



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปราโมทย์ เดชะอำไพ, รศ.ดร. ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

_____. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

สมาคมศิษย์เก่าศูนย์วัฒนธรรมเอเชียและทุนฝึกอบรมเทคนิคโพ้นทะเล (ประเทศไทย).
เทคโนโลยีแม่พิมพ์สำหรับชิ้นส่วนยานยนต์. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ฮอนด้า
เอนจิเนียริง จำกัด, 2534.

ภาษาอังกฤษ

Chandra, A. A generalized Finite Element analysis of sheet metal forming with an
Elastic-Viscoplastic material model. Journal of Engineering for Industry 108
(1986): 9-15.

Ghosh, S.N., and Kikuchi, N.B. Finite Element formulation for the simulation of hot
sheet metal forming process. Int. J. Engng. Sci. 26 (1988): 143-161.

Gotoh, M., Iwata, N., and Matsui, M. Finite-Element simulation of deformation and
breakage in sheet metal forming. 1st Report, Basic Theory. JSME
International Journal 38 (1995): 281-288.

Iwata, N., Matsui, M., and Gotoh, M. Finite-Element simulation of deformation and

- breakage in sheet metal forming. 2nd Report, An Elastic-Plastic analysis of square-cup drawing process. JSME International Journal 38 (1995): 289-295.
- Kaftanoglu, B., and Alexander, J.M. On quasistatic axisymmetrical stretch forming. Int. J. Mech. Sci. 12 (1970): 1065.
- Kim, J.H., Oh, S.I., and Kobayashi, S. Analysis of stretching of sheet metals with hemispherical punch. Int. J. Mech. Tool Des. Res. 18 (1978): 209-226.
- Kobayashi, S., Oh, S., and Altan, T. Metal forming and the Finite-Element method New York: Oxford University, 1989.
- Majlessi, S.A., and Lee, D. Further development of sheet metal forming analysis method. Journal of Engineering for Industry 109 (1987): 330-337.
- Mandelson, A. Plasticity : Theory and application. Florida: Robert E. Krieger Publishing, 1986.
- Singer, F.L., and Pytel, A. Strength of material. 3rd ed. New York: Harper & Row Publishes, 1980.
- Slator, R.A. Engineering plasticity : Theory and application to metal forming process. London: The Macinilan Press Ltd., 1977.
- Toh, C.H. Process modeling of sheet metal forming of general shapes by the Finite Element method based on large strain formulation. Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley, 1983.
- Toh, C.H., and Kobayashi, S. Deformation analysis and blank design in square cup drawing. Int. J. Mech. Tool Des. Res. 25 (1985): 15-32.

Wang, N.M., and Budiansky, B. Analysis of sheet metal stamping by a Finite-Element method. Journal of Applied Mechanics 45 (March 1978): 73-82.

Wood, D.M. On the complete solutions of the deep drawing problem. Int. J. Mech. Sci. 10 (1968): 83.

Zienkiewicz, O.C., and Taylor, R.L. The Finite Element method. 4th ed. London: McGraw-Hill Book Company, 1989.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ลักษณะและรูปแบบของข้อมูล

รูปแบบของข้อมูล

CIRCULAR BLANK STRETCHING ANALYSIS
CLASSIFICATION OF PROBLEM
1
NPOIN NELEM
33 40
BASIC PARAMETERS
RDIE RPUNCH RBLANK RTHRT THCKI
0.00 0.90 1.00 1.00 0.06
SQDDIM SQPDIM SQBDIM RDC RPC
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
CFPUNCH CFDIE CFFLANGE
0.14 0.00 0.00
FBLANK DEGREE
0.00 22.50
STRESS-STRAIN CURVE PARAMETERS
RVALUE ULT EPS
.127E+01 .380E+03 .000E+00
CONT1 CONT2 CONT3 N1
.471E+03 0.0 .100E+01 0.379
CONT4 CONT5 CONT6 N2
.000E+00 .000E+00 .000E+00 0.000
CONTROL PARAMETERS
ITER STEP DPUNCH RANGE
20 5 0.030 -0.0050
NODE CODE X-COOR Y-COOR Z-COOR ULX VLY WLZ
1 0 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.3000E-01
2 4 0.1000E+01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
3 4 0.9239E+00 0.3827E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
4 2 0.1000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.2700E-01
5 2 0.2000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.2400E-01
6 2 0.3000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.2100E-01
7 2 0.4000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.1800E-01
8 2 0.5000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.1500E-01
9 2 0.6000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.1200E-01
10 2 0.7000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.9000E-02
11 2 0.8000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.6000E-02
12 2 0.9000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 0.0000E+00 0.3000E-02
13 4 0.9952E+00 0.9802E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
14 4 0.9908E+00 0.1951E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
15 4 0.9569E+00 0.2903E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
16 1 0.8315E+00 0.3444E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.3000E-02
17 1 0.7391E+00 0.3061E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.6000E-02
18 1 0.6467E+00 0.2679E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.9000E-02
19 1 0.5543E+00 0.2296E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.1200E-01
20 1 0.4619E+00 0.1913E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.1500E-01
21 1 0.3696E+00 0.1531E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.1800E-01
22 1 0.2772E+00 0.1148E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.2100E-01
23 1 0.1848E+00 0.7654E-01 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.2400E-01
24 1 0.9239E-01 0.3827E-01 0.0000E+00 -.1000E-06 -.4142E-07 0.2700E-01
25 3 0.8675E+00 0.1176E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.1356E-07 0.3737E-02
26 3 0.8601E+00 0.2407E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.2798E-07 0.3206E-02
27 3 0.6996E+00 0.1900E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.2716E-07 0.8251E-02
28 3 0.6211E+00 0.1793E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.2887E-07 0.1061E-01
29 3 0.5498E+00 0.1126E+00 0.0000E+00 -.1000E-06 -.2049E-07 0.1316E-01

30	3	0.4563E+00	0.9139E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2003E-07	0.1604E-01
31	3	0.6539E+00	0.9680E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.1480E-07	0.1017E-01
32	3	0.7511E+00	0.9913E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.1320E-07	0.7271E-02
33	3	0.7838E+00	0.1906E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2432E-07	0.5800E-02
ELEM	ELEM-1	ELEM-2	ELEM-3				
1	2	13	12				
2	15	3	16				
3	13	14	25				
4	25	14	26				
5	26	14	15				
6	26	15	16				
7	24	1	4				
8	24	4	23				
9	16	17	26				
10	17	18	27				
11	27	18	28				
12	28	18	19				
13	28	19	29				
14	29	19	20				
15	29	20	30				
16	30	20	21				
17	30	21	7				
18	9	10	31				
19	31	10	32				
20	32	10	11				
21	32	11	25				
22	6	21	22				
23	7	21	6				
24	11	12	25				
25	4	5	23				
26	23	5	22				
27	29	30	8				
28	8	30	7				
29	28	29	31				
30	28	31	27				
31	33	17	27				
32	25	26	33				
33	26	17	33				
34	33	27	32				
35	25	33	32				
36	9	31	29				
37	31	32	27				
38	13	25	12				
39	5	6	22				
40	8	9	29				

คำอธิบายลักษณะของข้อมูล

บรรทัดที่ 1 ข้อความแสดงชื่อของปัญหา

บรรทัดที่ 2 ข้อความแสดงรูปแบบของปัญหา

บรรทัดที่ 3 ตัวเลขแสดงรูปแบบของปัญหา

1 = การยัดขึ้นรูปด้วยทรงกลม

2 = การลากขึ้นรูปด้วยทรงกลม

3 = การลากขึ้นรูปด้วยทรงสี่เหลี่ยม

บรรทัดที่ 4 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 5

- บรรทัดที่ 5 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่าง ๆ
 NPOIN = จำนวนจุดต่อ
 NELEM = จำนวนเอเลเมนต์
- บรรทัดที่ 6 ข้อความแสดงตัวแปรพื้นฐาน
- บรรทัดที่ 7 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 8
- บรรทัดที่ 8 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่าง ๆ
 RDIE = รัศมีที่ป่าของแม่พิมพ์
 RPUNCH = รัศมีของหัวกด
 RBLANK = รัศมีของโลหะแผ่น
 RTHRT = รัศมีช่องเปิดของแม่พิมพ์
 THCKI = ความหนาของโลหะแผ่น
- บรรทัดที่ 9 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 10
- บรรทัดที่ 10 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่าง ๆ (เฉพาะการลากขึ้นรูปด้วยทรงสี่เหลี่ยม)
 SQDDIM = ขนาดของแม่พิมพ์
 SQPDIM = ขนาดของหัวกด
 SQBDIM = ขนาดของโลหะแผ่น
 RDC = รัศมีที่มุมของแม่พิมพ์
 RPC = รัศมีที่มุมของหัวกด
- บรรทัดที่ 11 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 12
- บรรทัดที่ 12 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่าง ๆ
 CFPUNCH = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของหัวกด
 CFDIE = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแม่พิมพ์
 CFFLANGE = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแท่นกด
- บรรทัดที่ 13 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 14

- บรรทัดที่ 14 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่าง ๆ
 FBLANK = แรงที่ใช้กดที่แท่นกด
 DEGREE = มุมของส่วนของโลหะแผ่นที่ใช้วิเคราะห์
- บรรทัดที่ 15 ข้อความแสดงตัวแปรคุณสมบัติของวัสดุ
- บรรทัดที่ 16 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 17
- บรรทัดที่ 17 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่าง ๆ
 RVALUE = ค่า R-VALUE
 ULT = ความเค้นประลัย
 EPS = ความเครียด
 (กรณีที่ใช้เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด มี 2 ช่วง)
- บรรทัดที่ 18 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 19
- บรรทัดที่ 19 ตัวเลขแสดงค่าคงที่ในสมการความสัมพันธ์ความเค้น-ความเครียด
 ในกรณี $EPS = 0$ หรือ $ความเครียด < EPS$
 $ความเค้น = CONT1(CONT2 + CONT3*ความเครียด)^{N1}$
- บรรทัดที่ 20 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 21
- บรรทัดที่ 21 ตัวเลขแสดงค่าคงที่ในสมการความสัมพันธ์ความเค้น-ความเครียด
 ในกรณี $ความเครียด \geq EPS$
 $ความเค้น = CONT4(CONT5 + CONT6*ความเครียด)^{N2}$
- บรรทัดที่ 22 ข้อความแสดงตัวแปรที่ใช้ควบคุมการคำนวณ
- บรรทัดที่ 23 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 24
- บรรทัดที่ 24 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่าง ๆ

ITER = จำนวนการคำนวณซ้ำ
 STEP = จำนวนขั้นของการกด
 DPUNCH = ระยะกดในแต่ละขั้น
 RANGE = ช่วงการตรวจสอบการสัมผัสของหัวกดกับโลหะแผ่น

บรรทัดที่ 25 ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ 26

บรรทัดที่ 26 ตัวเลขแสดงตัวแปรต่างๆ

NODE = หมายเลขของจุดต่อ
 CODE = รหัสเงื่อนไขที่ขอบเขตของจุดต่อ
 X-COOR = พิกัดแกน X ของจุดต่อ
 Y-COOR = พิกัดแกน Y ของจุดต่อ
 Z-COOR = พิกัดแกน Z ของจุดต่อ
 ULX = ค่าการเคลื่อนตัวทางแกน X ของจุดต่อ
 VLY = ค่าการเคลื่อนตัวทางแกน Y ของจุดต่อ
 WLZ = ค่าการเคลื่อนตัวทางแกน Z ของจุดต่อ

$N = 26 + NPOIN$

บรรทัดที่ N ข้อความอธิบายตัวเลขในบรรทัดที่ N+1

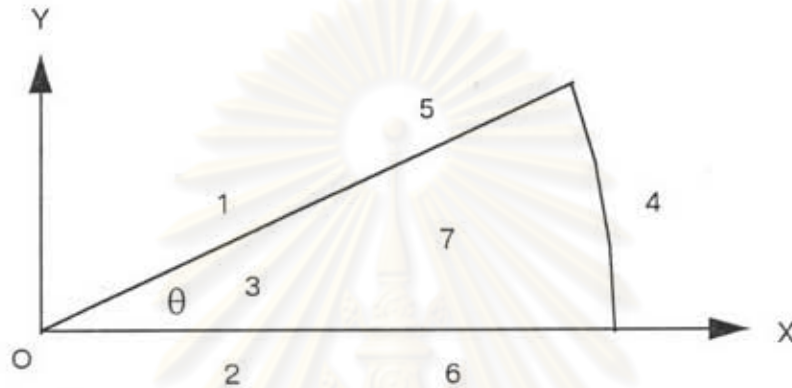
บรรทัดที่ N+1 ตัวเลขแสดงจุดต่อในแต่ละเอลเมนต์

ELEM = หมายเลขของเอลเมนต์
 ELEM-1 = จุดต่อที่ 1
 ELEM-2 = จุดต่อที่ 2
 ELEM-3 = จุดต่อที่ 3



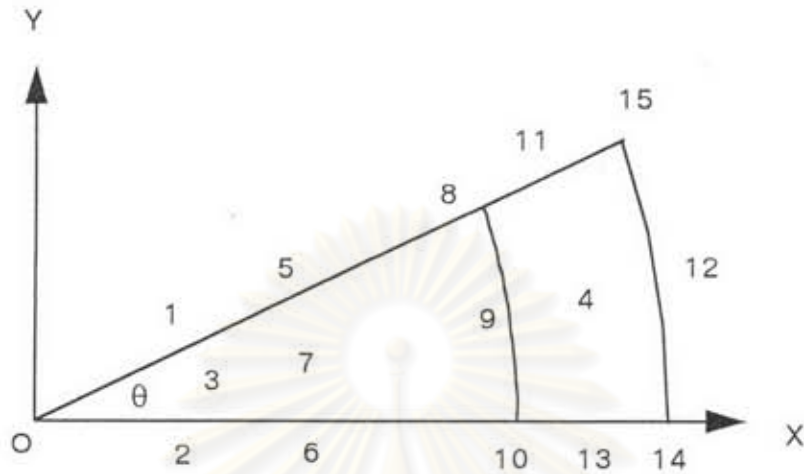
การกำหนดรหัสของเงื่อนไขที่ขอบเขต

1. การยึดขึ้นรูปด้วยทรงกลม



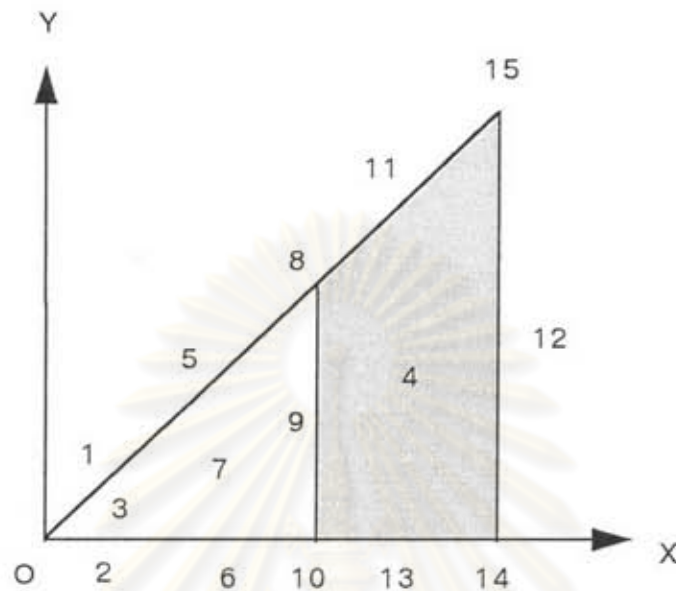
- รหัส 0 สำหรับจุดต่อที่ $U=V=0$ และ $W =$ ระยะเวลา
- รหัส 1 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับห้วงกุด
และ $V=U \tan \theta$, $F_x = -F_y \tan \theta$, $F_z = 0$
- รหัส 2 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับห้วงกุดและอยู่บนแกน X
- รหัส 3 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับห้วงกุดและไม่อยู่ที่ขอบ
- รหัส 4 สำหรับจุดต่อที่ $U=V=W=0$
- รหัส 5 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับห้วงกุด และ $V=U \tan \theta$
- รหัส 6 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับห้วงกุดและอยู่บนแกน X
- รหัส 7 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับห้วงกุดและไม่อยู่ที่ขอบ

2. การลากขึ้นรูปด้วยทรงกลม



- รหัส 0 สำหรับจุดต่อที่ $U=V=0$ และ $W =$ ระยะกด
- รหัส 1 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับหัวกด และ $V=U \tan \theta$, $F_x = -F_y \tan \theta$, $F_z = 0$
- รหัส 2 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับหัวกดและอยู่บนแกน X
- รหัส 3 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับหัวกดและไม่อยู่ที่ขอบ
- รหัส 4 สำหรับจุดต่อที่อยู่ในบริเวณแท่นกด
- รหัส 5 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับหัวกด และ $V=U \tan \theta$
- รหัส 6 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับหัวกดและอยู่บนแกน X
- รหัส 7 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับหัวกดและไม่อยู่ที่ขอบ
- รหัส 8 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับบ่าของแม่พิมพ์ และ $V=U \tan \theta$
- รหัส 9 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับบ่าของแม่พิมพ์และไม่อยู่ที่ขอบ
- รหัส 10 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับบ่าของแม่พิมพ์และอยู่บนแกน X
- รหัส 11 สำหรับจุดต่อที่อยู่ในบริเวณแท่นกด และ $V=U \tan \theta$
- รหัส 12 สำหรับจุดต่อที่อยู่ขอบนอกของแผ่นโลหะ
- รหัส 13 สำหรับจุดต่อที่สำหรับจุดต่อที่อยู่ในบริเวณแท่นกดและอยู่บนแกน X
- รหัส 14 สำหรับจุดต่อที่อยู่ขอบนอกของแผ่นโลหะและอยู่บนแกน X
- รหัส 15 สำหรับจุดต่อที่อยู่ขอบนอกของแผ่นโลหะและ $V=U \tan \theta$

