

2. L'arco come funicolare del peso proprio

2.1. La formulazione del problema

Per quanto già detto, è uso comune costruire l'asse dell'arco in modo che coincida con un funicolare dei pesi permanenti, e cioè del cosiddetto peso proprio. In genere sono fissati i punti dell'asse in corrispondenza delle imposte A e B (Figura 2.1), e quello C in mezzeria (punto di *chiave*); si tratta quindi di costruire il funicolare del peso proprio che passi per A , C e B .

Si suppone che il peso proprio g_t della trave (*impalcato*) sia uniformemente distribuito, e che ogni *tratto* di impalcato (parte compresa tra due *stilate* successive) scarichi sulle stilate una reazione pari a quella di trave appoggiata.

Si hanno $n - 1$ stilate equidistanti; se l è la luce dell'arco, e se g_t è riferito all'unità di lunghezza orizzontale, in sommità di ogni stilata è presente una forza permanente pari a:

$$g_t \frac{l}{n} \quad (2.1)$$

Quindi n è il numero dei tratti (di arco, o di impalcato), ed essi sono compresi tra $n + 1$ verticali (*dividenti*). La numerazione dei tratti e delle dividenti è quella della Figura 2.1. Alle dividenti da 2 ad n corrispondono le $n - 1$ stilate; alle dividenti 1 ed $n + 1$ non corrispondono stilate. Il tronco i è compreso tra le dividenti i ed $i + 1$.

Si suppone che n sia dispari; si evita infatti, per motivi estetici, la presenza di una stilata in mezzeria.

Il riferimento ha origine nel punto di imposta di sinistra; l'asse y è verticale verso il basso, l'asse z orizzontale verso destra.

La quota $q(z)$ del punto dell'asse alla generica ascissa z è riferita all'asse z , ed è positiva se il punto è al disopra di tale asse; quindi, se le imposte A e B non sono a livello, il *rialzo* r :

$$r = q(l) \quad (2.2)$$

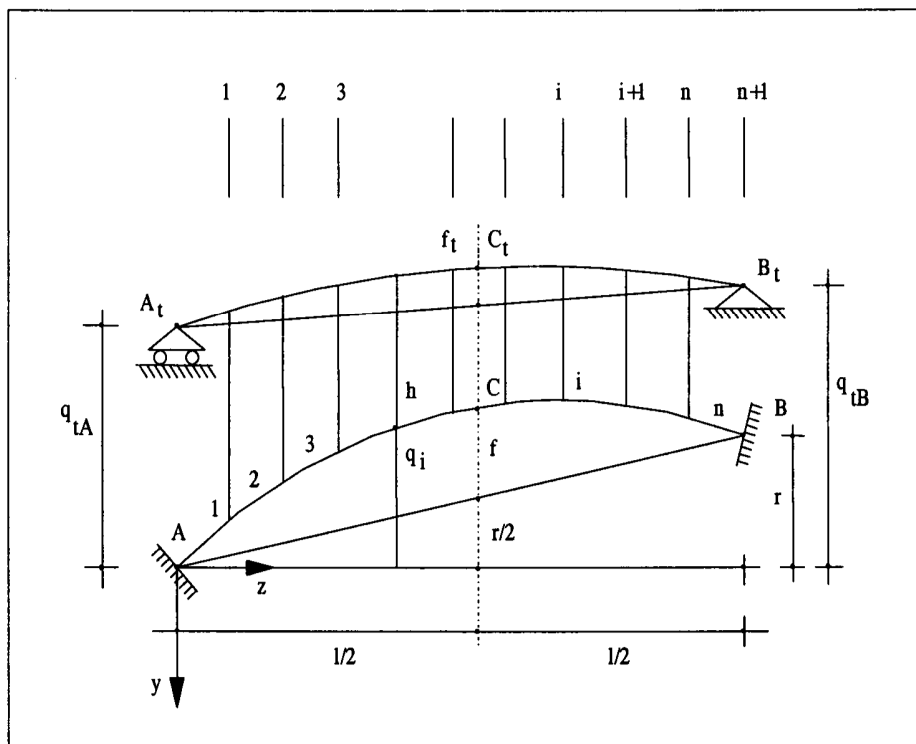


Figura 2.1- Lo schema strutturale

è positivo se l'imposta di destra è più alta di quella di sinistra.

L'impalcato è appoggiato in A_t e B_t , in corrispondenza delle verticali di imposta, e cioè delle verticali per A e B . Le quote di A_t e B_t si chiamano q_{tA} e q_{tB} . L'asse dell'impalcato ha in genere una monta; si suppone che, con riferimento alla retta $A_t B_t$, le ordinate dell'asse di impalcato siano date dalla parabola:

$$q'_t = \frac{4f_t}{l^2} z(l-z) \quad (2.3)$$

L'ordinata f del punto di chiave rispetto alla congiungente AB è la *freccia* dell'arco; quindi può scriversi:

$$f = q(l/2) - \frac{r}{2} \quad (2.4)$$

L'altezza della stilata i è data da:

$$h_i = q_{tA} + \frac{q_{tB} - q_{tA}}{l}z + q'(z) - q(z) \quad (2.5)$$

Poichè:

$$z = \frac{l}{n}(i - 1) \quad (2.6)$$

$$l - z = \frac{l}{n}(n - i + 1) \quad (2.7)$$

può scriversi:

$$h_i = q_{tA} + \frac{q_{tB} - q_{tA}}{n}(i - 1) + \frac{4f_t}{n^2}(i - 1)(n - i + 1) - q_i \quad (2.8)$$

Sia g_{si} il peso uniformemente distribuito sull' altezza della stilata i ; il peso F_{si} della stilata è $g_{si}h_i$. Quindi sull'arco sono presenti le $n - 1$ forze concentrate:

$$F_{si} = g_t \frac{l}{n} + g_{si}h_i \quad (2.9)$$

Il pedice i , che caratterizza in genere le stilate, varia da 2 ad n .

Esiste poi il peso proprio dell'arco; sia $g_a(z)$ il valore di tale peso per unità di lunghezza lungo l'orizzontale.

Si considera (Figura 2.2) una sezione cellulare doppiamente simmetrica, caratterizzata dalla larghezza $a(z)$ e dallo spessore $s(z)$ delle due solette, dallo spessore complessivo $c(z)$ dei setti di collegamento, e dall'altezza $b(z)$; l'area della sezione retta dell'arco è perciò:

$$A(z) = ab - (a - c)(b - 2s) \quad (2.10)$$

Ogni tratto di arco si divide in m *conci* aventi uguale proiezione d'asse Δz sull'orizzontale; è quindi:

$$t = nm \quad (2.11)$$

il numero totale dei conci. Si suppone $m > 1$.

L'arco è così suddiviso in t conci, compresi tra $t + 1$ dividenti. Il concio generico è definito dal pedice h , così come il tratto generico è stato definito dal pedice i . Le $t + 1$ dividenti tra i conci sono anch'esse definite dal pedice h ; il concio h è compreso tra le dividenti h ed $h + 1$. Le dividenti $h = 1$ ed $h = t + 1$ sono le verticali di imposta.

