

Asse neutro = asse 1

Il taglio $T=1$ e' diretto secondo l'asse 2, e la coppia $1T$ e' anti oraria.

$\tau(1,1) = 0$
 $\tau(1,m) = -6.34538643418E-2$
 $\tau(1,2) = -.126907728684$
 $\tau(2,1) = 0$
 $\tau(2,m) = -6.34538643418E-2$
 $\tau(2,2) = -.126907728684$
 $\tau(3,1) = 0$
 $\tau(3,m) = 6.34538643418E-2$
 $\tau(3,2) = .126907728684$
 $\tau(4,1) = 0$
 $\tau(4,m) = 6.34538643418E-2$
 $\tau(4,2) = .126907728684$
 $\tau(5,1) = -.507630914735$
 $\tau(5,m) = -.57901651212$
 $\tau(5,2) = -.507630914735$

Asse neutro = asse 2.

Il taglio $T=1$ e' diretto secondo l'asse 1, e la coppia $2T$ e' anti oraria

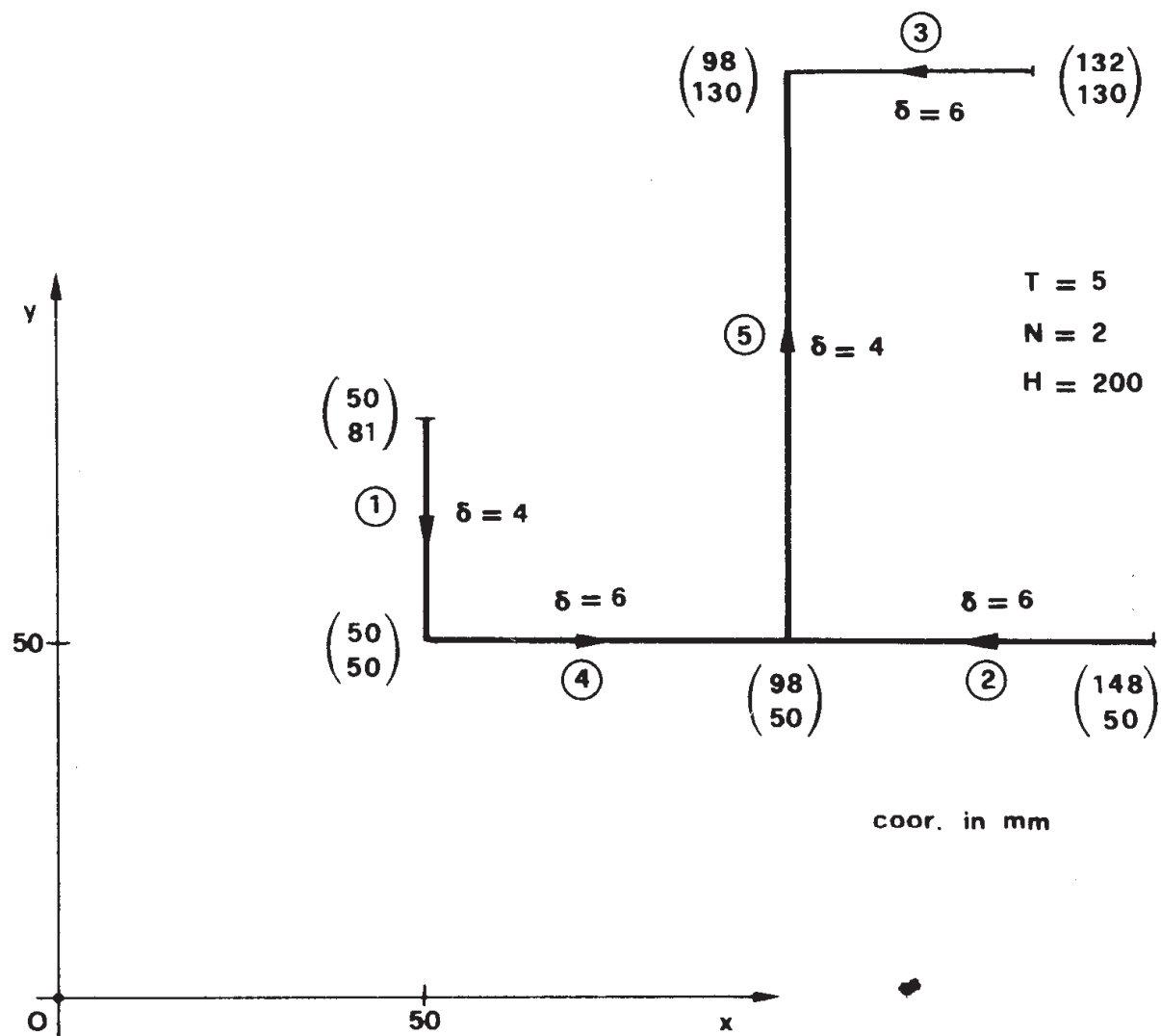
$\tau(1,1) = 0$
 $\tau(1,m) = -.1757503564$
 $\tau(1,2) = -.234333808533$
 $\tau(2,1) = 0$
 $\tau(2,m) = .1757503564$
 $\tau(2,2) = .234333808533$
 $\tau(3,1) = 0$
 $\tau(3,m) = -.1757503564$
 $\tau(3,2) = -.234333808533$
 $\tau(4,1) = 0$
 $\tau(4,m) = .1757503564$
 $\tau(4,2) = .234333808533$
 $\tau(5,1) = 0$
 $\tau(5,m) = 0$
 $\tau(5,2) = 0$

Figura 24b

Esempio n. 2.

La sezione appare nella fig. 25.
Le prime 5 colonne di A sono

$$A' = \begin{vmatrix} 50 & 81 & 50 & 50 & 4 \\ 148 & 50 & 98 & 50 & 6 \\ 132 & 130 & 98 & 130 & 6 \\ 50 & 50 & 98 & 50 & 6 \\ 98 & 50 & 98 & 130 & 4 \end{vmatrix} ;$$

*Figura 25*

E' poi

Area
= 1236

Distanza del baricentro da x
= 75.1148867314

Distanza del baricentro da y
= -96.4660194175

Inclinazione dell'asse 1
= -24.0563464939

Momento d'inerzia dell'asse 1
= 1354672.18504

Raggio sull'asse 1
= 24.2900334123

Inclinazione dell'asse 2
= 65.9436535061

Momento d'inerzia dell'asse 2
= 729247.073838

Raggio sull'asse 2
= 33.1060884837

Ascissa x del centro di taglio =
86.0516570396

Ordinata y del centro di taglio
= 49.5746501884

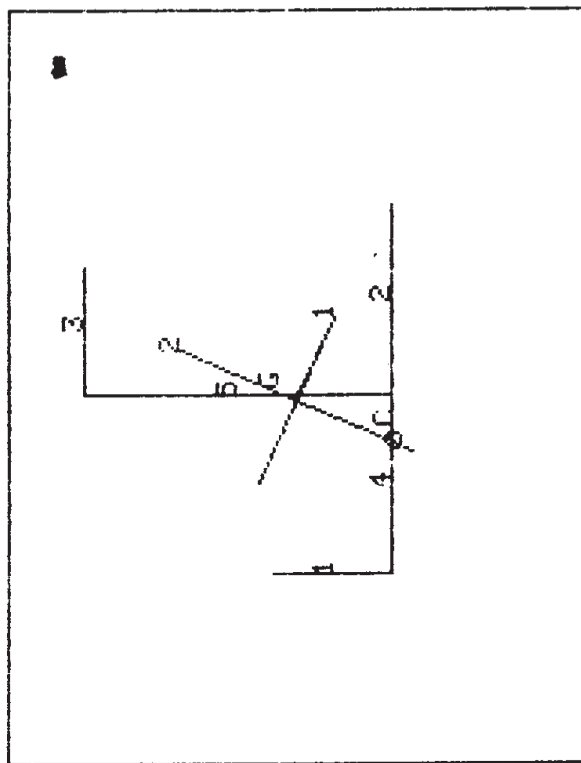


Figura 26a

Asse neutro = asse 1.

Il taedio T=1 e' diretto secondo l'asse 2, e la coppia 1T e' anti oraria.

```

Tau( 1 ,1) = 0
Tau( 1 ,m) = 2.36207151447E-4
Tau( 1 ,2) = 6.3435982229E-4

Tau( 2 ,1) = 0
Tau( 2 ,m) = 1.29587119438E-4
Tau( 2 ,2) = 4.47243195902E-4

Tau( 3 ,1) = 0
Tau( 3 ,m) = -7.67231394095E-4
Tau( 3 ,2) = -1.44749970245E-3

Tau( 4 ,1) = 4.22906548193E-4
Tau( 4 ,m) = 1.07811600717E-3
Tau( 4 ,2) = 1.56000111535E-3

Tau( 5 ,1) = 3.01086646688E-3
Tau( 5 ,m) = 3.13031468258E-3
Tau( 5 ,2) = 2.17124955368E-3

```

Asse neutro = asse 2.

Il taedio T=1 e' diretto secondo l'asse 1, e la coppia 2T e' anti oraria.

```

Tau( 1 ,1) = 0
Tau( 1 ,m) = -8.85687928693E-4
Tau( 1 ,2) = -1.63708080479E-3

Tau( 2 ,1) = 0
Tau( 2 ,m) = 1.57290271668E-3
Tau( 2 ,2) = 2.36319600395E-3

Tau( 3 ,1) = 0
Tau( 3 ,m) = 5.39167204923E-5
Tau( 3 ,2) = -2.5404515918E-4

Tau( 4 ,1) = -1.09138720319E-3
Tau( 4 ,m) = -1.79023744875E-3
Tau( 4 ,2) = -1.76783484417E-3

Tau( 5 ,1) = 8.93041739671E-4
Tau( 5 ,m) = 1.08423909748E-3
Tau( 5 ,2) = 3.81067738713E-4

```

Figura 26b

```

2600 DATA 5,2
2610 DATA 50,81,50,50,4
2620 DATA 148,50,98,50,6
2630 DATA 132,130,98,130,6
2640 DATA 50,50,98,50,6
2650 DATA 98,50,98,130,4

```

```

X1      407456717024
Y1      911543425865
X2     -912403730544
Y2      406306718381
SQR(X1^2+Y1^2)
 998465018659
SQR(X2^2+Y2^2)
 998782116837
ATN(Y1/X1)
 65.9155240393
ATN(Y2/X2)
-24.0041089001

```

Figura 26c

$$B = \begin{vmatrix} 4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 4 & 2 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

I risultati del programma sono quelli della fig. 26.