3. การลากขึ้นรูปด้วยทรงสี่เหลี่ยม



- รหัส 0 สำหรับจุดต่อที่ $X=Y=0$
- รหัส 1 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับหัวกด
และ $V=U\tan\theta$, $F_x=-F_y\tan\theta$, $F_z=0$
- รหัส 2 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับหัวกดและอยู่บนแกน X
- รหัส 3 สำหรับจุดต่อที่ไม่สัมผัสกับหัวกดและไม่อยู่ที่ขอบ
- รหัส 4 สำหรับจุดต่อที่อยู่ในบริเวณแท่นกด
- รหัส 5 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับหัวกด และ $V=U\tan\theta$
- รหัส 6 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับหัวกดและอยู่บนแกน X
- รหัส 7 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับหัวกดและไม่อยู่ที่ขอบ
- รหัส 8 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับบ่าของแม่พิมพ์ และ $V=U\tan\theta$
- รหัส 9 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับบ่าของแม่พิมพ์และไม่อยู่ที่ขอบ
- รหัส 10 สำหรับจุดต่อที่สัมผัสกับบ่าของแม่พิมพ์และอยู่บนแกน X
- รหัส 11 สำหรับจุดต่อที่อยู่ในบริเวณแท่นกด และ $V=U\tan\theta$
- รหัส 12 สำหรับจุดต่อที่อยู่ขอบนอกของแผ่นโลหะ
- รหัส 13 สำหรับจุดต่อที่สำหรับจุดต่อที่อยู่ในบริเวณแท่นกดและอยู่บนแกน X
- รหัส 14 สำหรับจุดต่อที่อยู่ขอบนอกของแผ่นโลหะและอยู่บนแกน X
- รหัส 15 สำหรับจุดต่อที่อยู่ขอบนอกของแผ่นโลหะและ $V=U\tan\theta$

- รหัส 16 สำหรับจุดต่อที่เดิมมีรหัส 2 หรือ 6 และสัมผัสกับหัวกด
รหัส 17 สำหรับจุดต่อที่เดิมมีรหัส 3 หรือ 7 และสัมผัสกับหัวกด
รหัส 18 สำหรับจุดต่อที่เดิมมีรหัส 1 หรือ 5 และสัมผัสกับหัวกด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การใช้โปรแกรมและข้อควรระวัง

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

สำหรับตัวอย่างการใช้โปรแกรมในที่นี้จะนำเอาปัญหาการยืดขึ้นรูปดังแสดงในรูปที่ 5.1 มาเป็นตัวอย่าง โดยลักษณะของข้อมูลจะถูกบรรจุอยู่ในไฟล์ชื่อ PROB101.DA1 ซึ่งจะประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

CIRCULAR BLANK STRECHING ANALYSIS
CLASSIFICATION OF PROBLEM

1
NPOIN NELEM
33 40
BASIC PARAMETERS
RDIE RPUNCH RBLANK RTHRT THCKI
0.00 0.90 1.00 1.00 0.06
SQDDIM SQPDIM SQBDIM RDC RPC
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
CFPUNCH CFDI E CFFLANGE
0.14 0.00 0.00
FBLANK DEGREE
0.00 22.50

STRESS-STRAIN CURVE PARAMETERS
RVALUE ULT EPS
.127E+01 .380E+03 .000E+00
CONT1 CONT2 CONT3 N1
.471E+03 0.0 .100E+01 0.379
CONT4 CONT5 CONT6 N2
.000E+00 .000E+00 .000E+00 0.000

CONTROL PARAMETERS

ITER	STEP	DPUNCH	RANGE						
20	5	0.030	-0.0050						
NODE	CODE	X-COOR	Y-COOR	Z-COOR	ULX	VLY	WLZ		
1	0	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.3000E-01		
2	4	0.1000E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00		
3	4	0.9239E+00	0.3827E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00		
4	2	0.1000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.2700E-01		
5	2	0.2000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.2400E-01		
6	2	0.3000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.2100E-01		
7	2	0.4000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.1800E-01		
8	2	0.5000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.1500E-01		
9	2	0.6000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.1200E-01		
10	2	0.7000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.9000E-02		
11	2	0.8000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.6000E-02		
12	2	0.9000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	0.0000E+00	0.3000E-02		
13	4	0.9952E+00	0.9802E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00		
14	4	0.9808E+00	0.1951E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00		
15	4	0.9569E+00	0.2903E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00		
16	1	0.8315E+00	0.3444E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.3000E-02		
17	1	0.7391E+00	0.3061E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.6000E-02		
18	1	0.6467E+00	0.2679E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.9000E-02		
19	1	0.5543E+00	0.2296E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.1200E-01		

20	1	0.4619E+00	0.1913E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.1500E-01
21	1	0.3696E+00	0.1531E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.1800E-01
22	1	0.2772E+00	0.1148E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.2100E-01
23	1	0.1848E+00	0.7654E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.2400E-01
24	1	0.9239E-01	0.3827E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.4142E-07	0.2700E-01
25	3	0.8675E+00	0.1176E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.1356E-07	0.3737E-02
26	3	0.8601E+00	0.2407E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2798E-07	0.3206E-02
27	3	0.6996E+00	0.1900E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2716E-07	0.8251E-02
28	3	0.6211E+00	0.1793E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2887E-07	0.1061E-01
29	3	0.5498E+00	0.1126E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2049E-07	0.1316E-01
30	3	0.4563E+00	0.9139E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2003E-07	0.1604E-01
31	3	0.6539E+00	0.9680E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.1480E-07	0.1017E-01
32	3	0.7511E+00	0.9913E-01	0.0000E+00	-.1000E-06	-.1320E-07	0.7271E-02
33	3	0.7838E+00	0.1906E+00	0.0000E+00	-.1000E-06	-.2432E-07	0.5800E-02
ELEM	ELEM-1	ELEM-2	ELEM-3				
1	2	13	12				
2	15	3	16				
3	13	14	25				
4	25	14	26				
5	26	14	15				
6	26	15	16				
7	24	1	4				
8	24	4	23				
9	16	17	26				
10	17	18	27				
11	27	18	28				
12	28	18	19				
13	28	19	29				
14	29	19	20				
15	29	20	30				
16	30	20	21				
17	30	21	7				
18	9	10	31				
19	31	10	32				
20	32	10	11				
21	32	11	25				
22	6	21	22				
23	7	21	6				
24	11	12	25				
25	4	5	23				
26	23	5	22				
27	29	30	8				
28	8	30	7				
29	28	29	31				
30	28	31	27				
31	33	17	27				
32	25	26	33				
33	26	17	33				
34	33	27	32				
35	25	33	32				
36	9	31	29				
37	31	32	27				
38	13	25	12				
39	5	6	22				
40	8	9	29				

เมื่อผู้ใช้เริ่มทำการคำนวณโดยใช้โปรแกรม STAMP โปรแกรมจะถามชื่อไฟล์ข้อมูล ให้พิมพ์ชื่อไฟล์ PROB101 หลังจากนั้นโปรแกรมจะถามรุ่น (version) ของข้อมูล ให้พิมพ์ 1 จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณตามขั้นตอนในบทที่ 4 เมื่อการคำนวณสิ้นสุดลง โปรแกรมจะให้ผลลัพธ์ในไฟล์ชื่อ PROB101.OU1 ดังรายละเอียดดังนี้

PROBLEM : CIRCULAR BLANK STRECHING ANALYSIS
CLASSIFICATION OF PROBLEM 1

INPUT TABLE 1. BASIC PARAMETERS

NUMBER OF NODAL POINTS	33
NUMBER OF ELEMENTS	40
RADIUS OF BLANK (mm)	0.100E+01
RADIUS OF HEMISPHERICAL PUNCH (mm)	0.900E+00
RADIUS OF DIE (mm)	0.000E+00
RADIUS OF DIE THROAT (mm)	0.100E+01
MATERIAL THICKNESS (mm)	0.600E-01
PUNCH FRICTION COEFFICIENT	0.140E+00
DIE FRICTION COEFFICIENT	0.000E+00
FLANGE FRICTION COEFFICIENT	0.000E+00

BLANK HOLDING FORCE (kN) 0.000E+00

INPUT TABLE 2. MATERIAL PROPERTIES

MATERIAL ULTIMATE STRENGTH (MPa) 0.380E+03
 NORMAL ANISOTROPIC , R-VALUE 0.127E+01
 STRESS = K1(C1+C2*STRAIN)^N1
 CONSTANT K1 IN STRAIN HARDENING LAW 0.471E+03
 CONSTANT C1 IN STRAIN HARDENING LAW 0.000E+00
 CONSTANT C2 IN STRAIN HARDENING LAW 0.100E+01
 STRAIN HARDENING COEFFICIENT (N1) 0.379E+00

INPUT TABLE 3. CONTROL PARAMETERS

NUMBER OF ITERATIONS 20
 NUMBER OF STEPS 5
 PUNCH HEAD ADVANCEMENT (mm) 0.300E-01
 LIMIT-RANGE FOR CONTACT POINTS (mm) -5.000E-02

INPUT TABLE 4. NODAL POINT DATA

NODAL POINT	TYPE	X	Y	Z	X-DISP OR LOAD	Y-DISP OR LOAD	Z-DISP OR LOAD
1	0	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.3000E-01
2	4	0.1000E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	4	0.9239E+00	0.3827E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	2	0.1000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.2700E-01
5	2	0.2000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.2400E-01
6	2	0.3000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.2100E-01
7	2	0.4000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.1800E-01
8	2	0.5000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.1500E-01
9	2	0.6000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.1200E-01
10	2	0.7000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.9000E-02
11	2	0.8000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.6000E-02
12	2	0.9000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	0.0000E+00	0.3000E-02
13	4	0.9952E+00	0.9802E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
14	4	0.9808E+00	0.1951E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
15	4	0.9569E+00	0.2903E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
16	1	0.8315E+00	0.3444E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.3000E-02
17	1	0.7391E+00	0.3061E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.6000E-02
18	1	0.6467E+00	0.2679E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.9000E-02
19	1	0.5543E+00	0.2296E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.1200E-01
20	1	0.4619E+00	0.1913E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.1500E-01
21	1	0.3696E+00	0.1531E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.1800E-01
22	1	0.2772E+00	0.1148E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.2100E-01
23	1	0.1848E+00	0.7654E-01	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.2400E-01
24	1	0.9239E-01	0.3827E-01	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.4142E-07	0.2700E-01
25	3	0.8675E+00	0.1176E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.1356E-07	0.3737E-02
26	3	0.8601E+00	0.2407E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.2798E-07	0.3206E-02
27	3	0.6996E+00	0.1900E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.2716E-07	0.8251E-02
28	3	0.6211E+00	0.1793E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.2887E-07	0.1061E-01
29	3	0.5498E+00	0.1126E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.2049E-07	0.1316E-01
30	3	0.4563E+00	0.9139E-01	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.2003E-07	0.1604E-01
31	3	0.6539E+00	0.9680E-01	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.1480E-07	0.1017E-01
32	3	0.7511E+00	0.9913E-01	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.1320E-07	0.7271E-02
33	3	0.7838E+00	0.1906E+00	0.0000E+00	-0.1000E-06	-0.2432E-07	0.5800E-02

INPUT TABLE 5. ELEMENT DATA

ELEMENT	1	2	3
1	2	13	12
2	15	3	16
3	13	14	25
4	25	14	26
5	26	14	15
6	26	15	16
7	24	1	4
8	24	4	23
9	16	17	26
10	17	18	27
11	27	18	28
12	28	18	19
13	28	19	29
14	29	19	20
15	29	20	30
16	30	20	21
17	30	21	7
18	9	10	31
19	31	10	32
20	32	10	11
21	32	11	25
22	6	21	22
23	7	21	6
24	11	12	25
25	4	5	23

26	23	5	22
27	29	30	8
28	8	30	7
29	28	29	31
30	28	31	27
31	33	17	27
32	25	26	33
33	26	17	33
34	33	27	32
35	25	33	32
36	9	31	29
37	31	32	27
38	13	25	12
39	5	6	22
40	8	9	29

HALF-BANDWIDTH..... 72

1

NORM OF SOLUTION VECTOR : 0.6772E-01
 NORM OF ERROR VECTOR : 0.1668E-01
 FRACTIONAL NORM : 0.2463E+00
 NORM-RATIO OF THE PREVIOUS ITERATION : 0.2463E+00

2

NORM OF SOLUTION VECTOR : 0.6727E-01
 NORM OF ERROR VECTOR : 0.3556E-02
 FRACTIONAL NORM : 0.5287E-01
 NORM-RATIO OF THE PREVIOUS ITERATION : 0.2463E+00

3

NORM OF SOLUTION VECTOR : 0.6791E-01
 NORM OF ERROR VECTOR : 0.7241E-03
 FRACTIONAL NORM : 0.1066E-01
 NORM-RATIO OF THE PREVIOUS ITERATION : 0.5287E-01

4

NORM OF SOLUTION VECTOR : 0.6793E-01
 NORM OF ERROR VECTOR : 0.1541E-04
 FRACTIONAL NORM : 0.2268E-03
 NORM-RATIO OF THE PREVIOUS ITERATION : 0.1066E-01

5

NORM OF SOLUTION VECTOR : 0.6793E-01
 NORM OF ERROR VECTOR : 0.2527E-07
 FRACTIONAL NORM : 0.3720E-06
 NORM-RATIO OF THE PREVIOUS ITERATION : 0.2268E-03

NUMBER OF STEPS = 1 NUMBER OF ITERATIONS = 5

PERTURBATIONS OF DISPLACEMENT

NODE	X-PERTURB	Y-PERTURB	Z-PERTURB
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
3	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
4	0.17669E-09	0.00000E+00	0.10840E-07
5	0.38622E-10	0.00000E+00	0.78210E-08
6	0.19663E-10	0.00000E+00	0.63281E-08
7	0.11422E-10	0.00000E+00	0.63199E-08
8	0.96006E-11	0.00000E+00	0.46228E-08
9	-0.32908E-11	0.00000E+00	0.29616E-08
10	-0.11596E-10	0.00000E+00	0.18184E-08
11	0.95711E-11	0.00000E+00	0.10856E-08
12	0.29793E-11	0.00000E+00	0.33839E-09
13	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
14	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
15	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
16	-0.15734E-10	-0.65169E-11	-0.14290E-09
17	-0.16467E-10	-0.68197E-11	0.72674E-09
18	-0.25107E-11	-0.10401E-11	0.19657E-08
19	-0.20900E-10	-0.86572E-11	0.31124E-08
20	-0.27855E-10	-0.11536E-10	0.44265E-08
21	-0.16899E-10	-0.70001E-11	0.57349E-08
22	0.72330E-11	0.29955E-11	0.66127E-08
23	0.19138E-10	0.79266E-11	0.81609E-08
24	0.15465E-09	0.64061E-10	0.10140E-07
25	-0.62476E-11	0.11514E-11	0.54089E-09
26	-0.13502E-10	-0.34982E-11	0.88841E-10
27	-0.13898E-10	-0.31845E-11	0.18586E-08
28	-0.34162E-11	-0.15272E-11	0.24490E-08
29	-0.65222E-12	-0.15737E-11	0.41284E-08
30	0.10330E-10	-0.46360E-11	0.54334E-08
31	0.18359E-10	0.63272E-13	0.26209E-08
32	-0.73242E-11	-0.59346E-11	0.10939E-08
33	-0.17115E-10	-0.60184E-11	0.90538E-09

OUTPUT TABLE 1. NODAL DISPLACEMENTS

NODE	U = X-DISP	V = Y-DISP	W = Z-DISP
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.30000E-01
2	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
3	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
4	-0.31166E-04	0.00000E+00	0.23903E-01
5	-0.34099E-04	0.00000E+00	0.19847E-01
6	-0.34213E-04	0.00000E+00	0.16487E-01
7	-0.32774E-04	0.00000E+00	0.13544E-01
8	-0.28915E-04	0.00000E+00	0.10787E-01
9	-0.24404E-04	0.00000E+00	0.83102E-02
10	-0.19308E-04	0.00000E+00	0.60143E-02
11	-0.13121E-04	0.00000E+00	0.38864E-02
12	-0.67661E-05	0.00000E+00	0.18916E-02
13	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
14	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
15	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
16	-0.62103E-05	-0.25723E-05	0.18875E-02
17	-0.12107E-04	-0.50140E-05	0.38859E-02
18	-0.17788E-04	-0.73689E-05	0.60053E-02
19	-0.22534E-04	-0.93341E-05	0.83070E-02
20	-0.26487E-04	-0.10970E-04	0.10781E-01
21	-0.29039E-04	-0.12029E-04	0.13532E-01
22	-0.31682E-04	-0.13121E-04	0.16473E-01
23	-0.32742E-04	-0.13561E-04	0.19830E-01
24	-0.32264E-04	-0.13364E-04	0.23887E-01
25	-0.83775E-05	-0.11179E-05	0.23684E-02
26	-0.69461E-05	-0.17863E-05	0.20184E-02
27	-0.16557E-04	-0.44255E-05	0.54546E-02
28	-0.20582E-04	-0.60931E-05	0.71935E-02
29	-0.24903E-04	-0.50991E-05	0.92217E-02
30	-0.28477E-04	-0.59598E-05	0.11621E-01
31	-0.20612E-04	-0.27956E-05	0.68642E-02
32	-0.15565E-04	-0.22845E-05	0.47598E-02
33	-0.12156E-04	-0.31336E-05	0.37426E-02