Se h è il pedice del concio generico, il pedice della stilata che immediatamente lo segue (Figura 2.3) è dato da:

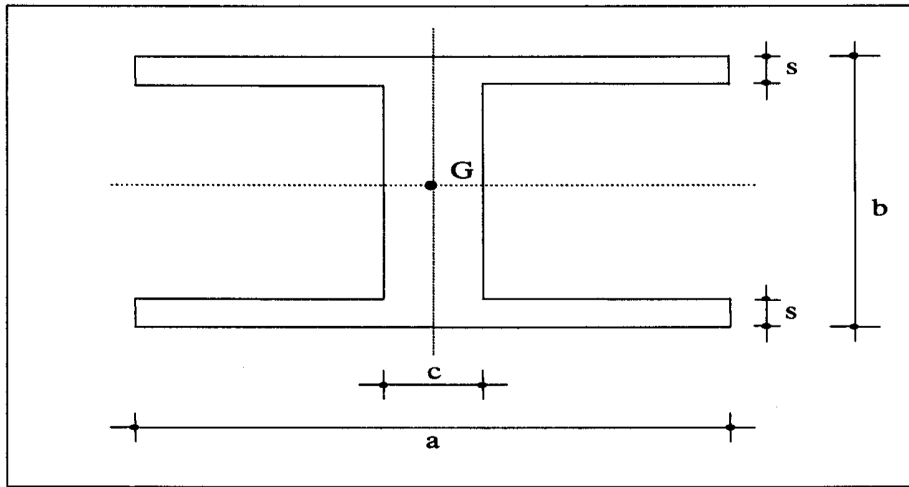


Figura 2.2- La sezione retta dell'arco

$$i = \begin{cases} \text{int} \frac{h}{m} + 2 & \text{se } \frac{h}{m} - \text{int} \frac{h}{m} > 0 \\ \text{int} \frac{h}{m} + 1 & \text{se } \frac{h}{m} - \text{int} \frac{h}{m} = 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Se, per esempio, $m = 5$, si ha:

$$h = 38; \quad \frac{38}{5} = 7.6; \quad i = 9$$

$$h = 40; \quad \frac{40}{5} = 8; \quad i = 9.$$

E' poi:

$$j = h - m(i - 2); \quad (2.13)$$

nei due casi dell'esempio $j = 3$, e $j = 5$.

La lunghezza Δs del concio misurata secondo l'asse è data da:

$$\Delta s = \sqrt{(\Delta z)^2 + (\Delta q)^2}. \quad (2.14)$$

Poichè è:

$$\Delta z = \frac{l}{t} \quad (2.15)$$

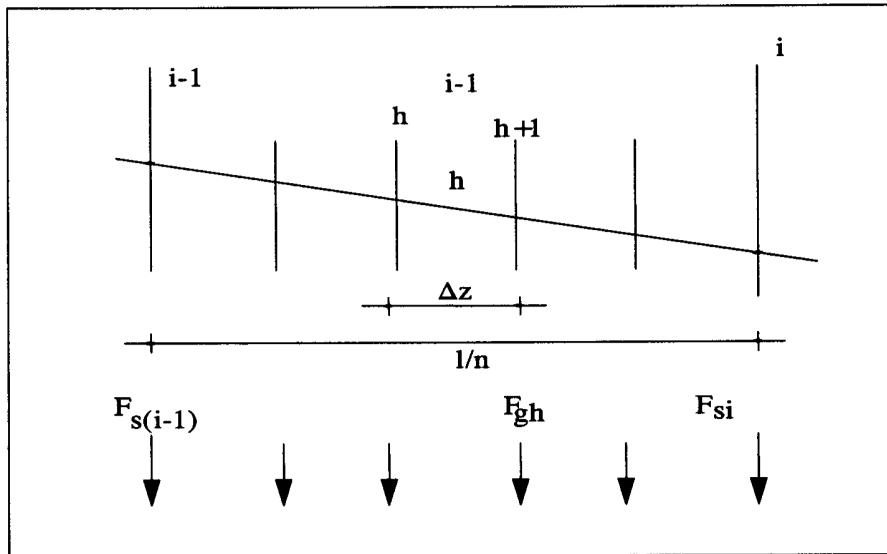


Figura 2.3- La numerazione delle stilate e dei conci

può scriversi, per il concio di pedice h ,

$$\Delta s_h = \sqrt{(q_{h+1} - q_h)^2 + \frac{l^2}{t^2}}. \quad (2.16)$$

Può quindi dirsi che il peso del concio di pedice h è:

$$F_{ah} = p_a A(z_h) \Delta s_h, \quad (2.17)$$

ove p_a è il peso specifico del materiale dell'arco, e z_h è dato da:

$$z_h = (h-1) \frac{l}{t} + \frac{l}{2t}. \quad (2.18)$$

Le componenti delle reazioni in A e B sono V_A, H_A e V_B, H_B (Figura 2.4), positive se verso il basso, o verso destra.

Poichè i carichi sono verticali, è:

$$H_B = -H_A = H. \quad (2.19)$$

Se l'asse è funicolare del carico, i momenti flettenti sono nulli ovunque, in particolare in A, B e C . Quindi in A e B non esistono coppie reattive.

La condizione di momento flettente nullo rispetto ad A si scrive perciò come segue:

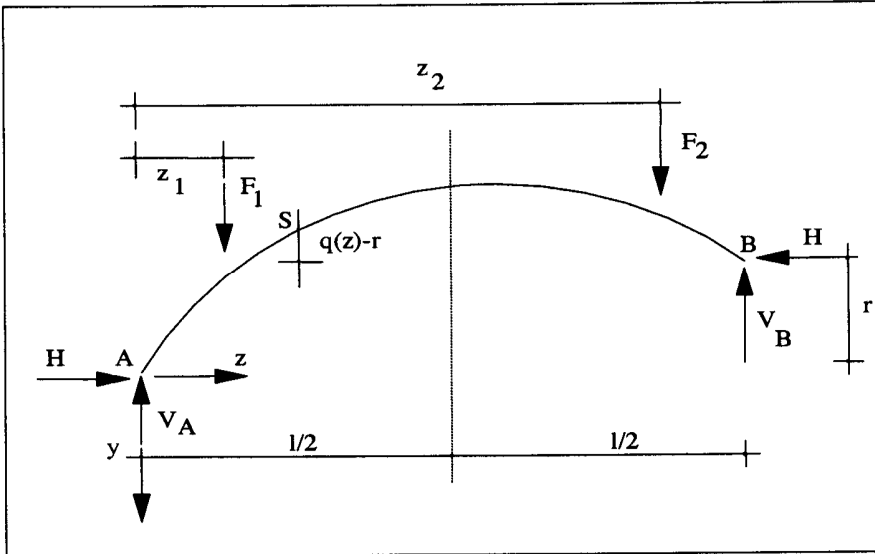


Figura 2.4- Le reazioni alle imposte

$$-\sum_A^B F_k z_k - V_B l - H r = 0. \quad (2.20)$$

La condizione di momento flettente nullo rispetto a C si scrive come segue:

$$-\sum_C^B F_k (z_k - \frac{l}{2}) - V_B \frac{l}{2} - H (f - \frac{r}{2}) = 0. \quad (2.21)$$

Da queste due ultime condizioni si trae:

$$H = \frac{1}{2f} \left(-\sum_A^C F_k z_k + \sum_C^B F_k z_k - l \sum_C^B F_k \right) \quad (2.22)$$

$$V_B = -H \frac{r}{l} - \frac{1}{l} \sum_A^B F_k z_k. \quad (2.23)$$

Dalla condizione di equilibrio di tutto l'arco alla traslazione lungo la verticale si ha poi:

$$V_A = -V_B - \sum_A^B F_k \quad (2.24)$$

La condizione di momento nullo nella generica sezione S si scrive come segue:

$$-\sum_S^B F_k(z_k - z_S) - V_B(l - z_S) + H(q_S - r) = 0. \quad (2.25)$$

Nelle quantità chiamate in gioco sono incognite, all'inizio del calcolo, le quote $q(z)$, di cui si conoscono solo i valori in A , B e C . Si inizia con una funzione $q(z)$ di tentativo, che rispetti le condizioni in A , B e C . Questa può essere la parabola, che oltre tutto sarebbe l'asse esatto se il carico fosse uniformemente distribuito. Si pone quindi inizialmente:

$$q(z) = \frac{r}{l}z + \frac{4f}{l^2}z(l - z). \quad (2.26)$$

Calcolando H e V_B con le (2.22) e (2.23) ci si assicura che l'asse passa per A , B e C , poichè esse sono scritte nell'ipotesi di momento flettente nullo in A , B e C , e valgono in questo caso, e solo in questo caso. Non sono più rispettate le (2.25).

