

A rottura si rilevò la formazione di quattro cerniere plastiche: due agli incastri, una sotto il carico esterno ed una alla sezione di ascissa $x = 2,625$ m (figg. 8-26 e 8-27).

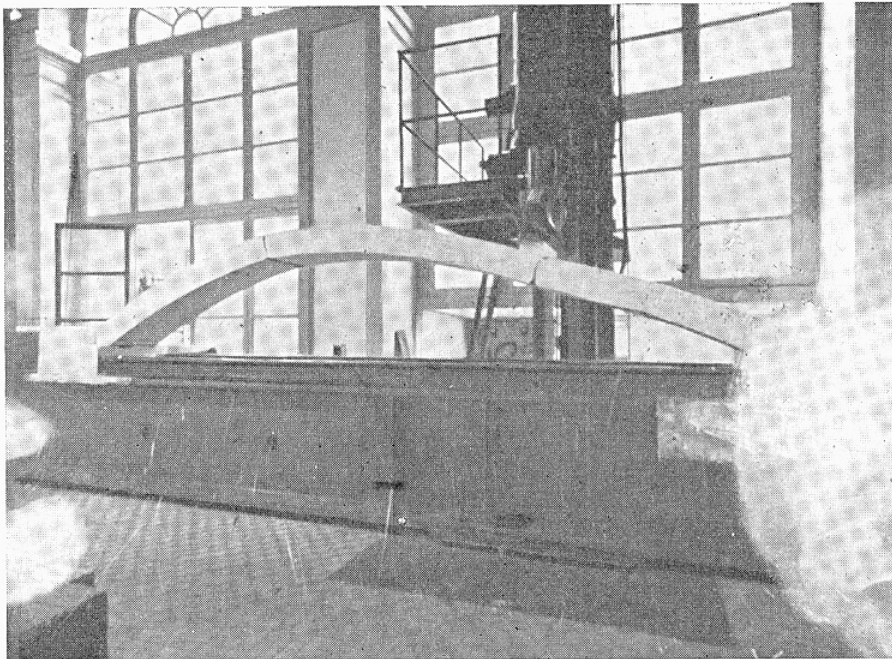


FIG. 8-26

In definitiva si hanno quattro cerniere alle quattro sezioni A, C, D, B di ascissa:

$$x_A = 0 \quad x_C = 0,887 \text{ m} \quad x_D = 2,625 \quad x_B = 3,920 \text{ m}$$

I diagrammi degli abbassamenti a diversi valori del carico sono riportati alla fig. 8-28, quelli a rottura alla fig. 8-29.

Fu eseguito poi il calcolo del coefficiente di sicurezza tenendo conto della presenza contemporanea di sforzo normale e momento flettente.

Nel caso in esame (sezione rettangolare ad armatura simmetrica) la relazione tra N ed M è quadratica:

$$M_o + N \frac{H}{2} \left(1 - \frac{N}{N_{oc}} \right) = M$$

dove

$$N_{oc} = \sigma_{oc} bH$$

è il valore massimo dello sforzo normale in assenza di momento flettente

e M_0 il prodotto dello sforzo massimo σ_{of} A_{of} trasmesso da ciascuna delle armature per le distanze tra baricentro dei ferri tesi e compressi.

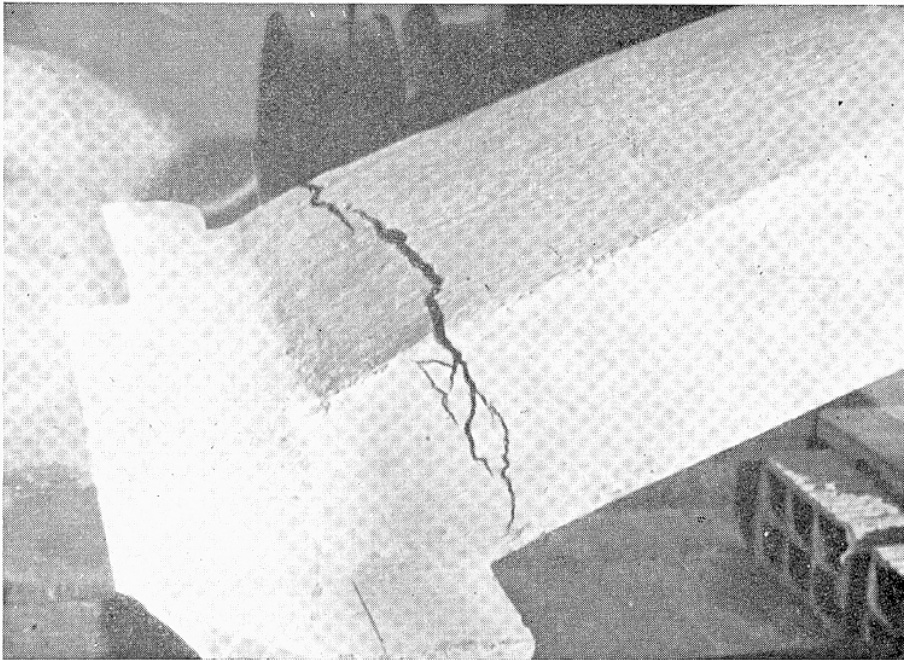


FIG. 8-27 a

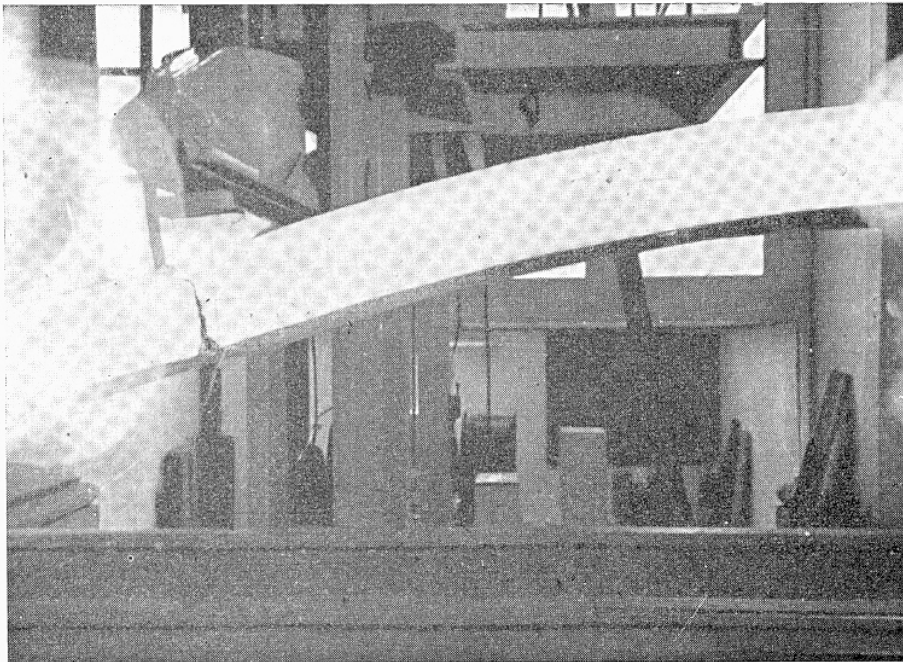


FIG. 8-27 b

Tenendo conto dei seguenti valori:

$$\sigma_{of} = 3800 \text{ Kg/cm}^2 \quad ; \quad \sigma_{oc} = 260 \text{ Kg/cm}^2 \quad ; \quad H = 0,15 \text{ m}$$

la equazione del dominio $M N$ si scrive:

$$708,9750 + 75,0000 N - 0,4807 N^2 = 1000 M$$

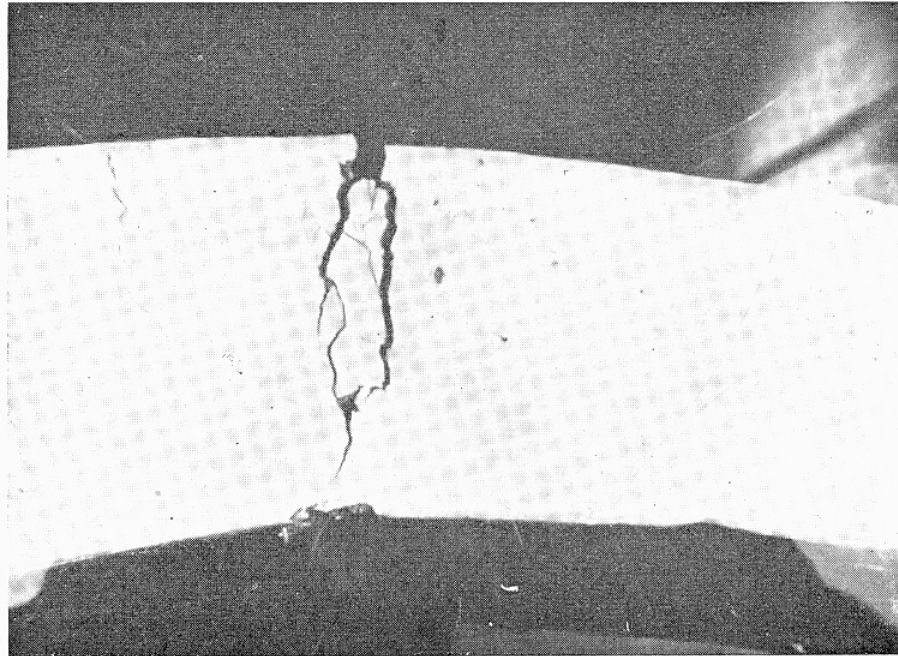


FIG. 8-27 c

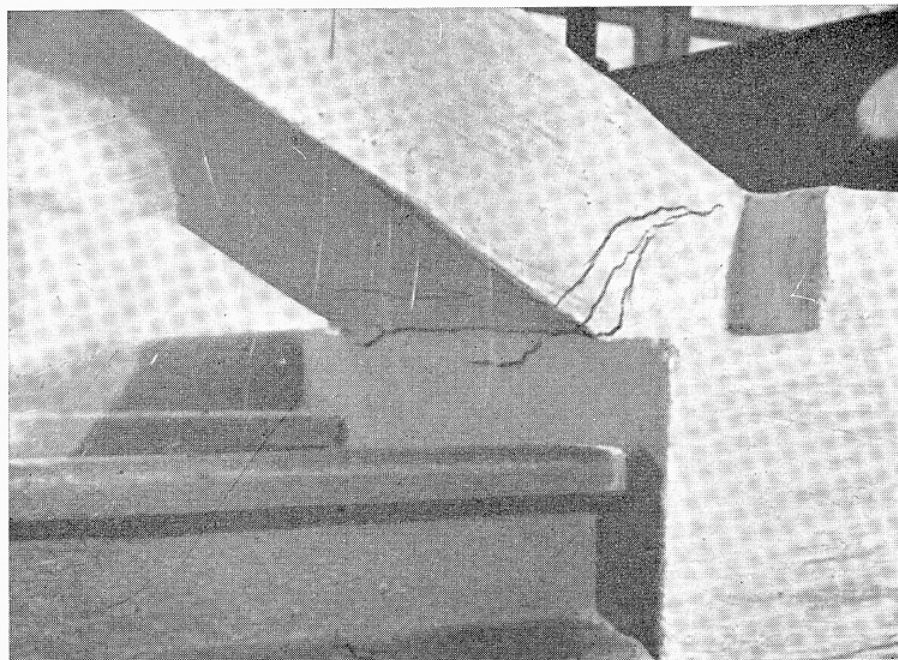


FIG. 8-27 d

Si inizia il calcolo ponendo le quattro cerniere ai due incastri, sotto la forza esterna ed alla sezione di ascissa m 3,432.