OUTPUT TABLE 2. STRAINS WITHIN THE ELEMENTS

ELEM	EPS(X)	EPS(Y)	EPS(X,Y)	LSTRN.INCR.	SSTRN.INCR.	KCHF.STRSS.	TOTAL STRN.
1	0.0000E+00	0.2470E-03	0.3313E-05	0.2980E-03	0.2979E-03	0.1873E+03	0.2980E-03
2	0.0000E+00	0.2457E-03	-0.3340E-05	0.2964E-03	0.2964E-03	0.1864E+03	0.2964E-03
3	0.0000E+00	0.2525E-03	0.9998E-06	0.3047E-03	0.3046E-03	0.1914E+03	0.3047E-03
4	0.2038E-03	0.2849E-04	-0.1744E-03	0.2843E-03	0.2843E-03	0.1789E+03	0.2843E-03
5	0.1678E-03	0.8128E-04	0.2336E-03	0.3005E-03	0.3005E-03	0.1889E+03	0.3005E-03
6	0.2365E-03	-0.3428E-05	-0.7335E-04	0.2861E-03	0.2860E-03	0.1800E+03	0.2861E-03
7	0.1519E-02	-0.2428E-03	-0.8080E-03	0.1748E-02	0.1745E-02	0.1083E+04	0.1748E-02
8	-0.3303E-03	0.8651E-03	0.1236E-04	0.8848E-03	0.8840E-03	0.5497E+03	0.8848E-03
9	0.2634E-03	-0.8644E-05	-0.2960E-04	0.3125E-03	0.3124E-03	0.1963E+03	0.3125E-03
10	0.2862E-03	-0.2315E-04	-0.4513E-04	0.3315E-03	0.3313E-03	0.2080E+03	0.3315E-03
11	-0.1412E-05	0.2794E-03	0.1763E-03	0.3506E-03	0.3505E-03	0.2198E+03	0.3506E-03
12	0.7811E-04	0.2086E-03	-0.3247E-03	0.3641E-03	0.3640E-03	0.2281E+03	0.3641E-03
13	0.8400E-04	0.1868E-03	0.3377E-03	0.3510E-03	0.3509E-03	0.2200E+03	0.3510E-03
14	-0.4852E-05	0.3122E-03	-0.2422E-03	0.3978E-03	0.3976E-03	0.2489E+03	0.3978E-03
15	0.6419E-04	0.2331E-03	0.3709E-03	0.3918E-03	0.3917E-03	0.2453E+03	0.3918E-03
16	-0.1365E-04	0.3683E-03	-0.2820E-03	0.4637E-03	0.4635E-03	0.2896E+03	0.4637E-03
17	0.1324E-03	0.1645E-03	0.4562E-03	0.4088E-03	0.4086E-03	0.2557E+03	0.4088E-03
18	0.3145E-03	-0.2656E-04	0.6023E-04	0.3641E-03	0.3640E-03	0.2281E+03	0.3641E-03
19	0.1311E-04	0.2472E-03	0.2095E-03	0.3295E-03	0.3294E-03	0.2067E+03	0.3295E-03
20	0.6043E-04	0.2062E-03	-0.2766E-03	0.3347E-03	0.3346E-03	0.2100E+03	0.3347E-03
21	0.2246E-04	0.2295E-03	0.1991E-03	0.3138E-03	0.3137E-03	0.1971E+03	0.3138E-03
22	0.1020E-03	0.2616E-03	-0.5709E-03	0.5125E-03	0.5123E-03	0.3198E+03	0.5125E-03
23	-0.8024E-04	0.4667E-03	0.7991E-05	0.5152E-03	0.5149E-03	0.3215E+03	0.5152E-03
24	0.2625E-03	-0.8442E-05	0.3295E-04	0.3117E-03	0.3116E-03	0.1958E+03	0.3117E-03
25	0.7933E-03	-0.1429E-03	0.3475E-03	0.8944E-03	0.8936E-03	0.5556E+03	0.8944E-03
26	-0.1738E-03	0.5991E-03	-0.2739E-04	0.6301E-03	0.6298E-03	0.3924E+03	0.6301E-03
27	0.3515E-03	-0.5585E-04	-0.6918E-04	0.3924E-03	0.3922E-03	0.2456E+03	0.3924E-03
28	-0.2102E-04	0.3826E-03	0.2855E-03	0.4762E-03	0.4760E-03	0.2974E+03	0.4762E-03
29	0.2411E-03	0.5893E-04	-0.3265E-03	0.3834E-03	0.3833E-03	0.2401E+03	0.3834E-03
30	-0.2776E-04	0.2886E-03	0.1016E-03	0.3356E-03	0.3355E-03	0.2105E+03	0.3356E-03
31	-0.1363E-04	0.2830E-03	0.4004E-04	0.3333E-03	0.3332E-03	0.2091E+03	0.3333E-03
32	-0.2080E-05	0.2633E-03	-0.8498E-04	0.3199E-03	0.3198E-03	0.2008E+03	0.3199E-03
33	0.1140E-03	0.1248E-03	0.2678E-03	0.2963E-03	0.2962E-03	0.1862E+03	0.2963E-03
34	0.2591E-03	-0.8138E-05	0.1087E-03	0.3133E-03	0.3132E-03	0.1967E+03	0.3133E-03
35	0.9027E-04	0.1615E-03	0.2753E-03	0.3128E-03	0.3127E-03	0.1965E+03	0.3128E-03
36	0.7976E-04	0.1919E-03	-0.3341E-03	0.3515E-03	0.3514E-03	0.2204E+03	0.3515E-03
37	0.2863E-03	-0.1266E-04	0.1081E-03	0.3426E-03	0.3424E-03	0.2148E+03	0.3426E-03
38	0.2308E-03	0.3897E-05	0.1060E-03	0.2875E-03	0.2874E-03	0.1808E+03	0.2875E-03
39	0.5634E-03	-0.9123E-04	0.2500E-03	0.6407E-03	0.6403E-03	0.3990E+03	0.6407E-03
40	0.3518E-03	-0.4094E-04	0.8866E-04	0.4021E-03	0.4019E-03	0.2516E+03	0.4021E-03

ELEM	EPS(Z)	INI.THCK	CUR.THCK	TTHCK.STRN	ETHCK.STRN	THCK.RATIO
1	-0.2470E-03	0.6000E-01	0.5999E-01	-0.2470E-03	-0.2470E-01	0.9998E+00
2	-0.2457E-03	0.6000E-01	0.5999E-01	-0.2457E-03	-0.2457E-01	0.9998E+00
3	-0.2525E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2525E-03	-0.2525E-01	0.9997E+00
4	-0.2323E-03	0.6000E-01	0.5999E-01	-0.2323E-03	-0.2323E-01	0.9998E+00

5	-0.2491E-03	0.6000E-01	0.5999E-01	-0.2491E-03	-0.2491E-01	0.9998E+00
6	-0.2331E-03	0.6000E-01	0.5999E-01	-0.2331E-03	-0.2331E-01	0.9998E+00
7	-0.1276E-02	0.6000E-01	0.5992E-01	-0.1277E-02	-0.1276E+00	0.9987E+00
8	-0.5348E-03	0.6000E-01	0.5997E-01	-0.5350E-03	-0.5348E-01	0.9995E+00
9	-0.2547E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2548E-03	-0.2547E-01	0.9997E+00
10	-0.2630E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2631E-03	-0.2631E-01	0.9997E+00
11	-0.2779E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2780E-03	-0.2780E-01	0.9997E+00
12	-0.2867E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2868E-03	-0.2867E-01	0.9997E+00
13	-0.2708E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2709E-03	-0.2708E-01	0.9997E+00
14	-0.3073E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.3074E-03	-0.3073E-01	0.9997E+00
15	-0.2972E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2973E-03	-0.2972E-01	0.9997E+00
16	-0.3546E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.3546E-03	-0.3546E-01	0.9996E+00
17	-0.2968E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2969E-03	-0.2968E-01	0.9997E+00
18	-0.2880E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2880E-03	-0.2880E-01	0.9997E+00
19	-0.2603E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2604E-03	-0.2603E-01	0.9997E+00
20	-0.2666E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2666E-03	-0.2666E-01	0.9997E+00
21	-0.2519E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2520E-03	-0.2520E-01	0.9997E+00
22	-0.3636E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.3637E-03	-0.3636E-01	0.9996E+00
23	-0.3865E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.3865E-03	-0.3864E-01	0.9996E+00
24	-0.2541E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2541E-03	-0.2541E-01	0.9997E+00
25	-0.6504E-03	0.6000E-01	0.5996E-01	-0.6506E-03	-0.6504E-01	0.9993E+00
26	-0.4253E-03	0.6000E-01	0.5997E-01	-0.4254E-03	-0.4253E-01	0.9996E+00
27	-0.2957E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2957E-03	-0.2957E-01	0.9997E+00
28	-0.3616E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.3617E-03	-0.3616E-01	0.9996E+00
29	-0.3001E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.3001E-03	-0.3001E-01	0.9997E+00
30	-0.2609E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2609E-03	-0.2608E-01	0.9997E+00
31	-0.2694E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2694E-03	-0.2694E-01	0.9997E+00
32	-0.2612E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2612E-03	-0.2612E-01	0.9997E+00
33	-0.2388E-03	0.6000E-01	0.5999E-01	-0.2389E-03	-0.2389E-01	0.9998E+00
34	-0.2509E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2510E-03	-0.2510E-01	0.9997E+00
35	-0.2518E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2518E-03	-0.2518E-01	0.9997E+00
36	-0.2717E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2717E-03	-0.2716E-01	0.9997E+00
37	-0.2736E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.2737E-03	-0.2736E-01	0.9997E+00
38	-0.2347E-03	0.6000E-01	0.5999E-01	-0.2347E-03	-0.2347E-01	0.9998E+00
39	-0.4722E-03	0.6000E-01	0.5997E-01	-0.4723E-03	-0.4722E-01	0.9995E+00
40	-0.3109E-03	0.6000E-01	0.5998E-01	-0.3109E-03	-0.3109E-01	0.9997E+00

OUTPUT TABLE 3. STRESS AT ELEMENT CENTROIDS

ELEM	S(X)	S(Y)	T(X, Y)	S(1)	S(2)	ANGLE	VONMIS
1	0.1264E+03	0.2260E+03	0.1336E+01	0.2260E+03	0.1264E+03	-0.7687E+00	0.1873E+03
2	0.1258E+03	0.2248E+03	-0.1347E+01	0.2248E+03	0.1258E+03	0.7789E+00	0.1864E+03
3	0.1292E+03	0.2310E+03	0.4031E+00	0.2310E+03	0.1292E+03	-0.2269E+00	0.1914E+03
4	0.2012E+03	0.1305E+03	-0.7036E+02	0.2446E+03	0.8712E+02	-0.3165E+02	0.2088E+03
5	0.1951E+03	0.1602E+03	0.9415E+02	0.2734E+03	0.8195E+02	0.3975E+02	0.2375E+03
6	0.2148E+03	0.1180E+03	-0.2959E+02	0.2231E+03	0.1097E+03	-0.1572E+02	0.1856E+03
7	0.1247E+04	0.5476E+03	-0.3210E+03	0.1372E+04	0.4226E+03	-0.2126E+02	0.1189E+04
8	0.1390E+03	0.6155E+03	0.4898E+01	0.6155E+03	0.1389E+03	-0.5889E+00	0.5500E+03
9	0.2364E+03	0.1268E+03	-0.1192E+02	0.2377E+03	0.1255E+03	-0.6137E+01	0.1971E+03
10	0.2496E+03	0.1251E+03	-0.1816E+02	0.2522E+03	0.1225E+03	-0.8131E+01	0.2098E+03
11	0.1413E+03	0.2542E+03	0.7089E+02	0.2884E+03	0.1072E+03	-0.2574E+02	0.2451E+03
12	0.1777E+03	0.2301E+03	-0.1305E+03	0.3370E+03	0.7083E+02	0.3932E+02	0.3031E+03
13	0.1720E+03	0.2134E+03	0.1358E+03	0.3301E+03	0.5537E+02	-0.4067E+02	0.3026E+03
14	0.1547E+03	0.2819E+03	-0.9720E+02	0.3345E+03	0.1021E+03	0.2840E+02	0.2900E+03
15	0.1773E+03	0.2451E+03	0.1489E+03	0.3639E+03	0.5849E+02	-0.3859E+02	0.3347E+03
16	0.1749E+03	0.3279E+03	-0.1130E+03	0.3879E+03	0.1150E+03	0.2795E+02	0.3373E+03
17	0.2043E+03	0.2172E+03	0.1830E+03	0.3939E+03	0.2764E+02	-0.4399E+02	0.3792E+03
18	0.2733E+03	0.1363E+03	0.2420E+02	0.2775E+03	0.1321E+03	0.9725E+01	0.2311E+03
19	0.1383E+03	0.2325E+03	0.8431E+02	0.2820E+03	0.8883E+02	-0.3040E+02	0.2437E+03
20	0.1605E+03	0.2192E+03	-0.1113E+03	0.3049E+03	0.7477E+02	0.3762E+02	0.2703E+03
21	0.1379E+03	0.2213E+03	0.8020E+02	0.2700E+03	0.8918E+02	-0.3127E+02	0.2322E+03
22	0.2256E+03	0.2895E+03	-0.2284E+03	0.4882E+03	0.2687E+02	0.4102E+02	0.4737E+03
23	0.1642E+03	0.3831E+03	0.3203E+01	0.3832E+03	0.1642E+03	-0.8381E+00	0.3215E+03
24	0.2357E+03	0.1266E+03	0.1327E+02	0.2373E+03	0.1250E+03	0.6834E+01	0.1968E+03
25	0.6452E+03	0.2721E+03	0.1384E+03	0.6909E+03	0.2263E+03	0.1829E+02	0.5947E+03
26	0.1463E+03	0.4551E+03	-0.1095E+02	0.4554E+03	0.1459E+03	0.2029E+01	0.3929E+03
27	0.2918E+03	0.1283E+03	-0.2777E+02	0.2964E+03	0.1237E+03	-0.9377E+01	0.2493E+03
28	0.1755E+03	0.3372E+03	0.1143E+03	0.3963E+03	0.1163E+03	-0.2737E+02	0.3450E+03
29	0.2498E+03	0.1767E+03	-0.1311E+03	0.3494E+03	0.7712E+02	-0.3721E+02	0.3128E+03
30	0.1221E+03	0.2494E+03	0.4088E+02	0.2614E+03	0.1101E+03	-0.1636E+02	0.2196E+03
31	0.1322E+03	0.2515E+03	0.1611E+02	0.2537E+03	0.1300E+03	-0.7552E+01	0.2106E+03
32	0.1327E+03	0.2395E+03	-0.3422E+02	0.2496E+03	0.1227E+03	0.1632E+02	0.2075E+03
33	0.1682E+03	0.1726E+03	0.1080E+03	0.2784E+03	0.6245E+02	-0.4442E+02	0.2489E+03
34	0.2327E+03	0.1251E+03	0.4378E+02	0.2482E+03	0.1095E+03	0.1956E+02	0.2078E+03
35	0.1651E+03	0.1938E+03	0.1109E+03	0.2913E+03	0.6768E+02	-0.4131E+02	0.2595E+03
36	0.1708E+03	0.2158E+03	-0.1343E+03	0.3295E+03	0.5712E+02	0.4024E+02	0.3013E+03
37	0.2549E+03	0.1346E+03	0.4347E+02	0.2689E+03	0.1206E+03	0.1793E+02	0.2249E+03
38	0.2133E+03	0.1218E+03	0.4277E+02	0.2302E+03	0.1049E+03	0.2153E+02	0.1923E+03
39	0.4645E+03	0.2030E+03	0.9983E+02	0.4982E+03	0.1692E+03	0.1868E+02	0.4272E+03
40	0.2996E+03	0.1420E+03	0.3557E+02	0.3072E+03	0.1343E+03	0.1215E+02	0.2574E+03

OUTPUT TABLE 3A. NODAL FORCES IN GLOBAL COORD.

NODE	X-COMP	Y-COMP	Z-COMP	RESULTANT	ANGLE
1	-0.1475E+01	-0.2762E+00	0.9341E-01	0.1503E+01	0.1509E+01
2	0.6521E+00	-0.3492E+00	-0.1201E-01	0.7398E+00	-0.1555E+01

3 0.4660E+00 0.5687E+00 -0.1191E-01 0.7354E+00 -0.1555E+01
 13 0.1269E+01 0.1054E+00 -0.2323E-01 0.1274E+01 -0.1553E+01
 14 0.1237E+01 0.2608E+00 -0.2294E-01 0.1264E+01 -0.1553E+01
 15 0.1216E+01 0.3752E+00 -0.2329E-01 0.1272E+01 -0.1552E+01

TOTAL PUNCH LOAD (KN) : 0.1495E+01

NODAL POINT IN CONTACT WITH PUNCH 1

NODAL POINT IN CONTACT WITH PUNCH 4

NODAL POINT IN CONTACT WITH PUNCH 24

OUTPUT TABLE 4. CURRENT NODAL POINT DATA

NODAL POINT	TYPE	X-COOR	Y-COOR	Z-COOR	X-DISP	Y-DISP
1	0	0.0000E+00	0.0000E+00	0.3000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
2	4	0.1000E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	4	0.9239E+00	0.3827E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	6	0.9997E-01	0.0000E+00	0.2390E-01	-0.3117E-04	0.0000E+00
5	2	0.2000E+00	0.0000E+00	0.1985E-01	-0.3409E-04	0.0000E+00
6	2	0.3000E+00	0.0000E+00	0.1649E-01	-0.3421E-04	0.0000E+00
7	2	0.4000E+00	0.0000E+00	0.1354E-01	-0.3278E-04	0.0000E+00
8	2	0.5000E+00	0.0000E+00	0.1079E-01	-0.2891E-04	0.0000E+00
9	2	0.6000E+00	0.0000E+00	0.8310E-02	-0.2438E-04	0.0000E+00
10	2	0.7000E+00	0.0000E+00	0.6014E-02	-0.1931E-04	0.0000E+00
11	2	0.8000E+00	0.0000E+00	0.3886E-02	-0.1311E-04	0.0000E+00
12	2	0.9000E+00	0.0000E+00	0.1892E-02	-0.6795E-05	0.0000E+00
13	4	0.9952E+00	0.9802E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
14	4	0.9808E+00	0.1951E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
15	4	0.9569E+00	0.2903E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
16	1	0.8315E+00	0.3444E+00	0.1888E-02	-0.6199E-05	-0.2563E-05
17	1	0.7391E+00	0.3061E+00	0.3886E-02	-0.1210E-04	-0.5007E-05
18	1	0.6467E+00	0.2679E+00	0.6005E-02	-0.1776E-04	-0.7361E-05
19	1	0.5543E+00	0.2296E+00	0.8307E-02	-0.2253E-04	-0.9328E-05
20	1	0.4619E+00	0.1913E+00	0.1078E-01	-0.2649E-04	-0.1097E-04
21	1	0.3696E+00	0.1531E+00	0.1353E-01	-0.2903E-04	-0.1203E-04
22	1	0.2772E+00	0.1148E+00	0.1647E-01	-0.3168E-04	-0.1312E-04
23	1	0.1848E+00	0.7653E-01	0.1983E-01	-0.3274E-04	-0.1356E-04
24	5	0.9236E-01	0.3826E-01	0.2389E-01	-0.3226E-04	-0.1336E-04
25	3	0.8675E+00	0.1176E+00	0.2368E-02	-0.8404E-05	-0.1118E-05
26	3	0.8601E+00	0.2407E+00	0.2018E-02	-0.6974E-05	-0.1788E-05
27	3	0.6996E+00	0.1900E+00	0.5455E-02	-0.1657E-04	-0.4426E-05
28	3	0.6211E+00	0.1793E+00	0.7193E-02	-0.2056E-04	-0.6095E-05
29	3	0.5498E+00	0.1126E+00	0.9222E-02	-0.2491E-04	-0.5096E-05
30	3	0.4563E+00	0.9138E-01	0.1162E-01	-0.2849E-04	-0.5960E-05
31	3	0.6539E+00	0.9680E-01	0.6864E-02	-0.2062E-04	-0.2794E-05
32	3	0.7511E+00	0.9913E-01	0.4760E-02	-0.1556E-04	-0.2287E-05
33	3	0.7838E+00	0.1906E+00	0.3743E-02	-0.1216E-04	-0.3129E-05

ข้อควรระวัง

โปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นมานี้มีข้อจำกัดและข้อที่ควรระวังดังต่อไปนี้