Dalle (2.25) si traggono i $t + 1$ valori q'_S che soddisfano la condizione di nullità dei momenti in corrispondenza delle dividenti dei conci:

$$q'_S = \frac{1}{H} \sum_S^B F_k(z_k - z_S) + \frac{V_B}{H}(l - z_S) + r. \quad (2.27)$$

Nella sommatoria sono comprese tutte le forze F_{si} ed F_{ah} alla destra della dividente di pedice h corrispondente ad S .

Si definisce *differenza* tra le q_S e le q'_S la quantità:

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum_1^{t+1} (q' - q)^2}}{l(t - 1)} \quad (2.28)$$

Si ripete il calcolo partendo dalle F_{si} ed F_{ah} ottenute dai valori q'_S ; le (2.22) e (2.23) garantiscono che in A , B e C il momento flettente è nullo, e quindi si ha comunque:

$$q_A = 0 \quad q_B = f + \frac{r}{2} \quad q_C = r \quad (2.29)$$

Si ottiene così un nuovo valore δ' di δ , dato da:

$$\delta' = \frac{\sqrt{\sum_1^{t+1} (q'' - q')^2}}{l(t - 1)} \quad (2.30)$$

Il procedimento si itera, finchè δ non risulta più basso di un valore ϵ prefissato.

2.2. Descrizione del programma

I dati di ingresso, atti ad individuare le caratteristiche fisiche e materiali dell'arco, sono descritti in seguito, con il loro nome informatico, una breve spiegazione, ed il loro nome usuale. Nella maggioranza dei casi, il nome informatico consta di quattro lettere, scelte secondo una logica alla Hinton–Owen (Hinton ed Owen [1977]).

LUCE	Luce l dell'arco
FREC	Freccia f dell'arco
RIAL	Rialzo r dell'arco
QUOS	Quota q_{tA} dell'estremo sinistro della trave
QUOD	Quota q_{tB} dell'estremo destro della trave
FRET	Freccia f_t dell'asse della trave
TRAT	Numero n dei tratti (n dispari)
CONC	Numero m dei tronchi nel tratto ($m > 1$)
PES1	Peso uniformemente distribuito g_t della trave
PES2	Peso specifico del materiale dell'arco
LARS	Larghezza della base della sezione retta dell'arco a sinistra
LARC	Larghezza della base della sezione retta dell'arco al centro
LARD	Larghezza della base della sezione retta dell'arco a destra
ALTS	Altezza della base della sezione retta dell'arco a sinistra
ALTC	Altezza della base della sezione retta dell'arco al centro
ALTD	Altezza della base della sezione retta dell'arco a destra
SPES	Spessore della soletta della sezione retta dell'arco a sinistra
SPEC	Spessore della soletta della sezione retta dell'arco al centro
SPED	Spessore della soletta della sezione retta dell'arco a destra
SPTS	Spessore dei timpani della sezione retta dell'arco a sinistra
SPTC	Spessore dei timpani della sezione retta dell'arco al centro
SPTD	Spessore dei timpani della sezione retta dell'arco a destra
ERRO	Errore ϵ tollerato nel valore di δ
WEIG(TRAT+1)	Peso uniformemente distribuito g_{si} sull'altezza delle stilate

Le variabili di calcolo sono invece:

T	Numero complessivo t dei conci
ERR1	Differenza δ
QOLD(T+1)	Quote iniziali dell' arco
QARC(T+1)	Quote dell'arco nei passi di iterazione successivi
FSTI(TRAT+1)	Forze trasmesse dalle stilate
PESI(T)	Pesi dei conci

S	Lunghezza del concio generico
A	Area della sezione retta generica
M1	$\sum_C^C F_k z_k$
M2	$\sum_C^B F_k z_k$
M3	$\sum_S^B F_k (z_k - z_S)$
F1	$\sum_C^B F_k$
F2	$\sum_A^B F_k$
H	Spinta H
VA	Reazione V_A
VB	Reazione V_B
H0,AUX,AUX1	Variabili ausiliarie

Le variabili di output, infine, sono:

QARC(T+1)	Quote finali dell'arco
FVER(T+1)	Forze agenti sulle dividenti, da utilizzare nel seguito

In Appendice 2.1 è riportato il listato del programma, formato da un segmento principale e sette subroutine. Al programma principale è demandato inizialmente il compito di dichiarare le variabili, di dimensionare gli array statici, e di definire le leggi di variazione dell'asse dell'arco, dell'altezza, dello spessore dei setti, etc..

Si noti che, per semplicità, tutte le variabili sono definite in doppia precisione, e sono dichiarate in comune tra programma e subroutine.

Ciò fatto, occorre fornire il nome del file in cui sono contenuti i dati di ingresso. Tale file è in formato ASCII, e può essere preparato con un qualsiasi editor di testi, secondo le prescrizioni fornite in precedenza; i files contenenti i dati di ingresso per tutti gli esempi del libro sono contenuti nell'allegato dischetto, e sono stati preparati con l'editor standard del MS.DOS 6.2.

Letto il nome del file di dati, si chiama la subroutine "IngressoDati" che legge dal file tutti i dati non organizzati in array (nel caso in esame, tutti i dati tranne quelli contenuti nel vettore WEIG). Con i dati appena letti, il programma principale è in grado di dimensionare gli array dinamici.

Una seconda subroutine "IngressoDatiArray" legge i restanti dati, organizzati in array, e poi il vettore QOLD() è riempito con le quote iniziali dell'arco. Ciò è immediato, perchè l'ipotesi di asse parabolico permette di valutare le quote tramite la ripetuta applicazione della funzione FNQ(Z). La fase preliminare si chiude con la chiamata alla subroutine "UscitaDati" che si occupa della stampa dei dati di ingresso.

Il nucleo del programma è tutto contenuto nel ciclo DO ... LOOP UNTIL ERR1 < ERRO, di evidente significato: si ripetono le istruzioni all'interno del ciclo finchè la variabile ERR1 (δ) non sia minore di ERRO (ϵ). All'interno del ciclo si chiama la subroutine "Funic", cui è delegata la deduzione della nuova curva d'asse, contenuta in QARC(). Poi si calcola la quantità δ (cfr. 2.28), e si sovrascrive la nuova curva d'asse sulla vecchia. Il test in δ chiude il ciclo.

Completato il calcolo della curva d'asse si chiama la subroutine "PostProcessing" che a partire dai pesi propri e dai carichi delle stilate deduce le forze verticali agenti in corrispondenza di ciascuna dividente. Ciò risulta utile nel seguito, poichè queste forze rappresenteranno l'input dei carichi per il programma dell'analisi statica.

Infine, la subroutine "UscitaRisultati" stampa i risultati e l'istruzione CLOSE chiude tutti i buffer di stampa.

La fase di ingresso dati

In questo, come in tutti gli altri programmi descritti nel libro, la fase di ingresso dei dati è gestita dalle tre subroutines "IngressoDati", "IngressoDatiArray", ed "OpenFiles". Di queste, le prime due sono specifiche per ciascun programma, mentre la terza si ripete identica.

Prima ad essere chiamata è la subroutine "IngressoDati", che inizialmente riceve la stringa TITLE\$, contenente il titolo della struttura da analizzare, e due stringhe, STAMPA\$ e STAMPARIS\$, contenenti le specifiche di stampa per i dati di ingresso e per i risultati, rispettivamente.

Più precisamente, ciascuna di queste due stringhe può contenere una delle seguenti parole chiave:

CARTA se i dati vanno stampati su carta

VIDEO se i dati vengono fatti scorrere su video

FILES se i dati vengono memorizzati su file da specificare

VIDEOFILES se i dati vengono memorizzati su file da specificare, e contemporaneamente vengono fatti scorrere sul video

CARTAFILES se i dati vengono memorizzati su file da specificare, e contemporaneamente vengono stampati su carta

TUTTO se i dati vengono memorizzati su file da specificare, e contemporaneamente vengono fatti scorrere sul video e stampati su carta

In base ai valori contenuti in queste due stringhe di stampa, la subroutine "OpenFiles" apre i buffer di stampa per i dati di ingresso e per i risultati. Poi, la subroutine acquisisce, secondo l'ordine descritto in precedenza, tutti i dati di ingresso, tranne l'ultimo vettore, che invece è letto dalla subroutine "IngressoDatiArray".

