERATIONS = 5 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-1.81697937E-01	-3.87774824E+00	1.29548619E-01
3.	-7.72332236E-01	-1.15789252E+01	1.63826246E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-18.1907	6.7763	.0164
2.	2	3	-6.7763	0.0000	.0205

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-3.90788839E-10	2.20150000E-01	-1.81907390E+01
2.	-2.60886965E-10	-8.49999999E-02	8.52988791E-11
3.	6.51675804E-10	-1.35150000E-01	7.63999840E-11
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-1.81907390E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:00:26 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 3
NO. OF ITERATIONS = 5 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-4.00388308E-01	-5.74905031E+00	1.92289348E-01
3.	-1.69676224E+00	-1.71184333E+01	2.42928101E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-27.0708	10.0214	.0365
2.	2	3	-10.0214	0.0000	.0454

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	3.86743543E-10	3.30225000E-01	-2.70708204E+01
2.	-3.44616426E-09	-1.27499999E-01	-1.10166098E-09
3.	3.05942072E-09	-2.02725001E-01	5.37636572E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-2.70708204E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:00:43 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 4
NO. OF ITERATIONS = 5 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-6.92187242E-01	-7.54628125E+00	2.52792833E-01
3.	-2.92148909E+00	-2.23858913E+01	3.18941856E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-35.7138	13.1097	.0640
2.	2	3	-13.1097	0.0000	.0791

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-1.60070236E-09	4.40300000E-01	-3.57137777E+01
2.	-5.05559837E-09	-1.69999998E-01	-7.28853422E-10
3.	6.65630074E-09	-2.70300002E-01	1.55727588E-09
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-3.57137777E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:00:57 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 5
NO. OF ITERATIONS = 5 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-1.04535997E+00	-9.25472015E+00	3.10602784E-01
3.	-4.39046072E+00	-2.73300109E+01	3.91244582E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-44.0708	16.0102	.0983
2.	2	3	-16.0102	0.0000	.1204

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-5.91534058E-10	5.50375000E-01	-4.40708441E+01
2.	-1.91571139E-09	-2.12499999E-01	-3.65318442E-10
3.	2.50724544E-09	-3.37875001E-01	7.31811903E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-4.40708441E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:01:08 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 6
NO. OF ITERATIONS = 5 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-1.44767980E+00	-1.08654800E+01	3.65433757E-01
3.	-6.04606445E+00	-3.19221638E+01	4.59452502E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-52.1112	18.7041	.1387
2.	2	3	-18.7041	0.0000	.1684

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-2.61286538E-09	6.60450001E-01	-5.21111568E+01
2.	2.66440459E-10	-2.54999999E-01	2.60455124E-09
3.	2.34642492E-09	-4.05450001E-01	8.20182519E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-5.21111568E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:01:22 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 7
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-1.88747288E+00	-1.23747666E+01	4.17150821E-01
3.	-7.83423759E+00	-3.61531409E+01	5.23391832E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-59.8197	21.1836	.1846
2.	2	3	-21.1836	-0.0000	.2218

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	8.44328774E-11	7.70525000E-01	-5.98196606E+01
2.	1.60009753E-10	-2.97500000E-01	7.21200877E-12
3.	-2.44442630E-10	-4.73025000E-01	-9.94548610E-11
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-5.98196606E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:01:37 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 8
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-2.35427647E+00	-1.37827808E+01	4.65738632E-01
3.	-9.70755233E+00	-4.00285748E+01	5.83054866E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-67.1939	23.4495	.2354
2.	2	3	-23.4495	-0.0000	.2799

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-6.18798665E-10	8.80600000E-01	-6.71938992E+01
2.	9.56780912E-10	-3.40000000E-01	1.40906664E-09
3.	-3.37982247E-10	-5.40600000E-01	-1.56793065E-10
SUM.	-1.03397577E-25	0.00000000E+00	-6.71938992E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:01:53 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 9
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-2.83914816E+00	-1.50925728E+01	5.11268705E-01
3.	-1.16265145E+01	-4.35642842E+01	6.38553699E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-74.2406	25.5085	.2906
2.	2	3	-25.5085	0.0000	.3416