La sezione è quella già studiata nel prob. 8 del cap. 8; da questo si ottiene, adottando il riferimento della fig. 25,

$$x_C = 50 + 46,43 - 10,65 = 85,78$$

$$y_C = 50 + 25,23 - 25,61 = 49,74$$

con errori rispettivamente dello 0,25 % e dello 0,45 %.

Nella fig. 26c sono anche contenute alcune verifiche di equilibrio. Tratte $X1$ ed $Y1$, e cioè le componenti secondo x ed y della risultante delle τdA , si è verificato l'errore sulle due condizioni

$$X1^2 + Y1^2 = 1$$

$$\arctg \frac{Y1}{X1} = (x \eta) ;$$

altrettanto per $X2$ ed $Y2$.

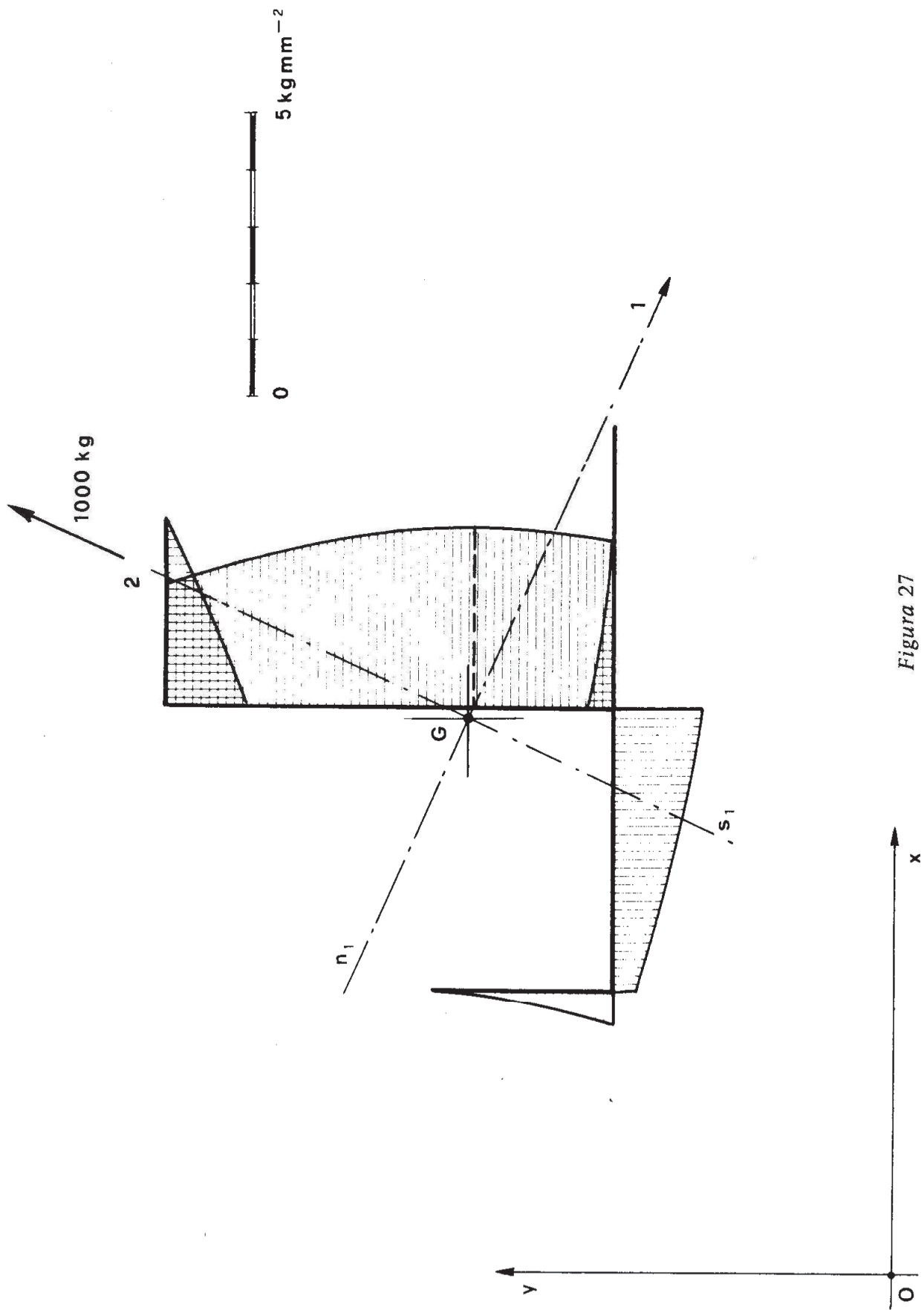


Figura 27

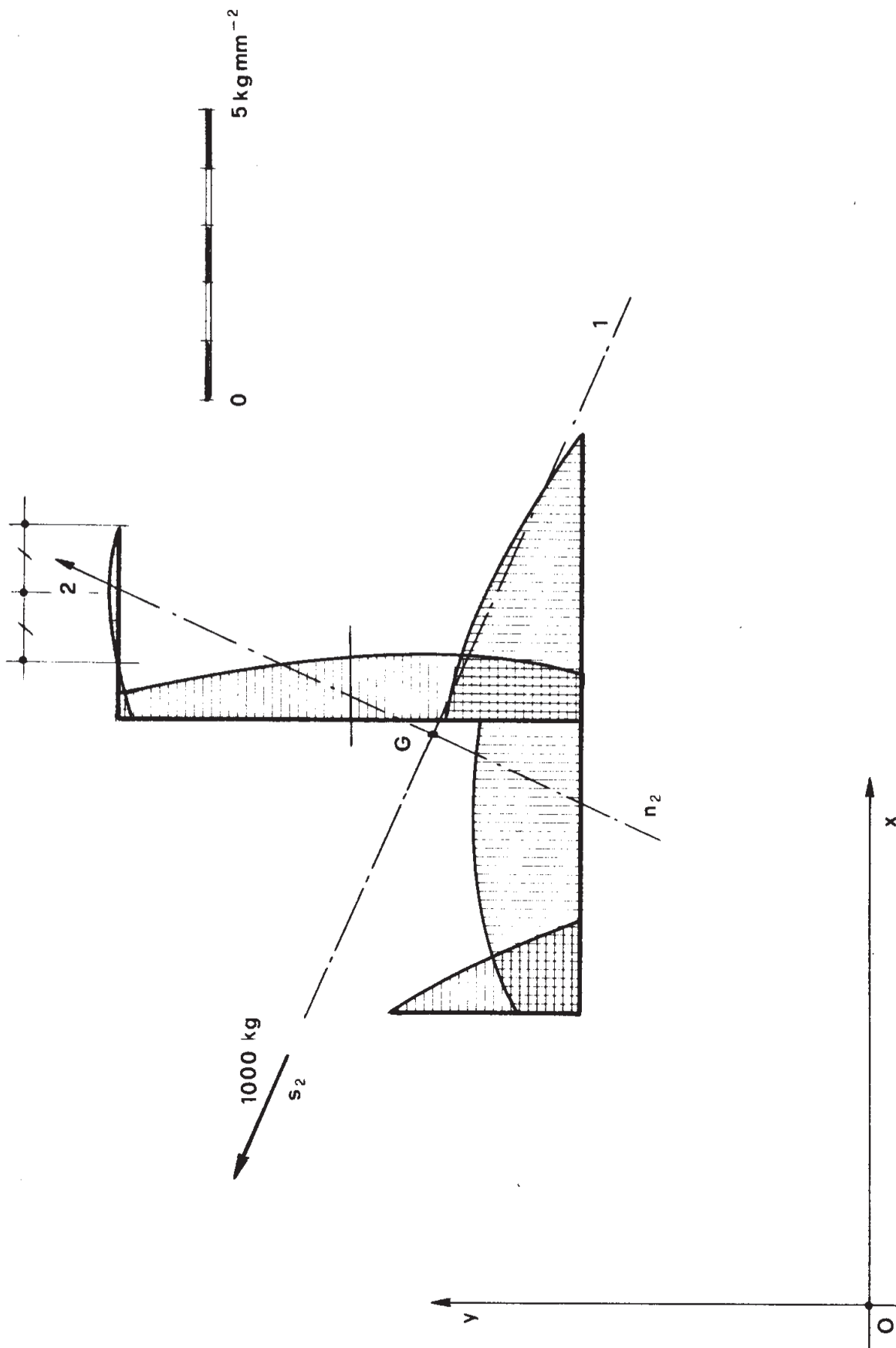


Figura 28

Nelle fig. 27 e 28 si sono riportati in grafico i diagrammi delle τ' e τ'' . Questi valori sono di estrema utilità nelle verifiche; scomponendo infatti qualsiasi forza tagliante secondo gli assi principali, gli effetti di ciascuna delle due componenti sono forniti dai diagrammi delle fig. 25 e 26, moltiplicati per i valori delle componenti in tonnellate.

Esempio n. 3.

Nella fig. 29 appare una sezione già studiata e molto sfruttata nel

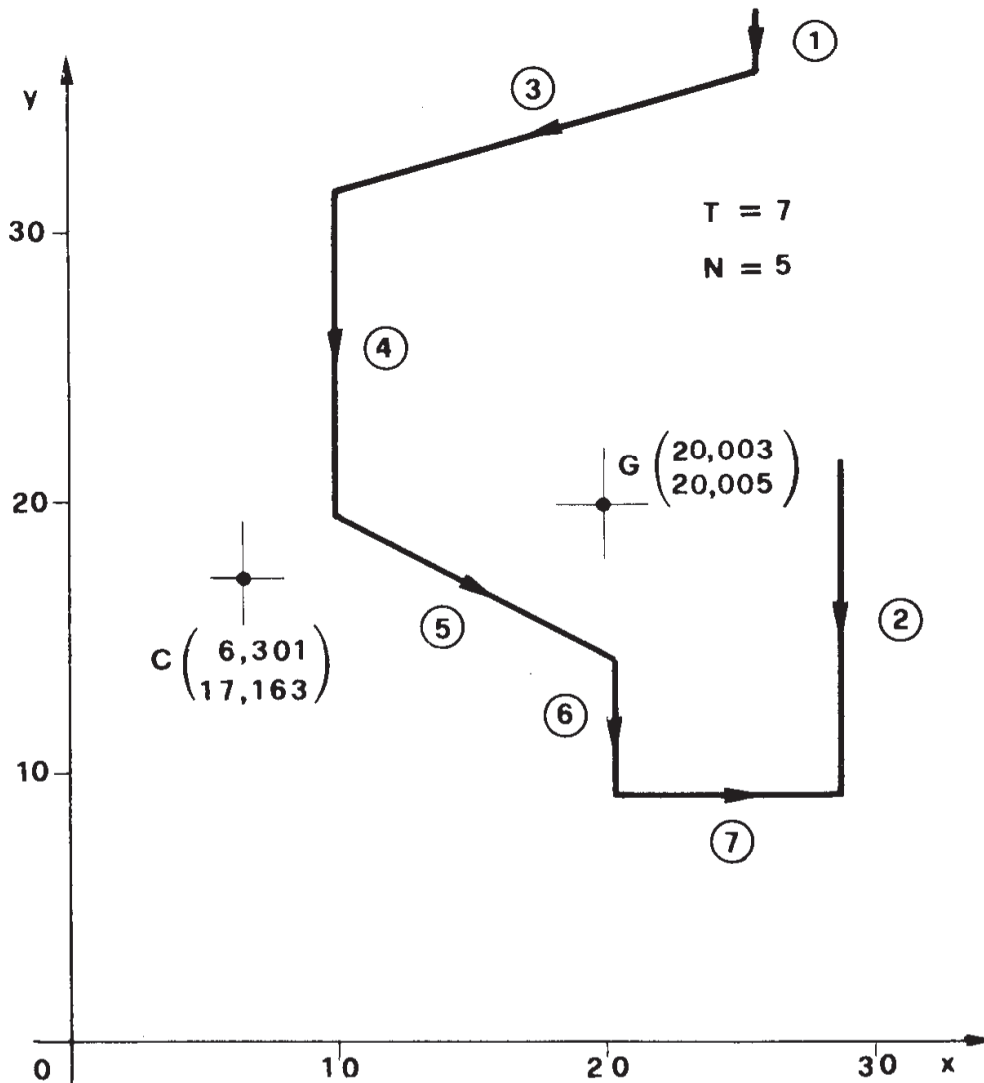


Figura 29

1° volume di Fondamenti. Per essa è

Area = 57.9078972193
 Distanza del baricentro da x = 20.0054923895
 Distanza del baricentro da y = -20.0031185768
 Inclinazione dell'asse 1 = 28.4290075489
 Momento d'inerzia dell'asse 1 = 5778.32674413
 Raggio sull'asse 1 = 6.05804270058
 Inclinazione dell'asse 2 = 118.429007549
 Momento d'inerzia dell'asse 2 = 2125.21295787
 Raggio sull'asse 2 = 9.98923316909
 Ascissa x del centro di taglio = 6.30092222544
 Ordinata y del centro di taglio = 17.1629371129

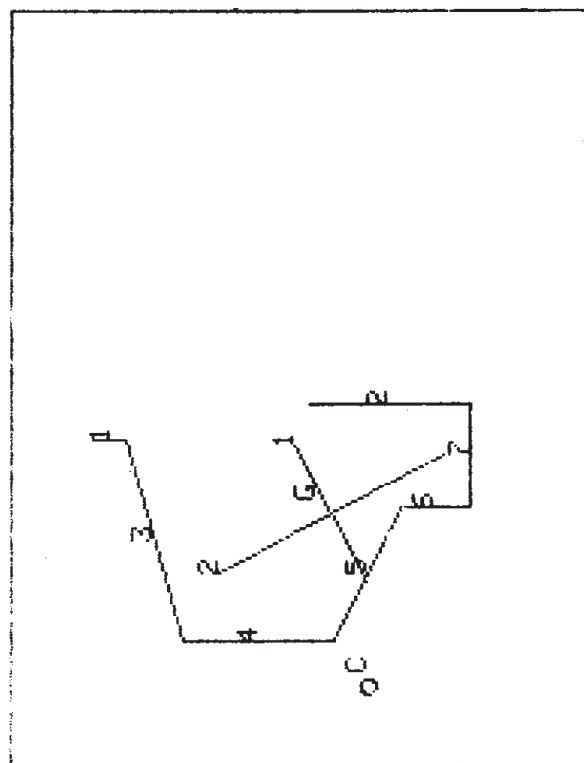


Figura 30a

Asse neutro = asse 1.

Il taedio T=1 e' diretto secondo l'asse 2 e la coppia 1T e' anti oraria

Tau(1 ,1) = 0
 Tau(1 ,m) = -3.0683996674E-3
 Tau(1 ,2) = -5.85654790004E-3

Tau(2 ,1) = 0
 Tau(2 ,m) = .005909869013
 Tau(2 ,2) = 1.77646877206E-2

Tau(3 ,1) = -1.17130958001E-2
 Tau(3 ,m) = -.029253353828
 Tau(3 ,2) = -4.95512534144E-2

Tau(4 ,1) = -2.47756267072E-2
 Tau(4 ,m) = -3.77400631502E-2
 Tau(4 ,2) = -4.52256339544E-2

Tau(5 ,1) = -9.04512679088E-2
 Tau(5 ,m) = -9.26793041626E-2
 Tau(5 ,2) = -9.00569445902E-2

Tau(6 ,1) = -3.00189815301E-2
 Tau(6 ,m) = -2.70933227057E-2
 Tau(6 ,2) = -.023021947231

Tau(7 ,1) = -3.45329208465E-2
 Tau(7 ,m) = -.026849752875
 Tau(7 ,2) = -1.77646877204E-2

Asse neutro = asse 2.

Il taedio T=1 e' diretto secondo l'asse 1, e la coppia 2T e' anti oraria

Tau(1 ,1) = 0
 Tau(1 ,m) = 8.73267889468E-3
 Tau(1 ,2) = 1.70528543315E-2

Tau(2 ,1) = 0
 Tau(2 ,m) = 2.07528736969E-2
 Tau(2 ,2) = 3.27553468536E-2

Tau(3 ,1) = .034105708663
 Tau(3 ,m) = 6.79303975824E-2
 Tau(3 ,2) = 7.03625052246E-2

Tau(4 ,1) = 3.51812526123E-2
 Tau(4 ,m) = 2.15397271405E-2
 Tau(4 ,2) = -1.66167469661E-4

Tau(5 ,1) = -3.32334939322E-4
 Tau(5 ,m) = -.020842170951
 Tau(5 ,2) = -.031491002187

Tau(6 ,1) = -.010497000729
 Tau(6 ,m) = -1.39857418052E-2
 Tau(6 ,2) = -1.91608688241E-2

Tau(7 ,1) = -2.87413032362E-2
 Tau(7 ,m) = -3.42688360006E-2
 Tau(7 ,2) = -3.27553468521E-2

Figura 30b

```

2600 DATA 7,5
2610 DATA 25.81,38.685,25.81,35
971,1
2620 DATA 28.81,21.685,28.81,9.1
85,1
2630 DATA 25.81,35.971,9.81,31.6
85,.5
2640 DATA 9.81,31.685,9.81,19.68
5,1
2650 DATA 9.81,19.685,20.56,14.6
725,.5
2660 DATA 20.56,14.6725,20.56,9
185,1.5
2670 DATA 20.56,9.185,28.81,9.18
5,1
X1
- 475753363502
Y1
879263430151
X2
- 877815749581
Y2
- 475854952327
SQR(X1^2+Y1^2)
99972268279
SQR(X2^2+Y2^2)
998498085059
180+ATN(Y1/X1)
118.417009744
ATN(Y2/X2)
28.4616688717
    
```

Figura 30c

$$A' = \begin{vmatrix} 25,810 & 38,685 & 25,810 & 35,971 & 1 \\ 28,810 & 21,685 & 28,810 & 9,185 & 1 \\ 25,810 & 35,971 & 9,810 & 31,685 & 0,5 \\ 9,810 & 31,685 & 9,810 & 19,685 & 1 \\ 9,810 & 19,685 & 20,560 & 14,6725 & 0,5 \\ 20,560 & 14,6725 & 20,560 & 9,185 & 1,5 \\ 20,560 & 9,185 & 28,810 & 9,185 & 1 \end{vmatrix}$$

E' poi

$$B = \begin{vmatrix} 3 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 6 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

I risultati del programma appaiono nella fig. 30.

3) Un programma per la verifica al taglio delle sezioni sottili pluriconnesse.

Innanzitutto, come noto, la sezione si trasforma in monoconnessa con un numero di tagli (fig. 31) pari al numero M delle maglie, scelti con

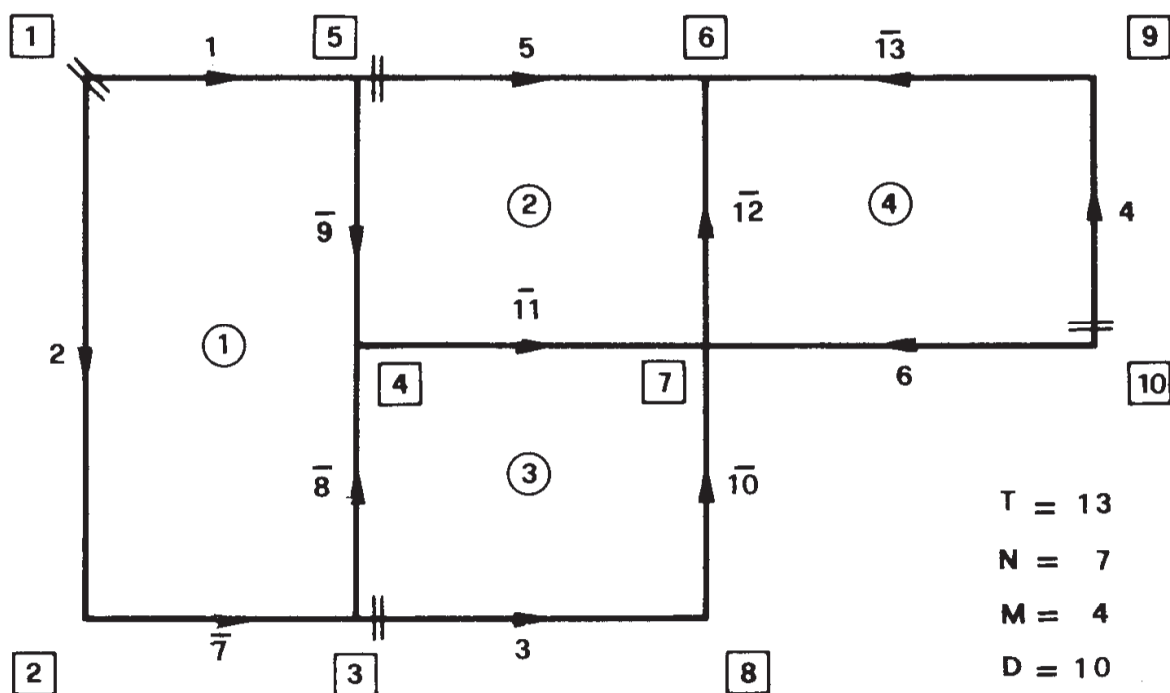


Figura 31

l'unica cura di evitare che la sezione si sconnetta in due o più parti, di cui alcune ancora pluriconnesse. Sia così, come già detto, T il numero dei tratti rettilinei, N il numero di tratti interni, D il numero dei nodi, e cioè dei punti di confluenza dei tratti rettilinei. Va detto, per non ingenerare confusioni, che correttamente si chiama *nodo* ogni punto ove si hanno diramazioni; la definizione attuale è più larga, e comprende quella corretta.

Nella fig. 31 si sono distinti con soprassegno i numeri d'ordine dei tratti interni, tra riquadro i numeri dei nodi, tra cerchi i numeri delle maglie. I versi rispettano la convenzione già seguita nel par. 2.

Alla matrice B "dei tratti" del par. 2 si aggiunge quella "delle maglie", M , e quella "dei nodi", D . Esse, per il caso della fig. 31, sono riportate di seguito.

$$M = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 7 & 8 & - & 9 & - & 1 \\ 2 & & 9 & 11 & 12 & - & 5 & 0 \\ 3 & - & 8 & 3 & 10 & - & 11 & 0 \\ 4 & - & 12 & 13 & - & 6 & 4 & 0 \end{vmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & -2 & 7 & 0 & 0 \\ 3 & -7 & 8 & 3 & 0 \\ 4 & -8 & -9 & 11 & 0 \\ 5 & -1 & 9 & 5 & 0 \\ 6 & -5 & -12 & -13 & 0 \\ 7 & -11 & -10 & 12 & -6 \\ 8 & -3 & 10 & 0 & 0 \\ 9 & -4 & 13 & 0 & 0 \\ 10 & 6 & 4 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Nella matrice M ad ogni numero d'ordine di maglia seguono, in un ordine qualsiasi, i numeri dei tratti che formano tale maglia, con il segno $+$ o $-$ secondo che il viaggiatore lungo il tratto veda la maglia alla sua sinistra o alla sua destra.

Nella matrice D ad ogni numero d'ordine di nodo seguono, in un ordine qualsiasi, quelli dei tratti che interessano tale nodo, con il segno $+$ o $-$ secondo che la positiva esce o entra nel nodo.

Sia X_i ($i = 1, 2, \dots, t$) la costante che nel generico tratto occorre aggiungere alle τ_0 della sezione aperta per ottenere la τ della sezione chiusa. Le X_i sono fornite dalle equazioni di maglia e di nodo; le prime si scrivono per tutte le maglie, le seconde per tutti i nodi meno uno. Nel caso in esame, l'equazione della maglia 1 è

$$\int_2 (\tau_0 + X_2) ds + \int_7 (\tau_0 + X_7) ds + \int_8 (\tau_0 + X_8) ds + \quad (17)$$

$$\int_9 (\tau_0 - X_9) ds + \int_1 (\tau_0 - X_1) ds = 0 .$$

L'equazione del nodo 7 è

$$- X_6 \delta_6 - X_{10} \delta_{10} - X_{11} \delta_{11} + X_{12} \delta_{12} = 0 ; \quad (18)$$

ed infatti le τ_0 soddisfano già da sole le (18).

La (17) si scrive

$$- X_1 l_1 + X_2 l_2 + X_7 l_7 + X_8 l_8 - X_9 l_9 =$$

(19)

$$= - \int_1 \tau_0 ds - \int_2 \tau_0 ds - \int_7 \tau_0 \delta s - \int_8 \tau_0 ds - \int_9 \tau_0 ds .$$

Il programma TAGL.2 utilizza il TAGL.1 per la ricerca delle caratteristiche di inerzia (che non sono variate dai tagli effettuati per rendere la sezione monoconnessa) e delle τ_0 , calcola quindi i termini noti della (19) con la formula di Stirling, e risolve il sistema (18) (19). Torna quindi al TAGL.1 per il calcolo delle coordinate del centro di taglio, e per il tracciamento del grafico.

Il listing di TAGL.2 è dato nella fig. 32. Le dimensioni di M e D , come quelle di B , sono date in INTEGER (frasi $80 \div 100$). Quelle di A , C ed N in SHORT, e cioè in precisione semplice (sei cifre) per guadagno di memoria; è immediato modificarle in DIM se la sezione non è molto complicata; le matrici C ed N servono per il sistema di equazioni. Nel programma si è supposto $m = 10$, $n = 20$, e quindi $t = 29$; le dimensioni delle frasi $70 \div 120$ vanno perciò eventualmente modificate in conseguenza.

Fino alla frase 1360 si riconosce il TAGL.1. La 1370 porta poi alla prima subroutine 2300 \div 2580. In questa subroutine il looping 2300 \div 2430, operando sull'array M , costruisce i coefficienti delle m equazioni di maglia (19), il looping 2440 \div 2570, a sua volta, opera sull'array D , e costruisce i coefficienti delle $n - 1$ equazioni di nodo.

Nel caso in esame (fig. 31) j varia da 1 a 13 (frasi 2310 e 2450); i da 1 a 4 nel primo looping (frase 2300) e da 5 a 13 nel secondo (frase 2440). In complesso si hanno $m + (n - 1) = 4 + 9 = 13 = t$ equazioni.

Alla fine della subroutine (frase 2580) si torna in 1380, che rimanda alla seconda subroutine 2590 \div 2730; questa costruisce i termini noti delle equazioni di maglia attraverso le τ'_0 (ottenute con asse neutro ξ). Si torna poi in 1380 e di qui alla quarta subroutine 2890 \div 3230, che risolve il sistema con il metodo di Gauss compatto.

Si torna quindi in 1400, e le frasi 1400 \div 1450 modificano le τ'_0 . La frase 1460 rimanda alla prima subroutine 2300 \div 2580, che ricalcola i coefficienti (il metodo di Gauss infatti modifica i coefficienti del sistema). Si passa poi in 1470, e di qui in 2740, alla terza subroutine 2740 \div 2870, che calcola i termini noti delle equazioni di maglia attraverso le τ''_0 (ottenute con asse neutro η). Si torna poi in 1480 e di qui di nuovo alla quarta subroutine per il calcolo delle incognite del secondo caso.

Le frasi 1490 \div 1540 modificano le τ''_0 . Il resto del programma, da 1550 a 2290, è lo stesso del TAGL.1.

Nei DATA vanno prima forniti T , N , M , D , H , e poi, per righe, quelli degli array A B M D ; per gli ultimi tre si tenga conto che nel programma la seconda dimensione è 4, per B , 5 per M e D .

```

10 REM Programma "TAGL.2"
50 OPTION BASE 1
60 DEG
70 SHORT A(29,16)
80 INTEGER B(15,4)
90 INTEGER M(10,5)
100 INTEGER D(20,5)
110 SHORT C(29,30)
120 SHORT N(29)
130 READ T,N,M,D,H
140 FOR I=1 TO T
150 FOR J=1 TO 5
160 READ A(I,J)
170 NEXT J
180 NEXT I
190 FOR I=1 TO N
200 FOR J=1 TO 4
210 READ B(I,J)
220 NEXT J
230 NEXT I
240 FOR I=1 TO M
250 FOR J=1 TO 5
260 READ M(I,J)
270 NEXT J
280 NEXT I
290 FOR I=1 TO D
300 FOR J=1 TO 5
310 READ D(I,J)
320 NEXT J
330 NEXT I
340 A1=0
350 S1=0
360 S2=0
370 I1=0
380 I2=0
390 J=0
400 FOR I=1 TO T
410 IF A(I,1)=A(I,3) THEN 440
420 A=ATN((A(I,2)-A(I,4))/(A(I,1)
    )-A(I,3)))
430 GOTO 450
440 A=90
450 L=SQR((A(I,1)-A(I,3))^2+(A(I,2)-A(I,4))^2)
460 A(I,6)=L
470 A2=A(I,5)*L
480 A1=A1+A2
490 S1=S1+A2/2*(A(I,2)+A(I,4))
500 S2=S2-A2/2*(A(I,1)+A(I,3))
510 I8=A(I,5)*L^3/12
520 I9=A(I,5)^3*L/12
530 I1=I1+I9*COS(A)^2+I8*SIN(A)^2+A2/4*(A(I,2)+A(I,4))^2
540 I2=I2+I9*SIN(A)^2+I8*COS(A)^2+A2/4*(A(I,1)+A(I,3))^2
550 J=J+(I9-I8)*SIN(A)*COS(A)-A2/4*(A(I,1)+A(I,3))*(A(I,2)+A(I,4))
560 NEXT I
570 S1=S1/A1
580 S2=S2/A1

```

Figura 32a

```

590 I3=I1-A1*D1^2
600 I4=I2-A1*D2^2
610 J1=J-A1*D1*D2
620 IF I3#I4 THEN 680
630 F5=0
640 F6=90
650 I5=I3
660 I6=I4
670 GOTO 720
680 F5=ATN(2*J1/(I3-I4))/2
690 F6=F5+90
700 I5=I4*SIN(F5)^2+I3*COS(F5)^2
    +2*J1*SIN(F5)*COS(F5)
710 I6=I4*SIN(F6)^2+I3*COS(F6)^2
    +2*J1*SIN(F6)*COS(F6)
720 R5=SQR(I5/A1)
730 R6=SQR(I6/A1)
740 PRINT "Area
        =";A1
750 PRINT
760 PRINT "Distanza del baricent
ro da x      =";D1
770 PRINT
780 PRINT "Distanza del baricent
ro da y      =";D2
790 PRINT
800 PRINT "Inclinazione dell'ass
e 1          =";F5
810 PRINT
820 PRINT "Momento d'inerzia del
l'asse 1     =";I5
830 PRINT
840 PRINT "Raggio sull'asse 1
            =";R6
850 PRINT
860 PRINT
870 PRINT "Inclinazione dell'ass
e 2          =";F6
880 PRINT
890 PRINT "Momento d'inerzia del
l'asse 2     =";I6
900 PRINT
910 PRINT "Raggio sull'asse 2
            =";R5
920 PRINT
930 PRINT
940 FOR I=1 TO T
950 K=(A(I,4)-A(I,2))/A(I,6)
960 A(I,7)=ACS((A(I,3)-A(I,1))/A
(I,6))
970 IF K>=0 THEN 990
980 A(I,7)=-A(I,7)
990 A(I,8)=(A(I,1)*A(I,4)-A(I,3)
*A(I,2))/A(I,6)
1000 NEXT I
1010 FOR I=1 TO T-N
1020 A(I,9)=0
1030 A(I,13)=0
1040 S3=A(I,5)*A(I,6)/2*(3*A(I,9)
+A(I,4))/4-A(I,5)*A(I,6)*S
1/2

```

Figura 32b


```

1050 S4=-A(I,5)*A(I,6)/2*(3*A(I,1)+A(I,3))/4-A(I,5)*A(I,6)*D2/2
1060 A(I,10)=-((S4*SIN(F5)+S3*COS(F5))/I5/A(I,5)
1070 A(I,14)=-((S4*SIN(F6)+S3*COS(F6))/I6/A(I,5)
1080 S5=A(I,5)*A(I,6)*(A(I,2)+(A(I,4)-A(I,2))/2)-A(I,5)*A(I,6)*D1
1090 S6=-A(I,5)*A(I,6)*(A(I,1)+(A(I,3)-A(I,1))/2)-A(I,5)*A(I,6)*D2
1100 A(I,11)=-((S6*SIN(F5)+S5*COS(F5))/I5/A(I,5)
1110 A(I,15)=-((S6*SIN(F6)+S5*COS(F6))/I6/A(I,5)
1120 A(I,12)=(4*A(I,10)+A(I,11))/6*A(I,5)*A(I,6)
1130 A(I,16)=(4*A(I,14)+A(I,15))/6*A(I,5)*A(I,6)
1140 NEXT I
1150 FOR I=T-N+1 TO T
1160 Z1=0
1170 Z2=0
1180 FOR J=2 TO 4
1190 K=I-T+N
1200 IF B(K,J)=0 THEN 1230
1210 Z1=Z1-A(B(K,J),11)*A(B(K,J),5)*I5
1220 Z2=Z2-A(B(K,J),15)*A(B(K,J),5)*I6
1230 NEXT J
1240 A(I,9)=-Z1/A(I,5)/I5
1250 A(I,13)=-Z2/A(I,5)/I6
1260 S3=A(I,5)*A(I,6)/2*(3*A(I,2)+A(I,4))/4-A(I,5)*A(I,6)*D1/2
1270 S4=-A(I,5)*A(I,6)/2*(3*A(I,1)+A(I,3))/4-A(I,5)*A(I,6)*D2/2
1280 A(I,10)=-((Z1+S4*SIN(F5)+S3*COS(F5))/I5/A(I,5)
1290 A(I,14)=-((Z2+S4*SIN(F6)+S3*COS(F6))/I6/A(I,5)
1300 S5=A(I,5)*A(I,6)*(A(I,2)+(A(I,4)-A(I,2))/2)-A(I,5)*A(I,6)*D1
1310 S6=-A(I,5)*A(I,6)*(A(I,1)+(A(I,3)-A(I,1))/2)-A(I,5)*A(I,6)*D2
1320 A(I,11)=-((Z1+S6*SIN(F5)+S5*COS(F5))/I5/A(I,5)
1330 A(I,15)=-((Z2+S6*SIN(F6)+S5*COS(F6))/I6/A(I,5)
1340 A(I,12)=(A(I,9)+4*A(I,10)+A(I,11))/6*A(I,5)*A(I,6)
1350 A(I,16)=(A(I,13)+4*A(I,14)+A(I,15))/6*A(I,5)*A(I,6)
1360 NEXT I

```

Figura 32c

```

1370 GOSUB 2300
1380 GOSUB 2590
1390 GOSUB 2890
1400 FOR I=1 TO T
1410 A(I,9)=A(I,9)+X(I)
1420 A(I,10)=A(I,10)+X(I)
1430 A(I,11)=A(I,11)+X(I)
1440 A(I,12)=(A(I,9)+4*A(I,10)+A
(I,11))/6*A(I,5)*A(I,6)
1450 NEXT I
1460 GOSUB 2300
1470 GOSUB 2740
1480 GOSUB 2890
1490 FOR I=1 TO T
1500 A(I,13)=A(I,13)+X(I)
1510 A(I,14)=A(I,14)+X(I)
1520 A(I,15)=A(I,15)+X(I)
1530 A(I,16)=(A(I,13)+4*A(I,14)+
A(I,15))/6*A(I,5)*A(I,6)
1540 NEXT I
1550 X1=0
1560 Y1=0
1570 Z1=0
1580 X2=0
1590 Y2=0
1600 Z2=0
1610 FOR I=1 TO T
1620 X1=X1+A(I,12)*COS(A(I,7))
1630 Y1=Y1+A(I,12)*SIN(A(I,7))
1640 Z1=Z1+A(I,12)*A(I,8)
1650 X2=X2+A(I,16)*COS(A(I,7))
1660 Y2=Y2+A(I,16)*SIN(A(I,7))
1670 Z2=Z2+A(I,16)*A(I,8)
1680 NEXT I
1690 X0=(X1*Z2-X2*Z1)/(X1*Y2-X2*
Y1)
1700 Y0=(Y1*Z2-Y2*Z1)/(X1*Y2-X2*
Y1)
1710 PRINT "Asse neutro = asse 1
"
1720 PRINT
1730 PRINT "Il taglio T=1 e'dire
tto secondo l'asse 2, e la
coppia 1T e'antioraria."
1740 PRINT
1750 FOR I=1 TO T
1760 PRINT "Tau(";I; ",1) = ";A(I
,9)
1770 PRINT "Tau(";I; ",m) = ";A(I
,10)
1780 PRINT "Tau(";I; ",2) = ";A(I
,11)
1790 PRINT
1800 NEXT I
1810 PRINT
1820 PRINT
1830 PRINT "Asse neutro = asse 2
"
1840 PRINT
1850 PRINT "Il taglio T=1 e'dire
tto secondo l'asse 1, e la
coppia 2T e'antioraria "

```

Figura 32d

```

1860 PRINT
1870 FOR I=1 TO T
1880 PRINT "Tau(";I;",".1) = ";A(I
.13)
1890 PRINT "Tau(";I;",".m) = ";A(I
.14)
1900 PRINT "Tau(";I;",".2) = ";A(I
.15)
1910 PRINT
1920 NEXT I
1930 PRINT
1940 PRINT
1950 PRINT "Ascissa x del centro
.di taglio = ";X0
1960 PRINT
1970 PRINT "Ordinata y del centr
o di taglio =";Y0
1980 PRINT
1990 PRINT
2000 GCLEAR
2010 SCALE 0,H,0.3*H/4
2020 FOR I=1 TO T
2030 MOVE A(I,1),A(I,2)
2040 DRAW A(I,3),A(I,4)
2050 MOVE A(I,1)+(A(I,3)-A(I,1))
/2,A(I,2)+(A(I,4)-A(I,2))/2
2060 LABEL VAL$(I)
2070 NEXT I
2080 MOVE -D2,D1
2090 DRAW -D2+R6*COS(F5),D1+R6*S
IN(F5)
2100 DRAW -D2-R6*COS(F5),D1-R6*S
IN(F5)
2110 MOVE -D2+R5*COS(F6),D1+R5*S
IN(F6)
2120 DRAW -D2-R5*COS(F6),D1-R5*S
IN(F6)
2130 XAXIS 0 @ XAXIS 3*H/4
2140 YAXIS 0 @ YAXIS H
2150 MOVE -D2+H/50,D1+H/50
2160 LABEL "G"
2170 MOVE -D2+R6*COS(F5),D1+R6*S
IN(F5)
2180 LABEL "1"
2190 MOVE -D2+R5*COS(F6),D1+R5*S
IN(F6)
2200 LABEL "2"
2210 R=H/100
2220 MOVE X0+R,Y0
2230 FOR I=1 TO 20
2240 DRAW X0+R*COS(360/20*I),Y0+
R*SIN(360/20*I)
2250 NEXT I
2260 MOVE X0+2*R,Y0
2270 LABEL "C"
2280 COPY
2290 END
2300 FOR I=1 TO M
2310 FOR J=1 TO T
2320 FOR S=2 TO 5

```

Figura 52c

```

2330 IF J=ABS(M(I,S)) AND J*M(I,
S)>0 THEN 2360
2340 IF J=ABS(M(I,S)) AND J*M(I,
S)<0 THEN 2380
2350 GOTO 2400
2360 C(I,J)=A(ABS(M(I,S)),6)
2370 GOTO 2420
2380 C(I,J)=-A(ABS(M(I,S)),6)
2390 GOTO 2420
2400 C(I,J)=0
2410 NEXT S
2420 NEXT J
2430 NEXT I
2440 FOR I=M+1 TO T
2450 FOR J=1 TO T
2460 FOR S=2 TO 5
2470 IF J=ABS(D(I-M,S)) AND J*D(
I-M,S)>0 THEN 2500
2480 IF J=ABS(D(I-M,S)) AND J*D(
I-M,S)<0 THEN 2520
2490 GOTO 2540
2500 C(I,J)=A(ABS(D(I-M,S)),5)
2510 GOTO 2560
2520 C(I,J)=-A(ABS(D(I-M,S)),5)
2530 GOTO 2560
2540 C(I,J)=0
2550 NEXT S
2560 NEXT J
2570 NEXT I
2580 RETURN
2590 FOR I=1 TO M
2600 N(I)=0
2610 FOR S=2 TO 5
2620 W=(A(ABS(M(I,S)),9)+4*A(ABS
(M(I,S)),10)+A(ABS(M(I,S)),
11))/6*A(ABS(M(I,S)),6)
2630 IF M(I,S)^3<0 THEN 2660
2640 D=-1
2650 GOTO 2670
2660 D=1
2670 N(I)=N(I)+D*W
2680 NEXT S
2690 NEXT I
2700 FOR I=M+1 TO T
2710 N(I)=0
2720 NEXT I
2730 RETURN
2740 FOR I=1 TO M
2750 N(I)=0
2760 FOR S=2 TO 5
2770 W=(A(ABS(M(I,S)),13)+4*A(AB
S(M(I,S)),14)+A(ABS(M(I,S))
,15))/6*A(ABS(M(I,S)),6)
2780 IF M(I,S)^3<0 THEN 2810
2790 D=-1
2800 GOTO 2820
2810 D=1
2820 N(I)=N(I)+D*W
2830 NEXT S
2840 NEXT I

```

```

2850 FOR I=M+1 TO T
2860 N(I)=0
2870 NEXT I
2880 RETURN
2890 FOR I=1 TO T
2900 C(I,T+1)=N(I)
2910 NEXT I
2920 FOR L=1 TO T
2930 Z=0
2940 FOR I=L TO T
2950 IF ABS(Z)>=ABS(C(I,L)) THEN
    2980
2960 Z=C(I,L)
2970 S=I
2980 NEXT I
2990 IF S=L THEN 3060
3000 FOR K=L TO T+1
3010 R=C(L,K)
3020 C(L,K)=C(S,K)/Z
3030 C(S,K)=R
3040 NEXT K
3050 GOTO 3090
3060 FOR K=L TO T+1
3070 C(L,K)=C(L,K)/Z
3080 NEXT K
3090 FOR I=L+1 TO T
3100 FOR J=L+1 TO T+1
3110 C(I,J)=C(I,J)-C(I,L)*C(L,J)
3120 NEXT J
3130 NEXT I
3140 NEXT L
3150 X(T)=C(T,T+1)
3160 FOR I=T-1 TO 1 STEP -1
3170 Q=0
3180 FOR J=I+1 TO T
3190 Q=Q+C(I,J)*X(J)
3200 NEXT J
3210 X(I)=C(I,T+1)-Q
3220 NEXT I
3230 RETURN

```

Figura 32g

Esempio n. 1.

La sezione è quella della fig. 33, già studiata nel cap. 8. Si ha, effettuando il taglio come nella figura,

| 300 200 100 200 3 |

$$A' = \begin{vmatrix} 300 & 200 & 100 & 200 & 3 \\ 300 & 200 & 300 & 100 & 1 \\ 100 & 200 & 100 & 100 & 3 \\ 100 & 100 & 300 & 100 & 3 \end{vmatrix}$$

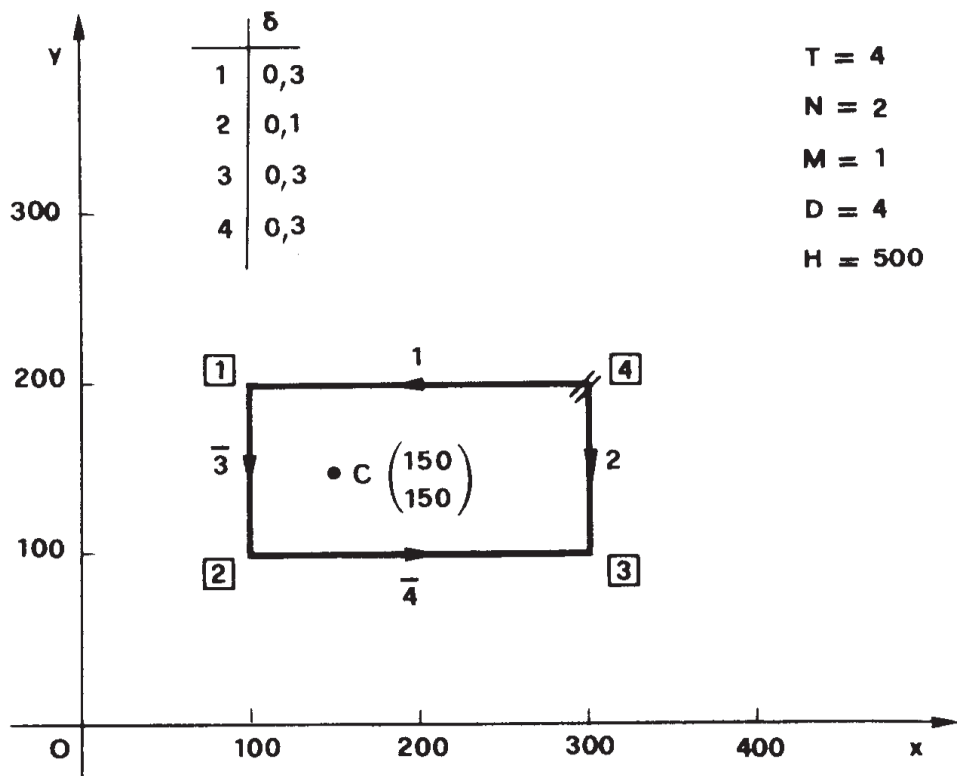
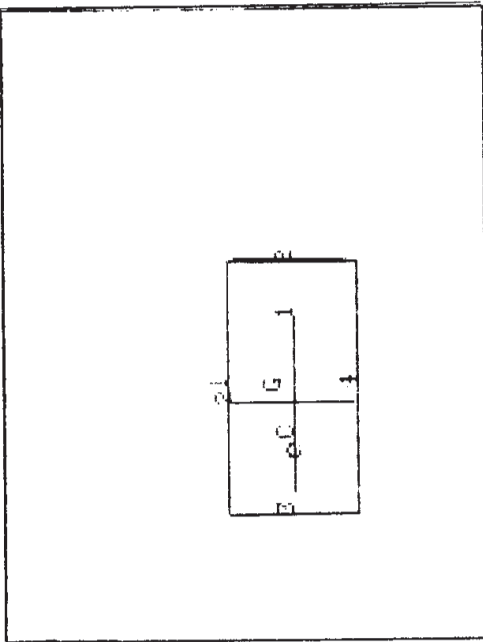


Figura 33

$$B = \begin{vmatrix} 3 & 1 & 0 & 0 \\ 4 & 3 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$M = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -2 & 3 & 4 \end{vmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 3 & 0 & 0 \\ 2 & -3 & 4 & 0 & 0 \\ 3 & -4 & -2 & 0 & 0 \\ 4 & 1 & 2 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$



```

Area
= 1600
Distanza del baricentro da x
= 150
Distanza del baricentro da y
=-187.5
Inclinazione dell'asse 1
= 0
Momento d'inerzia dell'asse 1
= 3334233.3333
Raggio sull'asse 1
= 69.5991022249
Inclinazione dell'asse 2
= 90
Momento d'inerzia dell'asse 2
= 7750233.3333
Raggio sull'asse 2
= 45.6497079214
Ascissa x del centro di taglio =
149.999499899
Ordinata y del centro di taglio
= 149.999449993
    
```

```

3300 DATA 4,2,1,4,500
3310 DATA 300,200,100,200,3
3320 DATA 200,200,700,100,1
3330 DATA 100,200,100,100,3
3340 DATA 100,100,300,100,3
3350 DATA 3,1,0,0
3360 DATA 4,3,0,0
3370 DATA 1,1,-2,3,4
3380 DATA 1,-1,3,0,0
3390 DATA 2,-3,4,0,0
3400 DATA 3,-4,-2,0,0
3410 DATA 4,1,2,0,0
    
```

Figura 34a

Asse neutro = asse 1

Il taglio T=1 e' diretto secondo
l'asse 2 , e la coppia 1T e' anti
oraria

Tau(1 ,1) = .0011249
Tau(1 ,m) = -.00037475
Tau(1 ,2) = -.0018744

Tau(2 ,1) = -.0033738
Tau(2 ,m) = -.0037487
Tau(2 ,2) = -.0033738

Tau(3 ,1) = -.0018745
Tau(3 ,m) = -.0022494
Tau(3 ,2) = -.0018745

Tau(4 ,1) = -.0018745
Tau(4 ,m) = -.0003749
Tau(4 ,2) = .0011247

Asse neutro = asse 2

Il taglio T=1 e' diretto secondo
l'asse 1 , e la coppia 2T e' anti
oraria.

Tau(1 ,1) = .00024193
Tau(1 ,m) = .0010484
Tau(1 ,2) = .0005645

Tau(2 ,1) = -.00072575
Tau(2 ,m) = .00000003
Tau(2 ,2) = .00072585

Tau(3 ,1) = .0005645
Tau(3 ,m) = 0
Tau(3 ,2) = -.0005645

Tau(4 ,1) = -.0005645
Tau(4 ,m) = -.0010484
Tau(4 ,2) = -.00024193

Figura 34b

I risultati del programma sono consegnati nella fig. 34; si osservi come nei DATA compaiono di seguito gli elementi delle quattro matrici A' , B , M e D .

Esempio n. 2.

La sezione è quella della fig. 35, anch'essa studiata nel cap. 8, Si ha, dopo avere effettuati i tagli,

$$A' = \begin{vmatrix} 100 & 200 & 100 & 100 & 4 \\ 100 & 200 & 200 & 200 & 4 \\ 300 & 200 & 200 & 200 & 4 \\ 300 & 200 & 300 & 100 & 1 \\ 100 & 100 & 200 & 100 & 4 \\ 300 & 100 & 200 & 100 & 4 \\ 200 & 100 & 200 & 200 & 1 \end{vmatrix}$$

$$B = \begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 0 & 0 \\ 7 & 5 & 6 & 0 \end{vmatrix}$$

$$M = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 & 5 & 7 \\ 2 & 3 & -7 & -6 & -4 \end{vmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & 5 & 0 & 0 \\ 3 & -5 & -6 & 7 & 0 \\ 4 & -4 & 6 & 0 & 0 \\ 5 & 3 & 4 & 0 & 0 \\ 6 & -2 & -3 & -7 & 0 \end{vmatrix}$$

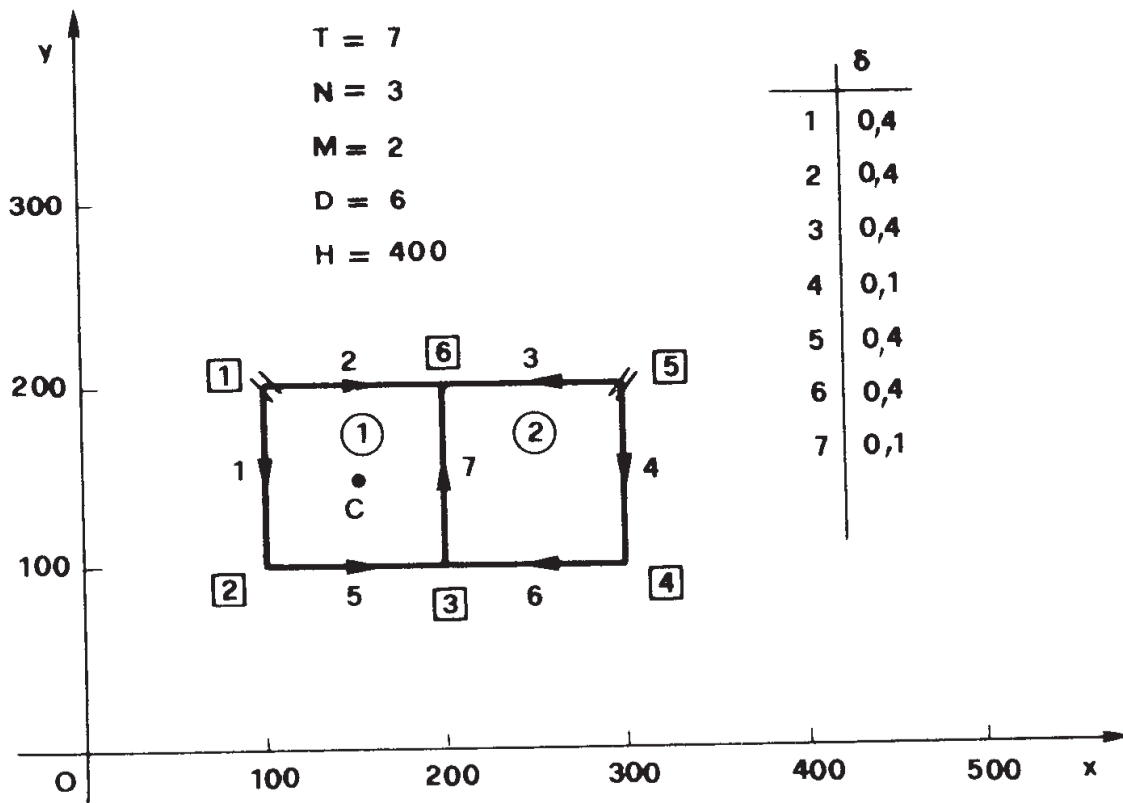


Figura 35

I risultati sono forniti dalla fig. 36.

Esempio n. 3.

La sezione (fig. 37) è stata già studiata nel 2° vol. di Fondamenti. Per essa è

$$A' = \begin{vmatrix} 1,1 & 1,2 & 1,1 & 2,9 & 0,2 \\ 1,1 & 1,2 & 5 & 1,2 & 0,4 \\ 7,85 & 1,2 & 5 & 1,2 & 0,4 \\ 7,85 & 1,2 & 7,85 & 2,9 & 0,3 \\ 7,85 & 4,65 & 7,85 & 2,9 & 0,2 \\ 7,85 & 4,65 & 5 & 4,65 & 0,3 \\ 1,1 & 2,9 & 5 & 2,9 & 0,2 \\ 5 & 4,65 & 5 & 2,9 & 0,2 \\ 5 & 1,2 & 5 & 2,9 & 0,2 \\ 5 & 2,9 & 7,85 & 2,9 & 0,2 \end{vmatrix}$$

Area = 2200
 Distanza del baricentro da x = 150
 Distanza del baricentro da y = -186.363636364
 Inclinazione dell'asse 1 = -1.05659932804E-9
 Momento d'inerzia dell'asse 1 = 4502133.3332
 Raggio sull'asse 1 = 67.1659830833
 Inclinazione dell'asse 2 = 89.99999999989
 Momento d'inerzia dell'asse 2 = 9924792.4238
 Raggio sull'asse 2 = 45.2374208191
 Ascissa x del centro di taglio = 149.994194088
 Ordinata y del centro di taglio = 149.999706844

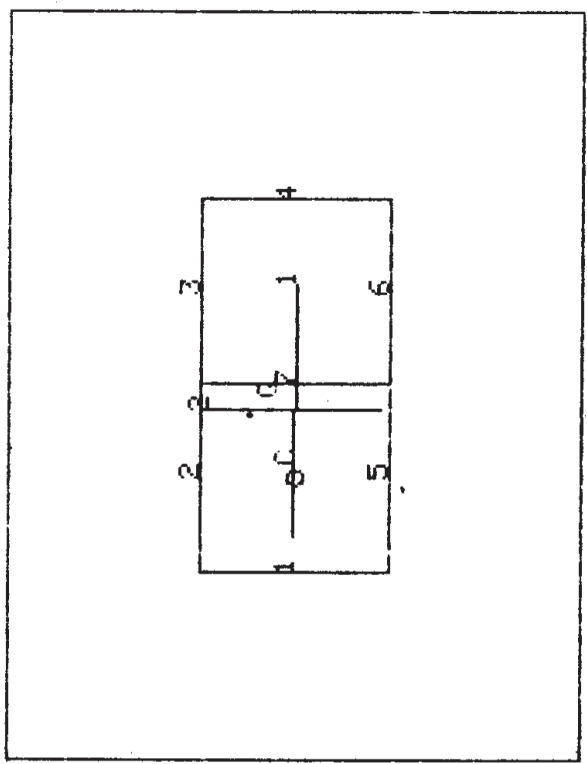


Figura 36a

Asse neutro = asse 1

Il tavolo T=1 e' diretto secondo l'asse 2 e la coppia 1T e' anti oraria.

```

Tau( 1 ,1) = -.0011107
Tau( 1 ,m) = -.0013883
Tau( 1 ,2) = -.0011107

Tau( 2 ,1) = .0011106
Tau( 2 ,m) = .0005553
Tau( 2 ,2) = -.000000011106

Tau( 3 ,1) = .00055519
Tau( 3 ,m) = -.000000095558
Tau( 3 ,2) = -.00055541

Tau( 4 ,1) = -.0022212
Tau( 4 ,m) = -.0024988
Tau( 4 ,2) = -.0022212

Tau( 5 ,1) = -.0011107
Tau( 5 ,m) = -.00055543
Tau( 5 ,2) = -.00000012221

Tau( 6 ,1) = -.00055523
Tau( 6 ,m) = .000000062211
Tau( 6 ,2) = .00055537

Tau( 7 ,1) = .0022215
Tau( 7 ,m) = .0024991
Tau( 7 ,2) = .0022215

```

Asse neutro = asse 2.

Il tavolo T=1 e' diretto secondo l'asse 1 e la coppia 2T e' anti oraria.

```

Tau( 1 ,1) = .0004351
Tau( 1 ,m) = 8.0535E-9
Tau( 1 ,2) = -.00043508

Tau( 2 ,1) = -.0004351
Tau( 2 ,m) = -.00074424
Tau( 2 ,2) = -.00080149

Tau( 3 ,1) = .00014312
Tau( 3 ,m) = .00058966
Tau( 3 ,2) = .00078431

Tau( 4 ,1) = -.00057246
Tau( 4 ,m) = .000000026714
Tau( 4 ,2) = .00057254

Tau( 5 ,1) = -.00043508
Tau( 5 ,m) = -.0007442
Tau( 5 ,2) = -.0008015

Tau( 6 ,1) = .00014313
Tau( 6 ,m) = .00058967
Tau( 6 ,2) = .00078432

Tau( 7 ,1) = -.0000687
Tau( 7 ,m) = 0
Tau( 7 ,2) = .0000687

```

Figura 36b

```

3300 DATA 7,3,2,6,400
3310 DATA 100,200,100,100,4
3320 DATA 100,200,200,200,4
3330 DATA 300,200,200,200,4
3340 DATA 300,200,300,100,1
3350 DATA 100,100,200,100,4
3360 DATA 300,100,200,100,4
3370 DATA 200,100,200,200,1
3380 DATA 5,1,0,0
3390 DATA 6,4,0,0
3400 DATA 7,5,6,0
3410 DATA 1,-2,1,5,7
3420 DATA 2,3,-7,-6,-4
3430 DATA 1,1,2,0,0
3440 DATA 2,-1,5,0,0
3450 DATA 3,-5,-6,7,0
3460 DATA 4,-4,6,0,0
3470 DATA 5,3,4,0,0
3480 DATA 6,-2,-3,-7,0
    
```

Figura 36c

$$B = \begin{vmatrix} 7 & 1 & 0 & 0 \\ 8 & 6 & 0 & 0 \\ 9 & 2 & 3 & 0 \\ 10 & 7 & 8 & 9 \end{vmatrix}$$

$$M = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -7 & 2 & 9 \\ 2 & -9 & -10 & -3 & 4 \\ 3 & 8 & 10 & 6 & -5 \end{vmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 7 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 0 & 0 \\ 3 & -2 & -3 & 9 & 0 \\ 4 & 3 & 4 & 0 & 0 \\ 5 & -4 & -10 & -5 & 0 \\ 6 & 5 & 6 & 0 & 0 \\ 7 & -6 & 8 & 0 & 0 \\ 8 & -8 & -7 & -9 & 10 \end{vmatrix}$$

I risultati sono consegnati nella fig. 38.

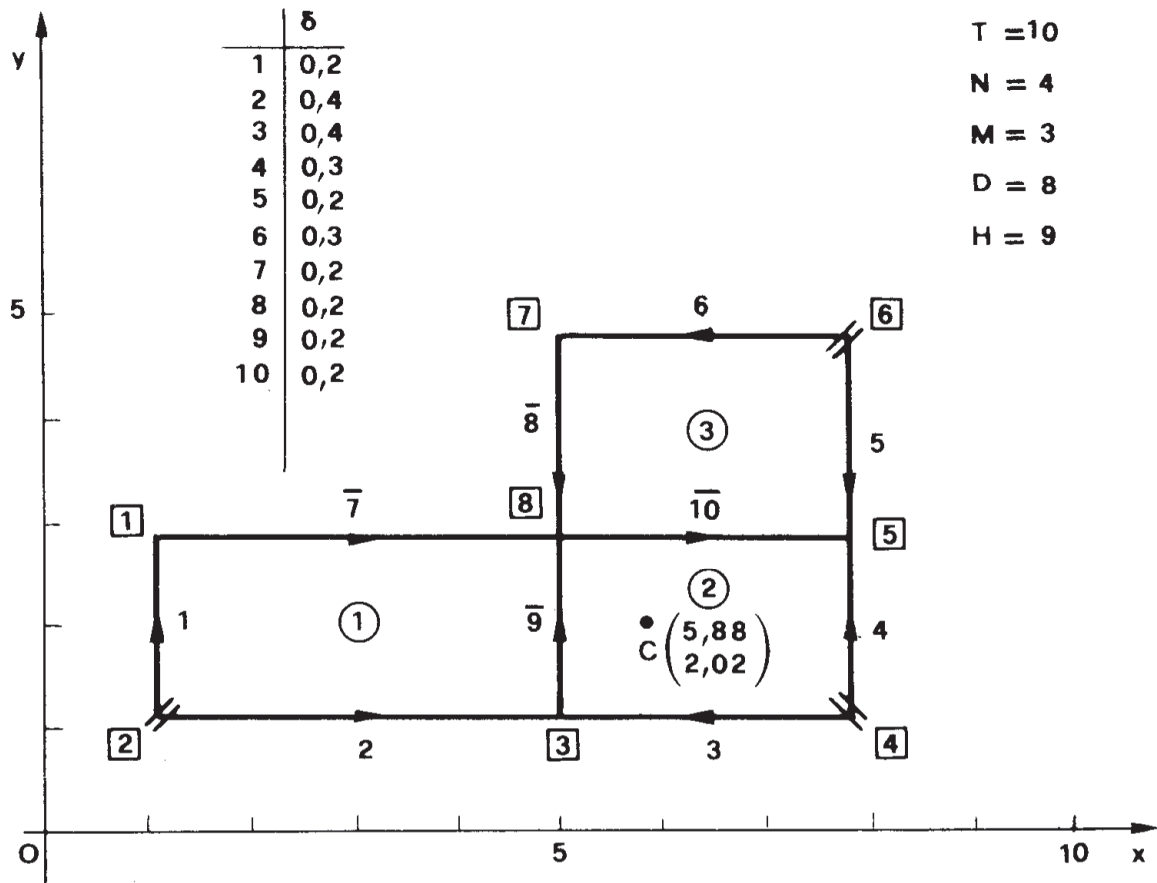


Figura 37

Area = 6 795
 Distanza del baricentro da x = 2.38598233996
 Distanza del baricentro da y = -5.03195364238
 Inclinazione dell'asse 1 = 13.9689202141
 Momento d'inerzia dell'asse 1 = 9 18623941932
 Raggio sull'asse 1 = 2.18074050123
 Inclinazione dell'asse 2 = 103.968920214
 Momento d'inerzia dell'asse 2 = 32.3144999636
 Raggio sull'asse 2 = 1 16271734068
 Ascissa x del centro di taglio = 5.88018210939
 Ordinata y del centro di taglio = 2.01942315015

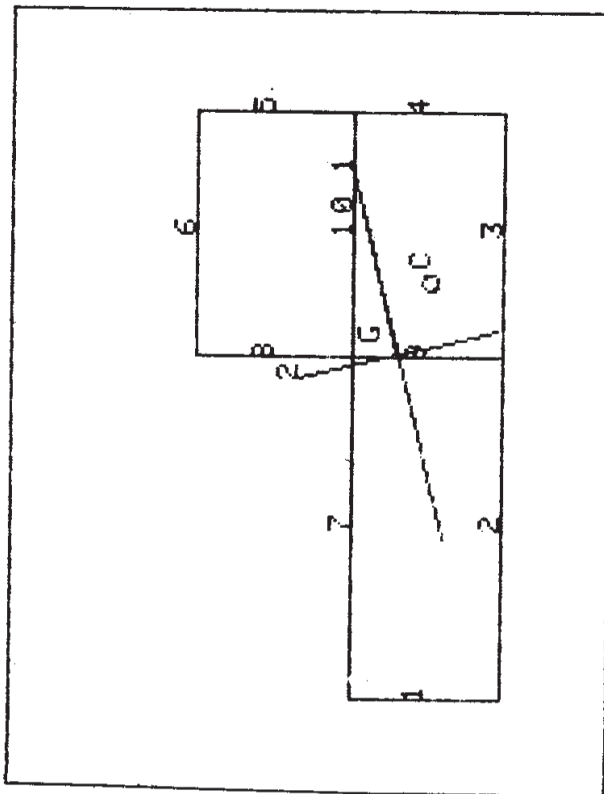


Figura 38a

```

3340 DATA 10,4,3,8,9
3350 DATA 1,1,2,1,1,2,9,2
3360 DATA 1,1,2,5,1,2,4
3370 DATA 7,85,1,2,5,1,2,4
3380 DATA 7,85,1,2,7,85,2,9,3
3390 DATA 7,85,4,65,7,85,2,9,2
3400 DATA 7,85,4,65,5,4,65,3
3410 DATA 1,2,9,5,2,9,2
3420 DATA 5,4,65,5,2,9,2
3430 DATA 5,1,2,5,2,9,2
3440 DATA 5,2,9,7,85,2,9,2
3450 DATA 7,1,0,0,8,6,0,0,9,2,3,
0,10,7,8,9
3460 DATA 1,-1,-7,2,9,2,-9,-10,-
3,4,3,8,10,6,-5
3470 DATA 1,-1,7,0,0,2,1,2,9,0,3
,-2,-3,9,0,4,3,4,0,0,5,-4,-
10,-5,0
3480 DATA 6,5,6,0,0,7,-6,8,0,0,8
,-8,-7,-9,10

```

```

X1 -2411257
Y1 96546
X2 -970189
Y2 -2410344
SQR(X1^2+Y1^2) 995115377633
SQR(X2^2+Y2^2) 999682038318
ATN(Y2/X2) 13.9521248211
180+ATN(Y1/X1) 104.022876669

```

Figura 38b

Asse neutro = asse 1

Il taelio $T=1$ e' diretto secondo l'asse 2 , e la coppia $1T$ e' anti oraria.

Tau(1 ,1) = .39597
 Tau(1 ,m) = .37648
 Tau(1 ,2) = .28066

Tau(2 ,1) = -.19799
 Tau(2 ,m) = -.10521
 Tau(2 ,2) = .087507

Tau(3 ,1) = -.2471
 Tau(3 ,m) = .010285
 Tau(3 ,2) = .21429

Tau(4 ,1) = .32944
 Tau(4 ,m) = .46072
 Tau(4 ,2) = .51567

Tau(5 ,1) = -.51183
 Tau(5 ,m) = -.61587
 Tau(5 ,2) = -.63902

Tau(6 ,1) = .34122
 Tau(6 ,m) = .079249
 Tau(6 ,2) = -.23608

Tau(7 ,1) = .28068
 Tau(7 ,m) = .023268
 Tau(7 ,2) = -.13421

Tau(8 ,1) = -.35412
 Tau(8 ,m) = -.52367
 Tau(8 ,2) = -.61237

Tau(9 ,1) = .60362
 Tau(9 ,m) = .67122
 Tau(9 ,2) = .66252

Tau(10 ,1) = -.083995
 Tau(10 ,m) = -.13589
 Tau(10 ,2) = -.13443

Figura 38c

Asse neutro = asse 2.

Il taglio $T=1$ e' diretto secondo l'asse 1, e la coppia $2T$ e' anti oraria.

Tau(1 ,1) = .082695
 Tau(1 ,m) = -.022505
 Tau(1 ,2) = -.1223

Tau(2 ,1) = -.04135
 Tau(2 ,m) = -.23178
 Tau(2 ,2) = -.30803

Tau(3 ,1) = .14115
 Tau(3 ,m) = .21863
 Tau(3 ,2) = .23512

Tau(4 ,1) = -.1882
 Tau(4 ,m) = -.12109
 Tau(4 ,2) = -.048596

Tau(5 ,1) = .011563
 Tau(5 ,m) = .097551
 Tau(5 ,2) = .17782

Tau(6 ,1) = -.0077029
 Tau(6 ,m) = .1065
 Tau(6 ,2) = .15973

Tau(7 ,1) = -.1223
 Tau(7 ,m) = -.28797
 Tau(7 ,2) = -.33945

Tau(8 ,1) = .23959
 Tau(8 ,m) = .25068
 Tau(8 ,2) = .25606

Tau(9 ,1) = -.14577
 Tau(9 ,m) = -.15142
 Tau(9 ,2) = -.15167

Tau(10 ,1) = -.23512
 Tau(10 ,m) = -.20053
 Tau(10 ,2) = -.10495

Figura 38d