La fase di uscita

In questo, come in tutti gli altri programmi descritti nel libro, la fase di uscita dei dati iniziali è gestita dalla subroutine "UscitaDati", mentre l'uscita dei risultati è affidata alla subroutine "UscitaRisultati".

Così, la prima subroutine stampa il nome del programma seguito da una brevissima descrizione, il titolo della struttura che si va ad analizzare, ed il nome del file da cui sono stati letti i dati. Poi, in cascata, si stampano tutti i dati di ingresso, e le ordinate iniziali dell'asse dell'arco.

La seconda subroutine, invece, stampa le ordinate finali dell'asse dell'arco, le forze trasmesse dalle stilate all'arco, i pesi propri dei conci, e le forze verticali agenti in corrispondenza di ciascuna dividente.

Infine, si riporta il tempo di esecuzione, l'ora e la data del run. Ovviamente, il tempo di esecuzione non comprende le routine di stampa (influenzate dalla velocità della stampa e dalla velocità di accesso ai dischi) e la sua precisione è limitata dalla precisione dell'orologio interno del calcolatore. Tuttavia, una indicazione in tal senso sembra utile, almeno come ordine di grandezza.

La fase di calcolo

Le subroutine di calcolo effettivo sono "Funic" e "PostProcessing".

Nella prima si inizia a calcolare la (2.5), memorizzata in AUX ed AUX1, e la (2.9), memorizzata in FSTI(), passando poi alla (2.16), (2.18) e (2.17) nell'ordine, indicate con S, A e PESI(), rispettivamente. Il calcolo di M1, M2, F1 ed F2 — il cui significato è illustrato in precedenza — conduce alla scrittura delle (2.22), (2.23) e (2.24), chiamate H, VB e VA. Infine, il calcolo di M3 — anch'esso descritto in precedenza — permette di dedurre la (2.27), memorizzata nel vettore QARC().

La seconda subroutine, più semplice, esegue per ogni dividente la media tra i pesi dei conci a destra ed a sinistra, ed aggiunge ad essa il peso della stilata, quando presente.

2.3. Un esempio

Si consideri l'arco di Figura 2.5, caratterizzato dai seguenti dati:

$$l = 400m. \quad f = 66.6m. \quad r = 0 \quad (2.31)$$

$$q_{tA} = 73m. \quad q_{tB} = 73m. \quad f_t = 0 \quad (2.32)$$

$$n = 17 \quad m = 2 \quad g_t = 28tm^{-1} \quad (2.33)$$

$$p_a = 2.5tm^{-3} \quad a_1 = a_2 = a_3 = 24m. \quad (2.34)$$

$$b_1 = 12.92m. \quad b_2 = 10m \quad b_3 = 12.92m. \quad (2.35)$$

$$s_1 = s_2 = s_3 = 1.5m. \quad (2.36)$$

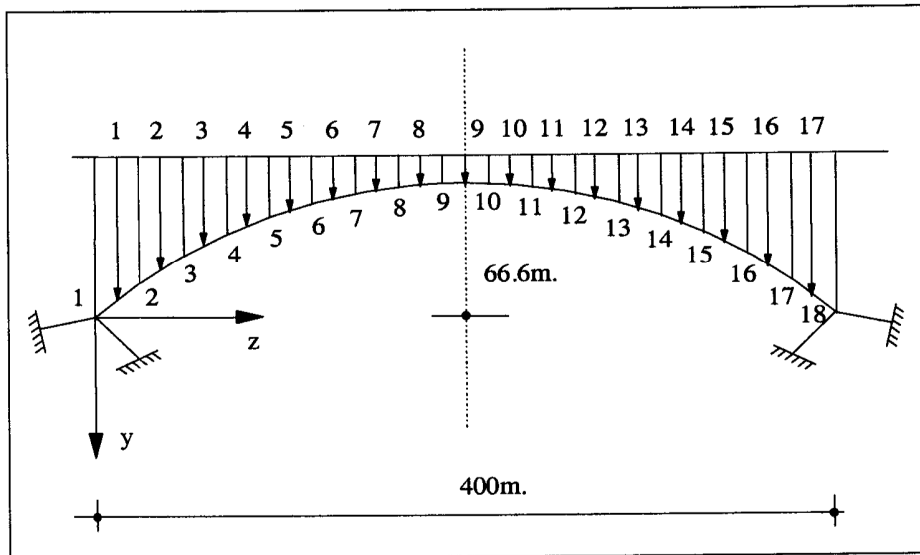


Figura 2.5- L'arco di Krk

$$c_1 = c_2 = c_3 = 6m. \quad (2.37)$$

$$\epsilon = 0.001 \quad g_{si} = 120tm^{-1} \quad (2.38)$$

Il file di input è rappresentato dal seguente insieme di caratteri e numeri in formato ASCII:

```

"PONTE AD ARCO DI KRK", TUTTO, CARTAFILES
"A:ES2-1.ING", "A:ES2-1.USC"
400,66.6,0,73,73,0
17,2
28,2.5
24,24,24,12.92,10,12.92,1.5,1.5,1.5,6,6,6
0.00000001
120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120,120
    
```

La prima riga contiene il titolo, la stringa STAMPA\$ e la stringa STAMPARIS\$. Come si vede, i dati di ingresso verranno stampati, memorizzati su file, e scorreranno

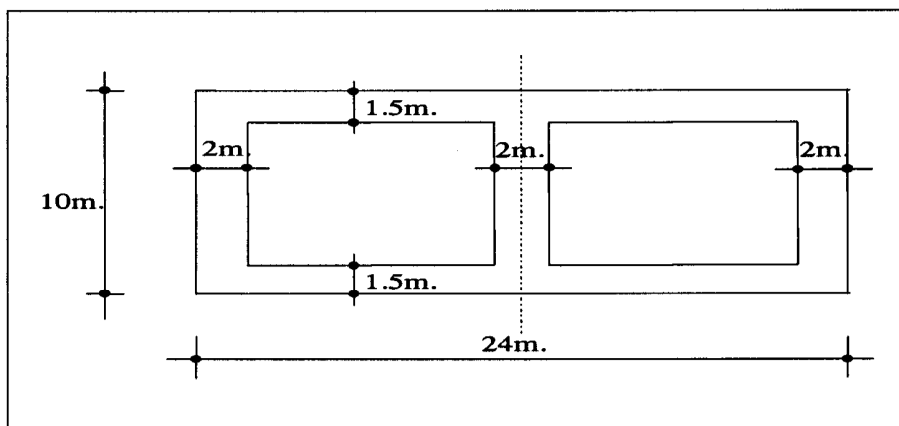


Figura 2.6- La sezione retta in chiave dell'arco di Krk

sullo schermo, mentre i dati di uscita saranno stampati e memorizzati su file. Di conseguenza, in riga due si legge il nome del file su cui verranno memorizzati i dati di ingresso, ed il file su verranno trasferiti i risultati. Come regola, nel libro si è adottata l'estensione .DAT per il file di dati, l'estensione .ING per i file contenenti i dati, e l'estensione .USC per i file contenenti i risultati, ma può ovviamente scegliersi un'altra estensione. Nella riga successiva si trovano il numero n dei tratti tra le stilate ed il numero m dei tronchi per ciascun tratto, e così via. I ritorni a capo sono opzionali, ma è opportuno non inserire righe vuote.

Il file dei dati di ingresso si presenterà come segue:

```

=====
PROGRAMMA AF - TRACCIAMENTO ASSE FUNICOLARE
PONTE AD ARCO DI KRK
=====
NOME DEL FILE DATI = A:\CAP2\ES2-1.DAT
LUCE DELL'ARCO = 400
FRECCIA DELL'ARCO = 66.6
RIALZO A DESTRA = 0
QUOTA DELL'ESTREMO DESTRO DELLA TRAVE = 73
QUOTA DELL'ESTREMO SINISTRO DELLA TRAVE = 73
MONTA DELLA TRAVE = 0
NUMERO DI TRATTI = 17
NUMERO DEI CONCI PER TRATTO = 2
PESO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO DELLA TRAVE = 28
PESO SPECIFICO DEL MATERIALE DELL'ARCO = 2.5

```

LARGHEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A SINISTRA = 24
 LARGHEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO AL CENTRO = 24
 LARGHEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A DESTRA = 24
 ALTEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A SINISTRA = 12.92
 ALTEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO AL CENTRO = 10
 ALTEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A DESTRA = 12.92
 SPESSORE DELLA SOLETTA A SINISTRA = 1.5
 SPESSORE DELLA SOLETTA AL CENTRO = 1.5
 SPESSORE DELLA SOLETTA A DESTRA = 1.5
 SPESSORE COMPLESSIVO DELLE NERVATURE A SINISTRA = 6
 SPESSORE COMPLESSIVO DELLE NERVATURE AL CENTRO = 6
 SPESSORE COMPLESSIVO DELLE NERVATURE A DESTRA = 6
 ERRORE TOLLERATO NEL CALCOLO ITERATIVO = .00000001

=====

=

= TABELLA DEI PESI DELLE STILATE =

=

=====

STILATA	PESO UNITARIO
1	0
2	120
3	120
4	120
5	120
6	120
7	120
8	120
9	120
10	120
11	120
12	120
13	120
14	120
15	120
16	120
17	120
18	0

=====

=

= ORDINATE INIZIALI DELL'ASSE DELL'ARCO =

=

CONCIO	COORD. Y	COORD. Z
1	0	0
2	11.7647058823529	7.60484429065744
3	23.5294117647059	14.7487889273356
4	35.2941176470588	21.4318339100346
5	47.0588235294118	27.6539792387543
6	58.8235294117647	33.4152249134948
7	70.5882352941177	38.7155709342561
8	82.3529411764706	43.5550173010381
9	94.1176470588235	47.9335640138408
10	105.882352941177	51.8512110726644
11	117.647058823529	55.3079584775086
12	129.411764705882	58.3038062283737
13	141.176470588235	60.8387543252595
14	152.941176470588	62.9128027681661
15	164.705882352941	64.5259515570934
16	176.470588235294	65.6782006920415
17	188.235294117647	66.3695501730104
18	200	66.6
19	211.764705882353	66.3695501730104
20	223.529411764706	65.6782006920415
21	235.294117647059	64.5259515570934
22	247.058823529412	62.9128027681661
23	258.823529411765	60.8387543252595
24	270.588235294118	58.3038062283737
25	282.352941176471	55.3079584775086
26	294.117647058824	51.8512110726644
27	305.882352941177	47.9335640138408
28	317.647058823529	43.5550173010381
29	329.411764705882	38.715570934256
30	341.176470588235	33.4152249134948
31	352.941176470588	27.6539792387543
32	364.705882352941	21.4318339100346
33	376.470588235294	14.7487889273356
34	388.235294117647	7.60484429065743
35	400	0

mentre quello dei risultati fornirà:

40 *Le strutture ad arco*

```

=====
=
=          ORDINATE FINALI DELL'ASSE DELL'ARCO          =
=
=====

```

CONCIO	COORD. Y	COORD. Z
1	0	0
2	11.7647058823529	8.62083625695182
3	23.5294117647059	16.7973335025389
4	35.2941176470588	23.8464544250604
5	47.0588235294118	30.4889173145488
6	58.8235294117647	36.1927378977988
7	70.5882352941177	41.5181016707906
8	82.3529411764706	46.0549169977877
9	94.1176470588235	50.2342426106003
10	105.882352941177	53.7423847761102
11	117.647058823529	56.9084093786896
12	129.411764705882	59.4923690477752
13	141.176470588235	61.7451539054102
14	152.941176470588	63.4800528277134
15	164.705882352941	64.891089559284
16	176.470588235294	65.82580314082
17	188.235294117647	66.4408516752473
18	200	66.6
19	211.764705882353	66.4408516752473
20	223.529411764706	65.82580314082
21	235.294117647059	64.891089559284
22	247.058823529412	63.4800528277133
23	258.823529411765	61.7451539054102
24	270.588235294118	59.4923690477752
25	282.352941176471	56.9084093786895
26	294.117647058824	53.7423847761102
27	305.882352941177	50.2342426106003
28	317.647058823529	46.0549169977877
29	329.411764705882	41.5181016707906
30	341.176470588235	36.1927378977987
31	352.941176470588	30.4889173145487
32	364.705882352941	23.8464544250604
33	376.470588235294	16.7973335025388
34	388.235294117647	8.62083625695182

35	400	0	
=====			
=			=
=	FORZE TRASMESSE DALLE STILATE		=
=			=
=====			

STILATA	FORZA TRASMESSA
1	0
2	7403.14317240869
3	5760.15247041017
4	4436.64997479375
5	3390.71317057912
6	2589.81356890112
7	2009.40465269515
8	1631.89265277532
9	1445.92131696973
10	1445.92131696973
11	1631.89265277532
12	2009.40465269515
13	2589.81356890111
14	3390.71317057912
15	4436.64997479374
16	5760.15247041016
17	7403.14317240869
18	0

=====			
=			=
=	PESI PROPRII DEI CONCI		=
=			=
=====			

CONCIO	PESO
1	4758.57769943086
2	4604.86967675924
3	4345.76966847583
4	4223.63566173702
5	4035.83928337462
6	3939.2885725562
7	3804.30013448966

42 *Le strutture ad arco*

8	3728.99323089643
9	3633.26515480233
10	3576.09462464161
11	3509.99030625979
12	3468.77554599576
13	3425.69887640047
14	3398.96990689474
15	3374.68610001222
16	3361.53730161135
17	3353.69374670361
18	3353.69374670361
19	3361.53730161135
20	3374.68610001222
21	3398.96990689474
22	3425.69887640047
23	3468.77554599576
24	3509.99030625979
25	3576.09462464161
26	3633.26515480233
27	3728.99323089642
28	3804.30013448966
29	3939.28857255621
30	4035.83928337462
31	4223.635661737
32	4345.76966847584
33	4604.86967675925
34	4758.57769943086

=====
 =
 = CARICHI VERTICALI SULLE DIVIDENTI =
 =
 =====

DIVIDENTE	FORZA
1	0
2	4681.72368809505
3	11878.4628450262
4	4284.70266510642
5	9889.88994296598
6	3987.56392796541
7	8308.44432831668

2. L'arco come funicolare del peso proprio 43

8	3766.64668269305
9	7071.8423634285
10	3604.67988972197
11	6132.85603435181
12	3489.38292612778
13	5456.64186389326
14	3412.3343916476
15	5018.7206562288
16	3368.11170081178
17	4803.53684112721
18	3353.69374670361
19	4803.53684112721
20	3368.11170081178
21	5018.72065622879
22	3412.3343916476
23	5456.64186389326
24	3489.38292612777
25	6132.85603435181
26	3604.67988972197
27	7071.8423634285
28	3766.64668269304
29	8308.44432831667
30	3987.56392796541
31	9889.88994296597
32	4284.70266510642
33	11878.4628450262
34	4681.72368809505
35	0

TEMPO DI ESECUZIONE = 7.5703125 SEC.

RUN DEL 09-05-1994 ORE 15:44:23

Si ha poi:

$$H = \pm 118604 t. \quad V = -93211 t. \quad (2.39)$$

Appendice 2.1. Il programma AF

```
DEFDBL A-Z
DECLARE SUB PostProcessing ()
DECLARE SUB UscitaDati ()
DECLARE SUB UscitaRisultati ()
DECLARE SUB IngressoDati ()
DECLARE SUB IngressoDatiArray ()
DECLARE SUB OpenFiles ()
DECLARE SUB Funic ()
REM *****
REM *
REM *          P R O G R A M M A      A F          *
REM *
REM *          di                      *
REM *
REM *          V I N C E N Z O      F R A N C I O S I      *
REM *
REM *          Release 1.0.0. Gennaio 1988 (in BASIC HP)      *
REM *          Release 3.0.1. Agosto 1994 (in Microsoft QBasic) *
REM *
REM *****
REM
REM *****
REM *
REM *          Questo programma traccia l'asse di un arco da ponte come      *
REM *          funicolare del peso proprio.                                *
REM *
REM *****
REM
OPTION BASE 1
REM
REM *****
REM *
```

```

REM *                                C O M M O N                                *
REM *                                *                                          *
REM *****
REM
COMMON SHARED T, CONC, TRAT, PES1, LUCE, QUOS, QUOD, FRET
COMMON SHARED PES2, RIAL, FREC, ITER1, ITER2, ERRO, TIME2
COMMON SHARED LARS, LARC, LARD, ALTS, ALTC, ALTD
COMMON SHARED SPES, SPEC, SPED, SPTS, SPTC, SPTD
COMMON SHARED FSTI() AS DOUBLE, QARC() AS DOUBLE
COMMON SHARED FVER() AS DOUBLE, PESI() AS DOUBLE
COMMON SHARED WEIG() AS DOUBLE, QOLD() AS DOUBLE
COMMON SHARED TITLE$, STAMPA$, STAMPARIS$, FILEINGR$
COMMON SHARED FILEUSC$, FILEINPUT$
REM
REM *****
REM *                                *                                          *
REM *          D I M E N S I O N   A R R A Y   S T A T I C I          *
REM *                                *                                          *
REM *****
REM
DIM TITLE$(100), TITLE1$(100), STAMPA$(10), STAMPARIS$(10)
DIM FILEINGR$(30), FILEUSC$(30), FILEINPUT$(30)
REM
REM *****
REM *                                *                                          *
REM *          D E F I N I S C E   A L C U N E   L E G G I   D I   V A R I A Z I O N E   P E R   L ' A S S E   *
REM *          D E L L ' A R C O , M O N T A   D E L L A   T R A V E , E T C .   *
REM *                                *                                          *
REM *****
REM
DEF FNQ (Z) = RIAL * Z / LUCE + 4 * FREC / LUCE ^ 2 * Z * (LUCE - Z)
DEF FNA (Z) = LARS + (LARD - LARS) / LUCE * Z - 4 * (LARS + (LARD -
LARS) / 2 - LARC) / LUCE ^ 2 * Z * (LUCE - Z)
DEF FNB (Z) = ALTS + (ALTD - ALTS) / LUCE * Z - 4 * (ALTS + (ALTD -
ALTS) / 2 - ALTC) / LUCE ^ 2 * Z * (LUCE - Z)
DEF FNC (Z) = SPTS + (SPTD - SPTS) / LUCE * Z - 4 * (SPTS + (SPTD - SPTS)
/ 2 - SPTC) / LUCE ^ 2 * Z * (LUCE - Z)
DEF FNS (Z) = SPES + (SPED - SPES) / LUCE * Z - 4 * (SPES + (SPED - SPES)
/ 2 - SPEC) / LUCE ^ 2 * Z * (LUCE - Z)
CLS
REM
REM *****

```

```

REM *
REM *          LEGGE IL NOME DEL FILE DI INPUT DATI          *
REM *
REM *****
REM
PRINT "NOME DEL FILE DI INPUT"
INPUT FILEINPUT$
TIME1 = TIMER
OPEN FILEINPUT$ FOR INPUT AS #7
REM _____
REM CHIAMA LA SUBROUTINE PER L'INGRESSO DEI DATI
REM _____
CALL IngressoDati
T = TRAT * CONC
REM
REM *****
REM *
REM *          REDIMENSION ARRAY DINAMICI          *
REM *
REM *****
REM
REDIM WEIG(TRAT + 1) AS DOUBLE
REDIM FSTI(TRAT + 1) AS DOUBLE
REDIM QOLD(T + 1) AS DOUBLE
REDIM QARC(T + 1) AS DOUBLE
REDIM PESI(T) AS DOUBLE
REDIM FVER(T + 1) AS DOUBLE
REM _____
REM CHIAMA LA SUBROUTINE PER L'INGRESSO DEI DATI IN ARRAY
REM _____
CALL IngressoDatiArray
REM
REM *****
REM *
REM *          CALCOLA LE ORDINATE DELL'ASSE PARABOLICO INIZIALE          *
REM *
REM *****
REM
FOR I = 1 TO T + 1
    QOLD(I) = FNQ(LUCE / T * (I - 1))
NEXT I
REM _____

```

```

REM CHIAMA LA SUBROUTINE PER STAMPARE I DATI DI INGRESSO
REM _____
TIME2 = TIMER - TIME1
CALL UscitaDati
TIME1 = TIMER
REM
REM *****
REM *
REM *          COMINCIA IL CALCOLO ITERATIVO          *
REM *
REM *****
REM
DO
  REM _____
  REM Chiama la subroutine FUNIC, che calcola le quote corrispondenti
  REM a momenti flettenti nulli
  REM _____
  CALL Funic
  REM
  REM *****
  REM
  REM *****
  REM *
  REM *          CALCOLA LA NORMA DELL'ERRORE          *
  REM *
  REM *****
  REM
  ERR1 = 0
  FOR I = 2 TO T
    ERR1 = ERR1 + (QOLD(I) - QARC(I)) ^ 2
  NEXT I
  ERR1 = SQR(ERR1) / LUCE / (T - 1)
  FOR I = 2 TO T
    QOLD(I) = QARC(I)
  NEXT I
  REM
  REM *****
  REM *
  REM *          LOOP FINCHE' L'ERRORE NON E' PIU' PICCOLO DELLA
  REM *          QUANTITA' PREFISSATA
  REM *
  REM *****

```


50 *Le strutture ad arco*

```

FOR I = 1 TO T
  S = SQR((QOLD(I + 1) - QOLD(I)) ^ 2 + LUCE ^ 2/T ^ 2) 'cfr 2.16
  Z = LUCE * (2 * I - 1) / 2 / T 'cfr 2.18
  A = FNA(Z) * FNB(Z) - (FNA(Z) - FNC(Z)) * (FNB(Z) - 2 * FNS(Z)) 'cfr 2.17
  PESI(I) = A * S * PES2
NEXT I
M1 = 0
FOR I = 1 TO (TRAT + 1) / 2
  M1 = M1 + FSTI(I) * LUCE / TRAT * (I - 1)
NEXT I
FOR I = 1 TO T / 2
  M1 = M1 + PESI(I) * (LUCE / T * (I - 1) + LUCE / T / 2)
NEXT I
M2 = 0
FOR I = (TRAT + 3) / 2 TO TRAT
  M2 = M2 + FSTI(I) * LUCE / TRAT * (I - 1)
NEXT I
FOR I = T / 2 + 1 TO T
  M2 = M2 + PESI(I) * (LUCE / T * (I - 1) + LUCE / T / 2)
NEXT I
F1 = 0
FOR I = (TRAT + 3) / 2 TO TRAT
  F1 = F1 + FSTI(I)
NEXT I
FOR I = T / 2 + 1 TO T
  F1 = F1 + PESI(I)
NEXT I
F2 = 0
FOR I = 1 TO TRAT
  F2 = F2 + FSTI(I)
NEXT I
FOR I = 1 TO T
  F2 = F2 + PESI(I)
NEXT I
H = (-M1 + M2 - LUCE * F1) / 2 / FREC 'cfr 2.22
VB = -H * RIAL / LUCE - (M1 + M2) / LUCE 'cfr 2.23
VA = -VB - F2 'cfr 2.24
FOR I = 2 TO T
  M3 = 0
  FOR J = I TO T
    M3 = M3 + PESI(J) * (LUCE / T * (J - I) + LUCE / 2 / T)
  NEXT J

```

```

IF I / CONC - INT(I / CONC) = 0 THEN
  J1 = I / CONC + 1
ELSE
  J1 = INT(I / CONC) + 2
END IF
FOR J = J1 TO TRAT
  M3 = M3 + FSTI(J) * (LUCE / TRAT * (J - 1) - LUCE / T * (I - 1))
NEXT J
QARC(I) = M3 / H + VB / H * (LUCE - LUCE / T * (I - 1)) + RIAL 'cfr 2.27
NEXT I
QARC(T + 1) = RIAL
END SUB

```

SUB IngressoDati

```

REM
REM Subroutine IngressoDati
REM
REM *****
REM *
REM *          I n g r e s s o D a t i
REM *
REM *****
REM
REM *****
REM *
REM *          Questa subroutine si occupa dell'ingresso dei dati non
REM *          organizzati in array
REM *
REM *****
REM
REM *****
REM *
REM *          LEGGE IL TITOLO DELLA STRUTTURA
REM *          IL FLAG DI STAMPA PER LE VARIABILI DI INGRESSO
REM *          IL FLAG DI STAMPA PER LE VARIABILI DI USCITA
REM *          - CARTA → I DATI VENGONO STAMPATI
REM *          - VIDEO → I DATI VENGONO INVIATI A VIDEO
REM *          - FILES → I DATI VENGONO MEMORIZZATI SU
REM *          FILES DA SPECIFICARE
REM *          - VIDEOFILES → I DATI VENGONO INVIATI A
REM *          VIDEO E MEMORIZZATI SU FILES
REM *          - CARTAFILES → I DATI VENGONO STAMPATI

```

```

REM *          CARTA E MEMORIZZATI SU FILES *
REM *    - TUTTO → I DATI VENGONO INVIATI A VIDEO, *
REM *          STAMPATI SU CARTA E MEMORIZZATI SU FILES *
REM * *
REM *****
REM
INPUT #7, TITLE$
INPUT #7, STAMPA$
INPUT #7, STAMPARIS$
IF STAMPA$ = "FILES" OR STAMPA$ = "VIDEOFILES" OR STAMPA$ = "CAR-
  TAFILES" OR STAMPA$ = "TUTTO" THEN
  INPUT #7, FILEINGR$
END IF
IF STAMPARIS$ = "FILES" OR STAMPARIS$ = "VIDEOFILES" OR STAM-
  PARIS$ = "CARTAFILES" OR STAMPARIS$ = "TUTTO" THEN
  INPUT #7, FILEUSC$
END IF
CALL OpenFiles
REM
REM *****
REM * *
REM * LEGGE: *
REM * LUCE Luce dell'arco *
REM * FREC Freccia dell'arco *
REM * RIAL Rialzo a destra *
REM * QUOS Quota all'estremo di sinistra *
REM * QUOD Quota all'estremo di destra *
REM * FRET Freccia della trave *
REM * TRAT Numero di tratti (dispari) *
REM * CONC Numero di conci in ogni tratto (>1) *
REM * PES1 Peso uniformemente distribuito della trave *
REM * PES2 Peso specifico del materiale dell'arco *
REM * LARS Larghezza della sezione retta dell'arco a sinistra *
REM * LARC Larghezza della sezione retta dell'arco al centro *
REM * LARD Larghezza della sezione retta dell'arco a destra *
REM * ALTS Altezza della sezione retta dell'arco a sinistra *
REM * ALTC Altezza della sezione retta dell'arco al centro *
REM * ALTD Altezza della sezione retta dell'arco a destra *
REM * SPES Spessore della soletta superiore o inferiore *
REM * della sezione retta a sinistra *
REM * SPEC Spessore della soletta superiore o inferiore *
REM * della sezione retta al centro. *

```

2. L'arco come funicolare del peso proprio 53

```

REM *      SPED   Spessore della soletta superiore o inferiore          *
REM *      della sezione retta a destra                               *
REM *      SPTS   Spessore complessivo dei timpani dell'arco a sinistra *
REM *      SPTC   Spessore complessivo dei timpani dell'arco al centro *
REM *      SPTD   Spessore complessivo dei timpani dell'arco a destra *
REM *      ERRO   Errore ammesso nel procedimento iterativo           *
REM *
REM *****
REM
INPUT #7, LUCE, FREC, RIAL, QUOS, QUOD, FRET, TRAT, CONC
INPUT #7, PES1, PES2, LARS, LARC, LARD, ALTS, ALTC, ALTD
INPUT #7, SPES, SPEC, SPED, SPTS, SPTC, SPTD
INPUT #7, ERRO
END SUB

SUB IngressoDatiArray
REM
REM Subroutine IngressoDatiArray
REM *****
REM *
REM *      I n g r e s s o D a t i A r r a y
REM *
REM *****
REM
REM *****
REM *
REM *      Questa subroutine si occupa dell'ingresso dei dati
REM *      organizzati in array
REM *
REM *****
REM
REM *****
REM *
REM *      LEGGE I PESI PER UNITA' DI ALTEZZA DI CIASCUNA STILATA
REM *
REM *****
REM
FOR ITRAT = 2 TO TRAT
  INPUT #7, WEIG(ITRAT)
NEXT ITRAT
WEIG(1) = 0
WEIG(TRAT + 1) = 0

```

END SUB

SUB OpenFiles

REM

REM Subroutine OpenFiles

REM *****

REM * * * * * *

REM * OpenFiles * * * * *

REM * * * * * *

REM *****

REM

REM *****

REM * * * * * *

REM * Questa subroutine apre i buffer di stampa per i dati di * * * * *

REM * ingresso e di uscita * * * * *

REM * * * * * *

REM *****

REM

REM *****

REM * * * * * *

REM * I FLAG DI STAMPA POSSONO AVERE I SEGUENTI VALORI * * * * *

REM * - CARTA I DATI VENGONO STAMPATI * * * * *

REM * - VIDEO I DATI VENGONO INVIATI A VIDEO * * * * *

REM * - FILES I DATI VENGONO MEMORIZZATI SU * * * * *

REM * FILES DA SPECIFICARE * * * * *

REM * - VIDEOFILES I DATI VENGONO INVIATI A VIDEO E * * * * *

REM * MEMORIZZATI SU FILES * * * * *

REM * - CARTAFILES I DATI VENGONO STAMPATI SU CARTA E * * * * *

REM * MEMORIZZATI SU FILES * * * * *

REM * - CARTAVIDEO I DATI VENGONO STAMPATI SU CARTA E * * * * *

REM * INVIATI AL VIDEO * * * * *

REM * - TUTTO I DATI VENGONO INVIATI A VIDEO, * * * * *

REM * STAMPATI SU CARTA E MEMORIZZATI * * * * *

REM * SU FILES * * * * *

REM * * * * * *

REM *****

REM

SELECT CASE STAMPA\$

CASE "CARTA"

OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1

ITER1 = 1

CASE "VIDEO"

```
OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #1
ITER1 = 1
CASE "FILES"
  OPEN FILEINGR$ FOR OUTPUT AS #1
  ITER1 = 1
CASE "VIDEOFILES"
  OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #1
  OPEN FILEINGR$ FOR OUTPUT AS #2
  ITER1 = 2
CASE "CARTAFILES"
  OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1
  OPEN FILEINGR$ FOR OUTPUT AS #2
  ITER1 = 2
CASE "CARTAVIDEO"
  OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1
  OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #2
  ITER1 = 2
CASE "TUTTO"
  OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #1
  OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #2
  OPEN FILEINGR$ FOR OUTPUT AS #3
  ITER1 = 3
CASE ELSE
  CLS
  PRINT "OPZIONE NON VALIDA PER IL FLAG DI STAMPA"
  PRINT "NON VERRA' STAMPATO, MOSTRATO O MEMORIZZATO"
  PRINT "ALCUN DATO DI INGRESSO"
  ITER1 = 0
END SELECT
SELECT CASE STAMPARIS$
CASE "CARTA"
  OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 1)
  ITER2 = ITER1 + 1
CASE "VIDEO"
  OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 1)
  ITER2 = ITER1 + 1
CASE "FILES"
  OPEN FILEUSC$ FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 1)
  ITER2 = ITER1 + 1
CASE "VIDEOFILES"
  OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 1)
  OPEN FILEUSC$ FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 2)
```

56 *Le strutture ad arco*

```
    ITER2 = ITER1 + 2
CASE "CARTAFILES"
    OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 1)
    OPEN FILEUSC$ FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 2)
    ITER2 = ITER1 + 2
CASE "CARTAVIDEO"
    OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 1)
    OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 2)
    ITER2 = ITER1 + 2
CASE "TUTTO"
    OPEN "LPT1:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 1)
    OPEN "SCRN:" FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 2)
    OPEN FILEUSC$ FOR OUTPUT AS #(ITER1 + 3)
    ITER2 = ITER1 + 3
CASE ELSE
    CLS
    PRINT "OPZIONE NON VALIDA PER IL FLAG DI STAMPA"
    PRINT "NON VERRA' STAMPATO, MOSTRATO O MEMORIZZATO"
    PRINT "ALCUN DATO DI USCITA"
    ITER2 = 0
END SELECT
END SUB
```

SUB PostProcessing

```
REM *****
REM *
REM *          P o s t P r o c e s s i n g
REM *
REM *****
REM
REM *****
REM *
REM *          Questa subroutine deduce i carichi verticali da far agire
REM *          in corrispondenza delle dividenti, per l'analisi statica
REM *
REM *****
REM
FOR I = 1 TO T - 1
    FVER(I + 1) = (PESI(I + 1) + PESI(I)) / 2
NEXT I
K = 2
FOR I = CONC TO T - 1 STEP CONC
```

```

FVER(I + 1) = FVER(I + 1) + FSTI(K)
K = K + 1
NEXT I
FVER(1) = 0
FVER(T + 1) = 0
END SUB

```

```

SUB UscitaDati
REM
REM Subroutine UscitaDati
REM *****
REM *
REM *           U s c i t a D a t i
REM *
REM *****
REM
REM *****
REM *
REM *           Questa subroutine si occupa dell'uscita (su video, su stampa
REM *           e su file) dei dati di ingresso
REM *
REM *****
REM
FOR ITER = 1 TO ITER1
PRINT #ITER, " ===== "
PRINT #ITER, "PROGRAMMA AF - TRACCIAMENTO ASSE FUNICOLARE"
PRINT #ITER, TITLE$
PRINT #ITER, " ===== "
PRINT #ITER,
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, "NOME DEL FILE DATI = "; FILEINPUT$
PRINT #ITER, "LUCE DELL'ARCO = "; LUCE
PRINT #ITER, "FRECCIA DELL'ARCO = "; FREC
PRINT #ITER, "RIALZO A DESTRA = "; RIAL
PRINT #ITER, "QUOTA ALLA DESTRA DELLA TRAVE = "; QUOD
PRINT #ITER, "QUOTA ALLA SINISTRA DELLA TRAVE = "; QUOS
PRINT #ITER, "MONTA DELLA TRAVE = "; FRET
PRINT #ITER, "NUMERO DI TRATTI = "; TRAT
PRINT #ITER, "NUMERO DEI CONCI PER TRATTO = "; CONC
PRINT #ITER, "PESO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO DELLA TRAVE =
"; PES1
PRINT #ITER, "PESO SPECIFICO DEL MATERIALE DELL'ARCO = "; PES2

```



```

PRINT #ITER, "LARGHEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A SINISTRA = "; LARS
PRINT #ITER, "LARGHEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO NEL CENTRO = "; LARC
PRINT #ITER, "LARGHEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A DESTRA = "; LARD
PRINT #ITER, "ALTEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A SINISTRA = "; ALTS
PRINT #ITER, "ALTEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO AL CENTRO = "; ALTC
PRINT #ITER, "ALTEZZA DELLA SEZIONE RETTA DELL'ARCO A DESTRA = "; ALTD
PRINT #ITER, "SPESSORE DELLA SOLETTA A SINISTRA = "; SPES
PRINT #ITER, "SPESSORE DELLA SOLETTA AL CENTRO = "; SPEC
PRINT #ITER, "SPESSORE DELLA SOLETTA A DESTRA = "; SPED
PRINT #ITER, "SPESSORE COMPLESSIVO DELLE NERVATURE A SINISTRA = "; SPTS
PRINT #ITER, "SPESSORE COMPLESSIVO DELLE NERVATURE AL CENTRO = "; SPTC
PRINT #ITER, "SPESSORE COMPLESSIVO DELLE NERVATURE A DESTRA = "; SPTD
PRINT #ITER, "ERRORE TOLLERATO NEL CALCOLO ITERATIVO = "; ERRO
PRINT #ITER,
REM *****
REM *
REM * PER OGNI STILATA, STAMPA IL PESO PER UNITA' DI ALTEZZA *
REM *
REM *****
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " ===== "
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " =          TABELLA DEI PESI DELLE STILATE          = "
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " ===== "
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " _____ "
PRINT #ITER, "STILATA          PESO UNITARIO          "
PRINT #ITER, " _____ "
PRINT #ITER,
FOR ITRAT = 1 TO TRAT + 1
  PRINT #ITER, USING "###"; TAB(1); ITRAT; TAB(34); WEIG(ITRAT)

```

```

NEXT ITRAT
PRINT #ITER,
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " = ORDINATE INIZIALI DELL'ASSE DELL'ARCO ="
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER, " CONCIO          COORD.Y          COORD.Z "
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER,
FOR I = 1 TO T + 1
    PRINT #ITER, TAB(2); I; TAB(15); LUCE / T * (I - 1); TAB(35); QOLD(I)
NEXT I
NEXT ITER
END SUB

```

```

SUB UscitaRisultati
REM
REM Subroutine UscitaRisultati
REM *****
REM *
REM *          U s c i t a R i s u l t a t i
REM *
REM *****
REM *****
REM *
REM *          Questa subroutine si occupa dell'uscita (su video, su stampa
REM *          e su file) dei risultati
REM *
REM *****
REM
FOR ITER = ITER1 + 1 TO ITER2
    PRINT #ITER,
    PRINT #ITER, " ====="
    PRINT #ITER, " = "
    PRINT #ITER, " = ORDINATE FINALI DELL'ASSE DELL'ARCO ="
    PRINT #ITER, " = "
    PRINT #ITER, " ====="
    PRINT #ITER,

```

```

PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER, "CONCIO          COORD. Y          COORD.Z          "
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER,
FOR I = 1 TO T + 1
  PRINT #ITER, TAB(2); I; TAB(15); LUCE / T * (I - 1); TAB(35); QARC(I)
NEXT I
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " =          FORZE TRASMESSE DALLE STILATE          = "
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER, "STILATA          FORZA TRASMESSA          "
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER,
FOR I = 1 TO T + 1
  PRINT #ITER, TAB(2); I; TAB(15); LUCE / T * (I - 1); TAB(35); QARC(I)
NEXT I
FOR I = 1 TO TRAT + 1
  PRINT #ITER, TAB(2); I; TAB(15); FSTI(I)
NEXT I
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " =          PESI PROPRI DEI CONCI          = "
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER, "CONCIO          PESO          "
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER,
FOR I = 1 TO T
  PRINT #ITER, TAB(2); I; TAB(15); PESI(I)
NEXT I
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER, " = "
PRINT #ITER, " =          CARICHI VERTICALI SULLE DIVIDENTI          = "

```

2. L'arco come funicolare del peso proprio 61

```
PRINT #ITER, " =                               ="
PRINT #ITER, " ====="
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER, "DIVIDENTE           FORZA      "
PRINT #ITER, " _____"
PRINT #ITER,
FOR I = 1 TO T + 1
  PRINT #ITER, TAB(2); I; TAB(15); FVER(I)
NEXT I
PRINT #ITER,
PRINT #ITER, "TEMPO DI ESECUZIONE ="; TIME2; " SEC."
PRINT #ITER, "RUN DEL "; DATE$; " ORE "; TIME$
NEXT ITER
END SUB
```