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-3.92386540E-10	9.90675000E-01	-7.42406084E+01
2.	-1.15715766E-10	-3.82500000E-01	4.23710844E-10
3.	5.08102306E-10	-6.08175000E-01	2.64414435E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-7.42406084E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:02:09 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 10
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-3.33471960E+00	-1.63090320E+01	5.53870215E-01
3.	-1.35595934E+01	-4.67822699E+01	6.90079136E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-80.9727	27.3713	.3496
2.	2	3	-27.3713	0.0000	.4063

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-4.55288585E-12	1.10075000E+00	-8.09726689E+01
2.	-7.49945765E-11	-4.25000000E-01	-5.87405680E-11
3.	7.95474623E-11	-6.75750000E-01	4.58607874E-11
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-8.09726689E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:02:26 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 11
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-3.83509394E+00	-1.74380888E+01	5.93706608E-01
3.	-1.54825097E+01	-4.97076299E+01	7.37867907E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-87.4067	29.0511	.4120
2.	2	3	-29.0511	-0.0000	.4733

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-3.67580549E-10	1.21082500E+00	-8.74066591E+01
2.	6.94882159E-10	-4.67500000E-01	1.21975674E-09
3.	-3.27301610E-10	-7.43325000E-01	-2.06930473E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-8.74066591E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:02:38 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 12
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-4.33566556E+00	-1.84861312E+01	6.30958260E-01
3.	-1.73771868E+01	-5.23663800E+01	7.82178500E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-93.5610	30.5616	.4774
2.	2	3	-30.5616	-0.0000	.5421

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	4.92059532E-10	1.32090000E+00	-9.35610338E+01
2.	-5.08509989E-11	-5.10000000E-01	-8.41595238E-10
3.	-4.41208533E-10	-8.10900000E-01	-3.03450431E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-9.35610338E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:02:54 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 13
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-4.83291525E+00	-1.94596072E+01	6.65810409E-01
3.	-1.92306312E+01	-5.47840281E+01	8.23274448E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-99.4549	31.9170	.5455
2.	2	3	-31.9170	0.0000	.6124

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	2.73891909E-10	1.43097500E+00	-9.94548516E+01
2.	-4.10784076E-10	-5.52500000E-01	-9.23115806E-10
3.	1.36892167E-10	-8.78475000E-01	1.01725850E-10
SUM.	2.58493941E-26	0.00000000E+00	-9.94548516E+01

CPU. RUNNING TIME IS 00:03:14 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 14
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-5.32421148E+00	-2.03647709E+01	6.98445228E-01
3.	-2.10338863E+01	-5.69847179E+01	8.61413463E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-105.1069	33.1310	.6159
2.	2	3	-33.1310	-0.0000	.6837

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-4.97869690E-10	1.54105000E+00	-1.05106934E+02
2.	8.18209763E-10	-5.95000001E-01	1.86500415E-09
3.	-3.20340073E-10	-9.46050000E-01	-2.55324206E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-1.05106934E+02

CPU. RUNNING TIME IS 00:03:35 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 15
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-5.80763290E+00	-2.12075323E+01	7.29036964E-01
3.	-2.27811259E+01	-5.89907753E+01	8.96840866E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-110.5353	34.2164	.6885
2.	2	3	-34.2164	0.0000	.7559

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	1.13151655E-10	1.65112500E+00	-1.10535345E+02
2.	-3.76879052E-10	-6.37500000E-01	-6.93702873E-10
3.	2.63727397E-10	-1.01362500E+00	2.24702867E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-1.10535345E+02

CPU. RUNNING TIME IS 00:03:40 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 16
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-6.28181749E+00	-2.19933805E+01	7.57749228E-01
3.	-2.44689043E+01	-6.08225220E+01	9.29786016E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-115.7571	35.1854	.7631
2.	2	3	-35.1854	-0.0000	.8287