1. ข้อจำกัดเกี่ยวกับหน่วยความจำ (RAM) ของเครื่องคอมพิวเตอร์
 - 1.1 หน่วยความจำอย่างน้อย 8 เมกะไบต์ สำหรับปัญหา 300 จุดต่อ
 - 1.2 หน่วยความจำอย่างน้อย 24 เมกะไบต์ สำหรับปัญหา 500 จุดต่อ
 - 1.3 หน่วยความจำอย่างน้อย 32 เมกะไบต์ สำหรับปัญหา 600 จุดต่อ

2. การกำหนดค่าคาดเดาเริ่มต้น ULX , VLY , WLZ ควรจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าการเคลื่อนตัวจริงของแต่ละจุดต่อ หากค่าที่กำหนดผิดจากความเป็นจริงมากจะทำให้ไม่สามารถหาค่าตอบได้

3. การกำหนดค่า RANGE ควรมีค่าประมาณ 1/10 ของระยะกวดเพื่อป้องกันการไม่ลู่เข้าหาค่าตอบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของโปรแกรม STAMP

รายละเอียดของโปรแกรม

```
C *****
C * PROGRAM : STAMP.FOR *
C * THIS PROGRAM USE TO ANALYZE SHEET METAL FORMING IN 3 CASES *
C * 1. CIRCULAR BLANK STRETCHING *
C * 2. CIRCULAR BLANK DEEP DRAWING *
C * 3. SQUARE CUP DEEP DRAWING *
C *****
C *** LAST UPDATED FEB 2,1996
C
C PARAMETER (MKPOI=300,MKLE=600)
C
C DIMENSION X(MKPOI),T(MKPOI),Z(MKPOI),XO(MKPOI),YO(MKPOI)
C DIMENSION XL(MKPOI),YL(MKPOI),ZL(MKPOI)
C DIMENSION U(MKPOI),V(MKPOI),W(MKPOI)
C DIMENSION UU(MKPOI),VV(MKPOI),WW(MKPOI)
C DIMENSION UL(MKPOI),VL(MKPOI),WL(MKPOI)
C DIMENSION DU(MKPOI),DV(MKPOI),DW(MKPOI)
C DIMENSION ULX(MKPOI),VLX(MKPOI),WLX(MKPOI)
C DIMENSION GRC1(MKPOI),GRC2(MKPOI),GRC3(MKPOI)
C DIMENSION FTX(MKPOI),FTY(MKPOI),FTZ(MKPOI),FT(MKPOI)
C DIMENSION FX(MKPOI),FY(MKPOI),FZ(MKPOI),FM(MKPOI),FNF(MKPOI)
C DIMENSION IE(3,MKLE),KE(MKLE),ET(MKLE),EY(MKLE),EZ(MKLE),EI(MKLE)
C DIMENSION S1X(MKLE),S1Y(MKLE),TACT(MKLE)
C DIMENSION ETSTRT(MKLE),ETSTRM(MKLE),ELSTRT(MKLE)
C DIMENSION ELSTRM(MKLE),ELSTRT(MKLE),ELSTRM(MKLE)
C DIMENSION TRATIO(MKLE),TSTRM(MKLE),EMGTX(MKLE)
C DIMENSION RUD(MKPOI),RDE(MKPOI),RDEO(MKPOI)
C DIMENSION DFRD(MKLE,3),DJACE(MKLE)
C DIMENSION THCK(MKLE),THCKO(MKLE)
C DIMENSION ONE(MKPOI),VORHIS(MKPOI),TSTRM(MKPOI)
C
C COMMON/ONE/ STSF(500),STK(500,500)
C COMMON/TWO/ STSFO(500),SYEKO(500,500)
C COMMON/THREE/ EPS,CONT1,CONT2,CONT3,XN1,CONT4,CONT5,CONT6,XN2
C
C CHARACTER FILNAM*8,CV*1,TEXT*72,HED*72
C
C *** MKPOI = MAXIMUM NUMBER OF NODAL POINTS
C *** MKLE = MAXIMUM NUMBER OF ELEMENTS
C
C *** OPENS INPUT/OUTPUT FILE
C
C WRITE(6,(/,A,8)) ' *** ENTER PROBLEM NAME : '
C READ(5,(/,A)) FILNAM
C WRITE(6,(/,A,5)) ' *** ENTER VERSION NUMBER : '
C READ(5,(/,A)) CV
C I = NAMLEN(FILNAM)
C IF (I.EQ.0) GO TO 155
C OPEN (UNIT=7, FILE=FILNAM(1:I),//'.DA'//CV, STATUS='OLD',ERR=155)
C OPEN (UNIT=8, FILE=FILNAM(1:I),//'.OP'//CV, STATUS='UNKNOWN')
C OPEN (UNIT=9, FILE=FILNAM(1:I),//'.DP'//CV, STATUS='UNKNOWN')
C OPEN (UNIT=10, FILE=FILNAM(1:I),//'.ST'//CV, STATUS='UNKNOWN')
C OPEN (UNIT=11, FILE=FILNAM(1:I),//'.PI'//CV, STATUS='UNKNOWN')
C OPEN (UNIT=12, FILE=FILNAM(1:I),//'.OR'//CV, STATUS='UNKNOWN')
C
C READ(7,1000) HED
C READ(7,1000) TEXT
C READ(7,*) ICLASS
C
C *** ICLASS = 1 FOR CIRCULAR BLANK STRETCHING
C *** ICLASS = 2 FOR CIRCULAR BLANK DEEP DRAWING
C READ(7,*) M,(IE(1,M),I=1,3)
C WRITE(8,4300) M,(IE(1,M),I=1,3)
C 400 CONTINUE
C
C *** FORM SYSTEM EQUATIONS AND SOLVE THE PROBLEM BY NEWTON-RAPHSON ITERATION
C
C *** SET INITIAL PARAMETERS
C
C ITEX = 0
C ISTEP = 1
C TLIMIT = SQDDIM/2.0 - NDC
C DO 450 I=1,NELEM
C ISTRM(I) = 0.000002
C TTSTRM(I) = 0.0
C ELSTRM(I) = 0.0
C THCKO(I) = THCKI
C EP = 0.0
C 450 CONTINUE
C
C *** ICLASS = 3 FOR SQUARE CUP DEEP DRAWING
C
C WRITE(8,1300) HED
C WRITE(8,1300) ICLASS
C
C *** READ AND WRITE OF PROCESS PARAMETERS
C
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) NPOIN,NELEM
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) RDIE,NPUNCH,RBLANK,RDXT,THCKI
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) SQDDIM,SQDDIM,SQDDIM,NDC,NPC
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) CFFUNCL,CFDIE,CFFLANGE
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) FLANK,DEGREE
C IF(ICLASS.NE.3) THEN
C WRITE(8,1500) NPOIN,NELEM,RBLANK,NPUNCH,RDIE,RDXT,THCKI,
C * CFFUNCL,CFDIE,CFFLANGE,FLANK
C ELSE
C WRITE(8,1600) NPOIN,NELEM,SQDDIM,SQDDIM,SQDDIM,NPUNCH,RDIE,
C * NDC,NPC,THCKI,CFFUNCL,CFDIE,CFFLANGE,FLANK
C ENDIF
C
C *** READ AND WRITE OF MATERIAL PARAMETERS
C
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) RVALUE,ISTRSS,EPG
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) CONT1,CONT2,CONT3,XN1
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) CONT4,CONT5,CONT6,XN2
C IF (EPS.EQ.0.) WRITE(8,2000) ISTRSS,RVALUE,CONT1,CONT2,CONT3,XN1
C IF (EPS.NE.0.) WRITE(8,2000) ISTRSS,RVALUE,EPG,CONT1,CONT2,CONT3
C * XN1,EPG,CONT4,CONT5,CONT6,XN2
C
C *** READ AND WRITE CONTROL PARAMETERS
C
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,5000) TEXT
C READ(7,*) IITER,ISTEPO,DPUNCH,RANGE
C WRITE(8,4000) IITER,ISTEPO,DPUNCH,RANGE
C
C NEQ = 3*NPOIN
C
C *** READ AND WRITE NODAL DATA
C *** ULX,VLY AND WLI ARE INITIAL GUESSES FOR THE NODAL DISPLACEMENTS
C
C WRITE(8,6000)
C READ(7,5000) TEXT
C DO 300 M=1,NPOIN
C READ(7,*) M,KOKE(M),X(M),Y(M),Z(M),ULX(M),VLY(M),WLI(M)
C WRITE(8,6100) M,KOKE(M),X(M),Y(M),Z(M),ULX(M),VLY(M),WLI(M)
C 300 CONTINUE
C
C *** READ AND WRITE ELEMENTAL DATA
C
C WRITE(8,6200)
C READ(7,5000) TEXT
C DO 400 N=1,NELEM
C
C *** COMPUTE HALF-BANDWIDTH
C
C NBSW = 0
C DO 500 I=1,NELEM
C MIN = 100000
C MAX = 0
C DO 440 J=1,3
C II = IE(I,J)
C IF (II.GT.MAX) MAX = II
C IF (II.LT.MIN) MIN = II
C 440 CONTINUE
C NDIJ = MAX - MIN + 1
C IF (NDIJ.GT.NBSW) NBSW = NDIJ
C 500 CONTINUE
C NBSW = 3*NBSW
C WRITE(8,1010) NBSW
C
C *** OBTAIN THE INITIAL GUESSES (ULX,VLY,WLI) FROM INPUT DATA.
```



```

ELSTRNDIM = ELSTART(M)
THCKD(M) = THCKD(M)
750 CONTINUE
IF(ISTEP.EQ.ISTEP0) GOTO 200
ISTEP = ISTEP + 1
C
C *** INCREMENTAL PUNCH ADVANCEMENT
C
IF ( W(1).GE.SPUNCH ) W(1) = SPUNCH
IF ( W(1).LT.SPUNCH ) W(1) = ( SPUNCH + W(1) ) / 2.0
IF ( ICLASS.EQ.3 ) THEN
DO 760 KK=1,NPOIN
IF ( KODE(KK).GT.4.AND.KODE(KK).LE.7 ) W(KK) = W(1)
760 CONTINUE
END IF
GOTO 800
C
C *** REDUCE THE STEP SIZE OF PUNCH HEAD ADVANCEMENT
C
640 CONTINUE
DO 830 M=1,NPOIN
X(M) = X(M) - V(M)
Y(M) = Y(M) - V(M)
Z(M) = Z(M) - W(M)
KODE(M) = KODE(M)
830 CONTINUE
W(1) = W(1) - ABS(DIFF)
ITER = 6
IF( ISTEP.EQ.ISTEP0 ) GOTO 200
C
800 CONTINUE
W(1) = 0.0
GOTO 530
155 WRITE(6,' ') *** FILE NOT FOUND ****
200 CONTINUE
C
C *** PRINT OUT SOLUTION FOR CONTOUR PLOT
C
WRITE(9,8100) NPOIN,HELEN
DO 910 M=1,NPOIN
WRITE(9,8000) M,X(M),Y(M),Z(M),TSTRN(M),VONMIS(M),VONMIS(M)
910 CONTINUE
DO 920 M=1,HELEN
WRITE(9,8200) M,(X(I),I=1,3),M
920 CONTINUE
C
C *** CALCULATION OF DRAWING RATIO
C
DR1 = ( X(3) + U(3) )**2 + ( Y(3) + V(3) )**2
DR2 = SQRT(DR1)
DR = DR2 / RBLANK
WRITE(9,2010) DR
C
STOP
C
C *** FORMAT
C
1000 FORMAT(A)
1100 FORMAT(I5)
1200 FORMAT(' PROBLEM ',A7)
1250 FORMAT(' CLASSIFICATION OF PROBLEM ',15,I)
1300 FORMAT(' INPUT TABLE 1. BASIC PARAMETERS ',//)
* SK, 'NUMBER OF NODAL POINTS',15/
* SK, 'NUMBER OF ELEMENTS',15/
* SK, 'RADIUS OF BLANK (MM)',E10.3/
* SK, 'RADIUS OF HEMISPHERICAL PUNCH (MM)',E10.3/
* SK, 'RADIUS OF DIE (MM)',E10.3/
* SK, 'RADIUS OF DIE THROAT (MM)',E10.3/
* SK, 'MATERIAL THICKNESS (MM)',E10.3/
* SK, 'PUNCH FRICTION COEFFICIENT',E10.3/
* SK, 'DIE FRICTION COEFFICIENT',E10.3/
* SK, 'FLANGE FRICTION COEFFICIENT',E10.3/
* SK, 'BLANK HOLDING FORCE (KN)',E10.3/
1400 FORMAT(' INPUT TABLE 2. BASIC PARAMETERS ',//)
* SK, 'NUMBER OF NODAL POINTS',15/
* SK, 'NUMBER OF ELEMENTS',15/
* SK, 'SQUARED BLANK DIMENSION (MM)',E10.3/
* SK, 'SQUARED PUNCH DIMENSION (MM)',E10.3/
* SK, 'RADIUS OF SQUARE PUNCH SHOULDER (MM)',E10.3/
* SK, 'RADIUS OF SQUARE DIE SHOULDER (MM)',E10.3/
* SK, 'DIE CORNER RADIUS (MM)',E10.3/
* SK, 'PUNCH CORNER RADIUS (MM)',E10.3/
* SK, 'MATERIAL THICKNESS (MM)',E10.3/
* SK, 'PUNCH FRICTION COEFFICIENT',E10.3/
* SK, 'DIE FRICTION COEFFICIENT',E10.3/
* SK, 'FLANGE FRICTION COEFFICIENT',E10.3/
* SK, 'BLANK HOLDING FORCE (KN)',E10.3/
2000 FORMAT(' INPUT TABLE 2. MATERIAL PROPERTIES',//)
* SK, 'MATERIAL ULTIMATE STRENGTH (MPa)',E10.3/
* SK, 'NORMAL ANISOTROPIC, B-VALUE',E10.3/
* SK, 'STRESS = K1(C1+C2*STRAIN)**N1',//
* SK, 'CONSTANT K1 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'CONSTANT C1 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'CONSTANT C2 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'STRAIN HARDENING COEFFICIENT (N1)',E10.3/
3000 FORMAT(' INPUT TABLE 2. MATERIAL PROPERTIES',//)
* SK, 'MATERIAL ULTIMATE STRENGTH (MPa)',E10.3/
* SK, 'NORMAL ANISOTROPIC, B-VALUE',E10.3/
* SK, 'STRESS = K1(C1+C2*STRAIN)**N1 FOR STRAIN < .75,2/
* SK, 'CONSTANT K1 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'CONSTANT C1 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'CONSTANT C2 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'STRAIN HARDENING COEFFICIENT (N1)',E10.3/
* SK, 'STRESS = K1(C3+C4*STRAIN)**N2 FOR STRAIN > .75,2/
* SK, 'CONSTANT K2 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'CONSTANT C3 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'CONSTANT C4 IN STRAIN HARDENING LAW',E10.3/
* SK, 'STRAIN HARDENING COEFFICIENT (N2)',E10.3/
4000 FORMAT(' INPUT TABLE 3. CONTROL PARAMETERS',//)
* SK, 'NUMBER OF ITERATIONS',15/
* SK, 'NUMBER OF STEPS',15/
* SK, 'PUNCH HEAD ADVANCEMENT (MM)',E10.3/
* SK, 'LIMIT-RANGE FOR CONTACT POINTS (MM)',E10.4,/
5000 FORMAT(A)
6000 FORMAT(' INPUT TABLE 4. NODAL POINT DATA',//)
* SK, 'MODAL',4X,'X-DISP',5X,'Y-DISP',5X,'Z-DISP',//
* SK, 'POINT',2X,'TYPE',10X,'X',10X,'Y',10X,'Z',//
* SK, 'OR LOAD',5X,'OR LOAD',5X,'OR LOAD',//
6100 FORMAT(15,2X,14,2X,E12.4,E12.4,E12.4)
6200 FORMAT(' INPUT TABLE 5. ELEMENT DATA',//)
* SK, 'ELEMENT',5X,'1',7X,'2',7X,'3')
6300 FORMAT(5X,15,11,17)
C
1810 FORMAT(5X,'HALF-RADIUS',14)
1910 FORMAT(' SOLUTION WILL NOT BE PERFORMED BECAUSE OF',15,
' DATA ERRORS',//)
2010 FORMAT(5X,'DRAWING RATIO',E12.5)
3010 FORMAT(5X,'ELEMENTS OF PARTICULAR INTEREST ...')