Usando di seguito come unità il metro, la tonnellata e le unità derivate, si hanno per le coordinate delle quattro cerniere

A	$x = 0$	$y = 0$
B	$x = 3,920$	$y = 0$
C	$x = 0,8870$	$y = 0,3643$
D	$x = 3,4320$	$y = 0,2268$

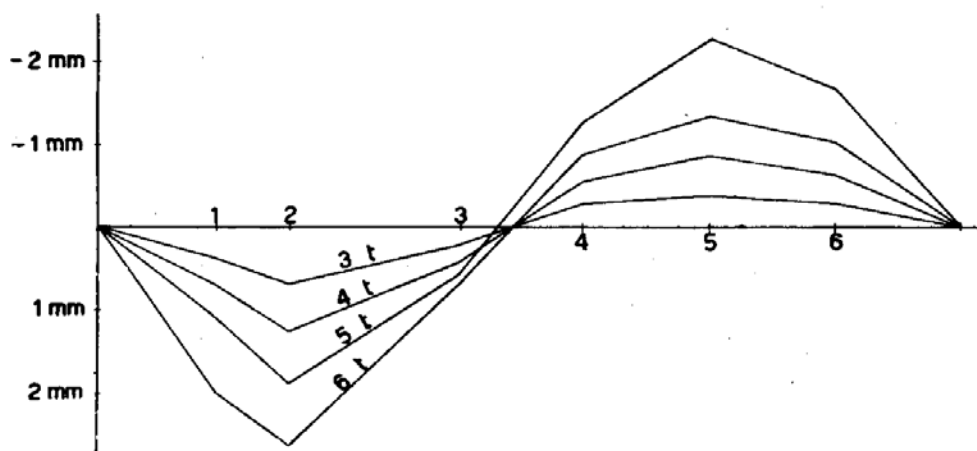


FIG. 8-28

Con il metodo dei cinematismi piani, considerata la struttura compo-

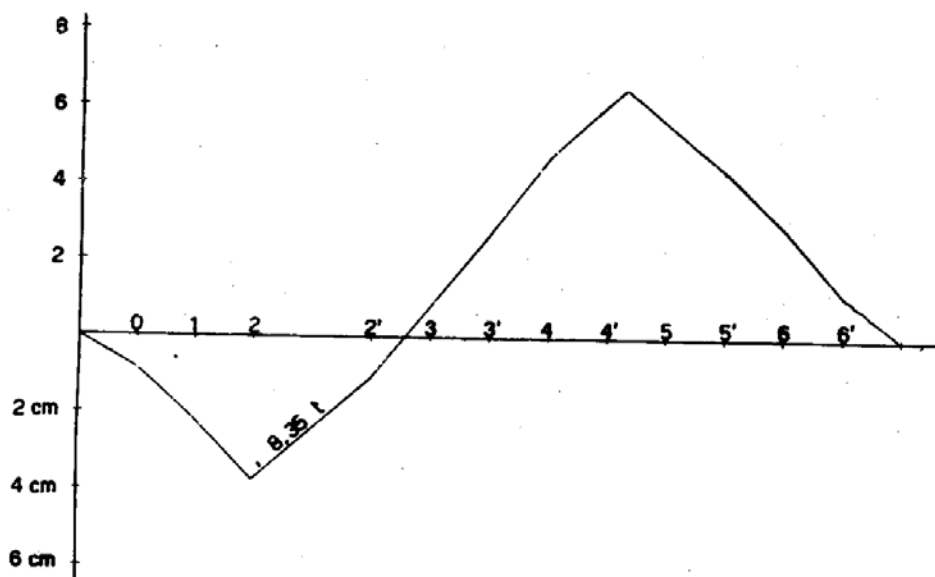


FIG. 8-29

sta dei tre elementi rigidi AC—CD—DB collegati da cerniere, si trac-

cia il diagramma delle componenti verticali degli spostamenti dell'asse (fig. 8-30).

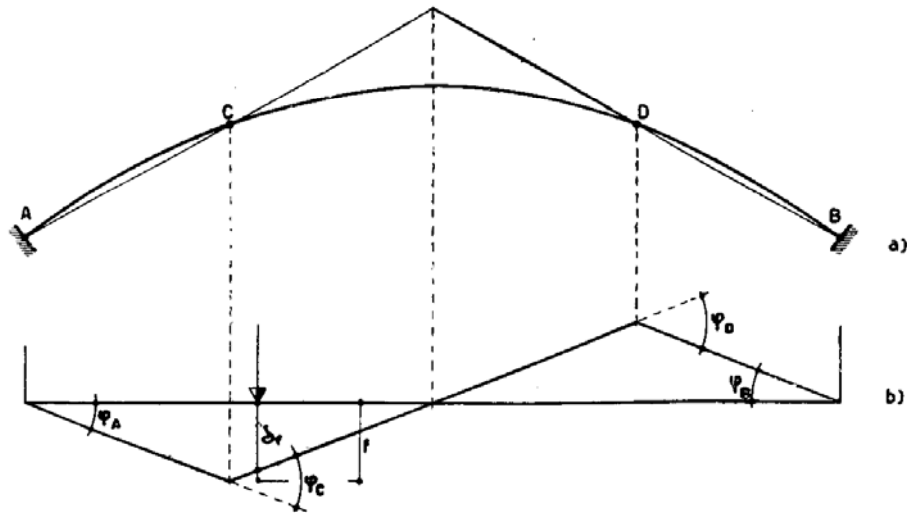


FIG. 8-30

Detti spostamenti sono definiti a meno di una costante: si assegna pertanto unitario l'abbassamento della sezione C, ottenendo gli altri valori:

$$\varphi_A = 1,1274 \quad \varphi_C = 1,9648 \quad \varphi_D = 3,1557 \quad \varphi_B = 2,3183$$

Si inizia ponendo in ciascuna cerniera una coppia di valore unitario. L'applicazione del principio dei lavori virtuali, fornisce il valore della forza P in equilibrio con le coppie suddette.

Risulta:

$$P = - \Sigma M\varphi = 8,5662 .$$

Si ricavano gli sforzi normali nelle quattro sezioni A C D B e da questi, di nuovo, i momenti e si itera il procedimento ottenendo successivamente i valori riportati nella tabella IX.

Può considerarsi esatto, per le cerniere prescelte,

$$P = 20,464 .$$

Come già esposto è necessario costruire il diagramma del momento flettente, e quello del massimo momento sopportabile dalla struttura (in funzione del noto sforzo normale).

TABELLA IX

Sezione	A	C	D	B
N	13,8493	11,0187	11,5730	11,1727
M	1,6555	1,4770	1,5126	1,4869
		P = 12,9888		
N	20,8306	16,5174	17,3460	16,7457
M	2,0627	1,8166	1,8653	1,8301
		P = 16,0238		
N	25,6727	20,3486	21,3691	20,6295
M	2,3176	2,0361	2,0921	2,0516
		P = 17,9716		
N	28,7884	22,8165	23,9608	23,1315
M	2,4697	2,1699	2,2300	2,1866
		P = 19,1542		
N	30,6839	24,3192	25,5388	24,6549
M	2,5576	2,2486	2,3108	2,2659
		P = 19,8467		
N	31,7954	25,2008	26,4646	25,5486
M	2,6076	2,2880	2,3571	2,3113
		P = 20,2318		
N	32,4230	25,7013	26,9889	26,0546
M	2,6353	2,3190	2,3830	2,3367
		P = 20,4646		

Come appare dalla fig. 8-31 il diagramma del momento non è compreso in quello del massimo momento. Si ripete il procedimento ponendo la cerniera D nella sezione di ascissa 2,3520 e ordinata 0,4993 in corrispondenza della quale si è trovato il più grande fra i rapporti M/M_{\max} (vedi fig. 8-31).

Mantenendo unitario l'abbassamento della sezione C, gli altri elementi dello spostamento cinematico sono:

$$\varphi_A = 1,1274 \quad \varphi_C = 2,3395 \quad \varphi_D = 1,7068 \quad \varphi_B = 0,4947 .$$

Si ripete il calcolo seguendo lo schema precedente, partendo da un valore delle coppie limiti pari a 1,5.

I successivi tentativi sono riportati nella tabella X.

TABELLA X

Sezione	A	C	D	B
M	1,5	1,5 $P = 8,5026$	1,5	1,5
N	11,9638	8,9393	9,1700	9,0643
M	1,5375	1,3410 $P = 7,9138$	1,3919	1,3493
N	10,9881	8,1549	8,8600	8,2672
M	1,4750	1,2886 $P = 7,5987$	1,3358	1,2962
N	10,5521	7,8317	8,5058	7,9393
M	1,4469	1,2669 $P = 7,4649$	1,3121	1,2741

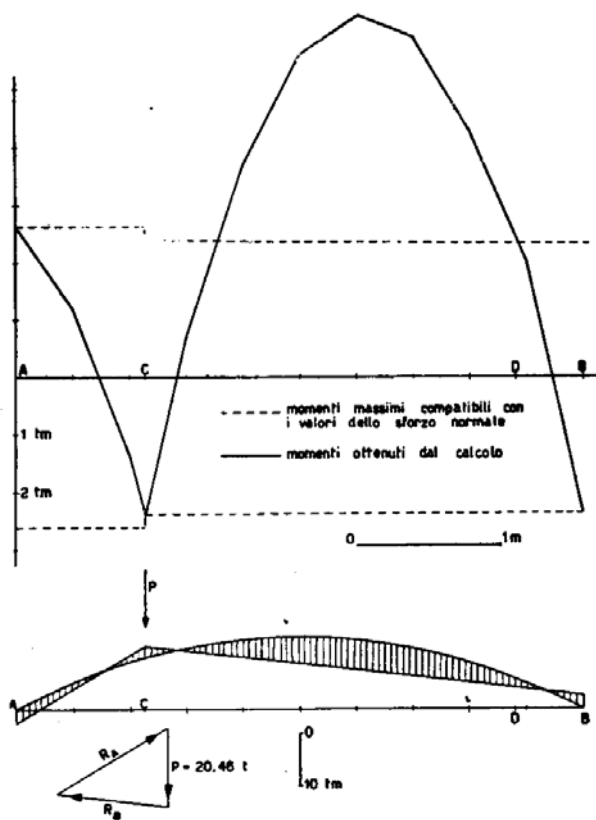


FIG. 8-31

Si può considerare $P = 7,465$.

Costruito il diagramma del momento si riscontra che in ogni sezione il punto rappresentativo $N - M$ è non esterno al dominio di snervamento (vedi fig. 8-32).

