

CAPÍTOL VI

=====

COMENTARIS AL PROGRAMA" T E P 3 2 "

6.1 PROBLEMES DE CAPACITAT D'ORDINADOR.

Ja hem vist al capítol anterior que les limitacions pròpies del programa TEP32, quant a capacitat, poden ser fàcilment superades si es disposa d'ordinadors més grans i potents.

Tanmateix, existeixen dos tipus diferents de limitacions. Per un costat trobem limitacions relatives al nombre total de nusos o nombre total de barres. Aquesta és una limitació bàsica molt senzilla de superar, ja ho hem constatat abans, si hom disposa d'un ordinador amb major capacitat de memòria. Cal només, en aquest cas, variar tots els COMMONS dels programes i subprogrames i canviar un parell o dos de constants.

L'altre tipus de limitació, tanmateix, és més interessant. Correspon a la capacitat necessària per a bastir la Matriu Transformada d'una determinada estructura. En els capítols anteriors hem vist que les dimensions d'una Matriu Transformada depenen del nombre total d'incògnites que presenta l'estructura estudiada (magnitud que ens ve imposada) i de l'ample de banda. (Aquest sí que pot variar-se en funció de la

manera de numerar els nusos de l'estructura).

Fàcilment podrem endevinar que, malgrat la molta atenció i cura que posem en escollir un ample de banda mínim, el tamany de la Matriu Transformada, a vegades, abastarà quantitats molt importants. És per això, que tot i que molts ordinadors petits puguin acceptar uns límits del nombre total de nusos i de barres determinats, en canvi, a l'hora de crear la Matriu Transformada, aquesta no entra dins els límits establerts per a la variable (en el programa TEP32 aquesta variable és "A") destinada a acollir-la.

Davant aquesta eventualitat, que es repetirà, a diferent escala, naturalment, qualsevol que sigui l'ordinador i qualsevol que sigui el nombre màxim de nusos i barres permesos, s'ha creat una variant al programa TEP32.

Aquesta variant, englobada dins el títol genèric del programa principal TEP22, ve explicada a continuació:

6.2 PROGRAMA "TEP22"

Remontem-nos al capítol anterior a l'apartat 5.9. Tant a l'explicació del programa TEP32 com en el seu llistat, podem advertir el fet de que prèviament a la creació de la Matriu Transformada, és calculat el tamany que aquesta tindrà; així mateix es calcular el nombre total d'incògnites (subprograma TES18) que equival al nombre total d'esforços desequilibrats existents a l'hora de resoldre el sistema d'equacions que es crearà. Aquest càlcul previ, evidentment, es fa per tal

de veure si serà possible d'albergar tant la Matriu Transformada dins la variable "A" com el conjunt d'esforços desequilibrats dins la variable "Q". (En el nostre cas la dimensió de la variable A és 3000 i la de la variable Q és 160).

Hem vist també que si no se superen aquestes magnituds, el programa segueix normalment fent la crida al subprograma TES35. Tanmateix aquí ens interessa el cas contrari.

Quan la capacitat és superada, el programa TEP32 així ho constata a la sortida de dades, dient que la memòria és insuficient i que són necessaris els arxius. A continuació, mitjançant l'ús de l'encaderament de programes, passem al nou programa TEP22. En aquest canvi s'ha conservat el COMMON, on hi estan emmagatzemades totes les dades d'entrada, a més del temps horari que ens assenyala quan ha estat començat el procés de resolució del problema, i de les altres dades calculades a través dels subprogrames TES13, TES14, TES18 i el TES19.

La primera tasca, doncs, del programa TEP22 és assimilar el temps de començament i col·locar-lo a la variable que li pertoca. A continuació és cridat el subprograma TES25.

6.2.1 Subprograma "TES25".

El subprograma TES25 desenvolupa una tasca dins el programa TEP22 exactament igual a la que realitza el TES35 dins el TEP32.

Recordem, doncs, que les funcions d'ambdós programes TES25 - TES35 són:

- a) Formació de la Matriu Transformada (ap. 5.7.1)
- b) Comprovació de l'estat d'esforços (ap. 5.7.2)
- c) Canvis de coordenades (ap. 5.7.3)

La diferència entre ambdós programes no està, doncs, en la tasca que realitzen, sinó amb el mètode de treball.

El subprograma TEP25, en primer lloc, té com a feina la creació de dos arxius. En el primer d'ells, "OEFTEP1", anirà col·locant la Matriu Transformada de l'estructura que s'ha de calcular. El tamany de l'arxiu és limitat únicament per la capacitat del disc que utilitzi l'ordinador, però de qualsevol forma, això mai serà, ni de bon tros, un inconvenient, puix que la capacitat de qualsevol disc és molt superior a les necessitats d'una estructura normal.

En el segon arxiu, "OEFTEP2", s'anirà col·locant el conjunt d'esforços desequilibrats. En aquest cas, la capacitat del disc és encara molt més sobrada que abans.

El procés d'omplenament dels arxius, és a dir, el procés de creació de la Matriu Transformada i dels esforços desequilibrats es farà per fases. Talment com al programa TES35, es va analitzant barra per barra, cercant de cada una d'elles les seves rigideses linials i transversals, així com la tensió a la qual està sotmesa i per tant a l'esforç que provoca sobre els seus nusos extrems. La diferència respecte al subprograma TES35 rau en el fet de que aquí es realitzen diverses passades.

A cada passada s'acoten dues variables: NX ; NY1

de tal manera que només s'estudïin i emmagatzemin els valors de la Matriu Transformada corresponents a les files "i" ; tal que NX i NY1.

En la primera passada, està clar, NX valdrà 1 i NY1 un valor tal que el conjunt de files de la matriu que volem emmagatzemar, càpigui dins la variable "A" de capacitat limitada. (3000 valors en el nostre cas, però que podria ser ampliat en cas de disposar d'un ordinador més gran). Aquest mateix valor NY1 serà el que farem servir per a emmagatzemar els valors dels esforços desequilibrats a la variable "Q".

A la segona passada s'estudiaran i emmagatzemaran els valors de la matriu corresponents a les files NY1 - 1 fins a la fila 2 . NY1

A la tercera, les files 2.NY1-1 fins a la 3.NY1; i així successivament ho anirem repetint "n" vegades fins que el valor n.NY1 sigui igual o superior al nombre total d'incògnites. Això equival a dir que tant la Matriu Transformada com el conjunt d'esforços desequilibrats han estat completats.

Una vegada acomplerta aquesta tasca de formació o creació i emmagatzemament, la segona de les funcions d'aquest programa tal com hem vist abans és la de comprovar l'equilibri, o no, d'aquest conjunt d'esforços. Com que a mesura que hem anat muntant els arxius, en particular 1' OEFTEP2, hem constatat quin anava sent el màxim valor absolut dels esforços desequilibrats, és immediat saber si l'estructura es troba, o no, en Estat d'Equilibri.

De la mateixa forma com ho feiem al subprograma TES35, si l'estructura no està en Estat d'Equilibri i no s'han esgotat el nombre màxim d'iteracions permeses, a continuació és cridat el subprograma encarregat de resoldre el sistema d'equacions format per la Matriu Transformada (arxiu OEFTEP1) i el conjunt d'esforços desequilibrats (arxiu OEFTEP2).