```

```

4010 FORMAT(5X,'ELEMENT...',5X,'MAJOR STRAIN-E1...',5X,
' MINOR STRAIN-E2...')
5010 FORMAT(5X,15,5X,2E20.5)
6010 FORMAT(' OUTPUT TABLE 4. CURRENT NODAL POINT DATA',//2X,
' MODAL',2X,'POINT',2X,'TYPE',6X,'X-COOR',6X,'Y-COOR',
' Z-COOR',6X,'X-DISP',6X,'Y-DISP')
7010 FORMAT(15,2X,15,2X,5E12.4)
1005 FORMAT(5X,'NORM OF SOLUTION VECTOR :',E12.4,
' /5X,'NORM OF KNOR VECTOR :',E12.4,
' /5X,'FRACTIONAL NORM :',E12.4,
' /5X,'NORM-RATIO OF THE PREVIOUS ITERATION :',E12.4)
8000 FORMAT(15,4E12.4)
8100 FORMAT(15,2X,15)
8200 FORMAT(815)
C
END
C
C *****
C
SUBROUTINE BOUOCH(ICLASS,X,Y,Z,U,V,W,VLX,VLZ,WLZ,FX,FY,FZ,
* ,FTX,FTY,FTZ,GBC1,GBC2,GBC3,BUD,KODE,NPOIN,MKP01,MEQ
* ,SPUNCH,EDIE,RBLANK,RTHT,FBLANK,CYDIE,CPPUNCH,CFFLANGE
* ,SQDDIM,SQPDIM,KDC,NPC)
C
C *** INTRODUCING THE GEOMETRIC AND TRACTION BOUNDARY CONDITIONS
C
DIMENSION X(MKP01),Y(MKP01),Z(MKP01)
DIMENSION U(MKP01),V(MKP01),W(MKP01)
DIMENSION GBC1(MKP01),GBC2(MKP01),GBC3(MKP01)
DIMENSION VLX(MKP01),VLZ(MKP01),WLZ(MKP01)
DIMENSION FTX(MKP01),FTY(MKP01),FZ(MKP01)
DIMENSION BUD(MKP01),KODE(MKP01)
COMMON/ONE/ STSF(500),STEX(500,500)
COMMON/TWO/ STSF(500),STEX(500,500)
C
C *** APPLY THE TRACTION BOUNDARY CONDITIONS
C
XLIMIT = SQDDIM/2.0 - RPC
YLIMIT = SQDDIM/2.0 - RDC
RP = SPUNCH
C = RPUNCH - W(1) - Z(1)
BUD(1) = 0.0
IF(ICLASS.EQ.1) RAD = RBLANK
IF(ICLASS.EQ.2) RAD = RTHT + KODE
DO 155 I=1,NPOIN
F1 = SQRT( (X(I)+U(I))**2 + (Y(I)+V(I))**2 )
F2 = SQRT( U(I)**2 + V(I)**2 )
IF(KODE(I).EQ.0) GOTO 155
BUD(I) = ( F1+V(I) ) / ( X(I)+U(I) )
IF(ICLASS.EQ.1.AND.KODE(I).EQ.1) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.2.AND.KODE(I).EQ.1) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.3.AND.KODE(I).EQ.1) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.1.AND.KODE(I).EQ.5) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.2.AND.KODE(I).EQ.5) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.3.AND.KODE(I).EQ.5) GOTO 500
IF(ICLASS.EQ.1.AND.KODE(I).EQ.8) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.2.AND.KODE(I).EQ.8) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.3.AND.KODE(I).EQ.8) GOTO 500
IF(ICLASS.EQ.2.AND.KODE(I).EQ.4) GOTO 155
IF(KODE(I).EQ.11) GOTO 155
IF(KODE(I).EQ.12) GOTO 170
IF(KODE(I).EQ.13) GOTO 155
IF(KODE(I).EQ.14) GOTO 170
IF(KODE(I).EQ.15) GOTO 170
IF(KODE(I).EQ.18) GOTO 500
IF(KODE(I).EQ.19) GOTO 155
IF(KODE(I).GT.8.AND.ICLASS.LT.3) GOTO 700
IF(KODE(I).LE.1) GOTO 157
C
C *** BOUNDARY CONDITION FOR KODE = 1,5,8,11,15
C *** WHERE Fx = -Fy * tan(peta)
155 CONTINUE
STF(3*I-2) = STF(3*I-2) + STF(3*I-1)*BUD(I)
DO 158 M=1,MEQ
STEX(3*I-2,M) = STEX(3*I-2,M) + STEX(3*I-1,M)*BUD(I)
158 CONTINUE
C
157 CONTINUE
IF(KODE(I).LT.5) GOTO 155
IF(KODE(I).EQ.11) GOTO 155
IF(KODE(I).GE.19) GOTO 155
IF(ICLASS.EQ.3) GOTO 500
C
C *** BOUNDARY CONDITION FOR KODE = 5,8
C *** WHERE NODES ARE IN CONTACT WITH PUNCH
C
XCOS = ( X(I)+C+W(1) ) / RP
XKIN = F1/FP
IF(KODE(I).LT.8) GOTO 710
C
C *** BOUNDARY CONDITION FOR KODE = 8,5,10
C *** WHERE NODES ARE IN CONTACT WITH DIE
700 CONTINUE
F3 = RAD - SQRT( (X(I)+U(I))**2 + (Y(I)+V(I))**2 )
XCOS = ( KODE-2(I)-W(1) ) / BDIK
XKIN = F3/BOIE
C
C *** BOUNDARY CONDITION FOR KODE = 5,6,7,8,9,10
C *** WHERE NODES ARE IN CONTACT WITH PUNCH OR DIE
710 XCOS2 = ( X(I) + U(I) ) / F1
XKIN2 = ( Y(I) + V(I) ) / F1
C
BCX = XCOS2*U(I)/F3 + XKIN2*V(I)/F3
BCY = XCOS/BCX
BCZ = SQRT( (BCX)**2 + (BCY)**2 + (XKIN)**2 )
C
C *** FIND THE FRICTIONAL DIRECTIONS
C
CFFUNCE = ABS(CFFUNCE)
IF(BCX.GT.0.0) QP=1.0
IF(BCY.GT.0.0) QP=-1.0
CFFUNCE = CFFUNCE*QP
TH = CFFUNCE
IF(KODE(I).GT.7.AND.KODE(I).LT.11) TH = CYDIE
C
F4 = KODE * TH*XKIN/BCIE
F5 = ( XKIN*XCOS2 - TH*BCK1*U(I) ) / ( F3*BCX2 ) / F4
F6 = ( XKIN*XKIN2 - TH*BCK1*V(I) ) / ( F3*BCX2 ) / F4
IF(ICLASS.LT.3) GOTO 501
C
C *** NODAL POINT IN CONTACT WITH PUNCH FOR SQUARE CUP DRAWING
C
500 CONTINUE
XCOS3 = V(I)/F3
XKIN3 = V(I)/F3
XTAN3 = XKIN3/XCOS3

```



```

CX1 = SQRT ( V(1)*V(1) + W(1)*W(1) )
CX2 = SQRT ( V(1)*V(1) + W(1)*W(1) )
XSIN = W(1)/CX1
XCOS = V(1)/CX1
IF (KODE(1).GT.7.AND.KODE(1).LT.11) GOTO 502
F5 = -CFPUNC*V(1)/F3
F6 = -CFPUNC*W(1)/F3
IF (KODE(1).LT.18) GOTO 501
KCODE = ( X(1)+U(1) + Z(1) - W(1) - V(1) ) / XPUNC
IF (KCODE.LT.1.0) KCODE = 1.0
IF (KCODE.LT.0.0) KCODE = 0.0
XSIN = SQRT( 1.0 - KCODE*KCODE )
BCX = SQRT( 1.0 + KCODE*KCODE*XTAN3*XTAN3 )
F4 = KCODE + CFPUNC*XSIN/BCX
F5 = ( XSIN - CFPUNC*KCODE/BCX ) / F4
F6 = -CFPUNC*KCODE*XTAN3 / (BCX*F4)
C
C
C
IF (KCODE.GT.0.0.AND.(T(1)+V(1)).LT.XLIMIT) GOTO 501
F4 = -CFPUNC*XSINX
F5 = 1.0/F4
F6 = -CFPUNC*KCODE / F4
IF (KODE(1).EQ.16) KODE(1) = 21
IF (KODE(1).EQ.17) KODE(1) = 20
IF (T(1)+V(1)).LT.XLIMIT) GOTO 501
FK2 = SQRT (X(1)+U(1)-XLIMIT)**2 + (T(1)+V(1)-XLIMIT)**2
XSIN2 = (X(1)+U(1)-XLIMIT)/FK2
BCX = (XCOS2*KCOS3+XSIN2*XSIN3)**2
BCX1 = SQRT(BCX)
BCX2 = SQRT(XCOS*KCOS/BCX+XSIN*XSIN)
F5 = XCOS+CFPUNC*XSIN/BCX2
F6 = (XSIN*KCOS2-CFPUNC*KCOS*KCOS3/(BCX2*BCX1))/F4
F4 = (XSIN*XSIN2-CFPUNC*KCOS*XSIN3/(BCX2*BCX1))/F4
IF (KCODE.GT.0.0) GOTO 501
XSIN1 = W(1)/CX2
IF (KODE(1).EQ.10) XSIN1 = 1.0
XCOS1 = SQRT( 1.0 - XSIN1*XSIN1 )
F4 = -CFPUNC*XSIN1
F5 = ( XCOS2 - CFPUNC*KCOS1*KCOS3 ) / F4
F6 = ( XSIN2 - CFPUNC*KCOS1*XSIN3 ) / F4
IF (KODE(1).EQ.17) KODE(1) = 20
IF (KODE(1).EQ.18) KODE(1) = 19
GOTO 501
C
C
C
*** NODAL POINT IN CONTACT WITH DIE FOR SQUARE CUP DRAWING
502 KCODE = ( RDIIE - Z(1) - W(1) ) / RDIIE
IF (KCODE.GT.1.0) KCODE = 1.0
IF (KCODE.LT.0.0) KCODE = 0.0
XSIN = SQRT( 1.0 - KCODE*KCODE )
BCX = SQRT( 1.0 + KCODE*KCODE*XTAN3*XTAN3 )
F4 = KCODE + CFDIE*XSIN / BCX
IF (T(1)+V(1)) .LT. YLIMIT) GOTO 503
FK3 = SQRT (X(1)+U(1)-YLIMIT)**2 + (T(1)+V(1)-YLIMIT)**2
XCOS2 = (X(1)+U(1)-YLIMIT) / FK3
XSIN2 = (T(1)+V(1)-YLIMIT) / FK3
BCX = (XCOS2*KCOS3 + XSIN2*XSIN3)**2
BCX1 = SQRT( BCX )
BCX2 = SQRT( XCOS*KCOS / BCX + XSIN*XSIN )
F4 = KCODE + CFDIE*XSIN / BCX2
F5 = ( XSIN*KCOS2 + CFDIE*KCOS1*KCOS3 / (BCX2*BCX1) ) / F4
F6 = ( XSIN*XSIN2 + CFDIE*XSIN3*KCOS3 / (BCX2*BCX1) ) / F4
IF (KCODE.GT.0.0) GOTO 501
XSIN1 = W(1)/CX2
IF (KODE(1).EQ.8) XSIN1 = 1.0
XCOS1 = SQRT( 1.0 - XSIN1*XSIN1 )
F4 = -CFDIE*XSIN1
F5 = ( -XCOS2 + CFDIE*KCOS1*KCOS3 ) / F4
F6 = ( -XSIN2 + CFDIE*KCOS1*XSIN3 ) / F4
IF (KODE(1).EQ.8) KODE(1) = 19
IF (KODE(1).EQ.9) KODE(1) = 20
GOTO 501
503 F5 = ( XSIN - CFDIE*KCOS / BCX ) / F4
F6 = -CFDIE*KCOS*XTAN3 / (BCX*F4)
IF (KCODE.GT.0.0) GOTO 501
F4 = -CFDIE*XSINX
F5 = -1.0/F4
F6 = -CFDIE*KCODE / F4
IF (KODE(1).EQ.9) KODE(1) = 20
IF (KODE(1).EQ.10) KODE(1) = 21
C
C
C
*** THE PREScribed TRactions IN X,Y AND Z DIRECTIONS
501 CONTINUE
FNE(1) = STSFO(3*1)
FTX(1) = F5*FNE(1)
FTZ(1) = F6*FNE(1)
STSF(3*1-2) = STSF(3*1-2) + FTX(1)
STSF(3*1-1) = STSF(3*1-1) + FTZ(1)
DO 156 J=1,NREQ
STSK(3*1-2,J) = STSK(3*1-2,J) + F5*STSF(3*1,J)
STSK(3*1-1,J) = STSK(3*1-1,J) + F6*STSF(3*1,J)
156 CONTINUE
IF (KODE(1).NE.12) GOTO 802
C
C
C
*** FLANGE PORTION OF THE DEEP DRAWING PROCESS
170 CONTINUE
DD = SQRT ( X(1)+U(1)**2 + (T(1)+V(1))**2 )
KCODE = DD / (11) + U(1) / DD
XSIN = ( T(1) + V(1) ) / DD
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(1).EQ.12) XSIN = ABS ( V(1) ) / F3
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(1).EQ.12) KCODE = ABS ( U(1) ) / F3
NSFC = CFFLANGE*FFLANE
STSF(3*1-2) = STSF(3*1-2) + NSFC*KCODE
STSF(3*1-1) = STSF(3*1-1) + NSFC*XSIN
C
C
C
802 CONTINUE
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(1).EQ.5) GOTO 801
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(1).EQ.8) GOTO 801
IF (KODE(1).EQ.15) GOTO 801
IF (KODE(1).EQ.18) GOTO 801
GOTO 155
C
C
C
801 CONTINUE
STSF(3*1-2) = STSF(3*1-2) + STSF(3*1-1)*BUD(1)
DO 800 N=1,NREQ
STSK(3*1-2,N) = STSK(3*1-2,N) + STSF(3*1-1,N)*BUD(1)
800 CONTINUE
C
C
C
155 CONTINUE
C
C
C
*** APPLY GEOMETRIC BOUNDARY CONDITIONS
W(1) = 0.0
DO 20 M=1,NPOIN
IF (KODE(M).GT.4) W(2(M)) = 0.0
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.4) GOTO 460
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.4) GOTO 460
IF (KODE(M).EQ.11) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.15) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.13) CALL GEOMBC(VLT(M),3*M-1,M,BUD,KODE,FKX,FKY,FTZ
* ,ICLASS,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.14) CALL GEOMBC(VLT(M),3*M-1,M,BUD,KODE,FKX,FKY,FTZ
* ,ICLASS,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.19) GOTO 604
IF (KODE(M).EQ.13) GOTO 602
IF (KODE(M).EQ.11) GOTO 460
IF (KODE(M).EQ.0.AND.KODE(M).EQ.7) GOTO 30
IF (CLASS.EQ.3) GOTO 605
C
C
C
*** FOR NODAL POINT CONTACT WITH DIE
GBC = 2.0 * ( Z(M) + W(M) - RDIIE
* ,ICLASS,MKPOI,NEQ)
KCODE = (X(M)+U(M))**2 + (T(M)+V(M))**2
XSIN = (T(M)+V(M)) / FCC
BETA = RDIIE*RDIIE - (X(M)+U(M)-RAD*KCODE)**2 - (T(M)+V(M)-RAD*XSIN)**2
* - (Z(M)+W(M)-RDIIE)**2
GBC1(M) = BETA/GBC
GBC2(M) = (T(M)+V(M)-RAD*XSIN) / GBC
GBC3(M) = (X(M)+U(M)-RAD*KCODE) / GBC
GOTO 606
C
C
C
*** NODAL POINTS IN CONTACT WITH DIE PROFILE FOR SQUARE CUP DRAWING
605 CONTINUE
GBC = 2.0 * ( Z(M) + W(M) - RDIIE )
IF (T(M) + V(M)) .GE. YLIMIT) GOTO 607
BETA = RDIIE*RDIIE - (X(M)+U(M)-SQDDIM/2.0-RDIIE)**2
* - (Z(M)+W(M)-RDIIE)**2 - V(M)*V(M)
GBC1(M) = BETA/GBC
GBC2(M) = 2.0*V(M)/GBC
GBC3(M) = 2.0*(X(M) + U(M) - SQDDIM/2.0 - RDIIE) / GBC
GOTO 606
607 CF2 = SQRT ( (X(M)+U(M)-YLIMIT)**2 + (T(M)+V(M)-YLIMIT)**2 )
XCOS = (X(M)+U(M)-YLIMIT) / CF2
XSIN = (T(M)+V(M)-YLIMIT) / CF2
BETA = RDIIE*RDIIE - (X(M)+U(M)-SQDDIM/2.0-RDC - (RDIIE+RDC)*KCODE
* **2 - (T(M)+V(M)-SQDDIM/2.0-RDC - (RDIIE+RDC)*XSIN)**2 - (Z(M)+
* W(M)-RDIIE)**2
GBC1(M) = BETA/GBC
GBC2(M) = 2.0*(T(M)+V(M)-SQDDIM/2.0-RDC - (RDIIE+RDC)*XSIN)/GBC
GBC3(M) = 2.0*(X(M)+U(M)-SQDDIM/2.0-RDC - (RDIIE+RDC)*KCODE)/GBC
606 CONTINUE
CALL GEOMBC(VLT(M),3*M,M,BUD,KODE,GBC1,GBC2,GBC3,ICLASS,MKPOI,NEQ)
IF (CLASS.EQ.1.AND.KODE(M).EQ.8) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD
* ,MKPOI,NEQ)
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.8) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD
* ,MKPOI,NEQ)
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.8) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD
* ,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.10) CALL GEOMBC(VLT(M),3*M-1,M,BUD,KODE,FKX,FKY,FTZ
* ,ICLASS,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.8) GOTO 20
C
C
C
GOTO 20
C
C
C
*** NODAL POINT CONTACT WITH PUNCH
30 CONTINUE
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).GT.4) GOTO 460
IF (KODE(M).GT.4) GOTO 609
IF (KODE(M).EQ.2) GOTO 20
IF (KODE(M).EQ.0) GOTO 40
IF (KODE(M).EQ.2) GOTO 50
IF (CLASS.EQ.1.AND.KODE(M).EQ.1) GOTO 50
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.1) GOTO 50
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.1) GOTO 50
40 CONTINUE
CALL GEOMBC(VLT(M),3*M-2,M,BUD,KODE,GBC1,GBC2,GBC3,ICLASS,MKPOI
* ,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.1) GOTO 20
50 CONTINUE
CALL GEOMBC(VLT(M),3*M-1,M,BUD,KODE,GBC1,GBC2,GBC3,ICLASS,MKPOI
* ,NEQ)
IF (CLASS.EQ.1.AND.KODE(M).EQ.1) GOTO 20
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.1) GOTO 20
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.1) GOTO 20
IF (KODE(M).EQ.2) GOTO 20
IF (KODE(M).LT.5) GOTO 460
600 CONTINUE
ALPHA = RP*RP - (X(M)+U(M))**2 - (T(M)+V(M))**2 - (W(M)+C+Z(M))**2
GBC = 2.0*(W(M)+C+Z(M))
GBC1(M) = ALPHA/GBC
GBC2(M) = 2.0*(T(M)+V(M))/GBC
GBC3(M) = 2.0*(X(M)+U(M))/GBC
GOTO 460
C
C
C
*** NODAL POINTS IN CONTACT WITH PUNCH PROFILE IN SQUARE CUP DRAWING
802 GBC = 2.0 * ( Z(M) + W(M) + RP - W(1) - Z(1) )
IF (T(M) + V(M)) .GE. YLIMIT) GOTO 403
ALPHA = RP*RP - (X(M)+U(M)-SQDDIM/2.0+RP)**2 - (Z(M)+W(M)+RP-W(1)-
* Z(1))**2 - V(M)*V(M)
GBC1(M) = ALPHA/GBC
GBC2(M) = 2.0 * V(M)/GBC
GBC3(M) = 2.0 * (X(M)+U(M)-SQDDIM/2.0+RP)/GBC
GOTO 460
603 CF1 = SQRT ( (X(M)+U(M)-XLIMIT)**2 + (T(M)+V(M)-XLIMIT)**2 )
KCODE = (X(M)+U(M)-XLIMIT) / CF1
XSIN = (T(M)+V(M)-XLIMIT) / CF1
ALPHA = RP*RP - (X(M)+U(M)-SQDDIM/2.0+RDC - (RDC-RDC)*KCODE)**2
* - (T(M)+V(M)-SQDDIM/2.0+RDC - (RDC-RDC)*XSIN)**2
* - (Z(M)+W(M)+RP-Z(1)-W(1))**2
GBC1(M) = ALPHA/GBC
GBC2(M) = 2.0*(T(M)+V(M)-SQDDIM/2.0+RDC - (RDC-RDC)*XSIN)/GBC
GBC3(M) = 2.0*(X(M)+U(M)-SQDDIM/2.0+RDC - (RDC-RDC)*KCODE)/GBC
460 CONTINUE
CALL GEOMBC(VLT(M),3*M,M,BUD,KODE,GBC1,GBC2,GBC3,ICLASS,MKPOI,NEQ)
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.4) GOTO 20
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.4) GOTO 20
IF (KODE(M).GT.15) GOTO 604
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.11) GOTO 20
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.11) GOTO 20
404 CONTINUE
IF (KODE(M).LT.5) GOTO 20
IF (KODE(M).EQ.7) GOTO 20
IF (KODE(M).EQ.17) GOTO 20
IF (KODE(M).EQ.6) GOTO 461
IF (KODE(M).EQ.16) GOTO 461
IF (CLASS.EQ.1.AND.KODE(M).EQ.5) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD
* ,MKPOI,NEQ)
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.5) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD
* ,MKPOI,NEQ)
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.5) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD
* ,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.18) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD,MKPOI,NEQ)
IF (KODE(M).EQ.13) CALL CIRCLE(VLT(M),3*M-1,M,BUD,MKPOI,NEQ)
IF (CLASS.EQ.1.AND.KODE(M).EQ.5) GOTO 20
IF (CLASS.EQ.2.AND.KODE(M).EQ.5) GOTO 20
IF (CLASS.EQ.3.AND.KODE(M).EQ.5) GOTO 20