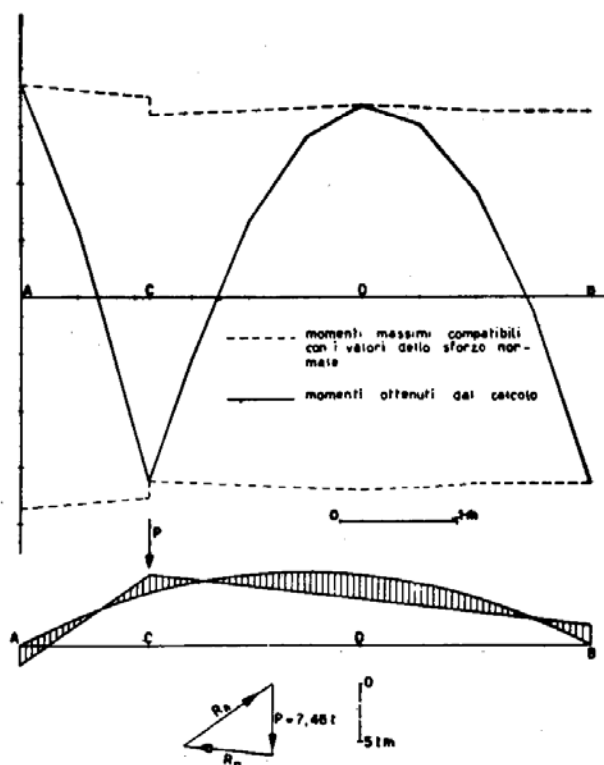


FIG. 8-32

Pertanto il valore teorico del carico di rottura si può considerare pari a 7,465 t.

Il carico teorico di rottura si è tratto assumendo come tensione limite quella di snervamento invece di quella di rottura; esso così risulta del 10 % inferiore a quello sperimentale, e la differenza si può appunto spiegare con la presenza dell'incrudimento. Quest'ultimo non ha potuto dare tutto il suo contributo, a differenza di quanto è avvenuto nei due primi casi.

Si osserva che nelle prove di cui ai §§ 8-2 ed 8-3 il carico reale di rottura è prossimo a quello teorico calcolato attraverso il *limit design* adottando per tensione limite dell'acciaio quella di rottura; invece nella prova del presente paragrafo si è avuta una buona aderenza del risultato sperimentale al dato teorico introducendo in questo la tensione di snervamento. Ciò conferma quanto detto nel capitolo primo, circa l'opportunità di porre la tensione limite pari a quella di snervamento, per compensare — trascurando il benefico effetto dell'incrudimento — gli altri fattori dei quali nel *limit design* non si tiene conto. Dal primo e dal terzo dei tre casi trattati sembrerebbe che nelle strutture in conglomerato sem-

plicemente inflesse si potesse anche fare affidamento su una tensione limite vicina a quella di rottura; nelle strutture in conglomerato pressoinflesse ci si deve invece sempre riferire alla tensione di snervamento. In quanto al Maillart, da un canto è da osservare che in tale struttura una parte — la trave — ha comportamento esclusivamente flessionale; d'altro canto, si è già detto che trascurare il contributo delle cerniere plastiche dei montanti conduce ad un carico teorico più basso del vero; da queste due circostanze particolari dipende l'essere il carico di rottura reale più alto di quello teorico calcolato assumendo la tensione limite pari a quella di rottura. E' perciò senz'altro consigliabile adottare in ogni caso per tensione limite quella di snervamento.

5. Esperienze relative al dominio MN per strutture in conglomerato semplice ed armato.

Una serie di prove eseguite tra il 1958 e 1959 dal *Raithel* e dal *Barbarito* è stata diretta al confronto tra domini di plasticizzazione momento flettente-sforzo normale teorici e sperimentali, e contemporaneamente alla ricerca dell'estensione nel campo plastico delle deformazioni in presenza delle due caratteristiche coesistenti.

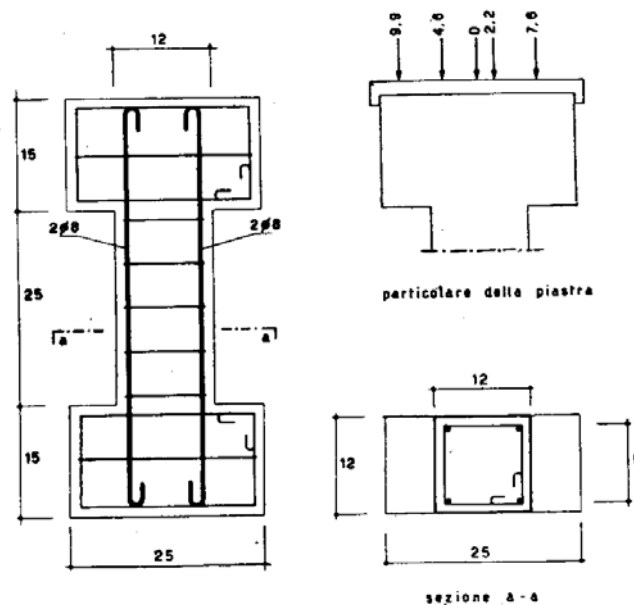


FIG. 8-33

Le esperienze sono state condotte su provini dalle caratteristiche geometriche risultanti dalla fig. 8-33 e costituiti da conglomerato cementizio vibrato.

Per le armature è stato adoperato acciaio Aq 42 con le seguenti caratteristiche:

$$\sigma_s = 3200 \text{ Kg/cm}^2 \qquad \sigma_R = 4500 \text{ Kg/cm}^2$$

allungamento percentuale 28,3 %.

Le caratteristiche del calcestruzzo, invece, si compendiano nella $\sigma_{R28} = 280 \text{ Kg/cm}^2$ e nel diagramma σ - ε di fig. 8-34 da cui è risultato un modulo E variabile da 244000 Kg/cm^2 per $\sigma = 0$, a 127000 Kg/cm^2 in prossimità della rottura.

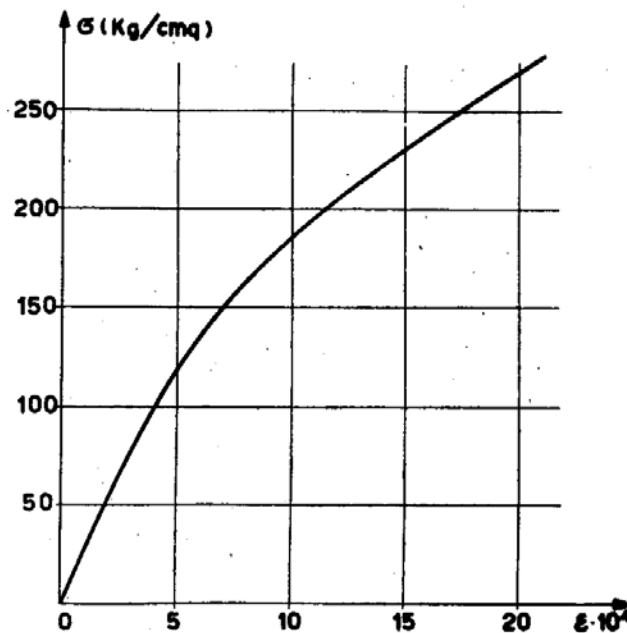


FIG. 8-34

Nelle varie prove si è realizzata per ogni serie di quattro provini una condizione di carico eccentrico caratterizzata dai seguenti valori della eccentricità: $e = 0$; $e = 2,2 \text{ cm}$; $e = 4,6 \text{ cm}$; $e = 7,6 \text{ cm}$; $e = 9,9 \text{ cm}$ oltre a quella di pura flessione. Il carico eccentrico è stato applicato mediante rulli opportunamente alloggiati in corrispondenza delle piastre di carico realizzate come mostrano la fig. 8-33 e la fig. 8-35.

Per ogni serie di provini si è determinato:

1°: il carico di rottura N e quindi in corrispondenza il valore $M_N = N \cdot e$;

2°: la rotazione relativa tra le sezioni estreme del tratto utile e la relativa variazione di distanza mediante due comparatori centesimali disposti come nella fig. 8-35. Dalle letture di questi comparatori si sono dedotti

i valori della curvatura $1/R$. In base ai valori delle tensioni limiti assunte pari a:

$$\sigma_{oc} = \sigma_{R2s} = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_{of} = \sigma_s = 3200 \text{ Kg/cm}^2$$

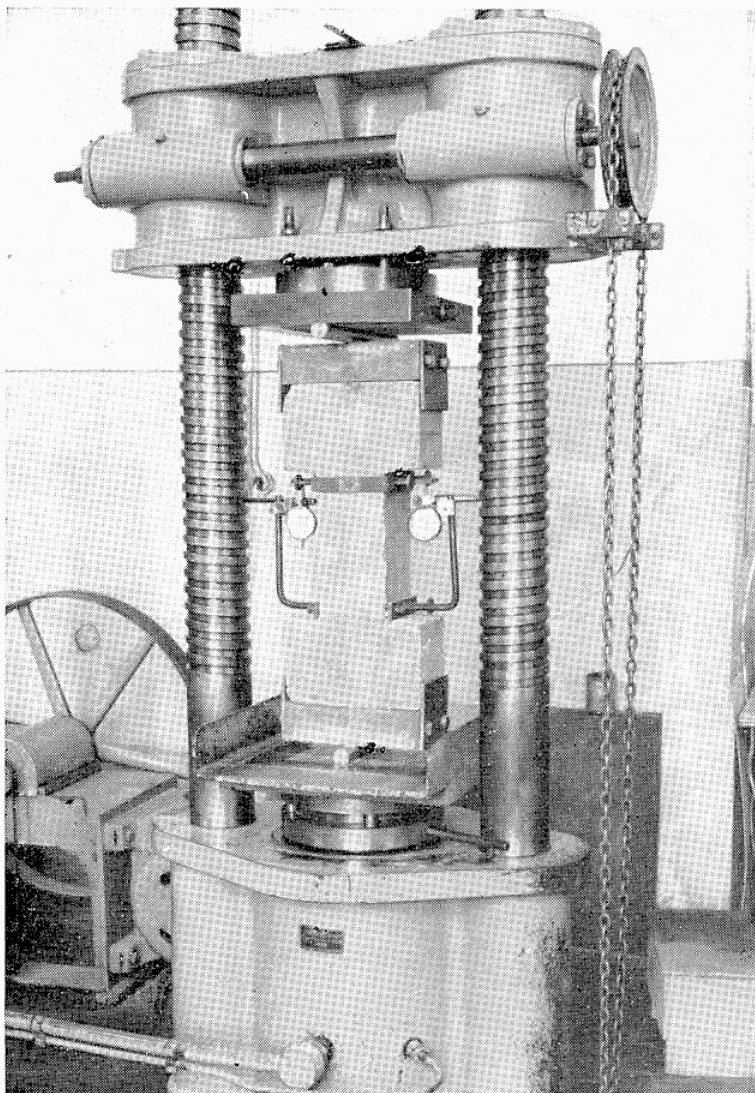


FIG. 8-35

si è determinata la frontiera del dominio definita da:

$$M_N = M_O + N \frac{h}{2} \left(1 - \frac{N}{N_{oc}} \right)$$

ove:

$$M_o = \sigma_o \cdot A_f \cdot h' = 28800 \text{ Kg} \cdot \text{cm} ;$$

$$N_{oc} = \sigma_{oc} \cdot b \cdot h = 40320 \text{ Kg} .$$

Per $N < N_{oc}$, si è proceduto ad una interpolazione lineare fino al punto $N = N_o = N_{oc} + N_{of} = 43520$ Kg cui corrisponde $M_N = 0$. Si è così ottenuto l'andamento teorico del dominio di plasticizzazione riportato in fig. 8-36, definito per $N_{oc} < N < 0$ dall'equazione:

$$M_N = 28800 + 6 N - 0,000149 N^2 .$$

I risultati sperimentali hanno fornito per le diverse eccentricità di prova i valori degli sforzi normali di rottura di seguito riportati unitamen-

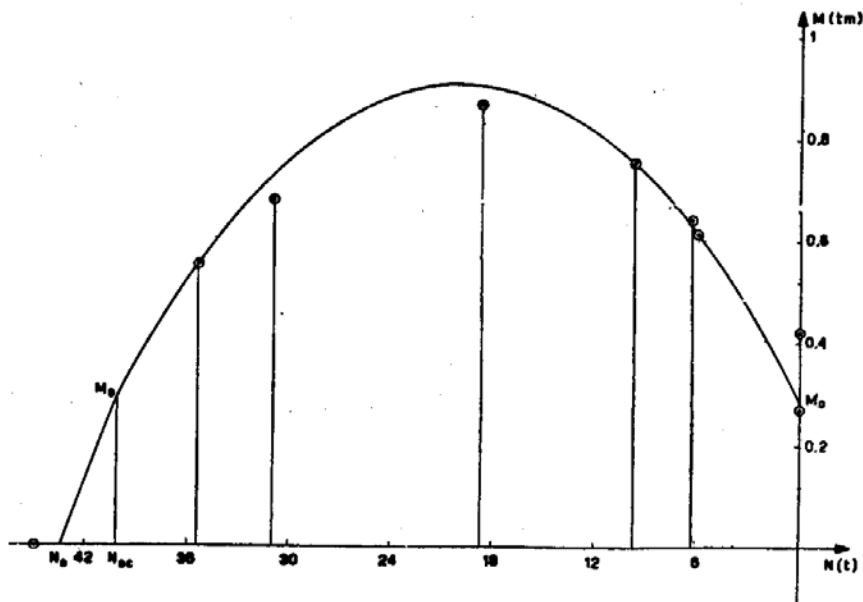


FIG. 8-36

te ai relativi momenti $M_N = N \cdot e$. Nell'ultima colonna sono indicati i valori teorici degli M_N

e	N	$N_N = N \cdot e$	M_N
0,0	45000	0	0
2,2	30900	67980	71934
4,6	18700	86020	88896
7,6	9800	74480	73290
9,9	6200	61380	60273
∞	0	27375	28800

In relazione ai valori sperimentali determinati per le più elevate eccentricità ($e = 9,9$ cm , $e = \infty$) si precisa che i valori riportati sono quelli relativi alla formazione di ampie fessurazioni corrispondenti certamente allo snervamento del ferro. La rottura effettiva si è, invece, verificata per carichi più elevati e precisamente:

e	N	$M_N = N \cdot e$
9,9	6500	64350
∞	0	42000

ed è avvenuta, come per tutte le altre eccentricità, con schiacciamento del calcestruzzo mentre la sollecitazione nel ferro, come è facile verificare con semplici considerazioni di equilibrio, è risultata superiore a $\sigma_{of} = \sigma_s$ ed in particolare nel caso di $e = \infty$ molto vicina a σ_R . Ciò conferma quanto detto in fine del § 8-4. Per quanto riguarda poi il legame sforzi deformazioni si sono tracciate le curve sperimentali sforzo normale-curvatura per $e = \text{cost.}$ riportate in figura 8-37 ed estese fino a valori degli sforzi molto vicini a quelli di rottura dato che nell'ultimo tratto, per l'elevato valore delle deformazioni, queste non sono state più ricavabili.

Dall'esame del dominio teorico di plasticizzazione e dei punti relativi alle medie dei quattro risultati sperimentali di ogni serie di provini (fig. 8-36) si trae una molto confortevole conferma delle risultanze del calcolo; ma soprattutto sembra importante segnalare l'entità delle deformazioni plastiche (fig. 8-37), che permette di guardare con notevole ottimismo al « *limit design* » anche nel caso delle strutture in conglomerato armato pressoinflesse.

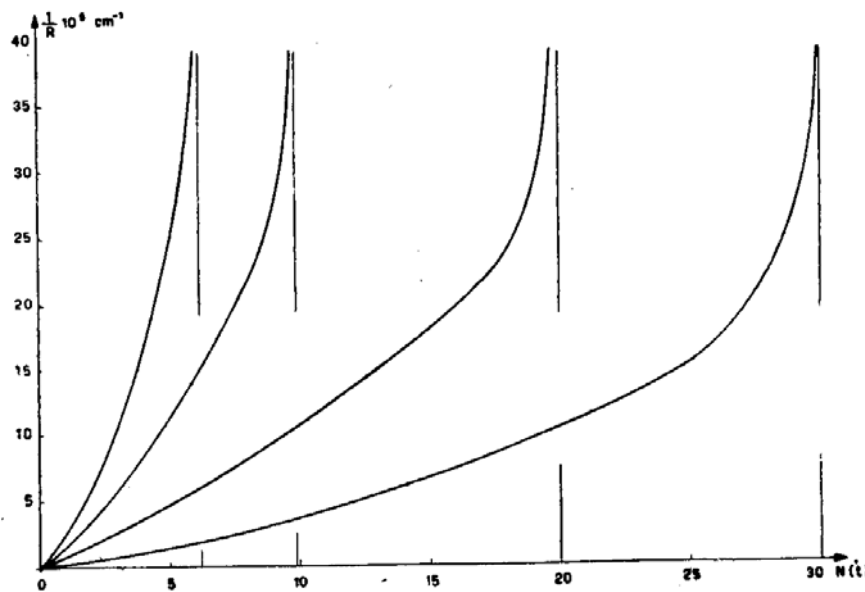


FIG. 8-37

Prove analoghe a quelle ora descritte sono state effettuate dal *Barbarito* nel 1960 su provini non armati. Le dimensioni erano ancora quelle della fig. 8-33; il conglomerato era caratterizzato da un carico unitario di rottura a 28 giorni di 310 Kg/cm^2 , ottenuto dalle prove a schiacciamento su cubetti lato 16 cm, mentre lo stesso carico misurato sui provini in esame, per eccentricità nulla, risultò di 200 Kg/cm^2 . Il dominio teorico

è stato perciò tracciato con tale valore della tensione limite; anzi di tali domini ne sono stati disegnati due (fig. 8-38), uno indicato con la lettera *a*, nell'ipotesi di plasticizzazione del conglomerato compresso e di quello teso (per quest'ultimo assumendo una tensione limite di 10 Kg/cm^2 , ricavata dalle prove a flessione semplice) ed un altro, indicato con lettera *b*, nell'ipotesi di tensione limite a trazione nulla. Si osserva dalla fig. 8-38

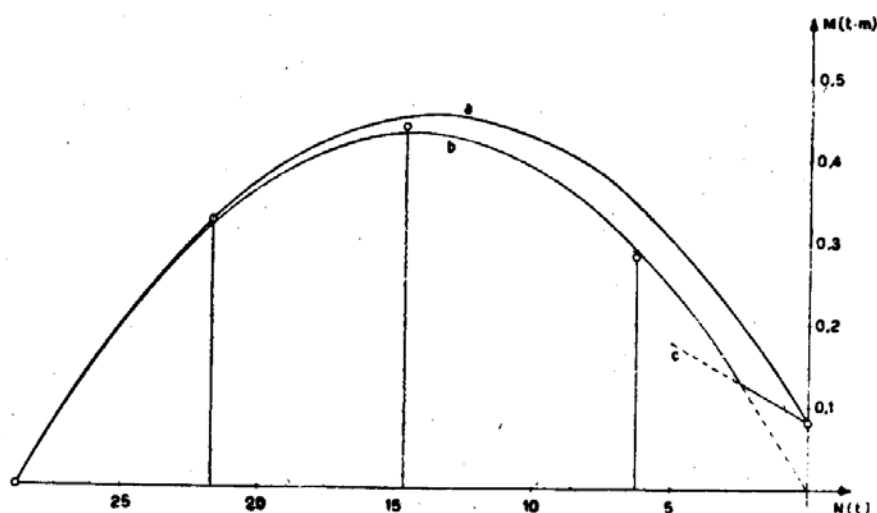


FIG. 8-38

che per piccole eccentricità le due curve sono molto prossime, mentre si discostano all'aumentare delle eccentricità. Nella stessa fig. 8-38 sono riportati i dati sperimentali, ottenuti per le eccentricità $e = 0$, $e = 1,5 \text{ cm}$, $e = 3 \text{ cm}$, $e = 4,5 \text{ cm}$, $e = \infty$; si osserva che delle due la *a* è la più attendibile, almeno per quel che riguarda $e = \infty$. Come era da attendersi, le deformazioni plastiche sono però molto limitate.

6. Esperienze relative al dominio MN per strutture in conglomerato precompresso.

Nel 1961 prove analoghe a quelle del § 8-5 sono state eseguite dal *Barbarito* e dall'*Aiello* su provini in conglomerato precompresso.

Con riferimento alla sezione della fig. 8-39, il tracciamento teorico del dominio di plasticizzazione si esegue conformemente ai dettami del § 4-5 f. In assenza di N_c , il dominio è quello della sezione rettangolare non resistente a trazioni; il contorno è costituito da due archi di parabola, con asse parallelo all'asse N , di ascissa $\sigma_{oc} b h/2$ e freccia $\sigma_{oc} b h^2/8$.

Le due traslazioni di assi, di valore $N_c \cdot e$ ed N_c , portano al dominio della sezione in presenza di N_c (fig. 8-40).

Le esperienze sono state condotte su tre serie di provini, ciascuna

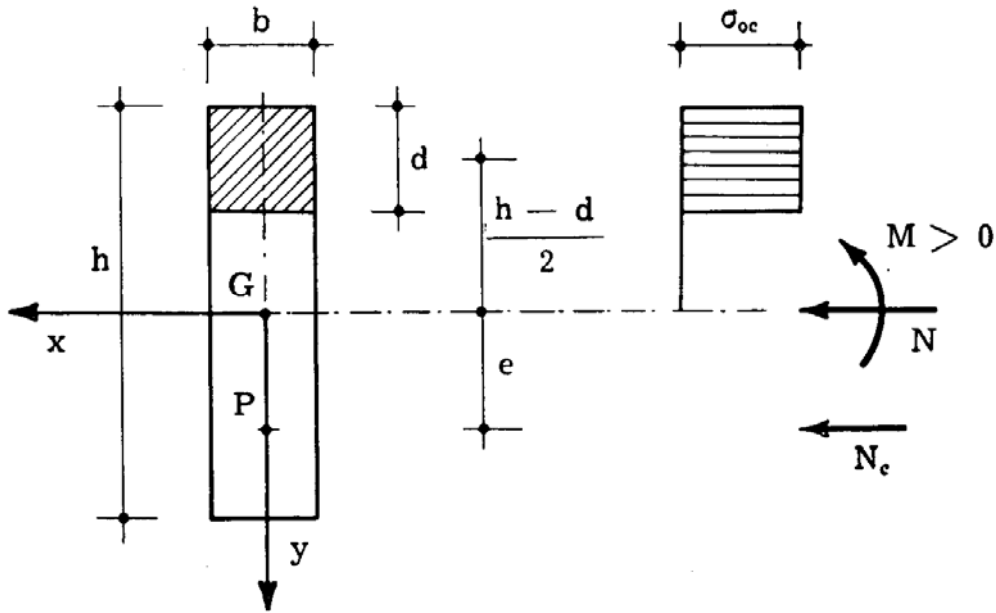


FIG. 8-39

costituita da venticinque esemplari, in conglomerato cementizio con il seguente dosaggio per metro cubo:

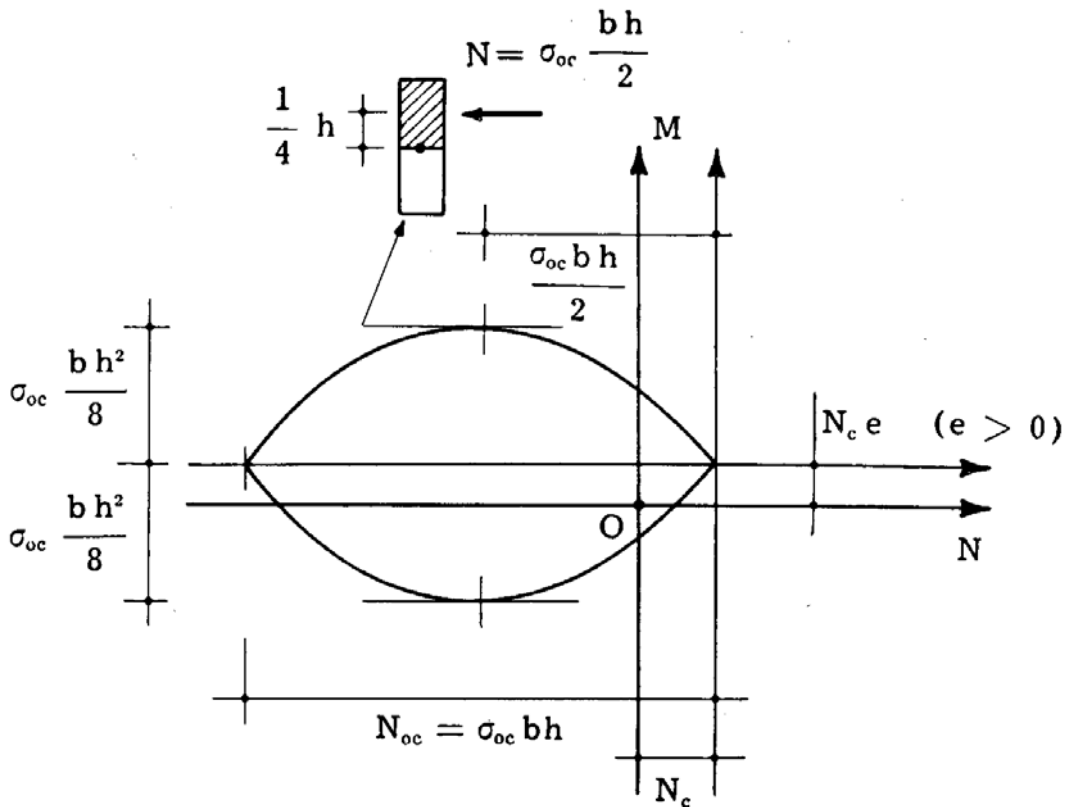


FIG. 8-40

Pietrisco	1000 Kg
Sabbia	800 Kg
Additivo terra inerte	200 Kg
Cemento tipo 680	400 Kg
Acqua	130 litri

vibrati con vibratore Vibro-Verken per tre minuti. Le curve granulometriche,

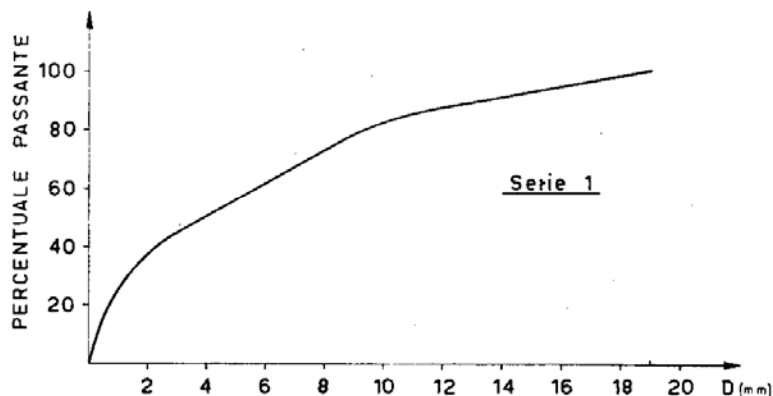


FIG. 8-41 a

triche, ricavate con stacci a maglie quadrate, dei vari impasti sono riportate nelle figg. 8-41 a, b, c; mentre le caratteristiche del cemento, deter-

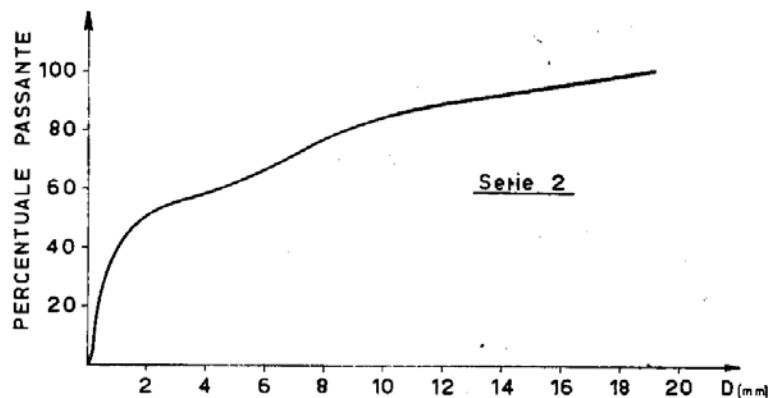


FIG. 8-41 b

tate nelle figg. 8-41 a, b, c; mentre le caratteristiche del cemento, deter-

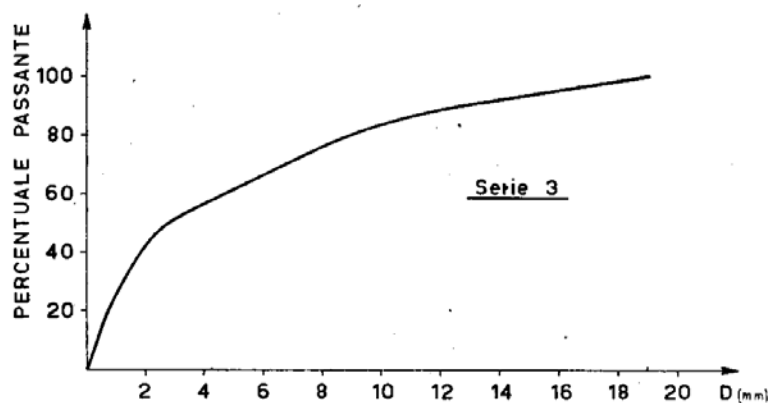


FIG. 8-41 c

minate su malta cemento-sabbia nel rapporto 1/3, con 8 % di acqua, si compendiano nella $\sigma_{Rc28} = 720,50 \text{ Kg/cm}^2$ e $\sigma_{Rt28} = 42,70 \text{ Kg/cm}^2$.

La precompressione, del tipo a cavi aderenti, è stata ottenuta mediante treccioline di acciaio armonico le cui caratteristiche possono dedursi dai

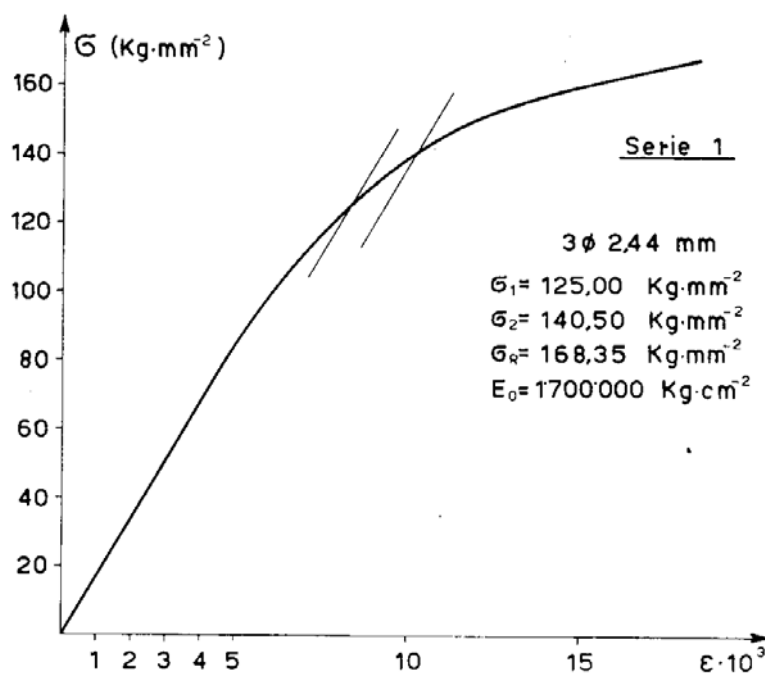


FIG. 8-42 a

diagrammi σ - ϵ delle figg. 8-42 a, b, c. Nel periodo di maturazione dei pro-

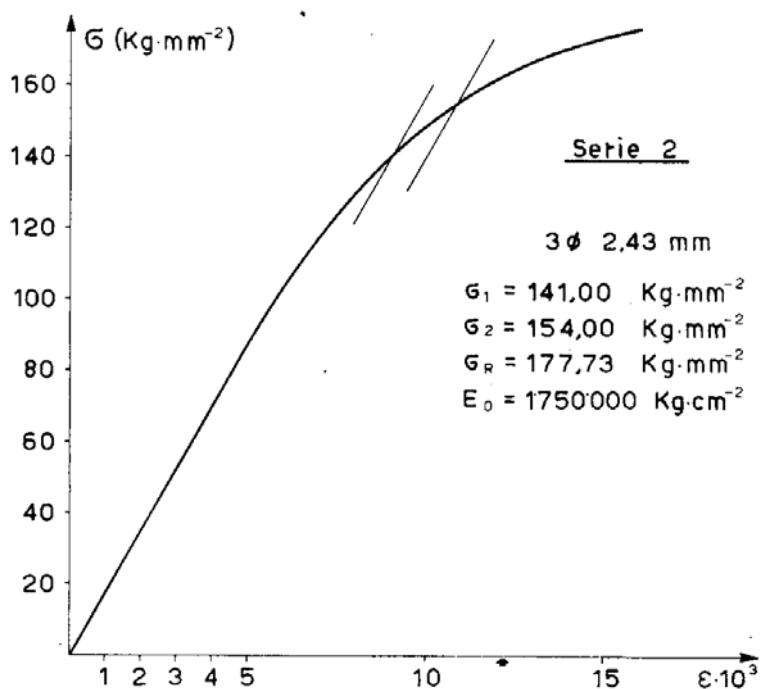


FIG. 8-42 b

vini, avvenuta per i primi tre giorni in ambiente di vapore a temperatura

di circa 25 gradi, si è determinato, ad intervalli regolari, il modulo elastico del conglomerato e lo sforzo di precompressione.

Contemporaneamente ai provini si sono preparati dei cubetti (lato 16

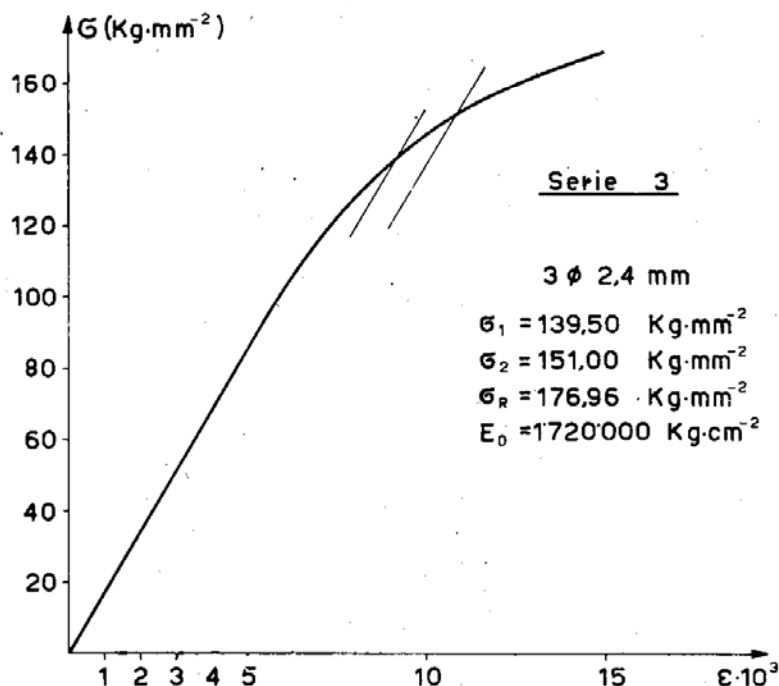


FIG. 8-42 c

centimetri) per la determinazione del carico unitario di resistenza a compressione, che è risultato:

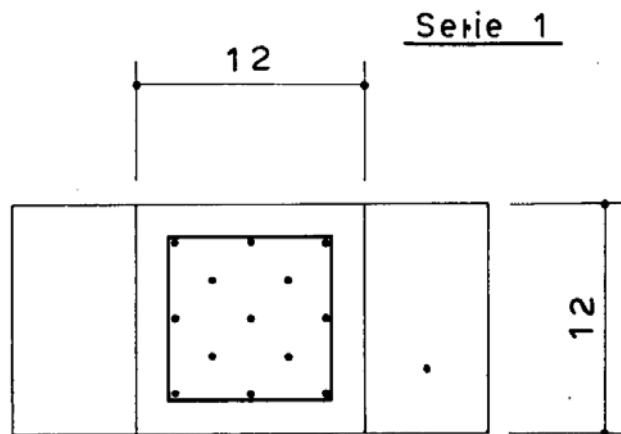
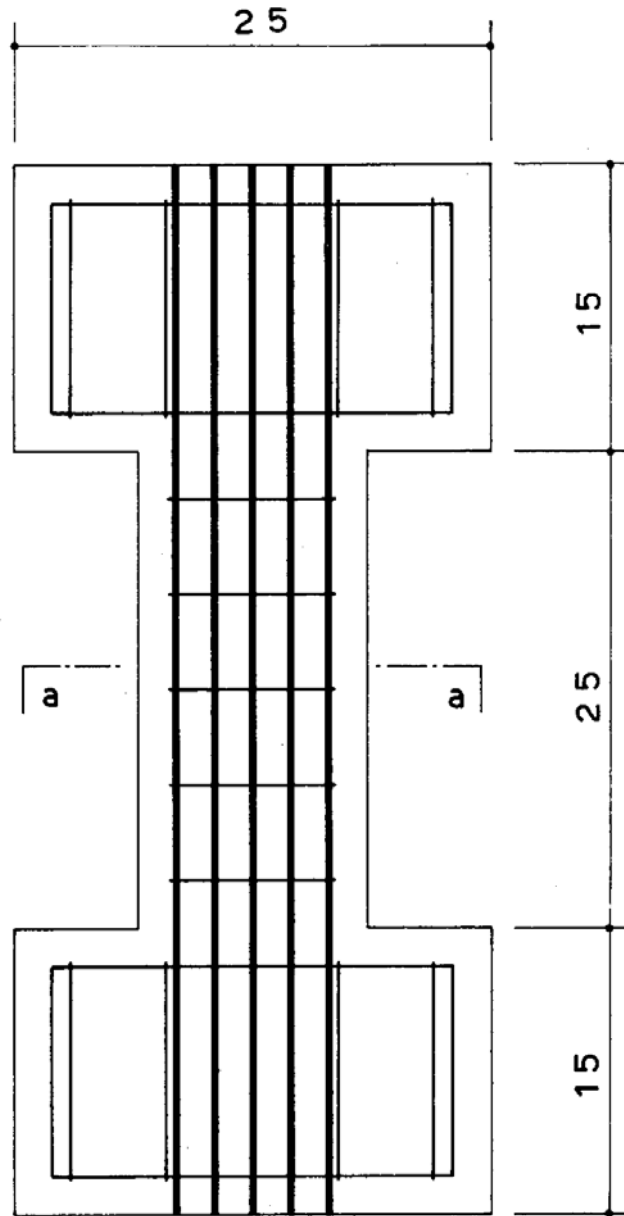
serie 1 $\sigma_R = 488,47 \text{ Kg}/\text{cm}^2$

serie 2 $\sigma_R = 494,98 \text{ Kg}/\text{cm}^2$

serie 3 $\sigma_R = 457,03 \text{ Kg}/\text{cm}^2$.

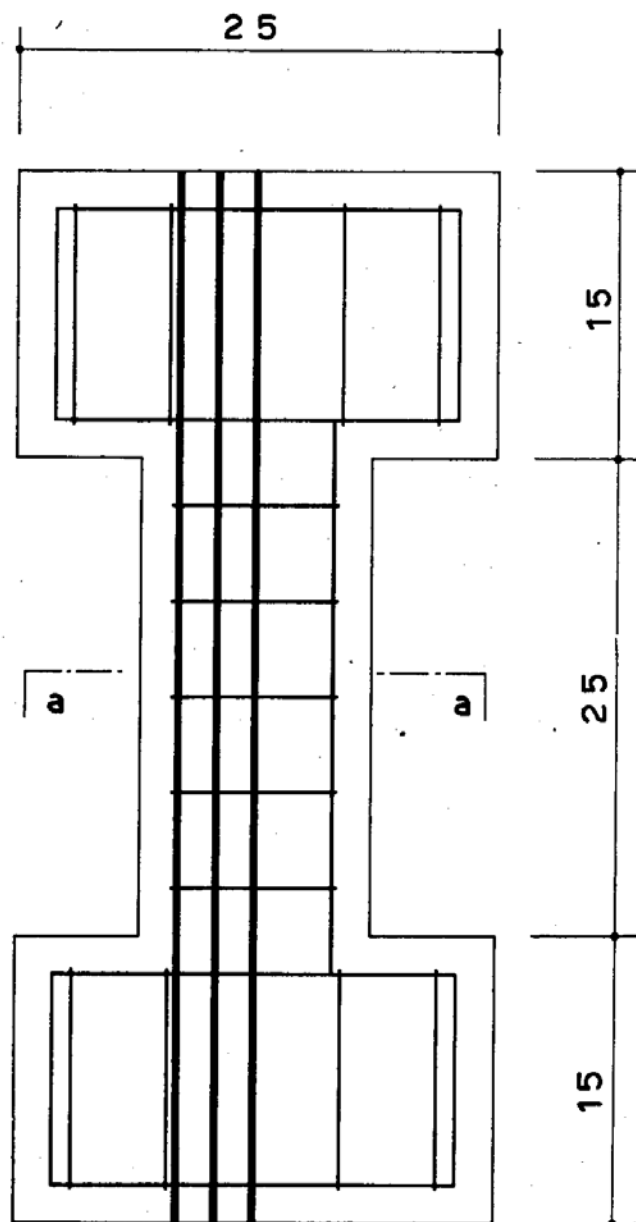
Le caratteristiche geometriche dei provini con la relativa armatura di precompressione si rilevano dalle figg. 8-43 a, b, c. Le eccentricità del cavo risultante di precompressione sono: $e_1 = 0$, $e_2 = 2,00 \text{ cm}$, $e_3 = 2,31 \text{ cm}$; il centro di precompressione nelle tre serie di provini, rispettivamente, coincide con il baricentro della sezione, si trova sul contorno del nocciolo, è esterno al nocciolo.

Il carico eccentrico è stato ottenuto come nelle prove del § 8-5, con rulli di acciaio alloggiati nelle scanalature, eseguite alle varie eccentricità, su due piastre di carico. Nelle fotografie delle figg. 8-44 e 8-46 si vedono due fasi di preparazione dei provini della prima serie; in fig. 8-45 la piastra

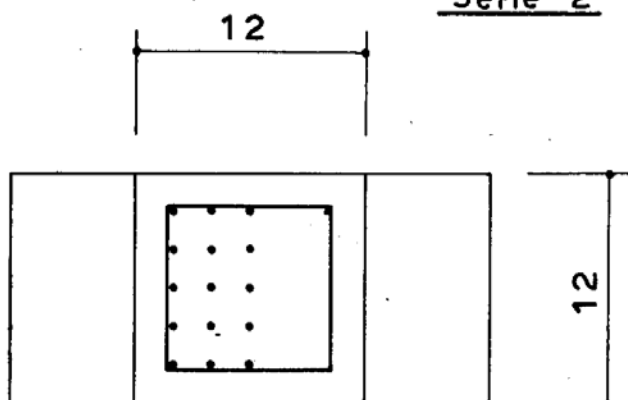


sezione a-a

FIG. 8-43 a

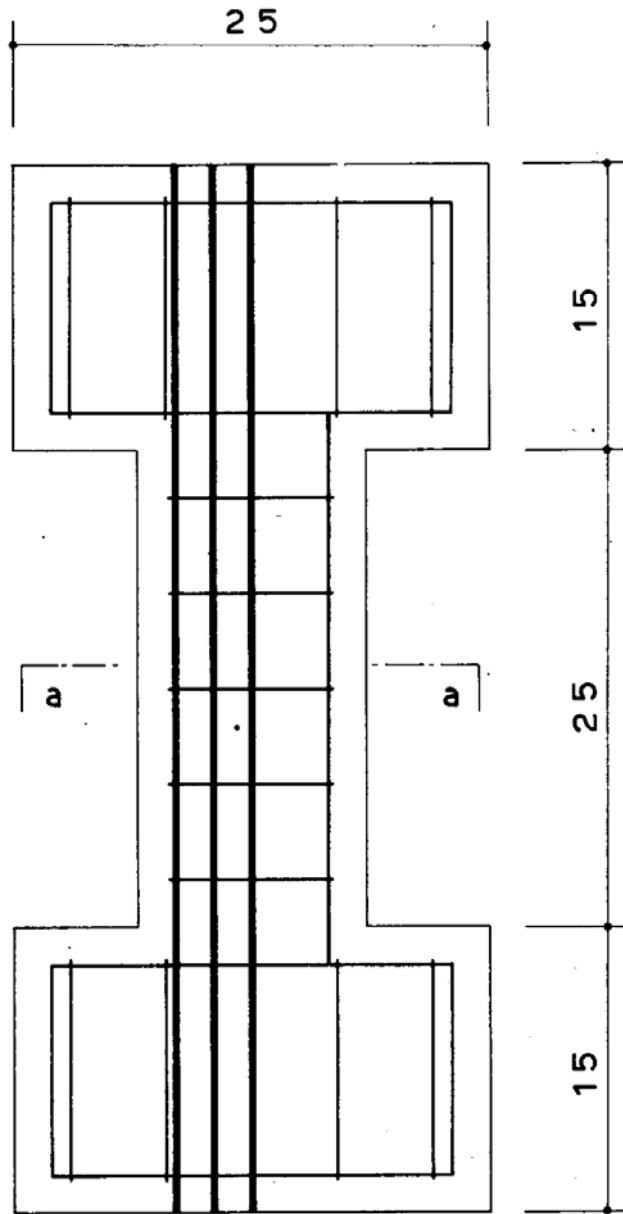


Serie 2

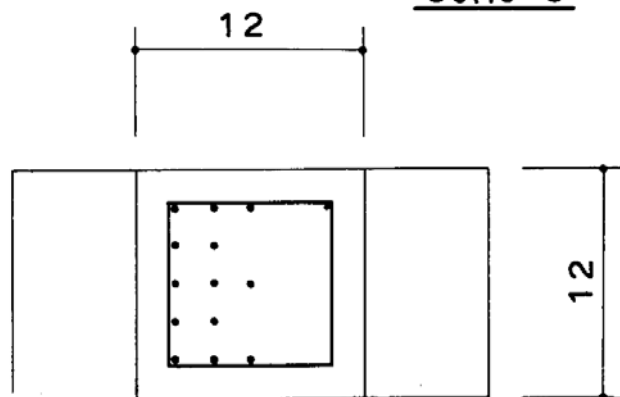


sezione a-a

FIG. 8-43 b



Serie 3



sezione a-a

FIG. 8-43 c

di ancoraggio delle treccioline di precompressione; la fig. 8-47, in ultimo, mostra quattro provini dopo la rottura.