Aquest subprograma és precisament el TES27 que serà estudiat en el proper paràgraf.

Per últim, una vegada atesa la resolució del sistema d'equacions, les solucions del qual no són més que el conjunt dels desplaçaments dels nusos, d'una manera sistemàtica, repetint els blocs determinats per les variables NX ; NY1 (tal com s'ha fet a l'hora de muntar la Matriu Transformada i el conjunt d'esforços desequilibrats), anirem canviant les coordenades dels nusos de l'estructura en funció d'aquests desplaçaments obtinguts.

Segueix el programa TES25:

```

C      "OESTES25.FR"
C
      COMPILER DOUBLE PRECISION
      SUBROUTINE TES25
      REAL L,K
      COMMON N,NTN,NTB,NTIN,IAMB,NPROB(40),PR,NV,NVX,
*          X(100),Y(100),Z(100),XI(100),YI(100),ZI(100),KIN(100,3),
*          PX(100),PY(100),PZ(100),NEX(200,2),L(200),K(200),
*          A(3000),Q(160)
      COMMON /T25/ NX
      IJ(I,J)=(I-NX)*(IAMB+1)+J
C
      NV=0
C

```

```

6 CALL CLOSE (1,IER)
  CALL DFILW ("DEFTEP1",IER)
  CALL OPEN (1,"DEFTEP1",2,IER,8*(IAMB+1))
  CALL CLOSE (2,IER)
  CALL DFILW ("DEFTEP2",IER)
  CALL OPEN (2,"DEFTEP2",2,IER,8)

```

C

```

  NX=1
  NY1=3000/(IAMB+1)
  IF (NY1.GT.NTIN) NY1=NTIN
  IF (NY1.GT.160) NY1=160
  NY=NY1
  QA=0.
7 DO 50 I=1,160
50 Q(I)=0.
  DO 51 J=1,3000
51 A(J)=0.

```

C

C

```

  DO 5 I=1,NTB
  I1=NEX(I,1)
  I2=NEX(I,2)
  IF (I2.GT.I1) GO TO 27
  II=I1
  I1=I2
  I2=II

```

C

```

27 FLX=X(I2)-X(I1)
  FLY=Y(I2)-Y(I1)
  FLZ=Z(I2)-Z(I1)
  IF (NV.NE.0) GO TO 29
  IF (FLX.EQ.0.) FLX=PR
  IF (FLY.EQ.0.) FLY=PR
  IF (FLZ.EQ.0.) FLZ=PR
29 CONTINUE
  FLT=SQRT(FLX**2+FLY**2+FLZ**2)
  TLT=(1./L(I)-1./FLT)*K(I)
  FL3=K(I)/FLT**3
  RLX=TLT+FLX**2*FL3
  RLY=TLT+FLY**2*FL3
  RLZ=TLT+FLZ**2*FL3
  RTXY=FLX*FLY*FL3
  RTXZ=FLX*FLZ*FL3
  RTYZ=FLY*FLZ*FL3
  IF (NV.NE.0) GO TO 28
  IF (ABS(RLX).LT.PR) RLX=1.
  IF (ABS(RLY).LT.PR) RLY=1.
  IF (ABS(RLZ).LT.PR) RLZ=1.
28 CONTINUE

```

C

C

```

  II=KIN(I2,3)
  IF (II.EQ.0.OR.II.LT.NX.OR.II.GT.NY) GO TO 30
  A(IJ(II,1))=A(IJ(II,1))+RLZ
  Q(II-NX+1)=Q(II-NX+1)-TLT*FLZ
30 II=KIN(I2,2)

```

```

IF (II.EQ.0.OR.II.LT.NX.OR.II.GT.NY) GO TO 31
A(IJ(II,1))=A(IJ(II,1))+RLY
IF (KIN(I2,3).NE.0) A(IJ(II,2))=A(IJ(II,2))+RTYZ
Q(II-NX+1)=Q(II-NX+1)-TLT*FLY
31 II=KIN(I2,1)
IF (II.EQ.0.OR.II.LT.NX.OR.II.GT.NY) GO TO 32
A(IJ(II,1))=A(IJ(II,1))+RLX
IF (KIN(I2,2).NE.0) A(IJ(II,2))=A(IJ(II,2))+RTXY
IF (KIN(I2,2).NE.0.AND.KIN(I2,3).NE.0) A(IJ(II,3))=A(IJ(II,3))+RTX
IF (KIN(I2,2).EQ.0.AND.KIN(I2,3).NE.0) A(IJ(II,2))=A(IJ(II,2))+RTX
Q(II-NX+1)=Q(II-NX+1)-TLT*FLX
C
32 II=KIN(I1,3)
IF (II.EQ.0.OR.II.LT.NX.OR.II.GT.NY) GO TO 33
A(IJ(II,1))=A(IJ(II,1))+RLZ
Q(II-NX+1)=Q(II-NX+1)+TLT*FLZ
JJ=KIN(I2,1)
IF (JJ.EQ.0) GO TO 34
JJ=JJ-II+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RTXZ
34 JJ=KIN(I2,2)
IF (JJ.EQ.0) GO TO 35
JJ=JJ-II+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RTYZ
35 JJ=KIN(I2,3)
IF (JJ.EQ.0) GO TO 33
JJ=JJ-II+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RLZ
33 II=KIN(I1,2)
IF (II.EQ.0.OR.II.LT.NX.OR.II.GT.NY) GO TO 36
A(IJ(II,1))=A(IJ(II,1))+RLY
IF (KIN(I1,3).NE.0) A(IJ(II,2))=A(IJ(II,2))+RTYZ
Q(II-NX+1)=Q(II-NX+1)+TLT*FLY
JJ=KIN(I2,1)
IF (JJ.EQ.0) GO TO 37
JJ=JJ-II+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RTXY
37 JJ=KIN(I2,2)
IF (JJ.EQ.0) GO TO 38
JJ=JJ-II+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RLY
38 JJ=KIN(I2,3)
IF (JJ.EQ.0) GO TO 36
JJ=JJ-II+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RTYZ
36 II=KIN(I1,1)
IF (II.EQ.0.OR.II.LT.NX.OR.II.GT.NY) GO TO 5
A(IJ(II,1))=A(IJ(II,1))+RLX
IF (KIN(I1,2).NE.0) A(IJ(II,2))=A(IJ(II,2))+RTXY
IF (KIN(I1,2).NE.0.AND.KIN(I1,3).NE.0) A(IJ(II,3))=A(IJ(II,3))+RTY
IF (KIN(I1,2).EQ.0.AND.KIN(I1,3).NE.0) A(IJ(II,2))=A(IJ(II,2))+RTY
Q(II-NX+1)=Q(II-NX+1)+TLT*FLX
JJ=KIN(I2,1)
IF (JJ.EQ.0) GO TO 39
JJ=JJ-II+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RLX