```

```

IF(KODE(M).EQ.19) GOTO 20
IF(KODE(M).EQ.19) GOTO 20
IF(KODE(M).EQ.20) GOTO 481
CALL GEOMC(U,M,3*H-1,M,BUD,KODE,FXX,FY,FZ,I,CLASS,MPOL,REQ)
IF(KODE(M).EQ.5) GOTO 20
461 CONTINUE
CALL GEOMC(VLY,M,3*H-1,M,BUD,KODE,FXX,FY,FZ,I,CLASS,MPOL,REQ)
20 CONTINUE
RETURN
END
C
C *****
C
SUBROUTINE GEOMC(U,INEQ,INODE,BUD,KODE,GBC1,GBC2,GBC3,ICLASS,
*MPOL,REQ)
C
C *** THIS ROUTINE MODIFIES THE ASSEMBLED STIFFNESS MATRIX AND LOAD
C *** VECTOR FOR THE PRESCRIBED DISPLACEMENT U AT DEGREE OF FREEDOM INEQ
C
DIMENSION GBC1(MPOL),GBC2(MPOL),GBC3(MPOL)
DIMENSION BUD(MPOL),KODE(MPOL)
COMMON/ONE/ STIF(300),STK(300,300)
DO 100 M=2,REQ
K = INEQ-M+1
IF (K.LE.0) GOTO 200
IF(ICLASS.EQ.1.AND.KODE(INODE).EQ.1) STK(K,INEQ-1) =
* STK(K,INEQ-1) + STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
IF(ICLASS.EQ.2.AND.KODE(INODE).EQ.1) STK(K,INEQ-1) =
* STK(K,INEQ-1) + STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
IF(ICLASS.EQ.3.AND.KODE(INODE).EQ.1) STK(K,INEQ-1) =
* STK(K,INEQ-1) + STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
IF (KODE(INODE).LT.5) GOTO 300
IF (STK(K,E).EQ.1.0) GOTO 300
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) - STK(K,INEQ)*GBC1(INODE)
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) - STK(K,INEQ)*GBC2(INODE)
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) - STK(K,INEQ)*GBC3(INODE)
STK(K,INEQ) = STK(K,INEQ) - STK(K,INEQ)*U
300 STK(K,INEQ) = STK(K,INEQ) - STK(K,INEQ)*U
200 K = INEQ-M+1
IF (K.GT.INEQ) GOTO 100
IF(ICLASS.EQ.1.AND.KODE(INODE).EQ.1) STK(K,INEQ-1) =
* STK(K,INEQ-1)+STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
IF(ICLASS.EQ.2.AND.KODE(INODE).EQ.1) STK(K,INEQ-1) =
* STK(K,INEQ-1)+STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
IF(ICLASS.EQ.3.AND.KODE(INODE).EQ.1) STK(K,INEQ-1) =
* STK(K,INEQ-1)+STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
IF (KODE(INODE).LT.5) GOTO 400
IF (STK(K,E).EQ.1.0) GOTO 400
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) - STK(K,INEQ)*GBC1(INODE)
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) - STK(K,INEQ)*GBC2(INODE)
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) - STK(K,INEQ)*GBC3(INODE)
STK(K,INEQ) = STK(K,INEQ) - STK(K,INEQ)*U
400 STK(K,INEQ) = STK(K,INEQ) - STK(K,INEQ)*U
100 CONTINUE
STK(INEQ,INEQ) = 1.0
STF(INEQ) = U
C
RETURN
END
C
C *****
C
SUBROUTINE CIRCLE ( U,INEQ,INODE,BUD,MPOL,REQ )
C
C *** GEOMETRIC BOUNDARY CONDITION FOR A VECTOR OF CIRCULAR BLANK IN
C *** AXISYMMETRIC SHEET FORMING PROCESSES
C
COMMON/ONE/ STIF(300),STK(300,300)
DIMENSION BUD(MPOL)
DO 100 M=2,REQ
K = INEQ-M+1
IF (K.LE.0) GOTO 200
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) + STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
STF(K) = STF(K) - STK(K,INEQ)*U
200 K = INEQ-M+1
IF (K.GT.INEQ) GOTO 100
STK(K,INEQ-1) = STK(K,INEQ-1) + STK(K,INEQ)*BUD(INODE)
STF(K) = STF(K) - STK(K,INEQ)*U
STK(K,INEQ) = 0.0
100 CONTINUE
STK(INEQ,INEQ) = 1.0
STF(INEQ) = U
C
RETURN
END
C
C *****
C
SUBROUTINE SOLVE(INEQ)
C
C *** TRIANGULARIZED THE OVERALL STIFFNESS MATRIX BY GAUSS ELIMINATION
C
COMMON/ONE/ STIF(300),STK(300,300)
NR = NEQ-1
NR = NEQ
NR = NEQ
DO 100 N=1,NR
PIVOT = STK(N,N)
KCF = STF(N)
IF (PIVOT.EQ.0.0) GOTO 100
IF (PIVOT.EQ.1.0) GOTO 100
STF(N) = KCF/PIVOT
M = N+1
DO 150 L=M,NR
CF = STK(L,N)/PIVOT
IF (CF.EQ.0.0) GOTO 150
I = L
DO 200 K=N,M,NR
J = K
STK(L,J) = STK(L,J) - CF*STK(N,K)
200 CONTINUE
STF(L) = STF(L) - KCF*CF
150 CONTINUE
C
C *** SCALING THE STIFFNESS MATRIX
C
DO 250 I=M,NR
CF1 = STK(N,I)/PIVOT
STK(N,I) = CF1
250 CONTINUE

```

```

100 CONTINUE
JCOUNT = 0
C
C JCOUNT = JCOUNT + 1
300 JCOUNT = JCOUNT + 1
IF (STK(NR,NR).GT.0.0) GOTO 400
NR = NR - 1
GOTO 300
C
400 STF(NR) = STF(NR)/STK(NR,NR)
IF (STK(NR,NR).EQ.1.0) STF(NR) = 0.0
NRG = NRG - JCOUNT
C
DO 500 I = 1,NRG
M = NR - 1
NR = I + 1
IF (STK(N,M).EQ.1.0) STF(N) = 0.0
IF (STK(N,M).EQ.1.0) GOTO 500
C
DO 600 K = 1,NR
L = NR - K + 2
C
C *** STORE COMPUTED DISPLACEMENTS IN LOAD VECTOR (STF)
C
600 STF(N) = STF(N) - STK(N,L)*STF(L)
C
500 CONTINUE
RETURN
END
C
C *****
C
SUBROUTINE FORCE(DV,DW,FTX,FTY,FZ,FXX,FY,FZ,FT,FX,FY,FZ,MPOL,KODE
*,DEGREE)
C
C *** CALCULATE THE NODAL POINT FORCES AND TOTAL PUNCH LOAD
C
DIMENSION DV(MPOL),DV(MPOL),DW(MPOL)
DIMENSION FTX(MPOL),FYM(MPOL),FZ(MPOL)
DIMENSION FTX(MPOL),FTY(MPOL),FTZ(MPOL),KODE(MPOL)
COMMON/TWO/ STFO(300),STKO(300,300)
WRITE(8,1000)
PLOAD = 0.0
DO 100 NN=1,NPOL
IF (KODE(NN).GT.0.AND.KODE(NN).LE.3) GOTO 100
THETA = 0.0
SINX = 0.0
COSX = 0.0
SINY = 0.0
COSY = 0.0
SX = 3*H - 2
SY = 3*H - 1
NZ = 3*H
DO 200 M=1,NPOL
I1 = 3*H - 2
J1 = 3*H - 1
K1 = 3*H
SUMX=SUMX+STKO(NN,I1)*DV(N)+STKO(NN,J1)*DV(N)+STKO(NN,K1)*DV(N)
SUMY=SUMY+STKO(NN,I1)*DV(N)+STKO(NN,J1)*DV(N)+STKO(NN,K1)*DV(N)
SUMZ=SUMZ+STKO(NN,I1)*DV(N)+STKO(NN,J1)*DV(N)+STKO(NN,K1)*DV(N)
200 CONTINUE
SUMGX = SUMX + STF(NX)
SUMGY = SUMY + STF(NY)
SUMGZ = SUMZ + STF(NZ)
C
C *** NODAL POINT LOADS IN X,Y AND Z DIRECTIONS
C
FTX(NN) = SUMGX
FTY(NN) = SUMGY
FZ(NN) = SUMGZ
FT(NN) = SQRT(FTX(NN)**2+FTY(NN)**2+FTZ(NN)**2)
FX(NN) = FTX(NN)
FY(NN) = FTY(NN)
FZ(NN) = FTZ(NN)
IF (FV(NN).NE.0.0) THETA = ATAN(FT(NN)/FV(NN))
WRITE(8,2000) NN,FTX(NN),FTY(NN),FZ(NN),FX(NN),FY(NN),THETA
IF (KODE(NN).GT.0.AND.KODE(NN).LE.4) GOTO 100
IF (KODE(NN).GE.9.AND.KODE(NN).LE.15) GOTO 100
PLOAD = PLOAD+FZ(NN)
100 CONTINUE
C
C *** COMPUTE TOTAL PUNCH LOAD
C
SECTOR = 360./DEGREE
PLOAD = SECTOR*PLOAD
WRITE(8,3000) PLOAD
C
C *** FORMAT
C
1000 FORMAT(/,' OUTPUT TABLE 3A. NODAL FORCES IN GLOBAL COORD. '
* //X,'NODE',6X,'X-COMP',6X,'Y-COMP',6X,'Z-COMP',3X,
* 'RESULTANT',7X,'ANGLE')
2000 FORMAT(15,2X,3E12.4)
3000 FORMAT(/,'X','TOTAL PUNCH LOAD (KN) ',1X,E12.4)
C
RETURN
END
C
C *****
C
SUBROUTINE DATOUT(I,STF,V,V,N,EX,EY,EXT,SIGX,SIGY,TRIXY,ELSTRT
*,ELSTRM,ITER,ESTRM,ED,TTSTRN,DU,DV,DW,ELSTRM,IX,NPOL,MPOL
*,KLEL,MKLEL,ITERM,TRC1,DYGD,DJACOB,ISTFO,EVALUE,FRATIO
*,ENOTH,TTSTRN,ONE,TRC1,VONMIS,DP,X,Y,Z,KO)
C
C *** OUTPUT OF THE COMPUTED RESULTS
C
DIMENSION X(MPOL),Y(MPOL),Z(MPOL),X(MPOL),Y(MPOL)
DIMENSION U(MPOL),V(MPOL),W(MPOL)
DIMENSION DU(MPOL),DV(MPOL),DW(MPOL)
DIMENSION IX(MKLE),IY(MKLE),IZ(MKLE),EX(MKLE)
DIMENSION SIGX(MKLE),SIGY(MKLE),TRIXY(MKLE)
DIMENSION ELSTRT(MKLE),ELSTRM(MKLE),KLEL(MKLE)
DIMENSION IESTRM(MKLE),TTSTRN(MKLE),ENOTH(MKLE)
DIMENSION IESTRM,TRC1(MKLE),FRATIO(MKLE)
DIMENSION DYGD(MKLE),DJACOB(MKLE)
DIMENSION ONE(MPOL),TTSTRN(MPOL),VONMIS(MPOL)
WRITE(8,1000) I,STF,ITER
C
C *** PRINT OUT THE PERTURBED VALUES OF NODAL DISPLACEMENTS
C
WRITE(8,1500)
DO 100 I=1,NPOL
WRITE(8,2000) I,DV(I),DW(I)
100 CONTINUE

```



```

CF3 = 1.414*CF2
DIFF = CF3 - CF1
GOTO 80
C
C *** CHECK FOR NODAL POINTS AROUND THE PUNCH CORNER RADIUS
C
30 CFI = SQRT( ( X(I)-XLIMIT )**2 + ( Y(I)-YLIMIT )**2 )
KCOG = ( X(I) - XLIMIT ) / CFI
KGIN = ( Y(I) - YLIMIT ) / CFI
PC2 = SQRT( (R(I)-SQDIM/2.0+RDC+(RPMCH-RPC)*KCOG)**2+(Y(I)-
* SQDIM/2.0+RDC+(RPMCH-RPC)*KGIN)**2+(R(I)+RPMCH-Z(I))**2 )
DIFF = PC2 - RPUNCH
80 IF ( DIFF.LT.RANGE ) GOTO 20
IF ( DIFF.GT.ABS(RANGE) ) GOTO 10
C
C *** CHANGING THE B.C. IF NODAL POINTS ARE IN TOUCH WITH THE PUNCH
C *** READ
C
IF (KODE(I).EQ.1.OR.KODE(I).EQ.5) KODE(I) = 16
IF (KODE(I).EQ.3.OR.KODE(I).EQ.7) KODE(I) = 17
IF (KODE(I).EQ.2.OR.KODE(I).EQ.6) KODE(I) = 16
40 WRITE(8,50) I
10 CONTINUE
IF (1.GE.NPOIN) GOTO 70
20 WRITE(8,60) I,DIFF
70 RETURN
50 FORMAT(/5X,'NODAL POINT IN CONTACT WITH PUNCH PROFILE RADIUS',15)
60 FORMAT(/5X,'NODAL POINT LIES INSIDE THE PUNCH HEAD',15,5X,'DIFF',
* ,E10.3)
END
C
C *****
C
SUBROUTINE RDEB(X,Y,Z,DIFF,NAME,ICLASS,RTWRT,NPOIN,NKPOI,NDIE
* ,NBLANK,KODE)
C
C *** UPDATE THE BOUNDARY CONDITION AT THE DIE SHOULDER
C
DIMENSION X(NKPOI),Y(NKPOI),Z(NKPOI),KODE(NKPOI)
DIFF = 0.0
IF (NDIE.EQ.0.) GOTO 300
IF (ICLASS.EQ.1) RAD = RDIAMK
IF (ICLASS.EQ.2) RAD = RTWRT + RDIE
DO 100 I=1,NPOIN
IF (KODE(I).EQ.0) GOTO 100
IF (KODE(I).EQ.4) GOTO 100
IF (KODE(I).GE.8.AND.KODE(I).LE.10) GOTO 150
IF (KODE(I).GT.10) GOTO 100
PC = SQRT( X(I)**2 + Y(I)**2 )
CORNER = ( PC - RAD )**2 + ( Z(I) - NDIE )**2
CIRCLE = SQRT(CORNER)
RADIUS = RDIE
DIFF = CIRCLE - RADIUS
IF (DIFF.LT.RANGE) GOTO 200
XRANG = ABS(RANGE)
IF (DIFF.GE.XRANG) GOTO 100
C
C *** CHANGING THE BOUNDARY CONDITIONS IF THE POINTS ARE IN CONTACT
C *** WITH THE DIE SHOULDER
C
IF (KODE(I).EQ.1) KODE(I) = 8
IF (KODE(I).EQ.3) KODE(I) = 9
IF (KODE(I).EQ.2) KODE(I) = 10
150 WRITE(8,1000) I
100 CONTINUE
IF (1.GE.NPOIN) GOTO 300
200 WRITE(8,2000) I,DIFF
300 RETURN
C
C *** FORMAT
C
1000 FORMAT(/5X,'NODAL POINT IN CONTACT WITH DIE ',15)
2000 FORMAT(/5X,'NODAL POINT LIES INSIDE THE DIE ',15,5X,
* 'DIFF=',E10.3)
END
C
C *****
C
SUBROUTINE SQDIM(X,Y,L,KODE,DIFF,NPOIN,NKPOI,NAME,NDIE,SQDIM,
* ,RDC)
C
C *** UPDATING THE B.C. AT THE DIE EDGES
C
DIMENSION X(NKPOI),Y(NKPOI),Z(NKPOI),KODE(NKPOI)
DIFF = 0.0
IF ( NDIE.EQ.0.0 ) GOTO 70
YLIMIT = SQDIM/2.0 - RDC
DO 10 I=1,NPOIN
IF (KODE(I).GT.10) GOTO 10
IF (KODE(I).GE.8) GOTO 20
IF (KODE(I).GE.5) GOTO 10
IF (KODE(I).EQ.0.OR.KODE(I).EQ.4) GOTO 10
IF (Y(I).GE.YLIMIT) GOTO 40
C
C *** AT THE STRAIGHT EDGES OF DIE
C
PC3 = SQRT( (X(I)-SQDIM/2.0-NDIE)**2 + (Y(I)-NDIE)**2 )
DIFF = PC3 - RDIE
GOTO 41
C
C *** AT THE CORNERS OF DIE
C
40 CFI = SQRT( ( X(I) - YLIMIT )**2 + ( Y(I) - YLIMIT )**2 )
KCOG = ( X(I) - YLIMIT ) / CFI
KGIN = ( Y(I) - YLIMIT ) / CFI
PC2 = SQRT( ( X(I) - SQDIM/2.0 - RDC - (RDC+RDIE)*KCOG )**2 +
* ( Y(I) - SQDIM/2.0 - RDC - (RDC+RDIE)*KGIN )**2 +
* ( Z(I) - NDIE )**2 )
DIFF = PC2 - NDIE
41 IF ( DIFF.LT.RANGE ) GOTO 50
IF ( DIFF.GT.ABS(RANGE) ) GOTO 10
C
C *** UPDATING B.C. WITH APPROPRIATE BOUNDARY CODES
C
IF ( KODE(I).EQ.1 ) KODE(I)=8
IF ( KODE(I).EQ.2 ) KODE(I)=10
IF ( KODE(I).EQ.3 ) KODE(I)=9
20 WRITE(8,30) I
10 CONTINUE
IF (1.GE.NPOIN) GOTO 70
50 WRITE(8,40) I,DIFF
70 RETURN