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-2.69646583E-10	1.76120000E+00	-1.15757097E+02
2.	1.09716079E-09	-6.80000001E-01	2.01880113E-09
3.	-8.27514207E-10	-1.08120000E+00	-7.49545870E-10
SUM.	-1.03397577E-25	0.00000000E+00	-1.15757097E+02

CPU. RUNNING TIME IS 00:03:57 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 17
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-6.74583837E+00	-2.27273537E+01	7.84733724E-01
3.	-2.60955546E+01	-6.24982579E+01	9.60460734E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-120.7880	36.0489	.8394
2.	2	3	-36.0489	0.0000	.9018

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-1.64700809E-10	1.87127500E+00	-1.20788005E+02
2.	-1.17434088E-10	-7.22500000E-01	1.50066626E-10
3.	2.82134897E-10	-1.14877500E+00	2.70663825E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-1.20788005E+02

CPU. RUNNING TIME IS 00:04:11 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 18
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-7.19910375E+00	-2.34140392E+01	8.10129929E-01
3.	-2.76607174E+01	-6.40343434E+01	9.89059028E-01

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-125.6426	36.8170	.9172
2.	2	3	-36.8170	0.0000	.9753

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-2.38465636E-10	1.98135000E+00	-1.25642648E+02
2.	-4.61463037E-10	-7.64999999E-01	-2.32866171E-10
3.	6.99928673E-10	-1.21635000E+00	7.08838321E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-1.25642648E+02

CPU. RUNNING TIME IS 00:04:27 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 19
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-7.64127756E+00	-2.40575919E+01	8.34065344E-01
3.	-2.91649759E+01	-6.54453356E+01	1.01575760E+00

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-130.3344	37.4987	.9965
2.	2	3	-37.4987	-0.0000	1.0490

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	-3.42721462E-10	2.09142500E+00	-1.30334385E+02
2.	8.42587708E-10	-8.07500001E-01	2.07071338E-09
3.	-4.99866245E-10	-1.28392500E+00	-5.32610400E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-1.30334385E+02

CPU. RUNNING TIME IS 00:04:41 HOURS

SOLUTIONS WITH LOAD FACTOR = 20
NO. OF ITERATIONS = 6 CYCLES

DEFORMATIONS

NODE NO.	X-MOVEMENT	Y-MOVEMENT	ROTATION
1.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	0.00000000E+00
2.	-8.07221699E+00	-2.46617620E+01	8.56656094E-01
3.	-3.06095779E+01	-6.67441491E+01	1.04071682E+00

MEMBER FORCES

MEMBER No.	NODE I	NODE J	MOMENT I	MOMENT J	AXIAL FORCE
1.	1	2	-134.8754	38.1024	1.0772
2.	2	3	-38.1024	-0.0000	1.1228

NODAL INTERNAL FORCES

NODE No.	HORIZONTAL FORCE	VERTICAL FORCE	APPLIED MOMENT
1.	9.50941437E-10	2.20150000E+00	-1.34875411E+02
2.	-6.61324691E-10	-8.50000000E-01	-3.12034132E-09
3.	-2.89616745E-10	-1.35150000E+00	-3.23847504E-10
SUM.	0.00000000E+00	0.00000000E+00	-1.34875411E+02

CPU. RUNNING TIME IS 00:04:58 HOURS

END OF ANALYSIS

ประวัติผู้เขียน

นายสมชาย ตั้งจิตเพิ่มความดี เกิดเมื่อวันเสาร์ที่ 27 กันยายน พ.ศ.2501 ในจังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาชั้นปริญญาบัณฑิตจากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี ในปี พ.ศ.2524 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งวิศวกรตรี (โยธา) สังกัดกองช่างโยธา ฝ่ายการช่าง การท่าเรือแห่งประเทศไทย