```



```

39 JJ=KIN(I2,2)
   IF (JJ.EQ.0) GO TO 40
   JJ=JJ-II+1
   A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RTXY
40 JJ=KIN(I2,3)
   IF (JJ.EQ.0) GO TO 5
   JJ=JJ-II+1
   A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-RTXZ
5 CONTINUE

C
C
DO 20 I=1,NTN
  I1=KIN(I,1)
  IF (I1.EQ.0.OR.I1.LT.NX.OR.I1.GT.NY) GO TO 21
  Q(I1-NX+1)=PX(I)+Q(I1-NX+1)
21 I2=KIN(I,2)
  IF (I2.EQ.0.OR.I2.LT.NX.OR.I2.GT.NY) GO TO 22
  Q(I2-NX+1)=PY(I)+Q(I2-NX+1)
22 I3=KIN(I,3)
  IF (I3.EQ.0.OR.I3.LT.NX.OR.I3.GT.NY) GO TO 20
  Q(I3-NX+1)=PZ(I)+Q(I3-NX+1)
20 CONTINUE

C
DO 14 I=NX,NY
  IF (ABS(Q(I-NX+1)).GT.QA) QA=ABS(Q(I-NX+1))
14 CONTINUE

C
CALL FSEEK (1,NX)
WRITE BINARY (1) A
CALL FSEEK (2,NX)
WRITE BINARY (2) Q
IF (NY.GE.NTIN) GO TO 18
NX=NX+1
NY=NY+NY1
IF (NY.GT.NTIN) NY=NTIN
GO TO 7

C
18 DO 52 I=1,160
52 Q(I)=0.
DO 53 I=1,3000
53 A(I)=0.
WRITE BINARY (1) A
WRITE BINARY (2) Q

C
TYPE "QA =",QA
IF (QA.LE.PR.OR.NV.GE.NVX) GO TO 55

C
CALL TES27 (A,Q,NY1)
X TYPE "T"
C
NX=1
NY=NY1
19 CALL FSEEK (2,NX)
READ BINARY (2) Q

```

```

C
      DO 15 I=1,NTN
      I1=KIN(I,1)
      IF (I1.EQ.0.OR.I1.LT.NX.OR.I1.GT.NY) GO TO 16
      X(I)=X(I)+Q(I1-NX+1)
16   I2=KIN(I,2)
      IF (I2.EQ.0.OR.I2.LT.NX.OR.I2.GT.NY) GO TO 17
      Y(I)=Y(I)+Q(I2-NX+1)
17   I3=KIN(I,3)
      IF (I3.EQ.0.OR.I3.LT.NX.OR.I3.GT.NY) GO TO 15
      Z(I)=Z(I)+Q(I3-NX+1)
15  CONTINUE
      NX=NY+1
      NY=NY+NY1
      IF (NX.LE.NTIN) GO TO 19
      NV=NV+1
      GO TO 6
55  PR=QA
      RETURN
      END

```

6.2.2 Subprograma "TES27".

La funció d'aquest subprograma, anunciada ja dins l'anterior apartat, és la de resoldre un sistema d'equacions. El seu treball és completament idèntic al dut a terme pel subprograma TES37 (apartat 4.6.1).

Naturalment, l'única diferència entre aquests dos subprogrames la trobarem en el fet de que el subprograma TES27 actua en blocs i el TES37 actua d'una manera total sobre el sistema d'equacions. És a dir, el subprograma TES27, en primer lloc, agafa un tros de la Matriu Transformada, (de la fila $NX = 1$ a la fila $NY2 = NY1 - IAMB$) i el tros corresponent del conjunt d'esforços desequilibrats. Ambdós trossos, recordem-ho, es troben emmagatzemats als arxius OEFTEP1 i OEFTEP2.

D'aquell conjunt de files de la Matriu Transformada n'elimina les incògnites pertinents, d'acord amb el mètode explicat a l'apartat 4.6.1 .

A continuació, agafa un altre bloc de la Matriu Transformada (des de la fila $NX = NY2 - 1$ fins a la fila $2.NY2$) i el bloc corresponent del conjunt d'esforços desequilibrats, seguint amb l'eliminació de les incògnites que calguin.

D'aquesta manera s'aconseguirà d'arribar a la totalitat de la Matriu Transformada i a la totalitat, per tant, del conjunt d'esforços desequilibrats.

En aquest moment, es comença un camí invers, des del final de la Matriu Transformada cap al començament, anant trobant els valors de les incògnites que, ja ho hem dit, no són res més que els desplaçaments dels nusos de l'estructura.

Aquesta marxa enrera també es fa per blocs. Els desplaçaments que es van trobant van substituint els esforços desequilibrats dins l'arxiu. Així, al final del tot, a l'arxiu OEFTEP2 s'hi troben emmagatzemats tots els desplaçaments corresponents als nusos, és a dir, s'hi troba emmagatzemada la solució al sistema d'equacions, tasca que havia de realitzar precisament el subprograma TES27, que exposem a continuació.

```

C      "OESTES27.FR"
C
C      COMPILER DOUBLE PRECISION
C      SUBROUTINE TES27 (A,Q,NY1)
C      COMMON N,NTN,NTB,NTIN,IAMB
C      COMMON /T27/ NX
C      DIMENSION A(3000),Q(160)
C      IJ(I,J)=(I-NX)*(IAMB+1)+J
C
X      TYPE "OESTES27"
      IAMBT=IAMB
      NY2=NY1-IAMBT
      NY=NY2
      NX=1
      250 CALL FSEEK (1,NX)

```

```

READ BINARY (1) A
CALL FSEEK (2,NX)
READ BINARY (2) Q
C
X   TYPE "P"
DO 270 INC=NX,NY
AINV=1./A(IJ(INC,1))
FINC=Q(INC-NX+1)
Q(INC-NY+1)=AINV*FINC
IF(INC.EQ.NTIN) GO TO 230
A(IJ(INC,1))=AINV
IF(INC+IAMB.LE.NTIN) GO TO 260
IAMBT=IAMBT-1
260 DO 270 I=1,IAMBT
WS=A(IJ(INC,I+1))*AINV
II=INC+I
DO 280 J=I,IAMBT
JJ=J-I+1
A(IJ(II,JJ))=A(IJ(II,JJ))-WS*A(IJ(INC,J+1))
280 CONTINUE
Q(II-NX+1)=Q(II-NX+1)-WS*FINC
A(IJ(INC,I+1))=WS
270 CONTINUE
X   TYPE "P1"
C
CALL FSEEK (1,NX)
WRITE BINARY (1) A
CALL FSEEK (2,NX)
WRITE BINARY (2) Q
NX=NY+1
NY=NY+NY2
IF (NX.LE.NTIN) GO TO 250
C
C   SUBSTITUCIO FINAL
C
230 CONTINUE
X   TYPE "P2"
NTIN1=NTIN-1
DO 410 INCT=1,NTIN1
INC=NTIN-INCT
IF (INC.GE.NX) GO TO 231
CALL FSEEK (2,NX)
WRITE BINARY (2) Q
NX=NX-NY1
IF (NX.LT.1) NX=1
CALL FSEEK (1,NX)
READ BINARY (1) A
CALL FSEEK (2,NX)
READ BINARY (2) Q
231 DO 430 I=1,IAMB
II=INC+I
IF (II.GT.NTIN) GO TO 410
Q(INC-NX+1)=Q(INC-NX+1)-A(IJ(INC,I+1))*Q(II-NX+1)
430 CONTINUE
410 CONTINUE
CALL FSEEK (2,NX)
WRITE BINARY (2) Q
RETURN
END

```

6.2.3 Sortida de dades.

La sortida de resultats d'aquest programa TEP22 està basada en el programa TES16 (tal com ho fa el programa TEP32) que ha estat ja completament explicat a l'apartat 5.8 del capítol anterior. Així doncs, no hi farem cap altre comentari al respecte.

Naturalment, el programa TEP22, abans de plegar, tanca els arxius oberts per ell mateix OEFTEP1 i OEFTEP2 i els esborra.

Després constata, tal com també ho fa el TEP32, el nombre d'iteracions realitzades, l'esforç desequilibrat màxim i el temps emprat en la resolució del programa. Recordi's que també compta el temps invertit en la primera part de la resolució del problema, feta dins el programa TEP32.

Amb això donem per finalitzada l'explicació del programa "TEP22", que, com fàcilment pot desprendre's, no és més que una variant del programa TEP32, utilitzat quan la Matriu Transformada o el conjunt d'esforços desequilibrats (aquesta segona condició no passa gairebé mai) superen unes magnituds determinades per la memòria pròpia de l'ordinador en darrera instància.

Aquest apartat no recull cap exemple de la utilització del programa TEP22, ja que els resultats escrits són pràcticament iguals que en el cas del programa TEP32, amb l'única diferència de que en el programa TEP22 es constata el fet de que la memòria era insuficient i que per tant es recorre a l'ús dels arxius.

Vet aquí el programa "TEP22" :

```

C      "OEPTEP22.FR"
C
C      COMPILER DOUBLE PRECISION
      REAL K,L
      COMMON N,NTM,NTB,NTIN,IAMB,NPROB(40),PR,NV,NVX,
*         X(100),Y(100),Z(100),XI(100),YI(100),ZI(100),KIN(100,3),
*         PX(100),PY(100),PZ(100),NEX(200,2),L(200),K(200),
*         A(3000),Q(160)
C
      TYPE "OEPTEP22"
      IT1=N
      CALL TES25
      CALL TES16
      CALL CLOSE (1,IER)
      CALL CLOSE (2,IER)
      CALL DFILW ("OEFTEP1",IER)
      CALL DFILW ("OEFTEP2",IER)
      CALL FGTIM (I1,I2,I3)
      IT1=(I1-12)*3600+I2*60+I3-IT1
      WRITE (12,200) IT1,NV,PR
200  FORMAT (//I10' SEGONS'/I10' ITERACIONS'/F10.7' MAXIM ESF. DESEQ.'
      STOP OEPTEP22
      END

```

6.3 PROGRAMES SUCCEDANIS.

És ben evident, i així se'n fa ressó la introducció d'aquesta Tesi, que existeixen, en el món del càlcul d'estructures, molts programes encaminats a resoldre estructures formades per barres. Cal, doncs, veure de quina forma incideix aquesta Tesi, i en particular el programa TEP32 (ajudat pel TEP22), en aquest món de la tecnologia.

És per això que hem buscat un dels programes existents, dedicat al càlcul d'estructures de barres, amb més solvència; almenys dins la varietat de programes usats en el nostre país. Aquest programa és l'STRESS.

L'STRESS és un programa nord-americà (M.I.T.) destinat a resoldre qualsevol estructura de barres. Naturalment nosaltres només ens fixarem en ell en aquelles facetes que siguin equiparables als programes que desenvolupa aquesta Tesi. Així, de l'STRESS només ens interessa el fet de calcular "Estructures de barres de secció constant, d'un sol material cada barra, de nusos totalment articulats, tant d'una barra amb l'altra, com del nus amb el seu suport exterior."

Aquestes comparacions que es faran, serviran per a corroborar el correcte funcionament dels programes TEP32-TEP22, així com per a mostrar els avantatges que aquests tenen sobre l'STRESS quant a estructures amb grans deformacions.

Donem per sentat que el lector que hagi arribat a aquest punt de la Tesi, tindrà un coneixement suficient sobre el programa STRESS que li permetrà de poder entendre el que segueix.

6.4 ESTRUCTURES NO DEFORMABLES (STRESS-TEP32)

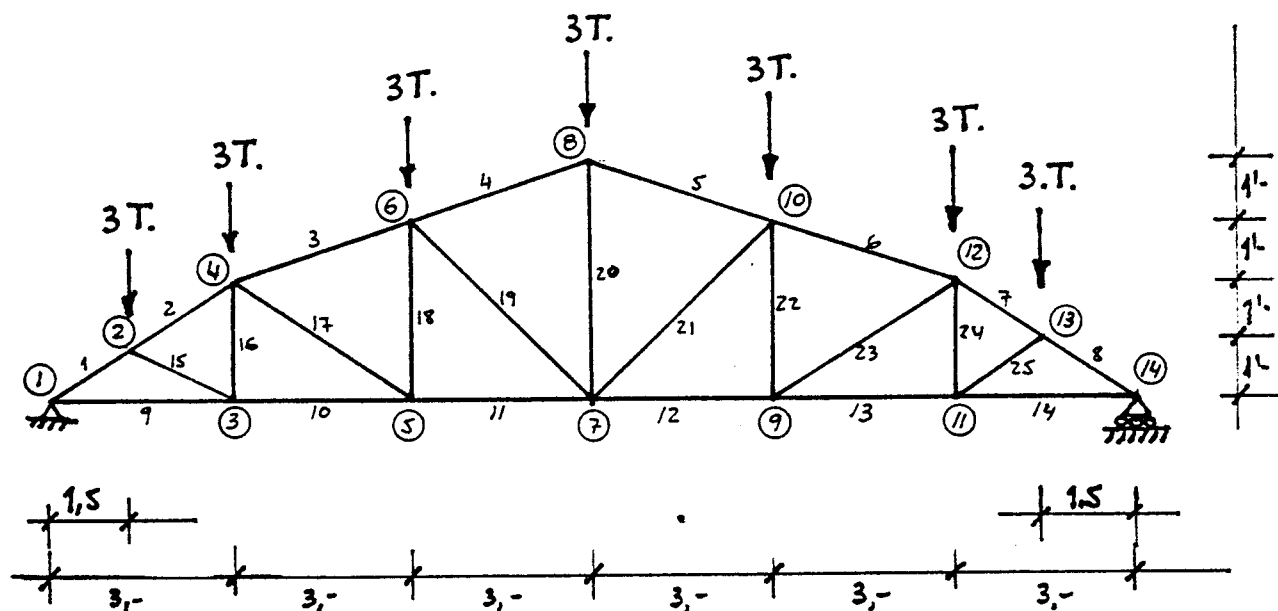
Encara que el motiu d'aquesta Tesi, i així consta en el seu propi títol, sigui l'estudi d'estructures molt deformables, és evident que sempre podrem resoldre amb aquesta Tesi, amb molta més raó, estructures no deformables.

Entenem per estructures no deformables aquelles que, degut als desplaçaments tan petits que experimenten en estar sotmesos a un estat de càrregues, conserven pràcticament la mateixa forma abans i des-

prés de l'estat d'equilibri. Són, doncs, la totalitat de les estructures tradicionals d'acer, formigó, etc., utilitzades en la construcció i arquitectura.

En aquests casos, atès que el programa TEP32 cerca l'estat d'equilibri en la forma final, i l'STRESS el cerca en la forma inicial, i ambdues formes coincideixen, els resultats hauran de ser, per tant, els mateixos. Anem-ho a comprovar.

Prendrem com a exemple a estudiar la següent encavallada metàl·lica:



Amb el gràfic anterior queda aclarit tot el que es refereix a la geometria de l'estructura i de l'estat de càrregues. Cal només donar les següents dades:

Material: Acer Mòdul d'elasticitat
 2100. T / cm²
 21000000. T / m²

Barres: Secció constant

Cordó superior i inferior = 20 cm²

Diagonals = 5 cm²

Amb totes aquestes dades podem calcular l'estructura amb els dos programes: STRESS i TEP32. En primer lloc ho fem amb l'STRESS. Vet aquí els resultats:

COL.LEGI OFICIAL D'ARQUITECTES DE CATALUNYA: O.C.E.
 6- 8-1980

ESTRUCTURA ENCAVALLADA METAL.LICA (AGOST 1980)

TIPUS PLANA ARTICULADA

NOMBRE DE NUSOS 14

NOMBRE DE BARRES 25

NOMBRE D' HIPOTESIS 1

NOMBRE DE SUPORTS 2

NUSOS COORDENADES

1 0. 0. S

2 1.5 1.

3 3. 0.

4 3. 2.

5 6. 0.

6 6. 3.

7 9. 0.

8 9. 4.

9 12. 0.

10 12. 3.

11 15. 0.

12 15. 2.

13 16.5 1.

14 18. 0. S

NUSOS LLIBERTATS

14 FORCES X

BARRES NUSOS-EXTREMS

1 1 2

2 2 4

3 4 6

4 6 8

5 8 10

6 10 12

7 12 13

8 13 14
 9 1 3
 10 3 5
 11 5 7
 12 7 9
 13 9 11
 14 11 14
 15 2 3
 16 3 4
 17 4 5
 18 5 6
 19 6 7
 20 7 8
 21 7 10
 22 9 10
 23 9 12
 24 11 12
 25 11 13

BARRES PROPIETATS PRISMATIQUES

1 FINS 14 AX 0.002

15 FINS 25 AX 0.0005

CONSTANTS E 21000000. TOTES

TABIULATE ALL

HIPOTESI 1 CARREGUES ALS NUSOS

NUSOS CARREGATS

2 FORCES Y 3.

4 FORCES Y 3.

6 FORCES Y 3.

8 FORCES Y 3.

10 FORCES Y 3.

~~12 FORCES Y 3.~~

13 FORCES Y 3.

EXECUCIO

ESTRUCTURA ENCAVALLADA METAL.LICA (AGOST 1980)

=====

HIPOTESI 1 CARREGUES ALS NUSOS

=====

REACCIONS A LES BARRES

BARRA	NUS	AXIAL
1	1	-18.929
1	2	18.929
2	2	-16.225
2	4	16.225

COMENTARIS AL PROGRAMA "TEP32"

VI

19

3	4	-14.230
3	6	14.230
4	6	-11.858
4	8	11.858
5	8	-11.859
5	10	11.859
6	10	-14.230
6	12	14.230
7	12	-16.225
7	13	16.225
8	13	-18.929
8	14	18.929
9	1	15.750
9	3	-15.750
10	3	13.500
10	5	-13.500
11	5	13.500
11	7	-13.500
12	7	13.500
12	9	-13.500
13	9	13.500
13	11	-13.500
14	11	15.750
14	14	-15.750
15	2	-2.704
15	3	2.704
16	3	1.500
16	4	-1.500
17	4	0.000
17	5	0.000
18	5	0.000
18	6	0.000
19	6	-3.182
19	7	3.182
20	7	4.500
20	8	-4.500
21	7	-3.182
21	10	3.182
22	9	-0.000
22	10	0.000
23	9	0.000
23	12	-0.000
24	11	1.500
24	12	-1.500
25	11	-2.704
25	13	2.704

CARREGUES APLICADES ALS NUSOS LLIURES.

NUS	FOR. X	FOR. Y
2	0.000	3.000
3	0.000	-0.000
4	0.000	3.000
5	-0.000	0.000
6	-0.000	3.000
7	-0.000	0.000
8	-0.000	3.000
9	-0.000	-0.000
10	0.000	3.000
11	0.000	0.000
12	0.000	3.000
13	-0.000	3.000

REACCIONS: CARREGUES APLICADES ALS SUPORTS

NUS	FOR. X	FOR. Y
1	0.000	-10.500
14	-0.000	-10.500

DEFORMACIONS DELS NUSOS LLIURES

NUS	DESPL. X	DESPL. Y
2	-0.0036	0.0069
3	-0.0011	0.0098
4	-0.0045	0.0095
5	-0.0021	0.0132
6	-0.0046	0.0132
7	-0.0031	0.0130
8	-0.0031	0.0113
9	-0.0040	0.0132
10	-0.0015	0.0132
11	-0.0050	0.0098
12	-0.0016	0.0095
13	-0.0025	0.0069

DEFORMACIONS DELS SUPORTS

NUS	DESPL. X	DESPL. Y
1	0.0000	0.0000
14	-0.0061	0.0000

Fins aquí la sortida corresponent al programa STRESS. Cal senyalar que les dimensions que s'han tingut en compte per a la resolució del problema han estat metres, metres quadrats i Tones.

A continuació ve la sortida del programa TEP32 calculant la mateixa estructura. Vet-la aquí:

DADES D'ENTRADA: ENCAVALLADA METAL.LICA (ABRIL.80)

NUSOS	BARRES	ELASTICITAT	PRECISIO	NO.ITER.
14	25	2100.00	0.001000	10
		(T/CM2)	(TONES)	MAXIM

COORDENADES
(METRES)

NUS	TIPUS	X	Y	Z
1	1	0.000	0.000	0.000
2	0	1.500	1.000	0.000
3	0	3.000	0.000	0.000
4	0	3.000	2.000	0.000
5	0	6.000	0.000	0.000
6	0	6.000	3.000	0.000
7	0	9.000	0.000	0.000
8	0	9.000	4.000	0.000
9	0	12.000	0.000	0.000
10	0	12.000	3.000	0.000
11	0	15.000	0.000	0.000
12	0	15.000	2.000	0.000
13	0	16.500	1.000	0.000
14	2	18.000	0.000	0.000

COMENTARIS AL PROGRAMA "TEP32"

VI

22

BARRA DEL AL			SECCIO (CM2)	LONGITUD (METRES)
1	1	2	20.0	1.803
2	2	4	20.0	1.803
3	4	6	20.0	3.162
4	6	8	20.0	3.162
5	8	10	20.0	3.162
6	10	12	20.0	3.162
7	12	13	20.0	1.803
8	13	14	20.0	1.803
9	1	3	20.0	3.000
10	3	5	20.0	3.000
11	5	7	20.0	3.000
12	7	9	20.0	3.000
13	9	11	20.0	3.000
14	11	14	20.0	3.000
15	2	3	5.0	1.803
16	3	4	5.0	2.000
17	4	5	5.0	3.606
18	5	6	5.0	3.000
19	6	7	5.0	4.243
20	7	8	5.0	4.000
21	7	10	5.0	4.243
22	10	9	5.0	3.000
23	9	12	5.0	3.606
24	12	11	5.0	2.000
25	11	13	5.0	1.803

NUS	CARREGUES (TONES)			DEFORMACIONS (METRES)		
	PX	PY	PZ	DX	DY	DZ
2	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ESTRUCTURA PLANA
 NOMBRE TOTAL D'INCOGNITES = 25
 AMPLE DE BANDA = 7

RESULTATS FINALS ERICAVALLADA METAL.LICA (ANRIL.80) *****

COORDENADES (METRES)			DEFORMACIONS (METRES)			REACCIONS (TONES)			
NUS	X	Y	Z	X	Y	MUS	X	Y	Z
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1	-0.000	-10.500	0.000
2	1.496	1.007	0.000	0.004	0.006	2	0.000	0.000	0.000
3	2.999	0.009	0.000	-0.001	0.009	3	0.000	0.000	0.000
4	2.995	2.010	0.000	-0.005	0.009	4	0.000	-0.000	0.000
5	5.998	0.013	0.000	-0.002	0.013	5	0.000	-0.000	0.000
6	5.995	3.013	0.000	-0.003	0.013	6	-0.000	0.000	0.000
7	8.997	0.015	0.000	-0.003	0.011	7	-0.000	-0.000	0.000
8	8.997	4.011	0.000	-0.004	0.013	8	0.000	0.000	0.000
9	11.996	0.015	0.000	-0.001	0.013	9	-0.000	0.000	0.000
10	11.999	3.013	0.000	-0.001	0.009	10	-0.000	0.000	0.000
11	14.995	0.009	0.000	-0.005	0.009	11	-0.000	-0.000	0.000
12	14.998	2.010	0.000	-0.002	0.009	12	-0.000	-0.000	0.000
13	16.997	1.007	0.000	-0.003	0.006	13	0.000	0.000	0.000
14	17.994	0.000	0.000	-0.006	0.000	14	0.000	-10.500	0.000

BARRA	TENSIO (TONES)	L.FINAL (METRES)	BARRA	TENSIO (TONES)	L.FINAL (METRES)
1	18.900	1.804	15	2.645	1.803
2	16.213	1.803	16	-1.499	2.000
3	14.220	3.163	17	-0.006	3.606
4	11.849	3.163	18	-0.013	3.000
5	11.849	3.163	19	3.168	4.204
6	14.220	3.163	20	-4.478	3.998
7	16.213	1.803	21	3.168	4.204
8	18.900	1.804			
9	-15.681	2.999			
10	-13.479	2.999			
11	-13.485	2.999			
12	-13.485	2.999			
13	-13.479	2.999			
14	-15.681	2.999			
22	-0.013	3.000			
23	-0.006	3.606			
24	-1.499	2.000			
25	2.645	1.803			

24 SEGONS
2 ITERACIONS
0.0000106 MAXIM FSE. DESEQ.

Si fem una comparació exhaustiva entre els resultats obtinguts a través dels dos programes, veurem que tant els desplaçaments dels nusos com les tensions a les quals queden sotmeses les barres són pràcticament iguals en ambdós casos. És a dir, en estructures no deformables els programes STRESS i TEP32 són equivalents.

6.5 ESTRUCTURES MOLT DEFORMABLES.(STRESS-TEP32)

En aquest tipus d'estructures, és obvi que si l'STRESS munta l'Estat d'Equilibri de l'estructura a partir de la forma inicial, i aquesta forma inicial no coincideix, ni de bon tros, amb la forma final que adquirirà aquesta estructura a través de les deformacions, l'Estat d'Equilibri trobat no serà tal, i per tant, els resultats no seran correctes.

Això que acabem de dir queda perfectament demostrat comparant els resultats obtinguts al calcular la mateixa estructura anterior, però en aquest cas suposada d'un material cent vegades més deformable, a través dels dos programes: STRESS i TEP32.

És molt interessant de fixar-se que les tensions de les barres obtingudes a través del programa STRESS no han variat respecte de la solució anterior, a pesar de canviar la deformabilitat del material que les forma. Això és degut al fet de que l'Estat d'Equilibri està en funció de la forma inicial que no ha estat variada i de l'estat de càrregues que tampoc s'ha variat. Tanmateix els desplaçaments dels nusos sí que han variat, i a més ho han fet de tal manera que podem establir una

proporcionalitat inversa entre la disminució del mòdul d'elasticitat del material que forma les barres i l'augment de les deformacions.

Per contra, els resultats obtinguts a través del programa TEP32 són completament diferents en un cas o l'altre, ja que en aquest programa sí que es munta l'Estat d'Equilibri a partir de la forma final i aquesta, està ben clar, ha variat bastant.

Vet aquí la sortida d'ordinador, en primer lloc, a través del programa STRESS:

COL.LEGI OFICIAL D'ARQUITECTES DE CATALUNYA: O.C.E.
6- 8-1980

ESTRUCTURA ENCAVALLADA METAL.LICA (AGOST 1980)

TIPUS PLANA ARTICULADA

NOMBRE DE NUSOS 14

NOMBRE DE BARRES 25

NOMBRE D' HIPOTESIS 1

NOMBRE DE SUPORTS 2

NUSOS COORDENADES

1 0. 0. S

2 1.5 1.

3 3. 0.

4 3. 2.

5 6. 0.

6 6. 3.

7 9. 0.

8 9. 4.

9 12. 0.

10 12. 3.

11 15. 0.

12 15. 2.

13 16.5 1.

14 18. 0. S

NUSOS LLIBERTATS

14 FORCES X

BARRES NUSOS-EXTREMS

1 1 2

2 2 4

3 4 6

4 6 8

5 8 10

6 10 12

7 12 13
 8 13 14
 9 1 3
 10 3 5
 11 5 7
 12 7 9
 13 9 11
 14 11 14
 15 2 3
 16 3 4
 17 4 5
 18 5 6
 19 6 7
 20 7 8
 21 7 10
 22 9 10
 23 9 12
 24 11 12
 25 11 13

BARRES PROPIETATS PRISMATIQUES

1 FINS 14 AX 0.002
 15 FINS 25 AX 0.0005

CONSTANTS E 210000. TOTES

TABULATE ALL

HIPOTESI 1 CARREGUES ALS NUSOS

NUSOS CARREGATS

2 FORCES Y 3.
 4 FORCES Y 3.
 6 FORCES Y 3.
 8 FORCES Y 3.
 10 FORCES Y 3.
 12 FORCES Y 3.
 13 FORCES Y 3.
 EXECUCIO

ESTRUCTURA ENCAVALLADA METAL.LICA (AGOST 1980)

=====

HIPOTESI 1 CARREGUES ALS NUSOS

=====

REACCIONS A LES BARRES

BARRA	NUS	AXIAL
1	1	-18.929
1	2	13.929
2	2	-16.225
2	4	16.225

COMENTARIS AL PROGRAMA "TEP32"

VI

27

3	4	-14.230
3	6	14.230
4	6	-11.858
4	8	11.858
5	8	-11.858
5	10	11.858
6	10	-14.230
6	12	14.230
7	12	-16.225
7	13	16.225
8	13	-18.929
8	14	18.929
9	1	15.750
9	3	-15.750
10	3	13.500
10	5	-13.500
11	5	13.500
11	7	-13.500
12	7	13.500
12	9	-13.500
13	9	13.500
13	11	-13.500
14	11	15.750
14	14	-15.750
15	2	-2.704
15	3	2.704
16	3	1.500
16	4	-1.500
17	4	-0.000
17	5	0.000
18	5	0.000
18	6	0.000
19	6	-3.182
19	7	3.182
20	7	4.500
20	8	-4.500
21	7	-3.182
21	10	3.182
22	9	0.000
22	10	0.000
23	9	-0.000
23	12	0.000
24	11	1.500
24	12	-1.500
25	11	-2.704
25	13	2.704

CARREGUES APLICADES ALS NUSOS LLIURES.

NUS	FOR. X	FOR. Y
2	0.000	3.000
3	-0.000	-0.000
4	-0.000	3.000
5	-0.000	-0.000
6	0.000	3.000
7	-0.000	-0.000
8	0.000	3.000
9	-0.000	-0.000
10	-0.000	3.000
11	-0.000	0.000
12	0.000	3.000
13	0.000	3.000

REACCIONS: CARREGUES APLICADES ALS SUPORTS

NUS	FOR. X	FOR. Y
1	-0.000	-10.500
14	-0.000	-10.500

DEFORMACIONS DELS NUSOS LLIURES

NUS	DESPL. X	DESPL. Y
2	-0.3627	0.6906
3	-0.1125	0.9823
4	-0.4544	0.9537
5	-0.2089	1.3219
6	-0.4643	1.3219
7	-0.3054	1.2990
8	-0.3054	1.1276
9	-0.4018	1.3219
10	-0.1465	1.3219
11	-0.4982	0.9822
12	-0.1563	0.9537
13	-0.2480	0.6906

DEFORMACIONS DELS SUPORTS

NUS	DESPL. X	DESPL. Y
1	0.0000	0.0000
14	-0.6107	0.0000

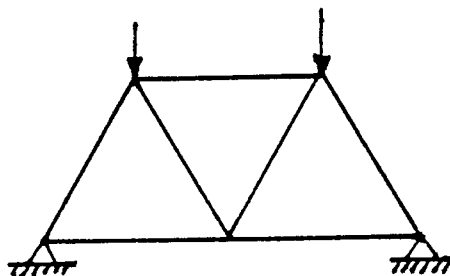
A les dues pàgines anteriors hem pogut veure les dades de sortida del càlcul de l'estructura a través del programa TEP32.

Dels resultats obtinguts a través dels dos programes podem concloure que el programa STRESS no és apte per a resoldre estructures amb grans deformacions, tant menys apte quant més grans siguin les deformacions, és a dir, quant més diferents siguin la forma inicial de la forma final. A més a més, podem dir també que amb el programa STRESS les deformacions són sempre proporcionals al mòdul de deformació del material, i per tant, si aquest canvia, els resultats es podrien obtenir a partir dels anteriors, sense tenir que passar altra vegada el programa.

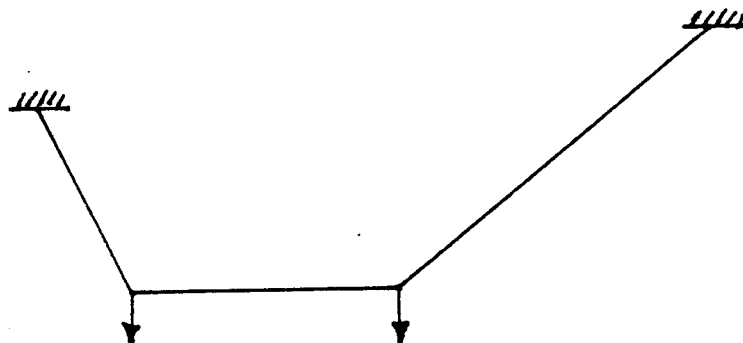
6.6 ESTRUCTURES NO TRIANGULADES. (STRESS-TEP32)

És aquesta una gamma d'estructures que tindrà una utilització molt important dins aquesta Tesi. Es tracta d'estructures tals que algun o tots dels seus nusos no es troben triangulats al pla (estructures planes) o a l'espai (estructures espacials).

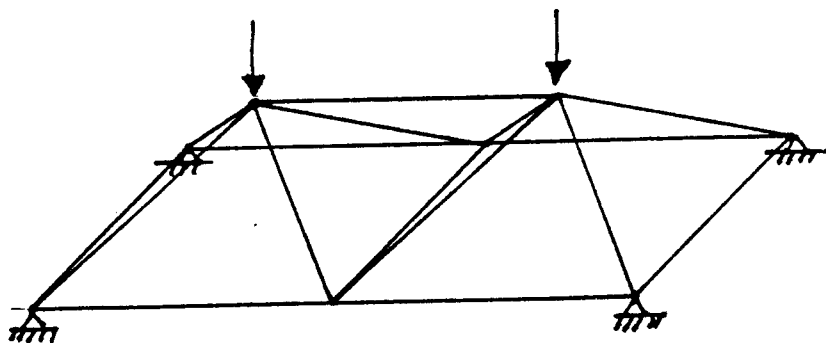
Vet aquí uns exemples que clarifiquen aquests conceptes:



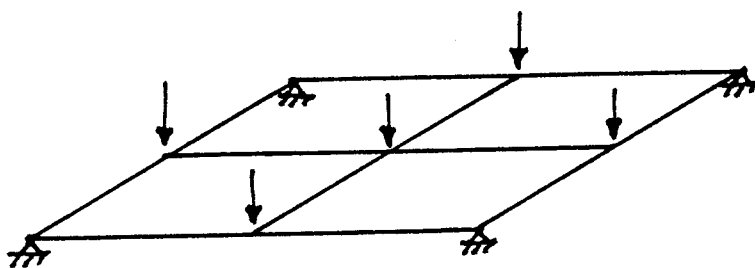
Estructura plana triangulada.



Estructura plana
no triangulada.



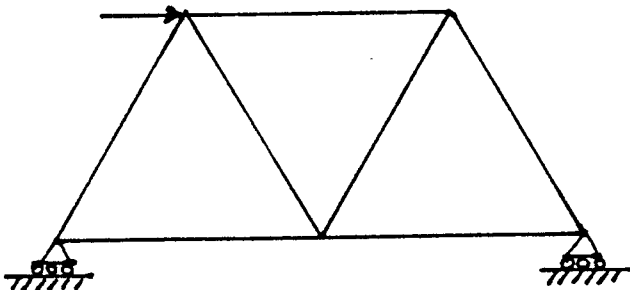
Estructura
espacial
triangulada.



Estructura
espacial no
triangulada.

Aquest tipus d'estructures no triangulades tenen la particularitat de que el determinant de la seva Matriu de Rigidesa, calculada d'acord amb el mètode de resolució propi de l'STRESS, és nul, i per tant el sistema d'equacions format és irresoluble.

En canvi, el programa TEP32, al no utilitzar ni inversió de la Matriu de Rigidesa ni valors de determinants, no es troba amb aquesta dificultat. La resolució és sempre possible, mentre l'estructura sigui estable a l'espai. És a dir:



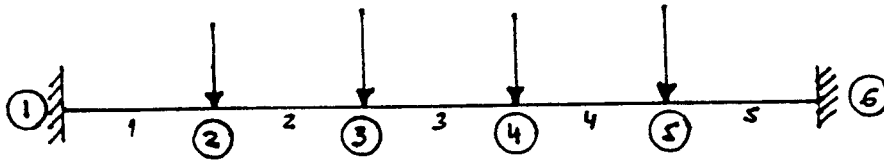
Aquest seria un tipus d'estructura sense solució tant pel programa STRESS com pel programa TEP32, ja que aplicant-li la força que està grafiada el sistema quedaria en moviment continu i sense Estat d'Equilibri.

Tanmateix, una estructura del tipus:



no és calculable a través de l'STRESS i sí mitjançant el programa TEP32. Vegem-ho. Suposem la següent estructura:

Mòdul hiperelàstic del material:	1 T / cm ²
Secció de totes les barres:	1 cm ²
Totes les forces són iguals:	1 T.



En primer lloc vegem l'intent fallat de resoldre aquesta estructura mitjançant el programa STRESS:

COL.LEGT OFICIAL D'ARQUITECTES DE CATALUNYA: O.C.E.
14- 8-1980

```

ESTRUCTURA GOMA ELASTICA LINEAL (AGOST-80)
TIPUS PLANA ARTICULADA
NOMBRE DE NUSOS 6
NOMBRE DE BARRES 5
NOMBRE D' HIPOTESIS 1
NOMBRE DE SUPORTS 2
NUSOS: COORDENADES
1 1. 0. S
2 2. 0.
3 3. 0.
4 4. 0.
5 5. 0.
6 6. 0. S
BARRES: NUSOS-EXTREMS
1 1 2
2 2 3
3 3 4
4 4 5
5 5 6
CONSTANTS E 1. TOTES
TABULATE ALL
HIPOTESI 1
NUSOS CARREGATS
2 FORCES Y 1.
3 FORCES Y 1.
4 FORCES Y 1.
5 FORCES Y 1.
EXECUCIO

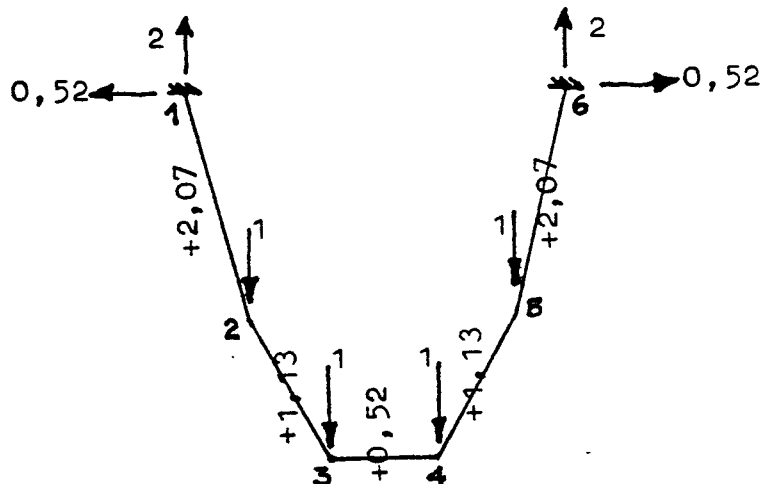
```

```

STFES
SPHIA
ESTRUCTURA GOMA ELÀSTICA LINEAL (AGOST-80)
SPHIE
EPFOR 33
EFPORS DE CONSISTENCIA. NO HI HA EXECUCIÓ.
STFES
PFOBLEMA FALLAT, MIPEU EL LLISTAT PELS ERRORES
ISOLV= 1
STOP STFES
R

```

A continuació de la següent figura, que no és res més que el resultat final, és a dir, l'estat d'equilibri de l'estructura que estem calculant, s'adjunta la sortida d'ordinador del programa TEP32.



Sobre aquesta capacitat de resolució d'estructures no triangulades, i en particular les estructures que anomenarem "malles", es basa gran part dels capítols que segueixen.

10-FEB-81

DADES D'ENTRADA: ESTRUCTURA GOMA ELASTICA LINEAL (AGOST-80)

BARRES HIPERELASTIQUES

NUSOS BARRES NO. ITER. ELASTICITAT PRECISIO DEF. MAX. PES-BARRA PES-SUPER. PRESSIO VENT-X VENT-Y NEU DILATACIO
 6 5 20 1.00 0.000100 10.000 0.000 0.00 (KG/M2) (KG/M2) (KM/H) (KM/H) (KG/M2) (KG/M2) (%)
 MAXIM (T/CM2) (TONES) (METRES) (KG/M) (KG/M2)

COORDENADES INICIALS (METRES)

NUS	TIPUS	X	Y	Z	NUS	TIPUS	X	Y	Z
1	1	1.000	0.000	0.000	4	0	4.000	0.000	0.000
2	0	2.000	0.000	0.000	5	0	5.000	0.000	0.000
3	0	3.000	0.000	0.000	6	1	6.000	0.000	0.000

COORDENADES INICIALS (METRES)

BARRA DEL AL	SECCIO (CM2)	LONGITUD (METRES)	BARRA DEL AL	SECCIO (CM2)	LONGITUD (METRES)	BARRA DEL AL	SECCIO (CM2)	LONGITUD (METRES)
1	1	1.0	3	3	4	1	1.0	1.000
2	2	1.0	4	4	5	1	1.0	1.000

DEFORMACIONS IMPOSADES ALS NUSOS (METRES)

NUS	PX	PY	PZ	NUB	DX	DY	DZ
2- 5	0.000	-1.000	0.000	2- 5	0.000	0.000	0.000

CARREGUES ALS NUSOS (TONES)

ESTRUCTURA PLANA
 NOMBRE TOTAL D'INCOGNITES = 8
 AMPLI DE BANDA = 3

RESULTATS FINALS: ESTRUCTURA GOMA ELASTICA LINEAL (AGOST-80)

COORDENADES (METRES)			DEFORMACIONS (METRES)			REACCIONS (TONES)					
NUS	X	Y	Z	NUS	X	Y	Z	NUS	X	Y	Z
1	1.000	0.000	0.000	1	0.000	0.000	0.000	1	-0.516	2.000	0.000
2	1.766	-2.968	0.000	2	-0.234	-2.968	0.000	2	0.000	0.000	0.000
3	2.742	-4.857	0.000	3	-0.258	-4.857	0.000	3	0.000	0.000	0.000
4	4.258	-4.857	0.000	4	0.258	-4.857	0.000	4	0.000	0.000	0.000
5	5.234	-2.968	0.000	5	0.234	-2.968	0.000	5	0.000	0.000	0.000
6	6.000	0.000	0.000	6	0.000	0.000	0.000	6	0.516	2.000	0.000

BARRA	TENSIO (TONES)	L. FINAL (METRES)	BARRA	TENSIO (TONES)	L. FINAL (METRES)	BARRA	TENSIO (TONES)	L. FINAL (METRES)
1	2.066	3.066	3	0.516	1.516	5	2.066	3.066
2	1.125	2.125	4	1.125	2.125			

2.168 SEGONS
 4 ITERACIONS
 0.0000000 MAXIM ESF. DES.