```

```

30 FORMAT(/5X,'NODAL POINT IN CONTACT WITH DIE PROFILE RADIUS',15)
60 FORMAT(/5X,'NODAL POINT LIES INSIDE THE DIE CORNER',15,5X,'DIFF',
* ,E10.3)
END
C
C *****
C
SUBROUTINE DEEP(ICLASS,X,Y,NPOIN,NKPOI,NDIE,RTWRT,RDC,SQDIM,
* ,NAME,DIFF,KODE)
C
C *** CHECKING THE NODAL POINTS LOCATED AT THE FLANGE PORTION DURING
C *** CUP DRAWING PROCESS
C
DIMENSION X(NKPOI),Y(NKPOI),KODE(NKPOI)
DIFF = 0.0
YLIMIT = SQDIM/2.0 - RDC
DO 100 I=1,NPOIN
C
C *** CHECK ONLY THE POINT WHICH LOCATED IN THE FLANGE AREA
C *** (KODE = 4,11,12,13,14,15)
IF (KODE(I).NE.4.AND.KODE(I).LT.11) GOTO 100
IF (KODE(I).GT.15) GOTO 100
IF (ICLASS.EQ.3) GOTO 200
C
C *** FOR CYLINDRICAL CUP
C
D = SQRT( X(I)*X(I) + Y(I)*Y(I) )
TD = NDIE + RTWRT
GOTO 600
C
C *** FOR SQUARE CUP
C
200 CONTINUE
IF (KODE(I).EQ.11) GOTO 300
IF (Y(I).GE.YLIMIT) GOTO 800
C
C *** FLANGE AT STRAIGHT EDGE OF DIE
C
TD = SQDIM/2.0 + NDIE
D = X(I)
GOTO 600
C
C *** FLANGE AT THE CORNER
C
800 XTAN = ( Y(I) - YLIMIT ) / ( X(I) - YLIMIT )
C1 = YLIMIT*XTAN
C2 = SQRT( YLIMIT*YLIMIT + C1*C1 )
CFI = SQRT( ( X(I) - YLIMIT )**2 + ( Y(I) - YLIMIT )**2 )
D = C2 - CFI
TD = C2 + RDC + NDIE
GOTO 600
C
C *** FLANGE AT THE DIAGONAL
C
500 D = SQRT( X(I)*X(I) + Y(I)*Y(I) )
TD = 1.414* SQDIM/2.0 - RDC + RDC + NDIE
600 CONTINUE
DIFF = D - TD
C
C *** IF -RANGE <= DIFF <= +RANGE , IT MEANS THAT THE POINT IS MOVED
C *** FROM THE FLANGE TO THE DIE CORNER
C
IF (DIFF.GT.ABS(RANGE)) GOTO 100
IF (KODE(I).EQ.4.OR.KODE(I).EQ.12) KODE(I) = 9
IF (KODE(I).EQ.11) KODE(I) = 8
IF (KODE(I).EQ.13) KODE(I) = 10
WRITE(8,1000) I
100 CONTINUE
RETURN
C
C *** FORMAT
C
1000 FORMAT(/5X,'NODAL POINT MOVES FROM FLANGE TO DIE CORNER',15)
END
C
C *****
C
SUBROUTINE ASSEMBL(ICLASS,ISTEP,X,Y,Z,XL,YL,ZL,XD,YD,UV,W,VL,VL,VL
* ,IE,EX,EY,EXY,EL,ELSTN1,ELSTN2,ELSTN3,ELSTN4,ELSTN5,ELSTN6,ELSTN7,
* ,ELSTN8,ELSTN9,DJACOB,DFORC,THICK,THICK,THICK
* ,NKPOI,NELEM,NKELE,NEQ,NVALSE)
C
C *** COMPUTE ELEMENT STIFFNESS MATRICES AND LOAD VECTORS
C *** ASSEMBLE FOR SYSTEM STIFFNESS MATRIX AND LOAD VECTOR
C
DIMENSION V(NKPOI),V(NKPOI),W(NKPOI),X(NKPOI),Y(NKPOI),Z(NKPOI)
DIMENSION XL(NKPOI),YL(NKPOI),EL(NKPOI),XO(NKPOI),YO(NKPOI)
DIMENSION UL(NKPOI),VL(NKPOI),WL(NKPOI)
DIMENSION EX(NKELE),EY(NKELE),EXY(NKELE),EI(NKELE)
DIMENSION IE(3,NKELE),ELSTN(NKELE),ELSTN(NKELE)
DIMENSION E(3,3),GT(3,3),RR(3,3),GR(3,3),IP(3)
DIMENSION D(3,3),DR(3,3),QTRN(3,1),STRN(3,3)
DIMENSION DRU(3,3),DU(3,1),QTV(3,3),STRU(3,3)
DIMENSION DRD(3,1),DCOS(3,3),DCOST(3,3)
DIMENSION QEI(3,3),ELEMK(3,3),ELEDF(3,1)
DIMENSION STTSMO(NKELE),STTSM(NKELE),THICK(NKELE),THICK(NKELE)
DIMENSION STTSM1(NKELE),DFORD(NKELE,3),DJACOB(NKELE)
DIMENSION ELSTN1(NKELE),ELSTN2(NKELE),TTSTSM(NKELE)
COMMON/ONE/ STEP(500),STEP(500,500)
COMMON/TWO/ STEP(500),STEP(500,500)
COMMON/THREE/ EYE,COMP1,COMP2,COMP3,KN1,COMP4,COMP5,COMP6,KN2
COMMON/FIVE/ D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9
C
C *** INITIALIZE SYSTEM STIFFNESS MATRIX (STN) AND LOAD VECTOR (STEP)
C
DO 100 I=1,NEQ
STEP(I) = 0.0
STEP(I) = 0.0
DO 100 J=1,NEQ
STEP(I,J) = 0.0
100 CONTINUE
C
C *** COMPUTE ELEMENT STIFFNESS MATRICES AND LOAD VECTORS
C
DO 900 M=1,NELEM
LL = IE(1,M)
MM = IE(2,M)
NN = IE(3,M)
CALL TRANSF (NKPOI,LL,MM,NN,X,Y,Z,U,V,W,XL,YL,ZL,VL,VL,VL)
C
C *** INITIALIZE TRANSFORMATION MATRIX [DCOE]
C
DO 200 I=1,3
DO 200 J=1,3
DCOE(I,J)=0.0
200 CONTINUE

```

```

C
N1 = FLOMM-FLOMM
N2 = FLOMM-FLOMM
N3 = FLOMM-FLOMM
C1 = XLOMM-XLOMM
C2 = XLOMM-XLOMM
C3 = XLOMM-XLOMM

C
CALL STRAIN I,M,LL,MM,NN,XX,YY,ZZ,DELTA
* ,ETSTNO,EM,ELSTNO,ETSTNO,EX,KY,EXY,ELSTAF
* ,ETSTNY,ETSTNI,KZ,TTSTNO,ELSTNY,ELSTNO
* ,MPOI,MKEL,TRCKI,KVALUE,DFORD,DJACOB,TRCKC,TRCKD)

C
*** ELEMENT MATRIX [B] 3x3
C
IF (DELTA.LE.0.0) RETURN
DELTA = XODMM*YO(MM) - YO(MM)*XO(MM) - XO(LL)*YO(MM) +
* XO(LL)*YO(MM) - XO(MM)*YO(LL) - XO(MM)*YO(LL)
C
IF (DELTA.LE.0.0) RETURN
IF (ISTEP,GT.1) DELTA = DELTA
FACTORI = 2.0/2.0
IF (ICLASS.EQ.3.AND.ELSTNO(M).EQ.0.0) ELSTNO(M)=1.00E-15
IF (ICLASS.EQ.3.AND.ELSTNO(M).EQ.0.0) ELSTNO(M)=1.00E-15
FACTORS = (ETSTNO/ELSTNO(M)+MM)*FACTORS*TRCKD(M)*DELTA/2.0
RIGID = 0.005
IF (ICLASS.EQ.3.AND.ELSTNO(M).LE.RIGID) FACTORS =
* (ETSTNO/RIGID+MM)*FACTORS*TRCKD(M)*DELTA/2.0
C
A = 1.0/(DELTA)
AA = 1.0/(2.0*DELTA*DELTA)
C
XBU = B1*UL(LL)+B2*VL(MM)+B3*VL(NN)
XBY = B1*VL(LL)+B2*VL(MM)+B3*VL(NN)
XBU = B1*VL(LL)+B2*VL(MM)+B3*VL(NN)
XCV = C1*UL(LL)+C2*VL(MM)+C3*VL(NN)
XCV = C1*VL(LL)+C2*VL(MM)+C3*VL(NN)
XCV = C1*VL(LL)+C2*VL(MM)+C3*VL(NN)
C
B(1,1) = A*B1-AA*B1*XBU
B(1,2) = AA*B1*XBY
B(1,3) = AA*B1*XBY
B(1,4) = A*B2-AA*B2*XBU
B(1,5) = AA*B2*XBY
B(1,6) = AA*B2*XBY
B(1,7) = A*B3-AA*B3*XBU
B(1,8) = AA*B3*XBY
B(1,9) = AA*B3*XBY
B(2,1) = AA*C1*XCV
B(2,2) = A*C1-AA*C1*XCV
B(2,3) = AA*C1*XCV
B(2,4) = AA*C1*XCV
B(2,5) = A*C2-AA*C2*XCV
B(2,6) = AA*C2*XCV
B(2,7) = AA*C2*XCV
B(2,8) = A*C3-AA*C3*XCV
B(2,9) = AA*C3*XCV
B(3,1) = A*C1/2.0-AA*C1*XBU
B(3,2) = A*B1/2.0-AA*C1*XBY
B(3,3) = AA*C1*XBY
B(3,4) = A*C2/2.0-AA*C2*XBU
B(3,5) = A*B2/2.0-AA*C2*XBY
B(3,6) = AA*C2*XBY
B(3,7) = A*C3/2.0-AA*C3*XBU
B(3,8) = A*B3/2.0-AA*C3*XBY
B(3,9) = AA*C3*XBY
C
*** CALCULATE THE DERIVATIVE OF [B] AND MULTIPLY BY DISPLACEMENT U
C
[B]U 3x3
C
AB1 = AA*B1
AB2 = AA*B2
AB3 = AA*B3
AC1 = AA*C1
AC2 = AA*C2
AC3 = AA*C3
C
BUU(1,1) = AB1*XBU
BUU(1,2) = AB1*XBY
BUU(1,3) = AB1*XBY
BUU(1,4) = AB2*XBU
BUU(1,5) = AB2*XBY
BUU(1,6) = AB2*XBY
BUU(1,7) = AB3*XBU
BUU(1,8) = AB3*XBY
BUU(1,9) = AB3*XBY
BUU(2,1) = AC1*XCV
BUU(2,2) = AC1*XCV
BUU(2,3) = AC1*XCV
BUU(2,4) = AC2*XCV
BUU(2,5) = AC2*XCV
BUU(2,6) = AC2*XCV
BUU(2,7) = AC3*XCV
BUU(2,8) = AC3*XCV
BUU(2,9) = AC3*XCV
BUU(3,1) = AB1*XCV
BUU(3,2) = AB1*XCV
BUU(3,3) = AB1*XCV
BUU(3,4) = AB2*XCV
BUU(3,5) = AB2*XCV
BUU(3,6) = AB2*XCV
BUU(3,7) = AB3*XCV
BUU(3,8) = AB3*XCV
BUU(3,9) = AB3*XCV
C
*** OBTAIN THE TRANSPOSITION OF MATRIX [B] = [BUU] | [QT] |
C
DO 300 I=1,3
DO 300 J=1,3
QT(2,1) = B(1,3)+BUU(1,3)
300 CONTINUE
C
*** OBTAIN THE PRODUCT OF MATRICES OF B AND U | [B]U |
C
DO 400 K=1,3
BU(K,1) = B(K,1)*UL(LL)+B(K,2)*VL(MM)+B(K,3)*VL(NN)+
* B(K,4)*VL(MM)+B(K,5)*VL(MM)+B(K,6)*VL(MM)+
* B(K,7)*VL(MM)+B(K,8)*VL(MM)+B(K,9)*VL(MM)
400 CONTINUE
C
*** EVALUATE THE D MATRIX | [D] |
C
DO 500 I=1,3
DO 510 J=1,3
D(I,J) = 0.0
510 CONTINUE
500 CONTINUE
AMDO = 1.5*(1.0+RVALUE)/(1.0+2.0*RVALUE)

```

```

D(1,1) = AMDO*(1.0+RVALUE)
D(2,2) = AMDO*(1.0+RVALUE)
D(3,3) = AMDO*(1.0+RVALUE)
D(1,2) = AMDO*RVALUE
D(2,1) = AMDO*RVALUE
D(1,3) = AMDO*RVALUE
D(3,1) = AMDO*RVALUE
C
*** COMPUTE [D] [DE] OR [D] [DU] |
C
DO 520 I=1,3
DBU(L,1) = 0.0
DO 530 M=1,3
DBU(L,1) = DBU(L,1)+D(L,M)*BU(M,1)
530 CONTINUE
520 CONTINUE
C
*** COMPUTE [D] [B] , [D] [BUU] |
C
DO 540 I=1,3
DO 550 J=1,3
DBU(I,J) = 0.0
DBUU(I,J) = 0.0
DO 560 K=1,3
DBU(I,J) = DBU(I,J)+D(I,K)*BUU(K,J)
DBUU(I,J) = DBUU(I,J)+D(I,K)*BUU(K,J)
560 CONTINUE
550 CONTINUE
540 CONTINUE
C
*** COMPUTE [QT] [D] [DE] OR [QT] [D] [DU] |
C
DO 570 I=1,3
QTBU(I,1) = 0.0
DO 580 J=1,3
QTBU(I,1) = QTBU(I,1)+QT(I,J)*BUU(J,1)
580 CONTINUE
570 CONTINUE
C
*** CALCULATION OF THE DERIVATIVE OF QT WITH RESPECT TO U |
C
AB1 = AA*B1*2.0
AB2 = AA*B2*2.0
AB3 = AA*B3*2.0
AC1 = AA*C1*2.0
AC2 = AA*C2*2.0
AC3 = AA*C3*2.0
EB1 = AB1*B1
EB2 = AB2*B2
EB3 = AB3*B3
EC1 = AC1*C1
EC2 = AC2*C2
EC3 = AC3*C3
EBB1 = AB1*EB1
EBB2 = AB2*EB2
EBB3 = AB3*EB3
ECB1 = AC1*EC1
ECB2 = AC2*EC2
ECB3 = AC3*EC3
EBB1 = AB1*EB1
EBB2 = AB2*EB2
EBB3 = AB3*EB3
ECB1 = AC1*EC1
ECB2 = AC2*EC2
ECB3 = AC3*EC3
C
DO 600 I=1,3
DCOES(I,1) = D1
DCOES(I,2) = D2
DCOES(I,3) = D3
DO 610 J=1,3
DO 620 K=2,3
IF (IKK.EQ.4.OR.IK.EQ.7) GOTO 620
QTU(I,1,JK) = 0.0
620 CONTINUE
610 CONTINUE
600 CONTINUE
C
DO 630 II=2,3,3
DCOES(II,1) = D4
DCOES(II,2) = D5
DCOES(II,3) = D6
DO 630 JJ=1,3
DO 630 KK=1,3
IF (IKK.EQ.2) GOTO 650
IF (IKK.EQ.5.OR.IK.EQ.8) GOTO 650
QTU(II,3,JK) = 0.0
650 CONTINUE
DO 660 III=3,3,3
DCOES(III,1) = D7
DCOES(III,2) = D8
DCOES(III,3) = D9
DO 660 JJJ=1,3
DO 660 KKK=1,3
IF (IKK.EQ.3.OR.IK.EQ.6) GOTO 660
QTU(III,3,JKK) = 0.0
660 CONTINUE
C
DO 670 I=1,3
QTU(L,1,1) = EB1
QTU(L,1,2) = EB2
QTU(L,1,3) = EB3
QTU(L,2,1) = EC1
QTU(L,2,2) = EC2
QTU(L,2,3) = EC3
QTU(L,3,1) = EBB1
QTU(L,3,2) = (ECB2+ECB4)/2.0
QTU(L,3,3) = (ECB3+ECB7)/2.0
670 CONTINUE
C
DO 680 K=4,6
QTU(K,1,K-2) = EBB1
QTU(K,1,K) = EBB2
QTU(K,1,K+2) = EBB3
QTU(K,2,K-3) = EBB1
QTU(K,2,K) = EBB2
QTU(K,2,K+3) = EBB3
QTU(K,3,K-3) = (ECB3+ECB4)/2.0
QTU(K,3,K) = EBB2
QTU(K,3,K+3) = (ECB6+ECB8)/2.0
680 CONTINUE
C
DO 690 M=7,9
QTU(M,1,M-6) = EBB2
QTU(M,1,M-3) = EBB3
QTU(M,1,M) = EBB1
QTU(M,2,M-6) = EBB2
QTU(M,2,M-3) = EBB3
QTU(M,2,M) = EBB1
690 CONTINUE