Per ogni serie di provini si è determinato lo sforzo normale di rottura ed il corrispondente momento $M_N = N \cdot e$, mentre soltanto per la prima

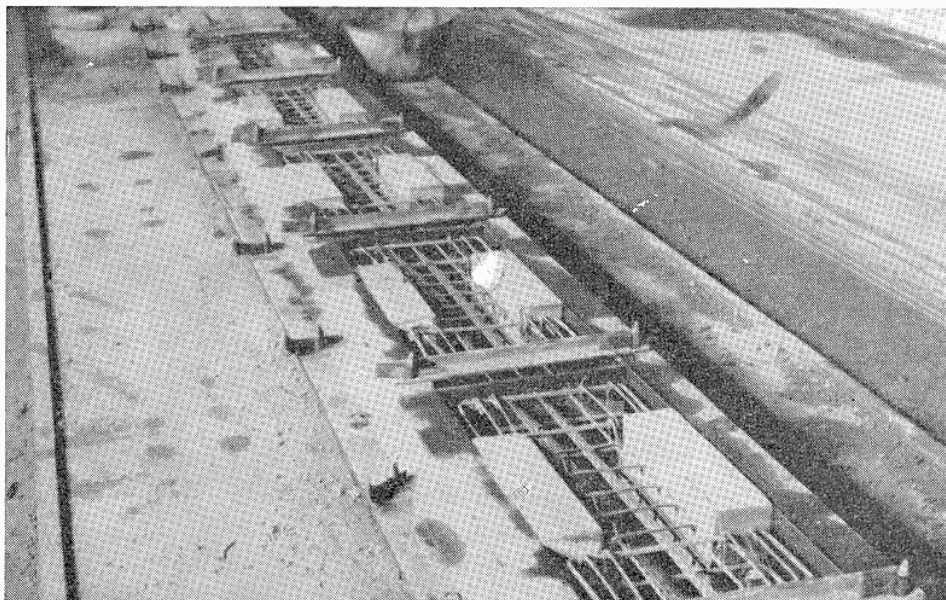


FIG. 8-44

serie si è misurata la rotazione relativa tra le sezioni estreme del tratto utile mediante due comparatori centesimali. Le letture ai comparatori si

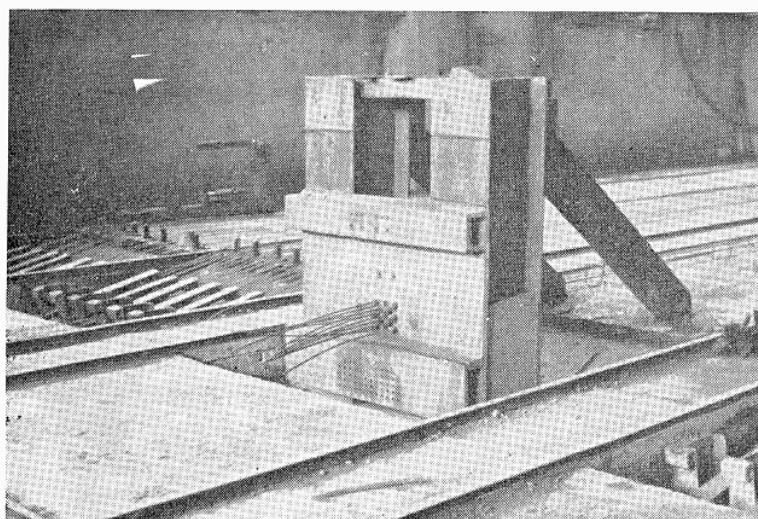


FIG. 8-45

sono eseguite appena raggiunti i vari carichi, senza tener conto della deformazione a carico costante, facendo aumentare il carico sempre con la stessa velocità; l'intera durata di ciascuna prova non ha superato i 3-4 minuti. Dalle letture ai comparatori si sono dedotti i valori $1/R$.

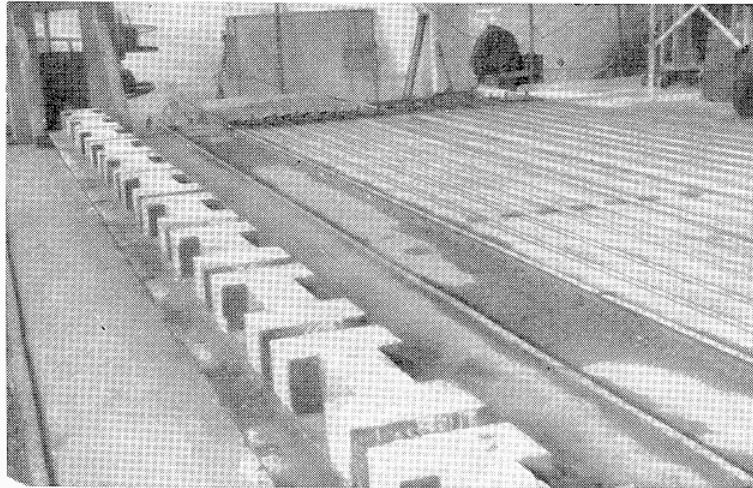


FIG. 8-46

In base alle tensioni di plasticizzazione del conglomerato ed ai valori della precompressione si sono tracciati i domini teorici di plasticizzazione, curve continue delle figg. 8-48 a, b, c, forniti dalle seguenti equazioni:

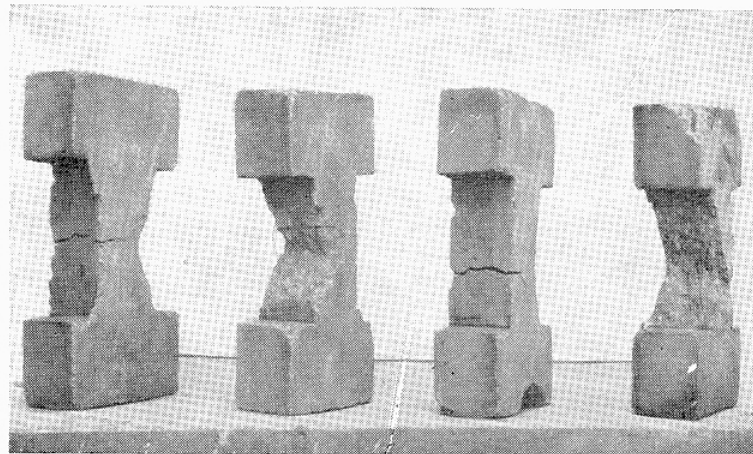


FIG. 8-47

SERIE 1

$$M = - 0,08530 N^2 + 4,28803 N + 51,403$$

SERIE 2

$$M^+ = - 0,08418 N^2 + 4,06380 N + 80,866$$

$$M^- = - 0,08418 N^2 + 4,06380 N + 34,867$$

SERIE 3

$$M^+ = - 0,09117 N^2 + 4,17659 N + 73,959$$

$$M^- = - 0,09117 N^2 + 4,17659 N + 27,807 .$$

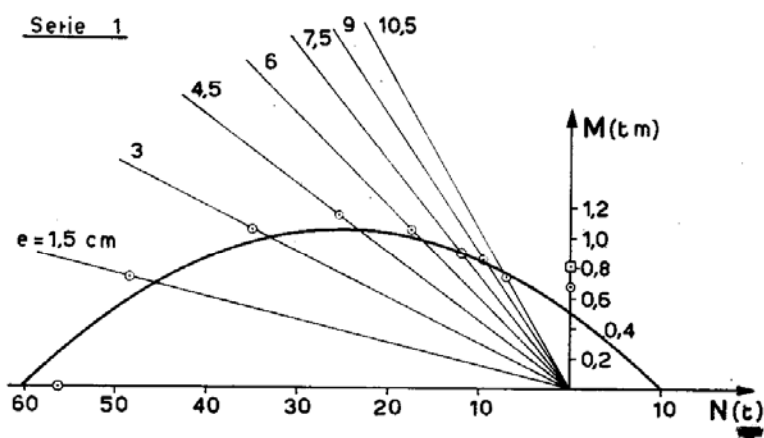


FIG. 8-48 a

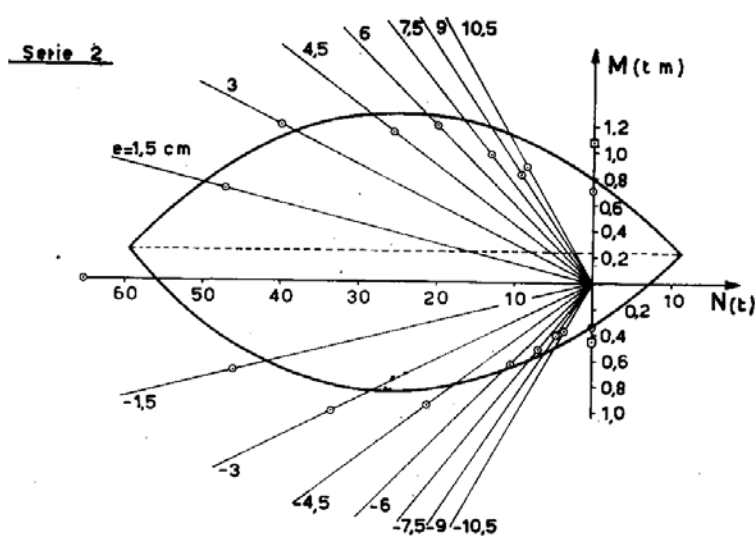


FIG. 8-48 b

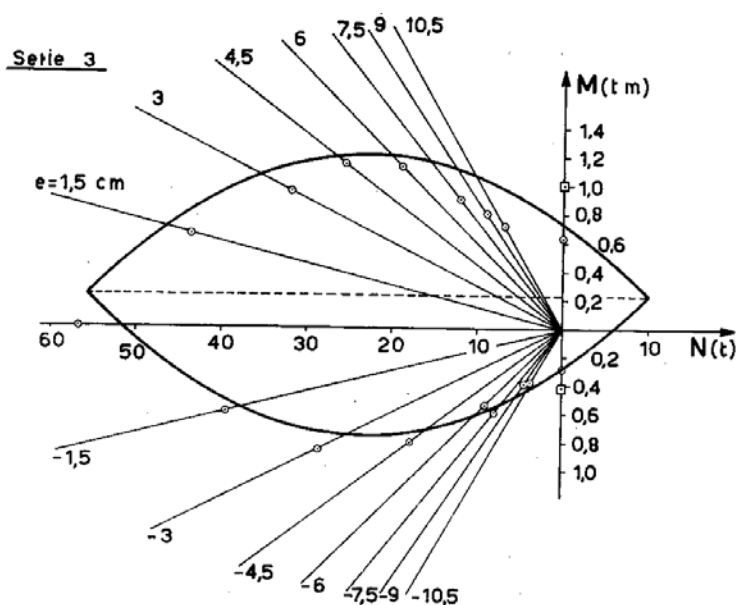


FIG. 8-48 c

I risultati sperimentali hanno fornito per le varie eccentricità di prova i valori degli sforzi normali di rottura ed i corrispondenti momenti $M_N = N \cdot e$, di seguito trascritti:

SERIE 1

e (cm)	N (t)	M (tm)
0	56,25	0,000
1,5	48,50	0,727
3	35,10	1,053
4,5	25,40	1,143
6	17,50	1,050
7,5	12,00	0,900
9	9,50	0,855
10,5	7,10	0,745
∞	0,00	0,642

SERIE 2

e (cm)	N (t)	M (tm)
∞	0,00	0,722
10,5	8,50	0,892
9	9,15	0,823
7,5	13,00	0,975
6	20,00	1,200
4,5	25,50	1,147
3	40,00	1,200
1,5	46,80	0,702
0	65,50	0,000
— 1,5	46,00	— 0,690
— 3	33,50	— 1,005
— 4,5	21,00	— 0,945
— 6	10,50	— 0,630
— 7,5	6,80	— 0,510
— 9	4,50	— 0,405
— 10,5	3,60	— 0,378
∞	0,00	— 0,340

SERIE 3

e (cm)	N (t)	M (tm)
∞	0,00	0,637
10,5	6,80	0,714
9	8,80	0,792
7,5	12,00	0,900
6	18,90	1,134
4,5	22,20	0,999
3	31,80	0,954
1,5	43,50	0,653
0	56,80	0,000
— 1,5	39,50	— 0,592
— 3	28,90	— 0,867
— 4,5	18,20	— 0,819
— 6	9,00	— 0,540
— 7,5	8,00	— 0,600
— 9	4,50	— 0,400
— 10,5	3,70	— 0,389
— ∞	0,00	— 0,276

Con riferimento ai valori sperimentali determinati nelle prove di flessione pura è da rilevare che i valori riportati in cerchietto corrispondono alla formazione di ampie fessurazioni nel conglomerato; il carico ha poi continuato a salire fino allo sfilamento delle treccioline di precompressione (punti segnati con un quadratino nelle figure).

Si sono poi tracciate, mediante le letture ai comparatori, le curve sperimentali sforzo normale curvatura per eccentricità costante (fig. 8-49), estese fino a valori dello sforzo normale molto prossimi a quelli di rottura, e da esse si sono dedotte per punti alcune curve momento-curvatura per N costante (fig. 8-50).

Dalle esperienze eseguite si rileva che i domini teorici delle sezioni pressoinflesse in conglomerato precompresso tracciati nell'ipotesi della completa plasticizzazione del conglomerato compresso e trascurando la plasticizzazione dell'acciaio armonico, considerando cioè lo sforzo di precompressione come una forza esterna applicata alla sezione, ed invariabile fino alla rottura, non si discostano notevolmente da quelli effettivi deter-

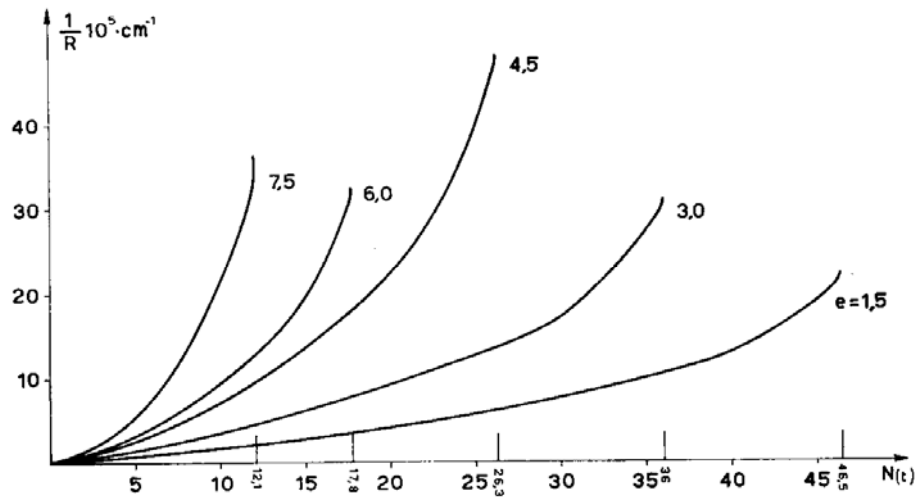


FIG. 8-49

minati sperimentalmente; i domini, invece, tracciati con la completa plasticizzazione del conglomerato compresso e dell'acciaio, assegnando varie

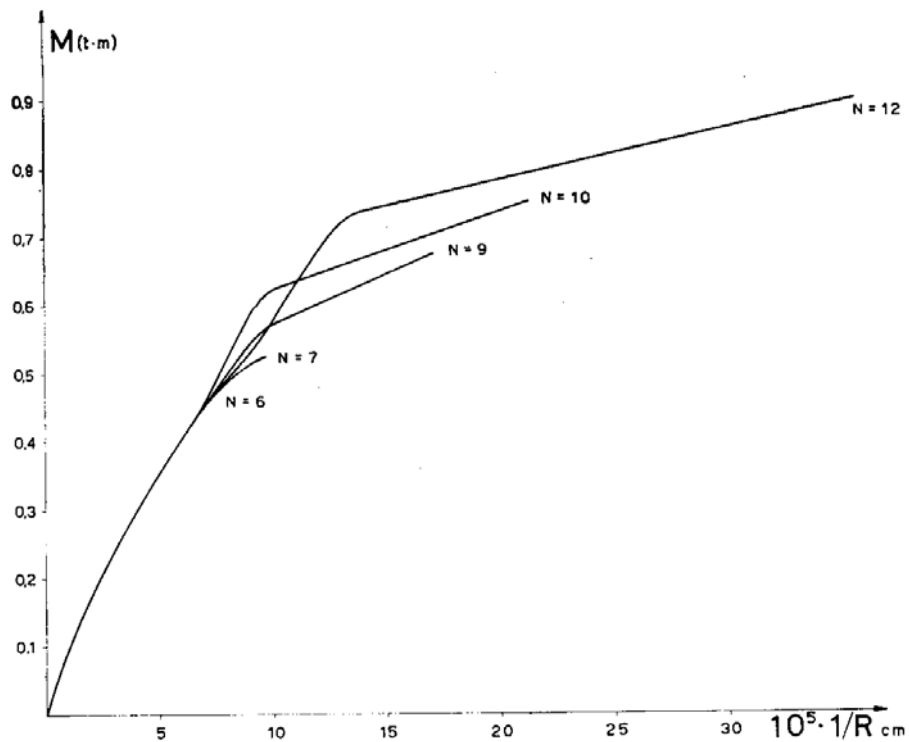


FIG. 8-50

posizioni dell'asse neutro (figg. 8-51 a, b, c) sono notevolmente più ampi di quelli sperimentali.

L'influenza delle eccentricità dei cavi di precompressione non è molto chiara; infatti i punti sperimentali della seconda e terza serie, pur di-

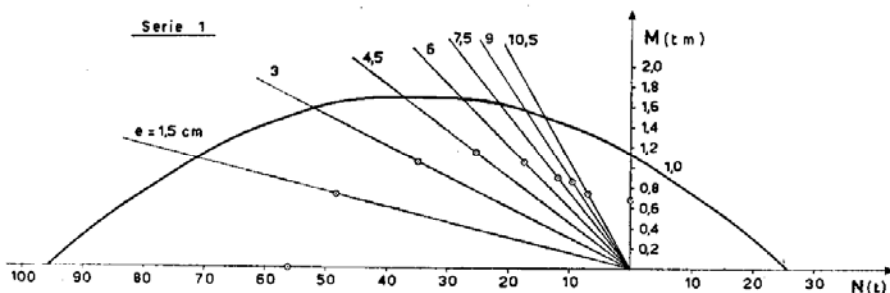


FIG. 8-51 a

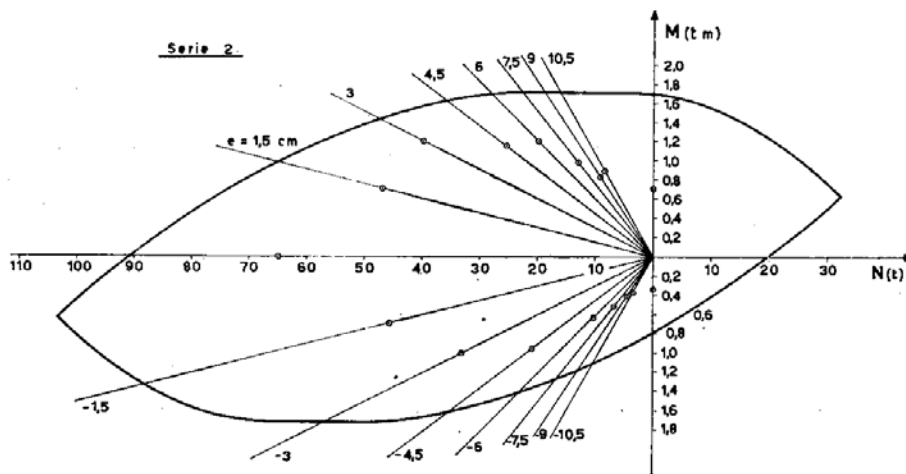


FIG. 8-51 b

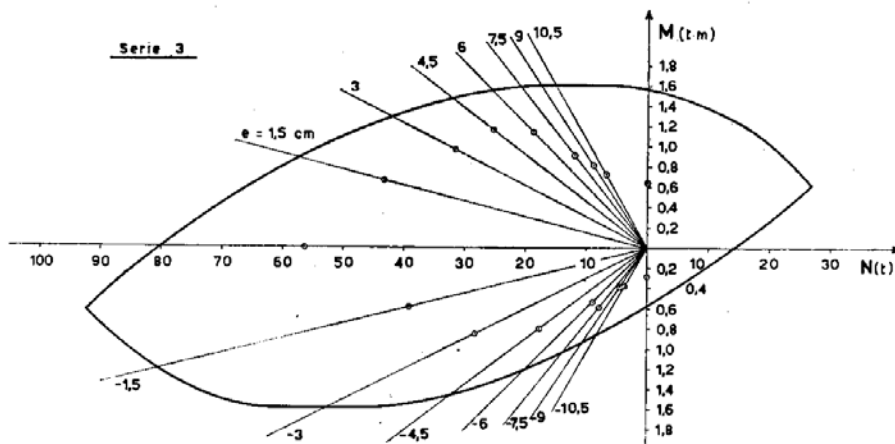


FIG. 8-51 c

scostandosi dai domini teorici di quantità dell'ordine di grandezza di normali scarti di risultati di prove sperimentali, sono quasi tutti al di sotto delle curve teoriche.