```



ศูนย์วิทยพั
 าลงกรณ์มหา



```

QTV(N,3,M-4) = (DCB7+DCB3)/2.0
QTV(N,3,M-3) = (DCB8+DCB4)/2.0
QTV(N,3,M) = DCB9
890 CONTINUE
DO 700 I=1,3
DO 700 J=1,3
DCOBT(I,1) = DCOB(I,J)
700 CONTINUE
*** COMPUTE ELEMENT LOAD VECTOR
DO 710 K=1,3
ELDMF(K,1) = 0.0
DO 710 I=1,3
ELDMF(K,1) = ELDMF(K,1) + DCOBT(K,1)*QTV(N,I,1)
710 CONTINUE
DO 715 K=1,3
ELDMF(K,1) = ELDMF(K,1)*(-FACTOR2)
715 CONTINUE
*** COMPUTE DERIVATIVE OF S(bar)/S(Bar)
P2 = (1.0+RVALUE)**2/(1.0+2.0*RVALUE)
P1 = P2
P3 = 2.0*P2
RVC1 = 2.0*RVALUE/(1.0+RVALUE)
RVC2 = 2.0/(1.0+RVALUE)
SELF2 = A*XBI+AA*(XBU*XBU+XCV*XCV+XW*XW)
SELF3 = A*XCV+AA*(XCU*XCU+XCV*XCV+XW*XW)
SELF4 = A*(XCU+XCV)+AA*(XBU*XBU+XCV*XCV+XW*XW)
SELF4 = 0.5*SELF4
SELF1 = SELF2*SELF3/RVC1
DESDU1 = A*R1+P3*XBU*R1
DESDU2 = A*R2+P3*XBU*R2
DESDU3 = A*R3+P3*XBU*R3
DESDU4 = P3*C1*XCV
DESDU5 = P3*C2*XCV
DESDU6 = P3*C3*XCV
DESDU7 = P3*XCV*R1
DESDU8 = P3*XCV*R2
DESDU9 = P3*XCV*R3
DESDU10 = A*C1+P3*C1*XCV
DESDU11 = A*C2+P3*C2*XCV
DESDU12 = A*C3+P3*C3*XCV
DESDU13 = P3*XW*R1
DESDU14 = P3*XW*R2
DESDU15 = P3*XW*R3
DESDU16 = P3*XW*C1
DESDU17 = P3*XW*C2
DESDU18 = P3*XW*C3
95 = P1*(SELF1+SELF2+SELF3+SELF4)+P2*SELF4+SELF4*PVC2
IF (ICLASS.EQ.2.AND.SS.EQ.0.0) SS=1.00E-15
IF (ICLASS.EQ.3.AND.SS.EQ.0.0) SS=1.00E-15
P5 = 2.0*SELF2
P6 = 2.0*SELF3
P7 = SELF4*PVC2
DESDU19 = P1*((SELF2*DESDU1+SELF3*DESDU1)+RVC1+P5*DESDU1+
P6*DESDU1)+P2*(P7*(A*C1+A*A*C1)*XBU+A*A*R1*XCV)
DESDU20 = P1*(SELF2*DESDU2+SELF3*DESDU2)+RVC1+P5*DESDU2+
P6*DESDU2)+P2*(P7*(A*C2+A*A*C2)*XBU+A*A*R2*XCV)
DESDU21 = P1*(SELF2*DESDU3+SELF3*DESDU3)+RVC1+P5*DESDU3+
P6*DESDU3)+P2*(P7*(A*C3+A*A*C3)*XBU+A*A*R3*XCV)
DESDU22 = P1*(SELF2*DESDU4+SELF3*DESDU4)+RVC1+P5*DESDU4+
P6*DESDU4)+P2*(P7*(A*C1+A*A*C1)*XCV+A*A*R1*XW)
DESDU23 = P1*(SELF2*DESDU5+SELF3*DESDU5)+RVC1+P5*DESDU5+
P6*DESDU5)+P2*(P7*(A*C2+A*A*C2)*XCV+A*A*R2*XW)
DESDU24 = P1*(SELF2*DESDU6+SELF3*DESDU6)+RVC1+P5*DESDU6+
P6*DESDU6)+P2*(P7*(A*C3+A*A*C3)*XCV+A*A*R3*XW)
DESDU25 = P1*(SELF2*DESDU7+SELF3*DESDU7)+RVC1+P5*DESDU7+
P6*DESDU7)+P2*(P7*(A*A*C1)*XCV+A*A*R1*XW)
DESDU26 = P1*(SELF2*DESDU8+SELF3*DESDU8)+RVC1+P5*DESDU8+
P6*DESDU8)+P2*(P7*(A*A*C2)*XCV+A*A*R2*XW)
DESDU27 = P1*(SELF2*DESDU9+SELF3*DESDU9)+RVC1+P5*DESDU9+
P6*DESDU9)+P2*(P7*(A*A*C3)*XCV+A*A*R3*XW)
P8 = -0.5*SS**(-1.5)
IF (ICLASS.EQ.3.AND.ELSTRN1(N).LE.NIGID) P8 = 0.0
DIEDU1 = P8*DESDU1
DIEDU2 = P8*DESDU2
DIEDU3 = P8*DESDU3
DIEDU4 = P8*DESDU4
DIEDU5 = P8*DESDU5
DIEDU6 = P8*DESDU6
DIEDU7 = P8*DESDU7
DIEDU8 = P8*DESDU8
DIEDU9 = P8*DESDU9
DIEDU10 = P8*DESDU10
DIEDU11 = P8*DESDU11
DIEDU12 = P8*DESDU12
DIEDU13 = P8*DESDU13
DIEDU14 = P8*DESDU14
DIEDU15 = P8*DESDU15
DIEDU16 = P8*DESDU16
DIEDU17 = P8*DESDU17
DIEDU18 = P8*DESDU18
DIEDU19 = P8*DESDU19
DIEDU20 = P8*DESDU20
DIEDU21 = P8*DESDU21
DIEDU22 = P8*DESDU22
DIEDU23 = P8*DESDU23
DIEDU24 = P8*DESDU24
DIEDU25 = P8*DESDU25
DIEDU26 = P8*DESDU26
DIEDU27 = P8*DESDU27
DSTRS(1,1) = E*STRS0*DIEDU1
DSTRS(1,2) = E*STRS0*DIEDU2
DSTRS(1,3) = E*STRS0*DIEDU3
DSTRS(1,4) = E*STRS0*DIEDU4
DSTRS(1,5) = E*STRS0*DIEDU5
DSTRS(1,6) = E*STRS0*DIEDU6
DSTRS(1,7) = E*STRS0*DIEDU7
DSTRS(1,8) = E*STRS0*DIEDU8
DSTRS(1,9) = E*STRS0*DIEDU9
DO 720 I=1,3
R1(I,1) = R1(I,1) + QTV(I,1)*DSTRS(1,I)
R1(I,2) = R1(I,2) + QTV(I,2)*DSTRS(1,I)
R1(I,3) = R1(I,3) + QTV(I,3)*DSTRS(1,I)
R1(I,4) = R1(I,4) + QTV(I,4)*DSTRS(1,I)
R1(I,5) = R1(I,5) + QTV(I,5)*DSTRS(1,I)
R1(I,6) = R1(I,6) + QTV(I,6)*DSTRS(1,I)
R1(I,7) = R1(I,7) + QTV(I,7)*DSTRS(1,I)
R1(I,8) = R1(I,8) + QTV(I,8)*DSTRS(1,I)
R1(I,9) = R1(I,9) + QTV(I,9)*DSTRS(1,I)
720 CONTINUE
*** ELEMENT STIFFNESS MATRICES
RNDST(11,1) = RNDST(11,1) + QTV(N,1,1)*DSTRS(1,1)
QK(11,1) = R1(11,1) + R1(11,2) + R1(11,3)
QK(11,2) = QK(11,1)*FACTOR2
QK(11,3) = QK(11,1)*THICK(N)*RVALUE/2.0+RNDST(11,1)*FACTOR2
720 CONTINUE
DO 730 I=1,3
DO 730 J=1,3
QK(I,1) = 0.0
DO 730 K=1,3
QK(I,1) = QK(I,1) + QK(I,K)*DCOB(K,J)
730 CONTINUE
DO 740 I=1,3
DO 740 J=1,3

```

```

ELMKE(I,J) = 0.0
DO 740 K=1,3
ELMKE(I,J) = ELMKE(I,J) + DCOBT(I,K)*QK(I,K,J)
740 CONTINUE
*** ASSEMBLE THE ELEMENT STIFFNESS MATRICES AND LOAD VECTORS
LIM = 3
DO 800 I=1,3,LIM,3
I3 = I/3
LP(I-2) = 3*IE(I,3,M) - 2
LP(I-1) = 3*IE(I,3,M) - 1
LP(I) = 3*IE(I,3,M)
800 CONTINUE
DO 850 J=1,LIM
MO = LP(J)
STIFF(MO) = STIFF(MO)+ELMKE(J,1)
DO 850 K=1,LIM
NO = LP(K)
IF (NO.GT.0) THEN
STIFF(MO,NO) = STIFF(MO,NO)+ELMKE(J,K)
ENDIF
850 CONTINUE
900 CONTINUE
*** STORE THE OVERALL STIFFNESS MATRIX AND LOAD VECTOR
DO 950 MO=1,NEQ
STIFF(MO) = -STIFF(MO)
DO 950 NO=1,NEQ
STIFF(MO,NO) = STIFF(MO,NO)
950 CONTINUE
RETURN
END
*****
SUBROUTINE TRANSF DMKPO1,LL,MM,MN,X,Y,Z,U,V,W,
* ,KL,VL,ZL,UL,VL,WL,1
*** TRANSFORMATION FROM THE GLOBAL TO LOCAL COORDINATE SYSTEMS
DIMENSION X(MKPO1),Y(MKPO1),Z(MKPO1)
DIMENSION U(MKPO1),V(MKPO1),W(MKPO1)
DIMENSION XL(MKPO1),YL(MKPO1),ZL(MKPO1)
DIMENSION UL(MKPO1),VL(MKPO1),WL(MKPO1)
COMMON/STIFF/ D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9
*** X,Y,Z = GLOBAL COORDINATES IN GLOBAL COORDINATE SYSTEM
*** XL,YL,ZL = LOCAL COORDINATES IN LOCAL COORDINATE SYSTEM
*** U,V,W = GLOBAL DISPLACEMENTS IN GLOBAL COORDINATE SYSTEM
*** UL,VL,WL = LOCAL DISPLACEMENTS IN LOCAL COORDINATE SYSTEM
*** D1-D9 = DIRECTION COSINES FOR TRANSFORMATION OF GLOBAL TO LOCAL COORDINATE SYSTEMS
GX11 = X(MO) - X(L1)
GX21 = Y(MO) - Y(L1)
GX31 = Z(MO) - Z(L1)
GX12 = SQRT(GX11*GX11 + GX21*GX21 + GX31*GX31)
D1 = GX11/GX12
D2 = GX21/GX12
D3 = GX31/GX12
GX11 = X(MN) - X(L1)
GX21 = Y(MN) - Y(L1)
GX31 = Z(MN) - Z(L1)
SA = GX11*GX31 - GX21*GX31
SB = GX21*GX31 - GX11*GX31
SC = GX11*GX31 - GX21*GX31
SD = SQRT(SA*SA + SB*SB + SC*SC)
D7 = SC/SD
D8 = SA/SD
D9 = SB/SD
D4 = D8*D3 - D5*D2
D5 = D9*D1 - D7*D3
D6 = D7*D2 - D8*D1
*** LOCAL COORDINATES AND DISPLACEMENTS
XL(L1) = 0.0
YL(L1) = 0.0
ZL(L1) = 0.0
XL(MO) = D1*GX11 + D2*GX21 + D3*GX31
YL(MO) = 0.0
ZL(MO) = 0.0
XL(MN) = D1*GX11 + D2*GX21 + D3*GX31
YL(MN) = D4*GX11 + D5*GX21 + D6*GX31
ZL(MN) = 0.0
UL(L1) = D1*U(L1) + D2*V(L1) + D3*W(L1)
UL(MO) = D4*U(L1) + D5*V(L1) + D6*W(L1)
UL(MN) = D7*U(L1) + D8*V(L1) + D9*W(L1)
VL(MO) = D1*U(MO) + D2*V(MO) + D3*W(MO)
VL(MN) = D4*U(MO) + D5*V(MO) + D6*W(MO)
WL(MO) = D7*U(MO) + D8*V(MO) + D9*W(MO)
VL(MN) = D1*U(MN) + D2*V(MN) + D3*W(MN)
VL(MN) = D4*U(MN) + D5*V(MN) + D6*W(MN)
WL(MN) = D7*U(MN) + D8*V(MN) + D9*W(MN)
RETURN
END
*****
SUBROUTINE STRAIN ( M,LL,MM,MN,X,Y,Z,U,V,W,DELTA
* ,ETSTR0,SH,ELSTRN1,ETSTRM,DS,EX,EXY,ELSTR3,ETSTRM
* ,ETSTRM,ET,TTSTRM,ELSTRM,ELSTRM,MKPO1,MKLE
* ,THICK,RVALUE,SFOND,DJACOB,THICK,THICK )
*** THIS SUBROUTINE CALCULATE THE ELEMENT EFFECTIVE STRAIN AND STRESS
DIMENSION X(MKPO1),Y(MKPO1),Z(MKPO1),U(MKPO1),V(MKPO1),W(MKPO1)
DIMENSION EX(MKLE),EY(MKLE),EXY(MKLE),EXY(MKLE)
DIMENSION EX(MKLE),ETSTR0(MKLE),ETSTRM(MKLE)
DIMENSION ELSTRM(MKLE),TTSTRM(MKLE),ELSTRM(MKLE)
DIMENSION SFOND(MKLE),ELSTRM(MKLE),ELSTRM(MKLE)
DIMENSION SFOND(MKLE),DJACOB(MKLE)
DIMENSION THICK(MKLE),THICK(MKLE)
COMMON/THICK/ EPS,CMT1,CMT2,CMT3,KX1,CMT4,CMT5,CMT6,KX2
S1 = Y(MO) - Y(MN)
S2 = Y(MN) - Y(L1)
S3 = Y(L1) - Y(MO)

```

```

C1 = X(MN) - X(MO)
C2 = X(LL) - X(MN)
C3 = X(MO) - X(LL)
C *** DELTA = 2 * TRIANGULAR AREA
C
C DELTA = X(MO)*Y(MN)
C IF (DELTA.LT.0.0) THEN
C WRITE(9,1000) M,DELTA
C RETURN
C ENCF
C
C *** COMPUTATIONS OF DISPLACEMENT GRADIENTS
C
C DUX = ( B1*U(LL) + B2*U(MO) + B3*U(MN) )/DELTA
C DUY = ( C1*U(LL) + C2*U(MO) + C3*U(MN) )/DELTA
C DVX = ( B1*V(LL) + B2*V(MO) + B3*V(MN) )/DELTA
C DUY = ( C1*V(LL) + C2*V(MO) + C3*V(MN) )/DELTA
C DWX = ( B1*W(LL) + B2*W(MO) + B3*W(MN) )/DELTA
C DWY = ( C1*W(LL) + C2*W(MO) + C3*W(MN) )/DELTA
C
C *** COMPUTATIONS OF DEFORMATION GRADIENTS ( FOR TRUE STRESS )
C
C DFGND(M,1) = 1.0 + DUX
C DFGND(M,2) = DUY
C DFGND(M,3) = 0.
C DFGND(M,4) = DVX
C DFGND(M,5) = 1.0 + DUY
C DFGND(M,6) = 0.
C DFGND(M,7) = DWX
C DFGND(M,8) = DWY
C DFGND(M,9) = 1.0
C
C *** DETERMINATION OF JACOBIANS FOR CALCULATION OF TRUE STRESS
C
C DJACOB(M) = DFGND(M,1)*DFGND(M,5) - DFGND(M,2)*DFGND(M,4)
C
C *** LAGRANGIAN STRAIN INCREMENT COMPONENTS
C *** DX, DXY, DEXY, DEL
C
C EX(M) = DUX*0.5*(DUX**2+DVX**2+DWX**2)
C EY(M) = DUY*0.5*(DUY**2+DVT**2+DWY**2)
C EZ(M) = -EX(M)-EY(M)
C EXT(M) = 0.5*(DVT+DVT+DUX*DUY+DVX*DUY+DWX*DWY)
C
C *** CALCULATE THE ELEMENT EFFECTIVE LAGRANGIAN STRAIN INCREMENT
C *** [ ELSTRN ]
C
C CR = (1.0+RVALUE) / SQRT(1.0 + 2.0*RVALUE)
C SS1 = EX(M)*EX(M)+EY(M)*EY(M)+2.0*RVALUE/(1.0+RVALUE)*EZ(M)*EZ(M)
C SS2 = 2.0/(1.0+RVALUE)*EXT(M)*EXT(M)
C ELSTRN(M) = CR*SQRT(SS1+SS2)
C
C *** EFFECTIVE TRUE STRAIN INCREMENT , [ ESTERN ]
C *** EFFECTIVE TRUE STRAIN TOTAL , [ ESTRTN ]
C *** EFFECTIVE TRUE STRAIN OLD , [ ESTRNO ]
C
C ESTERN(M) = 0.5*LOG(1.0+2.0*ELSTRN(M))
C ESTRTN(M) = ESTRNO(M)+ESTERN(M)
C
C *** RIGID-PLASTIC CONSTITUTIVE EQUATION
C *** SH = SLOPE OF THE TRUE STRESS-STRAIN CHARACTERISTIC
C *** ESTRSO = EFFECTIVE TRUE STRESS
C
C ESTRSO = CONT1 * ( CONT2 + CONT3*ESTRNO(M) ) ** XN1
C SH = XN1*CONT1 * ( CONT2 + CONT3*ESTRNO(M) ) ** ( XN1 - 1.0 )
C
C IF (EPS.NE.0.0) THEN
C IF (ESTRNO(M).LT.EPS) THEN
C ESTRSO = CONT1 * ( CONT2 + CONT3*ESTRNO(M) ** XN1 )
C SH = XN1*CONT1 * CONT3 * ( ESTRNO(M) ) ** ( XN1 - 1.0 )
C ELSE
C ESTRSO = CONT4 * ( CONT5 + CONT6*ESTRNO(M) ** XN2 )
C SH = XN2*CONT4 * CONT6 * ( ESTRNO(M) ) ** ( XN2 - 1.0 )
C ENDF
C ENDF
C
C SH = SH-2.0*ESTRSO
C
C *** ENGINEERING STRAIN = 2 * TENSOR STRAIN
C
C EXT(M) = 2.0*EXT(M)
C
C *** THICKNESS STRAIN CALCULATION
C *** CURRENT ELEMENT THICKNESS , [ THCK ]
C *** OLD ELEMENT THICKNESS , [ THCKO ]
C *** INITIAL THICKNESS , [ THCKI ]
C *** TOTAL THICKNESS STRAIN , [ TSTRN ]
C
C THCK(M) = THCKO(M)*(1.0+EXT(M))
C TSTRN(M) = LOG(THCK(M)/THCKI)
C
C *** EFFECTIVE LAGRANGIAN STRESS TOTAL , [ ELSTRT ]
C *** EFFECTIVE LAGRANGIAN STRAIN TOTAL , [ ELSTRTN ]
C *** EFFECTIVE LAGRANGIAN STRAIN OLD , [ ELSTRNO ]
C
C ELSTRT(M) = ELSTRNO(M) + ELSTERN(M)
C ELSTRTN(M) = ELSTRNO + SH*ELSTERN(M)
C
C RETURN
C
C *** FORMAT
C
C 1000 FORMAT(/5X,' THE AREA OF TRIANGLE NO. ',I5,2X,' IS ...',F10.5)
C
C
C
C *****
C
C INTEGER FUNCTION NMLN(FILNAM)
C
C *** FUNCTION NMLN COUNTS THE NUMBER OF CHARACTERS IN FILNAM
C
C CHARACTER*8 FILNAM
C
C NMLN = 0
C DO 100 I = 1,8
C IF (FILNAM(I)) .EQ. ' ' GO TO 100
C NMLN = I
C GO TO 200
C 100 CONTINUE
C 200 RETURN
C
C ENDF

```

ประวัติผู้วิจัย



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำโดย นาย ชีร์วัฒน์ สุวังบุตร เกิดเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2509 ที่อำเภอเมืองจังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย