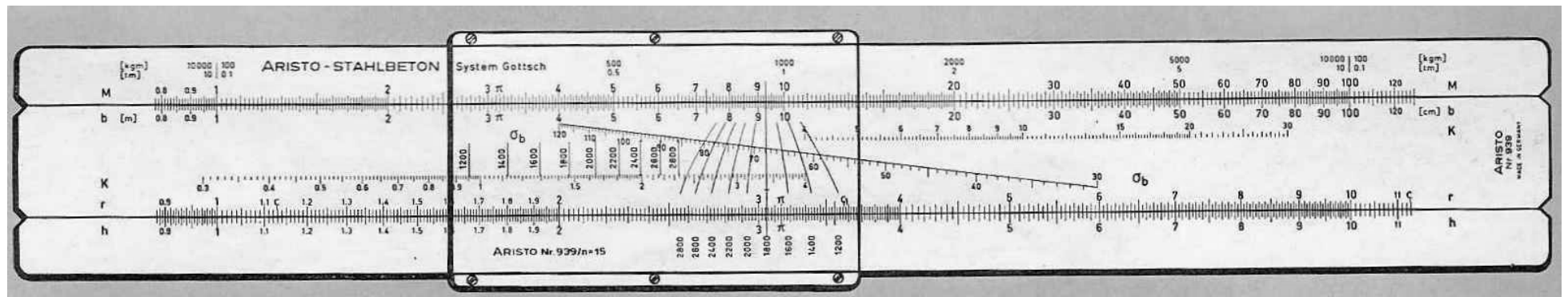


Il regolo calcolatore per cemento armato

ARISTO 939 – STAHLBETON

sistema Göttsch



Traduzione e approfondimenti delle note originali a cura dell'ing. Alessandro Manni

Premessa

Il regolo calcolatore ARISTO 939 – Stahlbeton è uno dei più famosi regoli per il calcolo del cemento armato che circolarono fra la fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '70. Il suo principio, basato sul metodo delle tensioni ammissibili, lo rendeva di uso particolarmente comodo e ne favorì un'ampia diffusione.

Stranamente, le istruzioni che corredevano questo bellissimo regolo risultano per certi versi approssimative e talvolta lacunose, e ciò vale per ognuna delle diverse versioni destinate ai vari mercati internazionali. Non si tratta certo di errori nel dimensionamento delle scale del regolo – improntato ad estrema praticità d'uso e, proprio per questo, basato su semplificazioni più che accettabili – quanto piuttosto di uno sbrigativo corredo di istruzioni che, nel caso della lingua italiana, risultava addirittura tradotto grossolanamente.

Ho cercato allora di integrare e approfondire le istruzioni che suo tempo circolarono, cercando di fornire un quadro completo delle potenzialità di questo strumento, di correggere qualche inesattezza e di ampliare il corredo di esempi numerici.

E' un lavoro inutile? Per molti, certamente sì, dal momento che è effettivamente abbastanza ridicolo perder tempo a scrivere istruzioni per strumenti che da decenni nessuno usa più. Se però vogliamo vedere la cosa anche solo dal punto di vista del collezionista, credo che il piacere di possedere uno strumento di calcolo interessante stia anche nel fatto di saperlo usare compiutamente, e allora trovarne le istruzioni può fare indubbiamente piacere.

Ma aldilà dell'interesse del collezionista, siamo poi proprio così sicuri che saper usare un regolo sia cosa inutile?

In un'epoca nella quale l'uso del computer favorisce lo sviluppo di metodi sempre più complessi ma anche il proliferare di incoscienti relazioni di calcolo nelle quali non v'è traccia dei criteri concettuali adottati dal progettista (ammesso che li conosca), ma che in compenso sono affollate da centinaia di pagine di inutili tabulati, è sorprendente scoprire come i risultati che oggi derivano da teorie così complesse, nella stragrande maggioranza dei casi differiscano poi di poco, all'atto pratico, da quelli che venivano ottenuti qualche decennio fa con strumenti di calcolo assai modesti e metodi ben più semplici degli attuali. Non sostengo certo che si debba tornare indietro, ma il dubbio che l'uso ormai inevitabile degli elaboratori elettronici sortisca benefici in certi casi modesti e comunque rischi di favorire, alla lunga, l'incapacità nei progettisti di aver ben chiari gli ordini di grandezza e di saper quindi individuare anche eventuali risultati errati frutto di errati input è fondato.

Il computer è uno strumento irrinunciabile che deve però essere utilizzato in maniera consapevole e, a tale scopo, non sarebbe sbagliato riappropriarsi di modalità di calcolo più umili ma non per questo meno attendibili. A quasi quarant'anni dalla scomparsa del regolo dalle nostre scrivanie, tornare ad usare questo affascinante strumento per le verifiche in sede di collaudo o per i dimensionamenti di massima che poi si affineranno con il computer, significherebbe non tanto ostentare un gusto retrò, quanto riportare in mano al progettista le redini del calcolo, altrimenti sempre più ostaggio del computer. Il regolo è infatti uno strumento modesto che tuttavia fornisce rapidamente risultati importanti e con il valore aggiunto di richiedere costantemente al suo utilizzatore anche l'uso del cervello, cosa che l'abuso del computer riduce troppo spesso a un optional.

Sarò grato a coloro che vorranno segnalarmi gli inevitabili errori nel testo, ovvero integrazioni o comunque suggerimenti utili, ivi compreso quello di lasciar perdere!

Alessandro Manni
manni.a@katamail.com

Il regolo calcolatore per cemento armato ARISTO – STAHLBETON sistema Göttsch

1. Disposizione delle scale

Fronte:	M	scala dei momenti (normale scala quadratica)	} sullo scorrevole
	b	scala delle larghezze (normale scala quadratica)	
	K	scala speciale doppia per la lettura dei coefficienti K	
	σ_b	scala speciale obliqua delle tensioni nel calcestruzzo	
	r	scala dei coefficienti tabellari r (normale scala di base)	
	h	scala delle altezze utili (normale scala di base)	

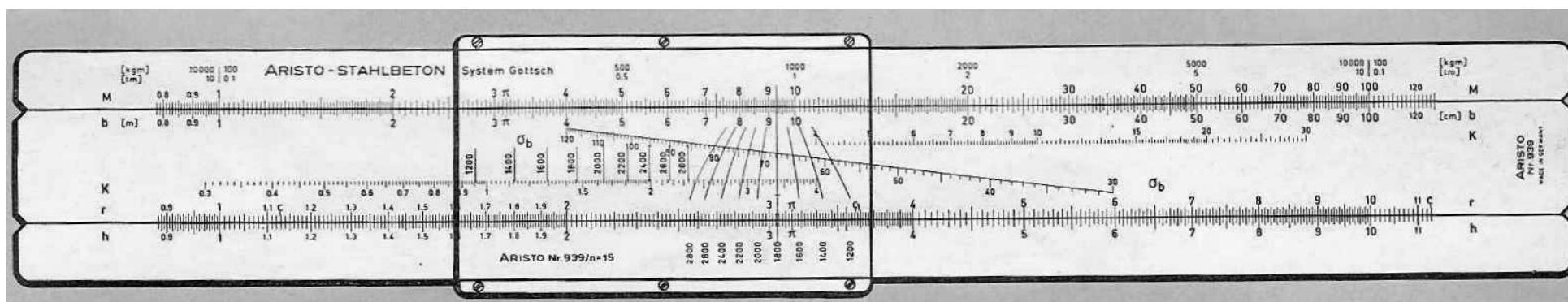


Fig. 1 - Fronte

Retro:	σ'_e	scala ausiliaria per il calcolo delle tensioni di compressione nell'acciaio	
	x	scala ausiliaria per il calcolo della posizione dell'asse neutro	
	z	scala ausiliaria per il calcolo del braccio della coppia interna	
	$M_{[tm]}^{[kgm]}$	scala ridotta dei momenti per la verifica degli ordini di grandezza	
	b [cm] [m]	scala ridotta delle larghezze per la verifica degli ordini di grandezza	} sullo scorrevole
	σ_b	scala ridotta delle tensioni nel cls. per la verifica degli ordini di grandezza	
	r	scala ridotta dei coefficienti tabellari r per la verifica degli ordini di grandezza	
	h [cm]	scala ridotta delle altezze utili per la verifica degli ordini di grandezza	

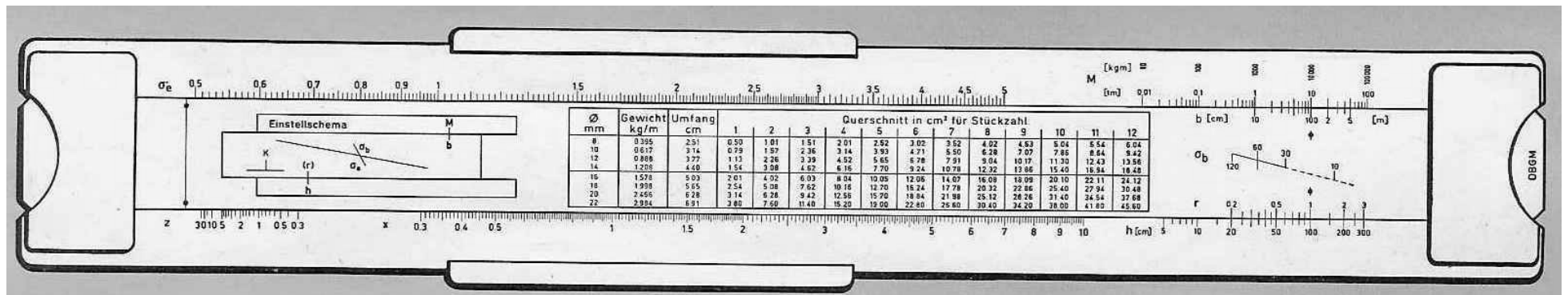


Fig. 2 - Retro

2. Generalità

Le molteplici applicazioni delle scale di base e delle scale quadratiche sono le stesse di un normale regolo Rietz e si suppongono note. Se così non fosse, è sufficiente ricorrere alle istruzioni di un qualsiasi regolo Aristo sist. Rietz.

Il regolo calcolatore ARISTO – Stahlbeton dispone di speciali scale per il dimensionamento delle sezioni in cemento armato, il cui uso è particolarmente utile nella normale pratica strutturale. La scala fondamentale dello scorrevole riporta i noti indici C e C_1 , mentre il cursore, oltre agli indici speciali che verranno illustrati nel seguito, riporta anche i normali indici verticali tipici del sistema Rietz. Sul retro del regolo sono tabellati pesi in kg/ml, circonferenza in cm e sezioni in cm^2 dei tondini di acciaio per c.a. in funzione del diametro e della loro quantità (da 1 a 12 barre - cfr. § 20).

Le modalità di impostazione (**indicate in rosso**) per gli esempi riportati nel presente manuale, sono rappresentate adottando le seguenti convenzioni:

- le scale sono indicate scrivendo la funzione che le denota tra parentesi quadre **[]**, alle quali segue il valore di impostazione o di lettura (le scale per la verifica degli ordini di grandezza poste sul retro dello scorrevole sono indicate dal pedice **v**);
- la barra singola / indica una impostazione conseguente allo spostamento dello scorrevole o del cursore;
- la freccia $\rightarrow$ indica la lettura conseguente ad una determinata impostazione;
- i due punti : indicano la lettura in corrispondenza di un determinato indice del cursore o di un valore su una determinata scala;
- la barra doppia // indica lo spostamento del cursore;
- il segno + indica una seconda lettura associata alla medesima impostazione;
- il punto e virgola ; indica una nuova impostazione;
- **TS** indica la trasposizione dello scorrevole;
- **LF** indica la linea di fede principale del cursore (coincidente con l'indice curvo per $\sigma_e = 1800 \text{ kg/cm}^2$ per le letture sulla scala σ_b dello scorrevole);
- **LFR** indica la linea di fede posta sull'estremità sinistra del retro dello scorrevole;
- **(nnnn)** indica l'indice curvo del cursore per $\sigma_e = \text{nnnn kg/cm}^2$ da utilizzare in associazione alla scala obliqua σ_b dello scorrevole;
- **|nnnn|** indica l'indice verticale del cursore per $\sigma_e = \text{nnnn kg/cm}^2$ da utilizzare in associazione alla scala K dello scorrevole;
- **|b** indica l'indice speciale **b** nei cursori L 939/10 e L 393/8;
- i risultati di una determinata impostazione sono indicati in **grassetto**

Esempio: **[b] 25 / [M] 42 // LF / [h] 4.2 $\rightarrow$ (1600): [σ_b] 60 + |1600|: [K] 1.48 + LF: [r] 3.24; [r] 1.48 / [h] 4.2 $\rightarrow$ [r] 2.5: [h] 7.10 ; LFR / [σ'_e] 1.48; TS $\rightarrow$ [h] 1.6: [r] 7.26; [b_v] 25 / [M_v] 4000 $\rightarrow$ [$\sigma_{b,v}$] 60: [h_v] 40 + [r_v] 0.32** significa impostare 25 sulla scala **b** in opposizione a 42 sulla scala **M**; portare la linea di fede principale del cursore sul valore 4.2 della scala **h** e leggere, sulle rispettive scale, $\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2$ in corrispondenza dell'indice curvo del cursore per $\sigma_e = 1600 \text{ kg/cm}^2$, $K = 1.48$ in corrispondenza dell'indice verticale del cursore per $\sigma_e = 1600 \text{ kg/cm}^2$ e $r = 0.324$ sotto la linea di fede principale; quindi spostare lo scorrevole fino a sovrapporre il valore 1.48 della scala **r** al valore 4.2 della scala **h** e leggere sulla medesima scala il valore 7.10 in corrispondenza del valore 2.5 sulla scala **r**. Impostare il valore 1.48 sulla scala σ'_e posta sul retro dello scorrevole, operare una trasposizione dello scorrevole e leggere sulla scala **r** il valore 7.26 in corrispondenza del valore 1.6 sulla scala **h**. Impostare sulle scale di verifica poste sul retro del regolo **b** = 25 cm in corrispondenza di **M** = 4000 kgm e leggere, in corrispondenza di $\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2$, **h** = 40 cm e **r** = 0.32.

3. Campo di applicazione

3.1. Basi fondamentali del calcolo

Le scale speciali sono basate sulla teoria delle tensioni ammissibili, per la quale la struttura opera in campo elastico con diagramma sforzi – deformazioni lineare e si trascura il contributo alla resistenza fornito dalla zona tesa della sezione. Il rapporto fra i moduli di elasticità di acciaio e calcestruzzo è espresso dal noto coefficiente di omogeneizzazione n .

Il regolo è disponibile in quattro modelli:

per $n = 15$:	$n^\circ 939/15$	con cursore L 939/15	per $\sigma_e = 1200 \div 2800 \text{ kg/cm}^2$
	$n^\circ 939/15/35$	con cursore L 939/15/35	per $\sigma_e = 1200 \div 3500 \text{ kg/cm}^2$
per $n = 10$:	$n^\circ 939/10$	con cursore L 939/10	per $\sigma_e = 800 \div 3500 \text{ kg/cm}^2$
per $n = 8$:	$n^\circ 939/8$	con cursore L 939/8	per $\sigma_e = 800 \div 2600 \text{ kg/cm}^2$

I singoli modelli sono individuati da specifiche diciture impresse sul cursore. L'uso del regolo è, in linea di massima, il medesimo a prescindere dal modello di cursore installato; le eventuali minime differenze sono segnalate di volta in volta nei vari capitoli delle presenti istruzioni.

Le graduazioni delle scale sono le medesime per tutti i modelli, che differiscono fra di loro esclusivamente per i cursori, i cui indici sono diversi a seconda del valore di n . I cursori sono intercambiabili e possono essere acquistati separatamente.

Come sarà visto al § 9.4, il fatto che il cursore del regolo dipenda da uno specifico coefficiente di omogeneizzazione non significa che, con il medesimo cursore, non siano possibili calcoli con n diverso da quello per il quale il cursore è dimensionato.

3.2. Tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio

Il regolo ARISTO – Stahlbeton consente di effettuare calcoli con qualsiasi tensione di acciaio e calcestruzzo. In particolar modo, e con maggiore semplicità, si possono effettuare calcoli nel campo di tensioni per il calcestruzzo σ_b fra 30 e 120 kg/cm² e per le tensioni dell'acciaio σ_e indicate sul cursore.

3.3. Sezioni geometriche

Con il regolo ARISTO – Stahlbeton si possono agevolmente calcolare in modo rapido:

- Lastre e solette
- Travi rettangolari con armatura semplice
- Travi rettangolari con armatura doppia
- Travi a T e solai nervati

3.4. Tipi di sollecitazioni

Le sezioni indicate al precedente § 3.3 possono essere calcolate per le seguenti sollecitazioni:

- Flessione semplice
- Flessione composta (sforzo normale + flessione)
- Taglio
- Sforzo normale centrato

Per tali sollecitazioni, l'uso del regolo ARISTO – Stahlbeton rende del tutto superflue le tabelle normalmente utilizzate per il calcolo ⁽¹⁾, bastando la semplice conoscenza delle tensioni ammissibili prescritte a seconda dei casi dalle normative in materia.

3.5. Unità di misura

Il regolo ARISTO – Stahlbeton comporta l'adozione delle seguenti unità di misura:

Momenti flettenti M:	kgm e tm
Larghezza delle sezioni b:	cm e m
Altezza delle sezioni h:	cm e m
Tensioni del calcestruzzo σ_b e dell'acciaio σ_e :	kg/cm ²

¹ I parametri normalmente tabellati sono: $r = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$; $t = \frac{F_e}{\sqrt{M \cdot b}}$; $s = \frac{x}{h}$; $\zeta = \frac{z}{h}$ (con $z = h - \frac{x}{3}$)

4. Le scale della faccia anteriore del regolo

Le scale di base e le scale quadratiche corrispondono a quelle del sistema Rietz e possono essere utilizzate per tutte le normali operazioni di moltiplicazione, divisione, elevamento al quadrato, estrazione di radice quadrata etc. tipiche di un normale regolo.

Per i problemi di calcolo, invece, ogni scala ha una funzione specifica:

4.1. La scala dei Momenti flettenti M sullo statore

La scala dei quadrati sullo statore coincide con la scala dei Momenti flettenti M . La corretta impostazione e lettura dei Momenti flettenti in kgm o in tm è facilitata dalle indicazioni numeriche (univoche per quanto attiene le cifre intere), riportate a complemento delle cifre della scala vera e propria.

Così, ad es. $M = 4000$ kgm oppure, indifferentemente, $M = 4.0$ tm si dovrà impostare sul 40 della scala M .

Non sono indicati direttamente valori di M maggiori di 10000 kgm (10 tm), ma ciò nondimeno essi possono essere comunque impostati. L'estremo destro della scala termina con tale valore che, tuttavia, è riportato all'estremità sinistra, col che è facile intuire che, ad es., $M = 20000$ kgm (2 tm) si imposterà su 2, $M = 30000$ kgm (3 tm) si imposterà su 3 e così via.

Lo stesso principio vale per i momenti flettenti inferiori a 100 kgm (0.1 tm): l'estremo sinistro della scala comincia con 100 kgm, ma lo stesso valore è riportato all'estremità destra della scala, sicché si potrà impostare, ad es., $M = 100$ kgm su 100 e, a sinistra di questo, $M = 80$ kgm su 80 etc. A questa modalità di impostazione ci si abitua immediatamente. E' consigliabile fin dall'inizio l'adozione sistematica della medesima unità di misura (kgm o tm).

4.2. La scala delle larghezze b sullo scorrevole

La scala dei quadrati sullo scorrevole coincide con la scala delle larghezze b , che vengono impostate sulla scala esattamente secondo il loro valore, in cm o in m indifferentemente, cosicché:

sulla metà di destra della scala imposteremo: $b = 10, 20, 30, 40, \dots, 100$ cm

sulla metà di sinistra della scala imposteremo: $b = 1, 2, 3, 4, \dots, 10$ m

Ovvio come collocare sulla scala eventuali larghezze < 10 cm o > 10 m, ancorché del tutto inusuali nella normale pratica

4.3. La scala del coefficiente r sullo scorrevole

La scala fondamentale dello scorrevole fornisce i valori ausiliari del coefficiente $r = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$ usualmente utilizzato nei calcoli tabellari.

Benchè questi coefficienti non servano per il calcolo con il regolo ARISTO – Stahlbeton, è tuttavia sempre bene effettuarne la lettura e riportarli sulle relazioni di calcolo, così da consentire il controllo dei calcoli anche ad un ingegnere che non disponga di un regolo ARISTO – Stahlbeton.

I valori di r deducibili dalla scala sono nel campo $0.1 \div 1.0$, quindi si leggono antepoendo la virgola decimale: ad es., una lettura $r = 358$ si interpreterà come $r = 0.358$. Fanno eccezione il numero terminale di destra 10 della scala, che si legge 1.0 e i numeri della successiva sovrgraduazione in rosso, che rappresentano coefficienti $r > 1$.

4.4. La scala delle altezze h sullo statore

La scala fondamentale dello statore serve per l'impostazione e la lettura dell'altezza utile h , per la quale non hanno importanza le unità di misura (in caso di dubbi sull'ordine di grandezza dei risultati è possibile utilizzare le scale di verifica poste sul retro del regolo – cfr. § 8).

4.5. La scala obliqua delle tensioni σ_b sullo scorrevole

La scala speciale obliqua posta sullo scorrevole serve per l'impostazione e la lettura delle tensioni nel calcestruzzo σ_b per mezzo dei tratti curvi del cursore relativi alla tensione ammissibile dell'acciaio σ_e (tratti **c** di fig. 3). L'incurvatura e l'obliquità di questi tratti cresce al crescere della loro distanza dalla linea di fede principale (tratto **a** di fig. 3). Per aiutare a ricordare l'uso della scala, basterà pensare che a scala obliqua dello scorrevole corrispondono indici obliqui.

4.6. La doppia scala del coefficiente K sullo scorrevole

La doppia scala speciale K dello scorrevole fornisce i valori del coefficiente K per il calcolo della sezione di armatura F_e necessaria. Per ragioni di ottimizzazione dello spazio sullo scorrevole, la scala è spezzata in due parti: la prima, a sinistra della scala obliqua delle tensioni σ_b , per valori di K da 0.3 a 4; la seconda, a destra della scala obliqua delle tensioni σ_b , per valori di K da 4 a 30.

La lettura/impostazione sulla scala K avviene per mezzo del gruppo di brevi indici verticali che compaiono sul lato sinistro del cursore (tratti **e** di fig. 3), uno per ognuna delle tensioni ammissibili dell'acciaio previste, dimensionati in modo da intercettare con le loro estremità i due tratti della scala K . Per aiutare a ricordare l'uso della scala, basterà pensare che a scala diritta del cursore corrispondono indici dritti.

5. Il cursore 939/15

Il cursore del regolo ARISTO – Stahlbeton (Fig. 3) presenta una linea di fede verticale a tutta altezza (tratto **a** di fig. 3) per le impostazioni e le letture sulle scale fondamentali e sulle scale quadratiche. In alto a sinistra e in basso a destra di tale linea principale, sono presenti due corti tratti utili per il calcolo di sezione e peso di barre tonde in acciaio da c.a. (tratti **d** di fig. 3), il cui uso è descritto al § 20.1. Le linee curve **c** di fig. 3 operano sulla scala obliqua delle tensioni σ_b ; di tale famiglia di curve fa parte anche la linea di fede principale per letture sulla scala σ_b riferite alla tensione ammissibile di acciaio $\sigma_e = 1800 \text{ kg/cm}^2$. Le linee verticali **e** di fig. 3 operano sulla scala dei coefficienti K.

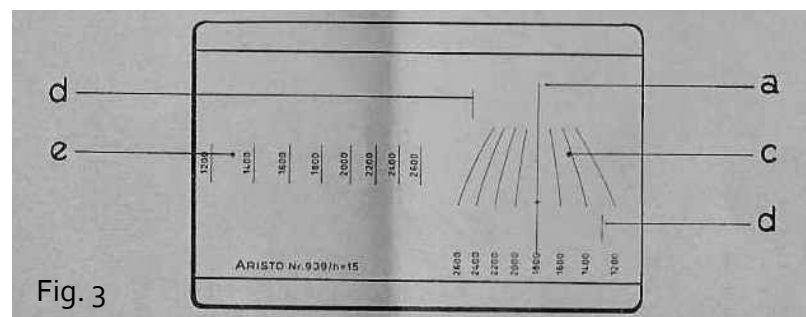


Fig. 3

Nei cursori L 939/10 e L 939/8 (cfr. § 3.1) i gruppi di linee **c** ed **e** sono maggiormente spaziate fra di loro, rispetto al cursore L 393/15. La disposizione delle linee sul cursore è comunque sostanzialmente quella appena descritta. Nei cursori L 939/10 e L 939/8 è solo previsto un ulteriore trattino verticale per il calcolo della sezione F_e dell'armatura metallica (cfr. § 9.2).

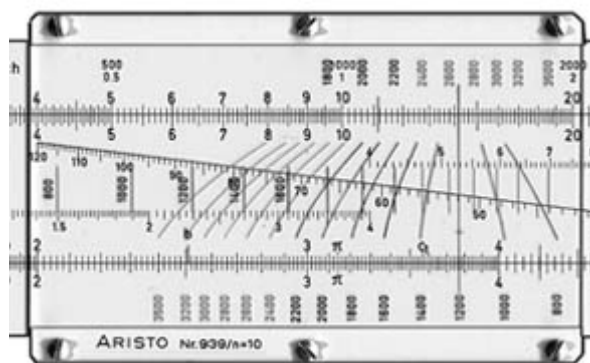


Fig. 3a - Cursore L 939/10

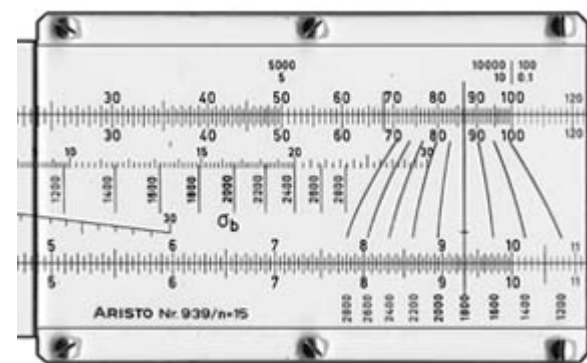
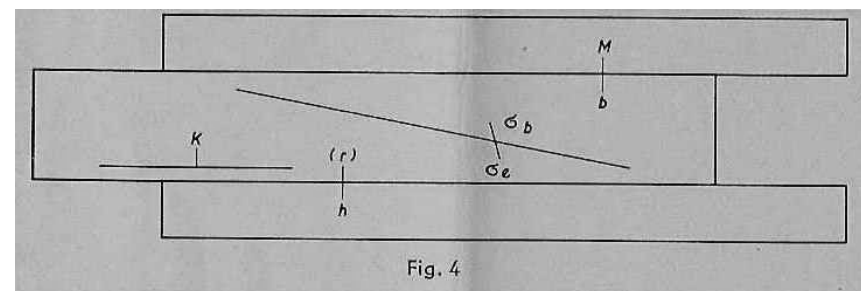


Fig. 3b - Cursore L 939/15

6. Lo schema di impostazione per il calcolo

Nel calcolo di una sezione rettangolare interessano specificatamente le seguenti grandezze:

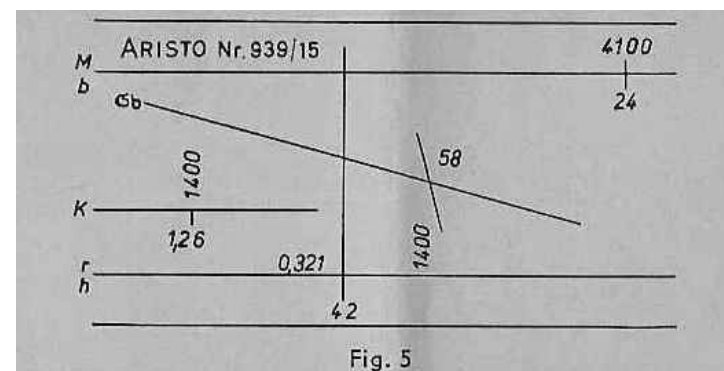
M	momento flettente
b	larghezza della sezione trasversale
h	altezza utile della sezione trasversale
σ_e	tensione nell'acciaio
σ_b	tensione nel calcestruzzo
r	coefficiente tabellare per il collaudatore
K	coefficiente per il calcolo dell'armatura metallica F_e



Tutte le soprelencate grandezze possono essere lette direttamente sulle scale del regolo ARISTO – Stahlbeton, una volta correttamente impostati il cursore e lo scorrevole. La fig. 4 mostra lo schema di impostazione con le letture correlate. Lo stesso schema (Einstellschema) è riportato sul retro del regolo (fig. 2) come utile pro-memoria.

Lo stesso schema di impostazione è esemplificato in fig. 5 per i seguenti valori numerici:

M	= 4100 kgm
b	= 24 cm
h	= 42 cm
σ_b	= 58 kg/cm ²
σ_e	= 1400 kg/cm ²
r	= 0.321
K	= 1.26



L'ordine di successione con il quale tale impostazione deve essere effettuata dipende dalle incognite del problema, a parte i valori dei coefficienti r e K. Eseguendo le impostazioni descritte ai successivi §§ 6.1 ÷ 6.4 utilizzando i valori numerici dell'esempio di fig. 5, si ritroverà sempre l'impostazione illustrata nella medesima figura (nei casi dei §§ 6.2 ÷ 6.4 la tensione del calcestruzzo dell'esempio si intenda come tensione ammissibile).

Si tenga infatti presente che lo schema di impostazione è invertibile in tutti i sensi.

Con la codifica di impostazione indicata al § 1. si può sinteticamente scrivere: **[b] 24 / [M] 41 // LF / [h] 4.2 → (1400): [σ_b] 58 + |1400|: [K] 1.26 + LF: [r] 3.21**

6.1. La grandezza cercata è la tensione nel calcestruzzo σ_b

Si portino i valori di M e di b a coincidere uno sopra l'altro (spostando lo scorrevole), eventualmente facendo temporaneamente ricorso al cursore. Poi si porti la linea di fede principale del cursore sul valore di h e si effettui, mantenendo fisso lo scorrevole, la lettura dei valori r , σ_b e K .

6.2. La grandezza cercata è l'altezza utile della sezione h

Come visto al precedente § 6.1, si portino i valori di M e di b a coincidere uno sopra l'altro. Poi si sposti il cursore fino a sovrapporre al valore della tensione ammissibile nel calcestruzzo σ_b l'indice obliquo relativo alla tensione ammissibile dell'acciaio σ_e (ricordarsi: scala obliqua = indice obliquo). La linea di fede principale del cursore verrà così a cadere sul valore cercato dell'altezza utile h sulla scala h e, contemporaneamente, si potranno leggere i valori di r e K .

6.3. La grandezza cercata è la larghezza della trave b

Si esegue a ritroso l'impostazione vista al precedente § 6.2: si posiziona la linea di fede principale del cursore sul valore di h e si sposta lo scorrevole fino a far cadere l'indice obliquo relativo alla tensione ammissibile dell'acciaio σ_e sul valore della tensione ammissibile nel calcestruzzo σ_b . Si leggano i valori di r e K , poi si legga il valore incognito della larghezza b in corrispondenza del valore del momento flettente M , eventualmente con l'aiuto del cursore.

6.4. La grandezza cercata è il Momento flettente ammissibile M_{amm}

Si effettua l'impostazione esattamente come descritto al precedente § 6.3, con l'unica differenza che, questa volta, l'incognita da leggere è il valore del momento flettente M , che si troverà in corrispondenza del valore noto della larghezza b .

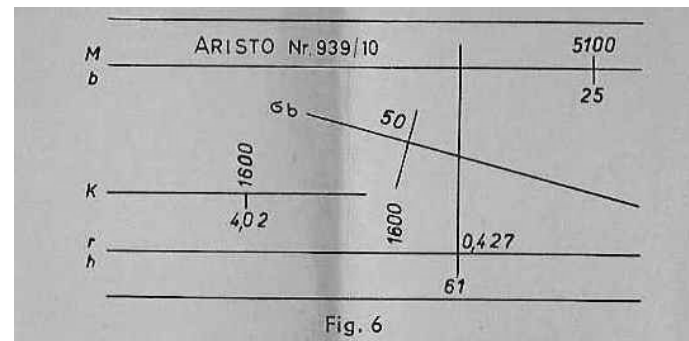
6.5. Schema di impostazione per il regolo ARISTO – STAHLBETON 939/10 e 939/8

Lo schema di impostazione è, in linea di principio, lo stesso per tutti i modelli. A parità di dati di ingresso, i risultati letti sono tuttavia ovviamente diversi, essendo in funzione di un diverso coefficiente di omogeneizzazione n .

Si ripetano a titolo di esercizio le impostazioni dei §§ 6.1 ÷ 6.4 utilizzando i seguenti dati numerici:

Per $n = 10$ (fig. 6)

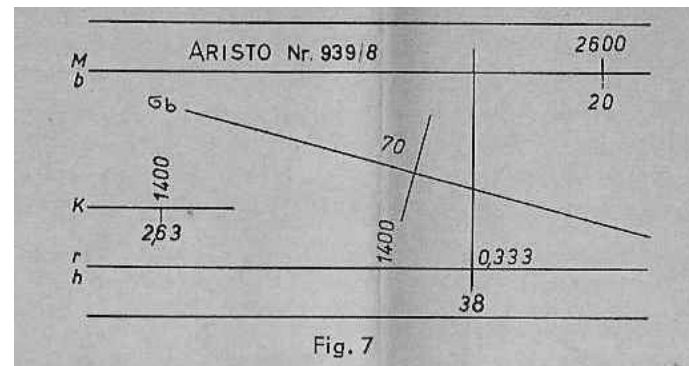
$$\begin{aligned} M &= 5100 \text{ kgm} \\ b &= 25 \text{ cm} \\ h &= 61 \text{ cm} \\ \sigma_b &= 50 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_e &= 1600 \text{ kg/cm}^2 \\ r &= 0.427 \\ K &= 4.02 \end{aligned}$$



Con la codifica di impostazione indicata al § 1. si può sinteticamente scrivere: **[b] 25 / [M] 51 // LF / [h] 6.1 → (1600): [σ_b] 50 + |1600|: [K] 4.02 + LF: [r] 4.27**

Per $n = 8$ (fig. 7)

$$\begin{aligned} M &= 2600 \text{ kgm} \\ b &= 20 \text{ cm} \\ h &= 38 \text{ cm} \\ \sigma_b &= 70 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_e &= 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ r &= 0.333 \\ K &= 2.63 \end{aligned}$$



Con la codifica di impostazione indicata al § 1. si può sinteticamente scrivere: **[b] 20 / [M] 26 // LF / [h] 3.8 → (1400): [σ_b] 70 + |1400|: [K] 2.63 + LF: [r] 3.33**

7. Trasposizione dello scorrevole

In taluni problemi può succedere che il valore cercato di M , b o h non possa essere letto direttamente in quanto ricadente fuori dai limiti della scala. In tal caso si dovrà semplicemente operare una trasposizione dello scorrevole, verso destra o verso sinistra a seconda delle esigenze, in conformità a quanto avviene normalmente per i calcoli usuali effettuati con un normale regolo. In pratica, la trasposizione verso destra avviene collocando il cursore sull'indice 10 all'estremità destra della scala fondamentale dello scorrevole (ovvero, indifferentemente, 100 della scala quadratica), poi spostando lo scorrevole stesso fino a portare sotto il cursore, mantenuto fisso, l'indice 1 all'estremità sinistra della scala fondamentale (ovvero, indifferentemente, della scala quadratica). Viceversa per la trasposizione a sinistra. La lettura dei valori di r e di K verrà effettuata ricollocando il cursore in corrispondenza di h ; analogamente per la lettura/impostazione della tensione nel calcestruzzo σ_b .

8. Controllo degli ordini di grandezza

Non sempre l'ordine di grandezza di un valore letto sulle scale del regolo è immediatamente individuabile in modo univoco. Così, ad esempio, una lettura $h = 153$ potrà significare $h = 15.3$ cm, oppure $h = 1.53$ m; ad una lettura della tensione nel calcestruzzo $\sigma_b = 53$ kg/cm² potrebbe corrispondere un'altezza $h = 85$ cm, come pure, plausibilmente, anche un'altezza $h = 8.5$ cm. Se si legge un momento ammissibile $M = 350$, tale valore potrebbe indicare sia $M = 350$ kgm, sia $M = 35000$ kgm, per quanto osservato al § 4.1. Quale valore è dunque da considerarsi quello giusto?

Nella maggioranza dei casi lo strutturista esperto è in grado da solo di dare immediatamente una risposta sicura: già prima di effettuare il calcolo preciso, infatti, egli sa prevedere l'ordine di grandezza delle dimensioni cercate, ovvero stimare il momento flettente ammissibile. Il regolo non farà poi che fornirgli valori precisi.

Ma se accade che vi siano casi dubbi, come ad esempio quando non si è ben sicuri che la trasposizione dello scorrevole sia stata eseguita correttamente, tornano molto utili le scale di controllo rimpicciolite ad 1/10 delle scale reali, poste sul lato destro del retro del regolo. Per i valori di M , r ed h , queste particolari scale ridotte sono prolungate assai oltre i limiti delle corrispondenti scale normali, sicché la lettura su di esse diventa assolutamente univoca e tale da non richiedere in nessun caso la trasposizione dello scorrevole.

L'impostazione dei dati su queste scale ridotte avviene con lo stesso schema di impostazione utilizzato per le scale normali. In questo caso non vi è la necessità di utilizzare un cursore, perchè qui non si cercano valori numerici esatti, ma semplicemente una loro approssimazione grossolana per poterne valutare il corretto ordine di grandezza. Le tensioni nel calcestruzzo, ad esempio, si stimano semplicemente in verticale sopra h , dal momento che, a questa scala, le distanze fra le linee curve di un ipotetico cursore sarebbero eccessivamente ravvicinate; nè questa approssimazione porta ad errori nella stima degli ordini di grandezza.

Ponendo ad esempio $M = 9000$ kgm, $b = 20$ cm, $\sigma_b = 45$ kg/cm² e $\sigma_c = 1800$ kg/cm², con le impostazioni viste al § 6.3 si effettua una lettura $h = 9$. In mancanza di adeguata pratica, potrebbe a questo punto porsi il dubbio se il valore da attribuirsi correttamente ad h è 9 cm, piuttosto che 90 cm. Volendo allora verificare il corretto ordine di grandezza da assumere per la lettura di h , basterà sovrapporre a $M = 9000$ il valore $b = 20$ e, sulla verticale fra $\sigma_b = 60$ kg/cm² e $\sigma_b = 30$ kg/cm² si stima una lettura di h prossima a 100, sicché il corretto ordine di grandezza sarà $h = 90$ cm.

9. Il calcolo della sezione trasversale di acciaio F_e

Il calcolo della quantità di armatura metallica F_e si effettua molto semplicemente con l'ausilio dei valori del coefficiente K sulla relativa scala dello scorrevole (cfr. § 4.6).

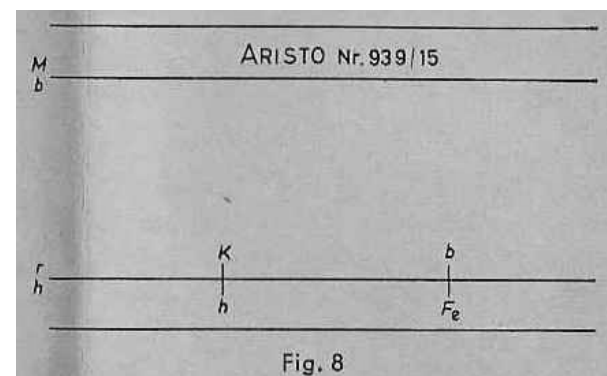
9.1. Calcolo per $n = 15$

Per $n = 15$, impiegando il cursore L 939/15 la relazione che lega F_e a K è la seguente: $F_e = \frac{h}{K} \cdot b$

Il valore di F_e è da intendersi in cm^2 se nella sopracitata formula si pone h in cm e b in m.

La cosa più semplice è calcolare F_e sulla coppia di scale fondamentali r e h , dal momento che su quest'ultima è quasi sempre già impostato il valore di h . Sarà dunque sufficiente spostare lo scorrevole fino a portare su h il valore di K impostato sulla scala r per leggere, in corrispondenza di b sulla medesima scala, il valore di F_e sulla scala h .

Tornando all'esempio numerico di fig. 5, avevamo trovato $K = 1.26$. La sezione di acciaio occorrente è pertanto: $F_e = \frac{42}{1.26} \cdot 0.24 = 8.01 \text{ cm}^2$ ([r] 1.26 / [h] 4.2 → [r] 2.4: [h] 8.01)



9.2. Calcolo per $n = 10$

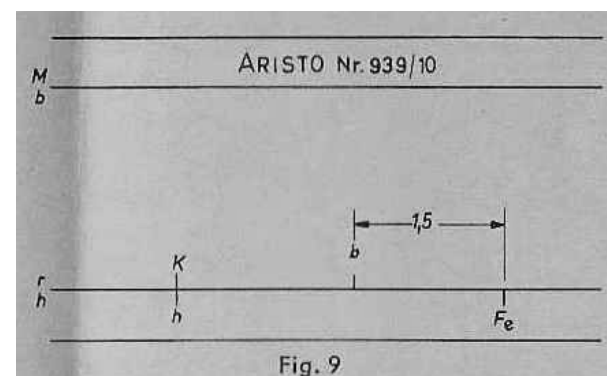
Per $n = 10$, impiegando il cursore L 939/10 la relazione che lega F_e a K è: $F_e = \frac{h}{K} \cdot b \cdot 1.5$

Anche in questo caso F_e è in cm^2 con h in cm e b in m.

L'impostazione avviene come in fig. 9: anche in questo caso si sposta lo scorrevole fino a portare su h il valore di K impostato sulla scala r ma, questa volta, non si potrà più leggere F_e direttamente sotto b , dal momento che occorre operare anche la moltiplicazione aggiuntiva per il fattore 1.5. Al riguardo, mantenendo fermo lo scorrevole sarà sufficiente collocare il trattino verticale del cursore contrassegnato con b (posto a circa 4.5 cm a sinistra della linea di fede principale) sul valore di b nella scala r e leggere, in corrispondenza della linea di fede principale, il valore di F_e sulla scala h .

Tornando all'esempio numerico del § 6.5 per $n = 10$, avevamo trovato $K = 4.02$.

La sezione di acciaio occorrente è pertanto: $F_e = \frac{61}{4.02} \cdot 0.25 \cdot 1.5 = 5.7 \text{ cm}^2$ ([r] 4.02 / [h] 6.1; |b / [r] 2.5 → LF: [h] 5.7)



9.3. Calcolo per $n = 8$

Per $n = 8$, impiegando il cursore L 939/8 la relazione che lega F_e a K è: $F_e = \frac{h}{K} \cdot b \cdot 1.875$

Anche in questo caso F_e è in cm^2 con h in cm e b in m .

L'impostazione avviene esattamente come visto al § 9.2. Anche sul cursore L 939/8 è infatti presente il trattino verticale b ; in questo caso, però, la sua distanza dalla linea di fede principale è maggiore, dovendo corrispondere al fattore 1.875.

Per l'esempio numerico del § 6.5 per $n = 8$, avevamo trovato $K = 2.63$.

La sezione di acciaio occorrente è pertanto: $F_e = \frac{38}{2.63} \cdot 0.20 \cdot 1.875 = 5.42 \text{ cm}^2$ ([r] 2.63 / [h] 3.8; |b / [r] 2.0 → LF: [h] 5.42)

9.4. Calcolo per n qualsiasi

In linea di principio, il calcolo può essere effettuato per un qualsiasi valore del coefficiente di omogeneizzazione n anche con il cursore L939/15. Nulla cambia rispetto alle impostazioni note, con l'unica differenza che la tensione ammissibile dell'acciaio σ_e e l'area di armatura metallica F_e devono essere moltiplicate per il rapporto $15/n$. E' per questo motivo che le linee del cursore che rappresentano le tensioni nell'acciaio sui cursori L939/10 e L939/8 sono via via più distanziate fra loro al calare di n , come descritto al § 5. Nel caso in cui la moltiplicazione della tensione ammissibile per il rapporto $n/15$ non dia un valore di tensione rappresentato sul cursore, tuttavia, il calcolo non potrà che avvenire sulla base di una stima del valore della tensione del calcestruzzo σ_b e di K .

Volendo ad esempio calcolare una determinata sezione per $\sigma_e = 1600 \text{ kg/cm}^2$ con $n = 12$, sarà sufficiente effettuare l'impostazione nota, ma leggere il valore di K in corrispondenza di una tensione $\sigma_e^* = 1600 \times 15/12 = 2000 \text{ kg/cm}^2$. Il valore che troveremo di σ_b sarà quello cercato, mentre la quantità effettiva F_e^* di armatura da disporre nella sezione sarà data dal prodotto $F_e^* = F_e \times 15/12$, dove F_e è il valore dell'armatura trovato con le modalità viste al § 9.1.

In questo caso abbiamo trovato che alla tensione σ_e^* corrisponde uno specifico indice del cursore. Qualora così non fosse, il valore di K e di σ_b non potranno che essere stimati, ma l'effettiva distanza fra gli indici è comunque tale da non indurre in significativi errori anche qualora la stima non sia estremamente precisa, tanto che, volendo effettuare sempre e comunque impostazioni semplici con errori trascurabili e comunque a favore di sicurezza, basterà effettuare le letture della tensione del calcestruzzo σ_b avendo l'accortezza di utilizzare il primo indice di tensione immediatamente **superiore** alla tensione σ_e^* teorica, mentre la lettura del coefficiente K si farà utilizzando il primo indice di tensione immediatamente **inferiore** alla tensione σ_e^* teorica.

10. Le scale speciali sul retro del regolo

Queste scale hanno tutte la medesima modalità di impostazione: su ognuna di esse si imposta infatti il valore del coefficiente K precedentemente determinato, usando uno dei due riferimenti verticali alle estremità dello scorrevole e si legge il corrispondente valore della variabile cercata sulla scala fondamentale r in opposizione al valore dell'altezza h sull'omonima scala fondamentale dello statore.

10.1. La scala x

La scala x fornisce il valore della distanza x dell'asse neutro dal lembo compresso della sezione (fig. 13). Il valore di x si legge direttamente sulla scala fondamentale r in opposizione al valore dell'altezza h sull'omonima scala fondamentale, sul quale risulta di solito ancora collocato il cursore.

Se sulla faccia anteriore del regolo si era letto per es. $K = 3.52$, impostando questo valore sulla scala x sul retro del regolo troveremo che ad una altezza $h = 16.5$ cm corrisponde una distanza dell'asse neutro $x = 4.17$ cm. (LFR / $[x]$ 3.52; TS $\rightarrow$ $[h]$ 1.65: $[r]$ 4.17)

10.2. La scala z

La scala z fornisce il valore del braccio della coppia interna ⁽²⁾. L'uso è in perfetta analogia a quanto visto per l'asse neutro x . Anche in questo caso la lettura dei valori di z si effettua sulla scala r in opposizione al valore dell'altezza h .

10.3. La scala σ'_e

La scala σ'_e fornisce il valore della tensione nell'armatura compressa, in caso di sezione doppiamente armata. Anche in questo caso si imposta il valore di K sulla scala σ'_e e si legge il corrispondente valore della tensione di compressione σ'_e sulla scala r in opposizione al valore della tensione di trazione σ_e impostato sulla scala fondamentale h dello statore. Il valore di σ_e che deve essere considerato è ovviamente quello in corrispondenza del quale si è effettuata la lettura del coefficiente K .

Esempio: si sia fatta la lettura $K = 1.33$ in corrispondenza di $\sigma_e = 2000$ kg/cm².

impostando allora 1.33 sulla scala σ'_e del retro del regolo, sulla scala r leggeremo 0.978 in opposizione a 2.0 sulla scala fondamentale h , il che significa che per $\sigma_e = 2000$ kg/cm² risulta $\sigma'_e = 978$ kg/cm² (di compressione). (LFR / $[\sigma'_e]$ 1.33 $\rightarrow$ $[h]$ 2.0: $[r]$ 0.978)

Occorre tuttavia tener ben presente che il dimensionamento di questa scala è stato effettuato con riferimento ad un rapporto $h'/h = 0.07$ per cui i risultati che troveremo con questa scala saranno più o meno esatti nella misura in cui più o meno il rapporto effettivo h'/h si avvicina a 0,07. Nella pratica corrente, molto spesso vengono adottate sezioni per le quali il rapporto h'/h è non superiore a 0.07 sicchè, usando la scala σ'_e , al più sottostimeremo l'effettiva tensione σ'_e : come vedremo nel calcolo delle sezioni a doppia armatura (cfr. § 11.3), ciò comporta una sovrastima dell'armatura compressa F'_e , il che è indubbiamente a favore di sicurezza. Tuttavia è bene tenere presente questo limite ogni qualvolta occorra una particolare precisione e specialmente nel caso di sezioni ribassate, per le quali il copriferro eccede il 7% dell'altezza utile. In tali casi la scala σ'_e è

² Distanza fra il baricentro delle tensioni in zona compressa e il baricentro delle armature tese. In pratica $z = h - x/3$.

inadeguata e per calcolare l'esatto valore della tensione di compressione dell'acciaio occorre riferirsi al valore della posizione dell'asse neutro x (cfr. § 10.1) e calcolare σ'_e con la formula analitica:

$$\sigma'_e = n \times \sigma_b \times \frac{x - h'}{x}$$

11. Solette

Le solette e, più in generale, le lastre, si calcolano alla stessa stregua di travi, per strisce di larghezza usualmente pari a 1 m. Lo schema di impostazione è lo stesso del § 6. Stante la larghezza $b = 1$ m, l'area di armatura metallica F_e risulta immediatamente calcolata noto il valore di K . Per impostare la larghezza $b = 1$ m, si possono usare indifferentemente sia l'indice 100 che l'indice 1 della scala b .

11.1. Esempio 1 - si cercano σ_b e F_e noti M , b , h , σ_e

$M = 1550$ kgm;
 $b = 1$ m
 $h = 14.5$ cm
 $\sigma_e = 1600$ kg/cm²

soluzione (cfr. § 6.1): si porti $b = 100$ sotto $M = 1550$ ⁽³⁾

Si porti la linea di fede principale del cursore su $h = 14.5$. In corrispondenza delle linee di fede per $\sigma_e = 1600$ kg/cm² leggeremo $\sigma_b = 51$ kg/cm² e $K = 1.94$.

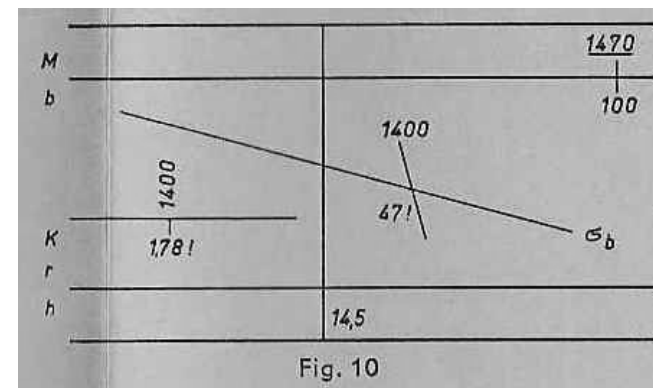
Sotto la linea di fede del cursore, sulla scala b leggeremo $r = 0.368$ ⁽⁴⁾.

Con le modalità di impostazione di fig. 8 si calcola: $F_e = \frac{14.5}{1.94} = 7.48$ cm²

impostazione: **[b] 100 / [M] 15.50 // LF / [h] 1.45 → LF: [r] 3.68 + (1600): [σ_b] 51 + |1600|: [K] 1.94 ; [r] 1.94 / [h] 1.45 → [r] 10: [h] 7.48**

per $n = 10$: $\sigma_b = 60$ kg/cm²; $K = 2.96$; $F_e = \frac{14.5}{2.96} \times 1.00 \times 1.5 = 7.35$ cm²

per $n = 8$: $\sigma_b = 65$ kg/cm²; $K = 3.73$; $F_e = \frac{14.5}{3.73} \times 1.00 \times 1.875 = 7.28$ cm²



³ Se collocassimo $b = 1$ sotto $M = 1550$ non avremmo possibilità di lettura su $h = 14.5$

⁴ Che è sempre lo stesso a prescindere dal coefficiente di omogeneizzazione n adottato.

Per quanto visto al § 9.4 è possibile effettuare il calcolo anche per un valore del coefficiente di omogeneizzazione per il quale non sia disponibile uno specifico cursore. Volendo svolgere il calcolo con $n = 12$, sarà sufficiente effettuare l'impostazione nota, ma leggere il valore di K in corrispondenza di una tensione $\sigma_e^* = 1600 \times 15/12 = 2000 \text{ kg/cm}^2$. Troveremo allora $\sigma_b = 55.5 \text{ kg/cm}^2$ e $K = 2.45$; la quantità effettiva F_e^* di armatura da disporre nella sezione sarà allora dato dal prodotto $F_e^* = F_e \times 15/12 = 5.92 \times 1.25 = 7.40 \text{ cm}^2$.

L'esempio precedente è semplificato dal fatto che, casualmente, il prodotto $\sigma_e^* = \sigma_e \times 15 / n$ è rappresentato da uno specifico indice del cursore.

Volendo svolgere il calcolo con $n = 9$, dobbiamo effettuare le impostazioni con riferimento ad una tensione $\sigma_e^* = 1600 \times 15/9 = 2667 \text{ kg/cm}^2$ per la quale non troviamo sul cursore un corrispondente indice. La tensione nel calcestruzzo σ_b e il coefficiente K dovranno allora essere semplicemente stimati: così operando, troviamo $\sigma_b = 62.5 \text{ kg/cm}^2$ e $K = 3.30$; la quantità effettiva F_e^* di armatura da disporre nella sezione sarà allora $F_e^* = 4.40 \times 1.67 = 7.33 \text{ cm}^2$. Se si effettuano le letture come suggerito al § 9.4, in corrispondenza del primo indice di tensione immediatamente superiore a 2667 kg/cm^2 , quindi per $\sigma_e^* = 2800 \text{ kg/cm}^2$, troviamo $\sigma_b = 63.5 \text{ kg/cm}^2$, mentre in corrispondenza del primo indice inferiore a 2667 kg/cm^2 , quindi per $\sigma_e^* = 2600 \text{ kg/cm}^2$, troviamo $K = 3.21$ e, conseguentemente, $F_e^* = 7.55 \text{ cm}^2$. Se confrontiamo i risultati trovati con i valori esatti ($\sigma_b = 62 \text{ kg/cm}^2$ e $F_e = 7.31 \text{ cm}^2$) osserviamo che l'impostazione con stima ottica dei valori di σ_b e K porta a risultati praticamente coincidenti con quelli effettivi, mentre la successiva semplificazione adottata ha portato a sovrastimare del 2.4 % la tensione σ_b e del 3.3 % l'area F , con errori dunque assolutamente insignificanti e comunque a favore di sicurezza.

11.2. Esempio 2 - si cercano h e F_e noti M, b, σ_e, σ_b

$$\begin{aligned} M &= 840 \text{ kgm}; \\ b &= 1 \text{ m} \\ \sigma_e &= 2000 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_b &= 80 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

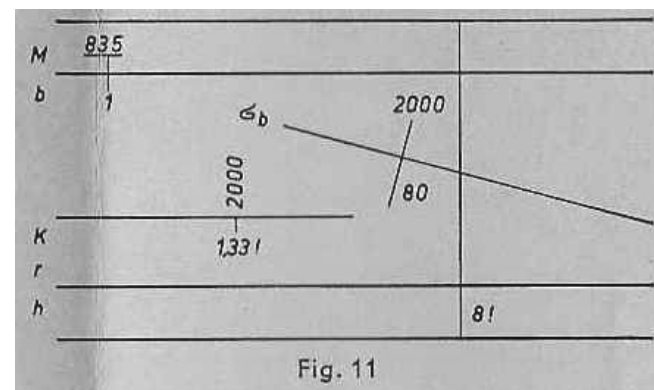
soluzione (cfr. § 6.2): si porti $b = 1.0$ sotto $M = 840$ e si sposti il cursore in modo tale da avere $\sigma_b = 80 \text{ kg/cm}^2$ posizionato sotto l'indice curvo $\sigma_e = 2000 \text{ kg/cm}^2$. Avremo allora:

$$\text{per } n = 15: \quad K = 1.33; \quad h = 8.0 \text{ cm}; \quad r = 0.276; \quad F_e = \frac{8.0}{1.33} \times 1.00 = 6.02 \text{ cm}^2$$

impostazione: $[b] 1 / [M] 8.40 // (2000) / [\sigma_b] 80 \rightarrow [2000]: [K] 1.33 + LF: [h] 8 + [r] 2.76; [r] 1.33 / [h] 8 \rightarrow [r] 1: [h] 6.02$

$$\text{per } n = 10: \quad K = 2.63; \quad h = 9.0 \text{ cm}; \quad F_e = \frac{9.0}{2.63} \times 1.00 \times 1.5 = 5.13 \text{ cm}^2$$

$$\text{per } n = 8: \quad K = 3.86; \quad h = 9.7 \text{ cm}; \quad F_e = \frac{9.7}{3.86} \times 1.00 \times 1.875 = 4.72 \text{ cm}^2$$



12. Travi rettangolari con armatura semplice

Come già visto nel caso delle solette, il calcolo si effettua mediante:

- a) applicazione dello schema di impostazione (cfr. § 6)
- b) calcolo della sezione di armatura metallica (cfr. § 9)

12.1. Esempio 3 - si cercano σ_b e F_e noti M , b , h , σ_e

$$\begin{aligned} M &= 7.8 \text{ tm} \\ b &= 50 \text{ cm} \\ h &= 56 \text{ cm} \\ \sigma_e &= 1800 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

soluzione (cfr. § 6.1): si porti $b = 50$ sotto $M = 7.8 \text{ tm}$ e si sposti il cursore in modo da sovrapporre la linea di fede principale su $h = 56$.

avremo allora: per $n = 15$: $\sigma_b = 42 \text{ kg/cm}^2$; $K = 3.31$; $r = 0.448$; $F_e = \frac{56}{3.31} \times 0.50 = 8.45 \text{ cm}^2$

impostazione: **[b] 50 / [M] 78 // LF / [h] 5.6 → (1800): [σ_b] 42 + |1800|: [**K**] 3.31 + LF: [**r**] 4.48 ; [r] 3.31 / [h] 5.6 → [r] 5.0: [**h**] 8.45**

$$\text{per } n = 10: \quad \sigma_b = 49.5 \text{ kg/cm}^2; \quad K = 5.01; \quad F_e = \frac{56}{5.01} \times 0.50 \times 1.5 = 8.40 \text{ cm}^2$$

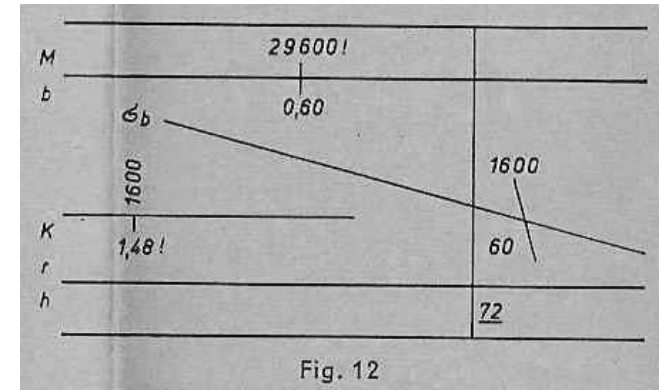
$$\text{per } n = 8: \quad \sigma_b = 54 \text{ kg/cm}^2; \quad K = 6.33; \quad F_e = \frac{56}{6.33} \times 0.50 \times 1.875 = 8.30 \text{ cm}^2$$

Volendo svolgere il calcolo con $n = 10$ utilizzando il cursore L 939/15, dobbiamo effettuare le impostazioni facendo riferimento ad una tensione $\sigma_e^* = 1800 \times 15/10 = 2700 \text{ kg/cm}^2$ per la quale non troviamo sul cursore un corrispondente indice. La tensione nel calcestruzzo σ_b e il coefficiente K possono comunque essere facilmente stimati, ritrovando risultati praticamente coincidenti con quelli indicati sopra. Se invece si effettuano le letture come suggerito al § 9.4, in corrispondenza del primo indice di tensione immediatamente superiore a 2700 kg/cm^2 , quindi per $\sigma_e^* = 2800 \text{ kg/cm}^2$, troviamo $\sigma_b = 50.5 \text{ kg/cm}^2$, mentre in corrispondenza del primo indice inferiore a 2700 kg/cm^2 , quindi per $\sigma_e^* = 2600 \text{ kg/cm}^2$, troviamo $K = 4.87$ e, conseguentemente, $F_e^* = 8.64 \text{ cm}^2$ con errori a favore di sicurezza rispettivamente del 2% e del 3%.

12.2. Esempio 4 - si cercano $M_{amm.}$ e F_e noti b , h , σ_e , σ_b

$$\begin{aligned} b &= 60 \text{ cm} \\ h &= 72 \text{ cm} \\ \sigma_e &= 1600 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_b &= 60 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

soluzione (cfr. § 6.1): si porti la linea di fede del cursore su $h = 72$ e si sposti lo scorrevole in modo tale che $\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2$ venga a trovarsi sotto l'indice curvo del cursore $\sigma_e = 1600 \text{ kg/cm}^2$. In corrispondenza di $b = 60 \text{ cm}$ ci troviamo fuori dalla scala M , quindi occorrerà operare una trasposizione dello scorrevole (cfr. § 7). Tale operazione deve tuttavia essere operata successivamente alla lettura di $r = 0.324$ e $K = 1.48$. Si porti poi il cursore su 1 della scala fondamentale dello scorrevole, quindi si sposti lo scorrevole fino a portare il valore 10 della medesima scala sotto il cursore; a questo punto, in corrispondenza di $b = 60 \text{ cm}$ leggeremo sulla scala M il valore 2.96 che, avendo trasposto lo scorrevole, è da leggersi come $M_{amm} = 29600 \text{ kgm}$.



Nel caso in cui sussistessero dubbi sulla corretta lettura di M , si può fare ricorso alle scale di verifica dell'ordine di grandezza poste sul retro del regolo. A questo riguardo si imposta approssimativamente su tali scale $\sigma_b = 60$ in opposizione a $h \cong 70$ e, in corrispondenza di $b = 60$, si trova $M \cong 30000$, che conferma l'ordine di grandezza per il momento flettente.

Con le ormai consuete modalità di impostazione di fig. 8 si calcola:

per $n = 15$:

$$F_e = \frac{72}{1.48} \times 0.60 = 29.2 \text{ cm}^2$$

impostazione: LF / [h] 7.2; (1600) / [σ_b] 60 $\rightarrow$ [1600]: [**K**] 1.48 + LF: [**r**] 3.24; TS $\rightarrow$ [b] 60: [**M**] 2.96; [r] 1.48 / [h] 7.2; TS $\rightarrow$ [r] 6.0: [**h**] 2.92;
 [σ_b] 60 / [h] 70 $\rightarrow$ [b] 60: [**M**] 30000

per $n = 10$: $K = 2.93$; $M = 23100 \text{ kgm}$; $F_e = \frac{72}{2.93} \times 0.60 \times 1.5 = 22.1 \text{ cm}^2$

per $n = 8$: $K = 4.32$; $M = 19900 \text{ kgm}$; $F_e = \frac{72}{4.32} \times 0.60 \times 1.875 = 18.75 \text{ cm}^2$

13. Travi rettangolari con armatura doppia

L'armatura doppia (cioè sia in zona tesa che in zona compressa) si rende necessaria per quelle travi il cui momento ammissibile a flessione semplice (M_{amm}) è inferiore a quello effettivamente da assorbire (M).

Al riguardo, si determina preliminarmente il momento flettente ammissibile M_{amm} nell'ipotesi di armatura semplice (cfr. § 6.4) e la corrispondente armatura F_{es} .

Noti tali valori sarà: $\Delta M = M - M_{amm}$;

$$\Delta F_e = \frac{\Delta M}{\sigma_e \times c}, \text{ dove } c = h - h'$$

$$F_e = F_{es} + \Delta F_e \quad (\text{armatura in zona tesa})$$

$$F'_e = \frac{\Delta M}{\sigma'_e \times c} \quad (\text{armatura in zona compressa})$$

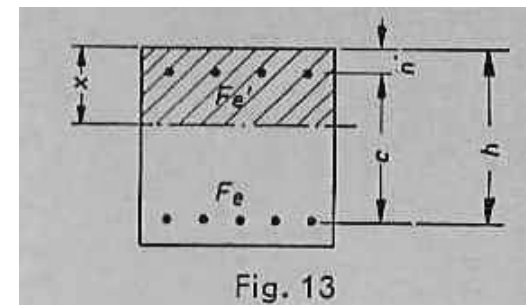


Fig. 13

La determinazione della tensione σ'_e assorbita dall'armatura compressa si effettua come visto al § 10.3.

13.1. Esempio 5 - si cercano F_e , σ'_e e F'_e noti M , b , h , σ_e , σ_b

Calcoliamo la stessa sezione dell'esempio 4 (per la quale avevamo trovato $M_{amm} = 29600$ kgm, $K = 1.48$, $F_{es} = 29.2$ cm²), per un momento flettente $M = 35000$ kgm. I dati di ingresso sono dunque i seguenti:

$$\begin{aligned} M &= 35000 \text{ kgm} \\ b &= 60 \text{ cm} \\ h &= 72 \text{ cm} \\ h' &= 4 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad c = 72 - 4 = 68 \text{ cm} \\ \sigma_e &= 1600 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_b &= 60 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{amm} &= 29600 \text{ kgm} \\ K &= 1.48 \\ F_{es} &= 29.2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Avremo allora: $\Delta M = M - M_{amm} = 35000 - 29600 = 5400$ kgm

$$\Delta F_e = \frac{\Delta M}{\sigma_e \times c} = \frac{5400}{1600 \times 0.68} = 4.96 \text{ cm}^2 \text{ }^{(5)}$$

$$F_e = F_{es} + \Delta F_e = 29.2 + 4.96 = 34.16 \text{ cm}^2$$

Impostando $K = 1.48$ sulla scala σ'_e posta sul retro del regolo, in corrispondenza di $\sigma_e = 1600$ sulla scala h del fronte troviamo sulla scala r dello scorrevole $\sigma'_e = 726 \text{ kg/cm}^2$, quindi:

$$F'_e = \frac{\Delta M}{\sigma'_e \times c} = \frac{5400}{726 \times 0.68} = 10.94 \text{ cm}^2 \text{ }^{(6)}$$

Impostazione: **LF / [h] 7.2; (1600) / [σ_b] 60 → [1600]: [K] 1.48 + LF: [r] 3.24; TS; [b] 60 / [M] 2.96; [r] 1.48 / [h] 7.2; TS → [r] 6.0: [h] 2.92;**
[r] 1.6 / [h] 5.4; LF / [r] 1; [r] 6.8 / LF → [r] 10: [h] 4.96;
LFR / [σ'_e] 1.48; TS → [h] 1.6: [r] 7.26 ; [r] 7.26 / [h] 5.4; LF / [r] 10; [r] 6.8 / LF → [r] 1: [h] 1.094

Lo stesso esempio, per valori diversi di n (si veda il precedente esempio 4) porgerebbe:

Per $n = 10$: ($K = 2.93$; $M_s = 23100 \text{ kgm}$; $F_{es} = 22.1 \text{ cm}^2$)

troveremmo: $\Delta M = 11900 \text{ kgm}$; $\Delta F_e = 10.94 \text{ cm}^2$; $F_e = 33.04 \text{ cm}^2$; $\sigma'_e = 447 \text{ kg/cm}^2$; $F'_e = 39.15 \text{ cm}^2 \text{ }^{(7)}$

Per $n = 8$: ($K = 4.32$; $M_s = 19900 \text{ kgm}$; $F_{es} = 18.75 \text{ cm}^2$)

troveremmo: $\Delta M = 15100 \text{ kgm}$; $\Delta F_e = 13.9 \text{ cm}^2$; $F_e = 32.7 \text{ cm}^2$; $\sigma'_e = 335 \text{ kg/cm}^2$; $F'_e = 66.3 \text{ cm}^2 \text{ }^{(8)}$

⁵ Per M in kgm e σ_e in kg/cm^2 , c deve essere in m . In maniera dimensionalmente più omogenea, si dovrebbe scrivere $\Delta F_e = \frac{540000}{1600 \times 68} = 4.96 \text{ cm}^2$

⁶ In realtà $h'/h = 4 / 72 = 0.056$. Usando la scala σ'_e abbiamo dunque sottostimato il reale valore della tensione di compressione nell'acciaio e , conseguentemente, abbiamo sovrastimato la relativa area di acciaio (cfr. § 10.3). Volendo determinare i valori esatti di σ'_e e di F'_e , collochiamo il valore $K = 1.48$ sulla scala x posta sul retro del regolo e, come visto al § 10.1, troviamo $x = 25.9 \text{ cm}$ (impostazione: **LFR / [x] 1.48 → [h] 7.2: [r] 2.59**). Con tale valore calcoleremo allora:

$$\sigma'_e = 15 \times 60 \times \frac{25.9 - 4}{25.9} = 761 \text{ kg/cm}^2 \quad \rightarrow \quad F'_e = \frac{5400}{761 \times 0.68} = 10.44 \text{ cm}^2$$

⁷ Vale quanto osservato alla precedente nota 6. Con i criteri ivi indicati risulta $x = 19.6 \rightarrow \sigma'_e = 478 \text{ kg/cm}^2$; $F'_e = 36.6 \text{ cm}^2$, con un errore del 7%.

⁸ Vale quanto osservato alla precedente nota 6. Con i criteri ivi indicati risulta $x = 16.6 \rightarrow \sigma'_e = 364 \text{ kg/cm}^2$; $F'_e = 61.0 \text{ cm}^2$, con un errore del 9%.

14. Travi a T

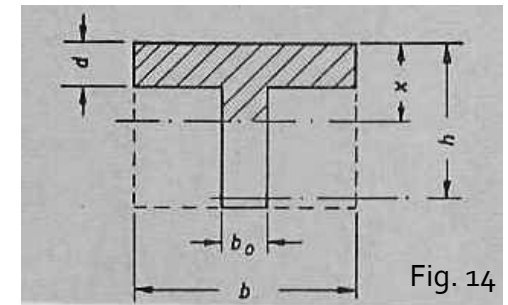
Le travi a T si possono calcolare come normali travi rettangolari di larghezza b pari alla larghezza dell'ala compressa (fig. 14). Lo stesso valore di b si utilizza nel calcolo dell'armatura metallica F_e . Così operando, si sovrastima l'esatto valore di F_e , ma in misura più che accettabile. Assai più inesatta è la determinazione della tensione nel calcestruzzo σ_b , ma poichè per questo tipo di travi essa risulta normalmente assai minore della tensione ammissibile, sarà sufficiente relazionare scrivendo, ad es., $\sigma_b < 70 \text{ kg/cm}^2$.

In casi particolari si può comunque usare la seguente formula:

$$\sigma_b = \frac{\sigma_e}{100} \cdot \frac{\left(\frac{30}{K} + \frac{100}{\alpha^2} \right)}{\left(\frac{30}{\alpha} - \frac{15}{\alpha^2} \right)} \cdot \frac{15}{n} \leq \sigma_{b \text{ amm}}$$

nella quale K è il valore del coefficiente determinato con la normale impostazione del regolo, n è il coefficiente di omogeneizzazione e $\alpha = \frac{h}{d}$.

Nel caso di solai nervati, la determinazione della larghezza collaborante b si effettua in base alle normative nazionali in vigore⁽⁹⁾

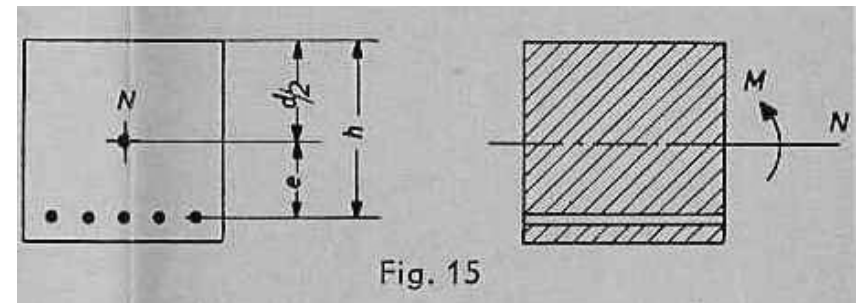


15. Flessione composta

Si ponga, come di consueto, $M_e = M - N \times e$ (N negativo se di compressione)

con $e = h - d/2$ (fig. 15) e si calcoli la sezione per M_e con i criteri noti, determinando in particolare F_e^*

Sarà allora: $F_e = F_e^* + \frac{N}{\sigma_e}$ (N negativo se di compressione)



⁹ L'ultima norma italiana che recepiva il metodo delle tensioni ammissibili prescriveva che la larghezza b collaborante fosse assunta come la maggiore fra:

- un decimo dell'interasse fra le nervature;
- cinque volte lo spessore della soletta più una volta la larghezza dell'eventuale tratto di raccordo fra soletta e anima;

in ogni caso la larghezza di soletta collaborante da ciascun lato dell'anima non poteva superare la distanza fra quest'ultima e il bordo estremo della soletta, nè la metà della luce fra le nervature.

15.1. Esempio 6 - si cercano σ_b e F_e noti M , N , b , h , σ_e (Pressoflessione)

$$\begin{aligned} M &= 6110 \text{ kgm} \\ N &= -12000 \text{ kg} \quad (\text{Pressoflessione}) \\ b &= 25 \text{ cm} \\ d &= 60 \text{ cm} \\ h' &= 3 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad h = 60 - 3 = 57 \text{ cm}; \quad e = 57 - 60/2 = 27 \text{ cm} \\ \sigma_e &= 1400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Avremo allora: $M_e = 6110 - (-12000) \times 0.27 = 9350 \text{ kgm}$

Con i criteri noti, troviamo: $\sigma_b = 65 \text{ kg/cm}^2$; $K = 1.05$; $r = 0.294$
 $F_e^* = 13.6 \text{ cm}^2 \rightarrow F_e = 13.6 - \frac{12000}{1400} = 5.00 \text{ cm}^2$

impostazione: [b] 25 / [M] 93.5 // LF / [h] 5.7 $\rightarrow$ (1400): [σ_b] 65 + [1400]: [K] 1.05 + LF: [r] 2.94; [r] 1.05 / [h] 5.7; TS $\rightarrow$ [r] 2.5: [h] 1.36

15.2. Esempio 7 - si cercano σ_b e F_e noti M , N , b , h , σ_e (Tensoflessione)

$$\begin{aligned} M &= 6110 \text{ kgm} \\ N &= 12000 \text{ kg} \quad (\text{Tensoflessione}) \\ b &= 25 \text{ cm} \\ d &= 60 \text{ cm} \\ h' &= 3 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad h = 60 - 3 = 57 \text{ cm}; \quad e = 57 - 60/2 = 27 \text{ cm} \\ \sigma_e &= 1400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Avremo allora: $M_e = 6110 - 12000 \times 0.27 = 2870 \text{ kgm}$

Con i criteri noti, troviamo: $\sigma_b = 31 \text{ kg/cm}^2$; $K = 3.63$; $r = 0.532$;
 $F_e^* = 3.93 \text{ cm}^2 \rightarrow F_e = 3.93 + \frac{12000}{1400} = 12.50 \text{ cm}^2$

impostazione: [b] 25 / [M] 28.7 // LF / [h] 5.7 $\rightarrow$ (1400): [σ_b] 31 + [1400]: [K] 3.63 + LF: [r] 5.32; [r] 3.63 / [h] 5.7 $\rightarrow$ [r] 2.5: [h] 3.93

15.3. Esempio 8 - si cercano F_e e F'_e noti M , N , b , h , σ_b , σ_e (Pressoflessione con doppia armatura)

$$M = 4600 \text{ kgm}$$

$$N = -5500 \text{ kg}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$h' = 4 \text{ cm} \rightarrow h = 36 \text{ cm}; \quad e = 36 - 40/2 = 16 \text{ cm}; \quad c = 36 - 4 = 32 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$\sigma_e = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 65 \text{ kg/cm}^2$$

Si calcola in prima istanza il valore di $M_e = M + N \times e = 4600 + 5500 \times 0.16 = 5480 \text{ kgm}$

Analogamente a quanto già visto nell'esempio 5, si calcolano poi il Momento flettente M_{amm} e l'area di acciaio F_{es} che corrispondono alla sezione nota nell'ipotesi di armatura semplice. In analogia a quanto già visto nell'esempio 4, troviamo:

$$M_{amm} = 2990 \text{ kgm}$$

$$K = 1.05$$

$$F_{es} = 6.86 \text{ cm}^2$$

Il Momento flettente residuo vale: $\Delta M = M_e - M_{amm} = 5480 - 2990 = 2490 \text{ kgm}$

La distanza fra i baricentri delle armature tese e compressa vale $c = h - h' = 32 \text{ cm}$, quindi l'armatura aggiuntiva ΔF_e , che deve assorbire interamente il momento residuo ΔM , vale:

$$\Delta F_e = \frac{2490}{1400 \times 0.32} = 5.57 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad F_e = F_{es} + \Delta F_e - N / \sigma_e = 6.86 + 5.57 - 5500/1400 = 8.50 \text{ cm}^2$$

Poiché $h'/h = 0.111 > 0.07$, non possiamo usare la scala σ'_e , perché troveremmo un valore sovrastimato di σ_e , quindi sottostimeremmo l'armatura a compressione F'_e . Occorre dunque calcolare la posizione dell'asse neutro x : operando come visto al § 10.1, troveremo $x = 14.8 \text{ cm}$

La tensione nell'armatura compressa vale (cfr. § 10.3): $\sigma'_e = n \times \sigma_b \times \frac{x - h'}{x} = 15 \times 65 \times \frac{14.8 - 4}{14.8} = 710 \text{ kg/cm}^2$

Quindi avremo infine: $F'_e = \frac{\Delta M}{\sigma'_e \times c} = \frac{2490}{710 \times 0.32} = 10.95 \text{ cm}^2$

Impostazione: LF / [h] 3.6; [σ_b] 65 / (1400) $\rightarrow$ |1400|: [**K**] 1.05 + LF: [**r**] 2.94 + [b] 20: [**M**] 2.99; [r] 1.05 / [h] 3.6 $\rightarrow$ [r] 2.0: [**h**] 6.86;

[r] 1.4 / [h] 2.49; LF / [r] 1; [r] 3.2 / LF $\rightarrow$ [r] 10: [**h**] 5.57;

LFR / [x] 1.05 $\rightarrow$ [h] 3.6 / [**r**] 1.48; [r] 7.1 / [h] 2.49; LF / [r] 10; [r] 3.2 / LF $\rightarrow$ [r] 1: [**h**] 1.095

16. Sforzo normale semplice

Per il calcolo di sezioni semplicemente compresse quali pilastri o puntoni, o comunque tali da avere la risultante delle sollecitazioni interna al nocciolo centrale d'inerzia, si rendono solitamente necessarie le sole indicazioni normative in merito alle tensioni ammissibili e ai quantitativi massimi e minimi di armatura metallica. Tali calcoli sono effettuabili con un qualsiasi regolo calcolatore, quindi, a maggior ragione, con l'ARISTO – Stahlbeton, dal momento che le scale principali dello statore e dello scorrevole, indipendentemente dalla loro denominazione, non sono altro che le normali scale principali e quadratiche di un regolo calcolatore ordinario.

17. Taglio, torsione etc.

Per la determinazione delle tensioni tangenziali da Taglio, si rende necessario conoscere l'entità del braccio della coppia interna z , che col regolo ARISTO – Stahlbeton può essere determinata molto semplicemente facendo uso della scala z posta sul retro del regolo, il cui uso è spiegato al § 10.2. Le formule per risolvere tali problemi con il metodo delle tensioni ammissibili sono del resto molto semplici e non necessitano di particolari tabelle o scale speciali. Per esse si rimanda alla letteratura tecnica, esulando la loro trattazione dall'ambito delle presenti istruzioni. Analoghe osservazioni valgono per le tensioni di aderenza e per le tensioni tangenziali da Torsione.

18. Verifica delle tensioni

La verifica delle tensioni va effettuata quando si debba operare su sezioni già dimensionate, per le quali siano dunque già note le dimensioni geometriche ed i quantitativi di armatura metallica: ciò accade in sede di collaudo, oppure quando sia necessario applicare sollecitazioni diverse da quelle per le quali la sezione è stata dimensionata inizialmente.

A tale scopo occorre innanzi tutto calcolare il coefficiente K utilizzando la relazione nota che lega tale parametro all'armatura F_e :

$$K = \frac{h}{F_e} \cdot b \cdot \frac{15}{n}$$

ricordando che in tale espressione h è in cm, F_e è in cm^2 e b è in m (nelle travi a T e nei solai nervati b è la larghezza collaborante). Noto il valore di K , con le scale poste sul retro del regolo diventa facile risalire ai valori di x e di z , come visto ai § 10.1 e 10.2.

Si ha dunque:

$$\sigma_e = \frac{M}{F_e \cdot z}$$

$$\sigma_b = \frac{2M}{b \cdot x \cdot z} \quad (\text{per travi rettangolari e solette}) \quad \text{oppure} \quad \sigma_b = \frac{\sigma_e}{100} \cdot \frac{\left(\frac{30}{K} + \frac{100}{\alpha^2}\right)}{\left(\frac{30}{\alpha} - \frac{15}{\alpha^2}\right)} \cdot \frac{15}{n} \quad (\text{per travi a T})$$

19. Tensioni eccezionali

Tensioni nel calcestruzzo inferiori a 30 kg/cm^2 sono di solito scarsamente significative, per questo non si è ritenuto necessario prolungare la scala speciale σ_b oltre tale valore. In relazione di calcolo basterà in questi casi scrivere $\sigma_b < 30 \text{ kg/cm}^2$.

Tensioni nel calcestruzzo superiori a 120 kg/cm^2 sono ammissibili solamente in casi particolari (quali il cemento armato precompresso). In questi casi, si effettui come solito la lettura di K e con tale valore si determinino i valori di F_e , x, z come indicato ai § 10.1 e 10.2.

Quindi si calcoli la tensione nel calcestruzzo con la formula vista al precedente § 18.

Per le tensioni eccezionali nell'acciaio, si stimino i valori di σ_b e di K per interpolazione ottica sulla base degli indici presenti sul cursore, ovvero si stimi il valore di σ_e con la seguente formula approssimata:

$$F_e = \frac{M}{\sigma_e \cdot 0.88 h}$$

A seconda del grado di precisione richiesto si effettui poi il calcolo della tensione nel calcestruzzo come visto al § 18.

20. La scelta dei tondini di acciaio

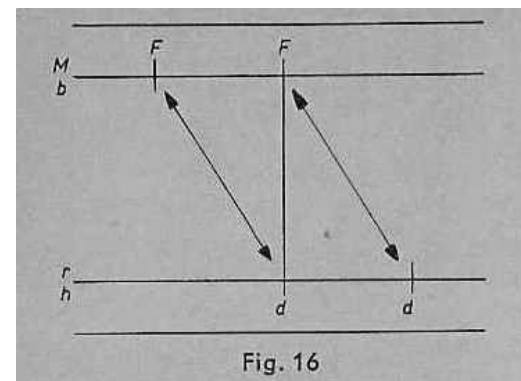
La scelta dei tondini, vale a dire la scelta del numero e del diametro delle barre da utilizzare, si può effettuare sia usando l'apposita tabella posta sul retro dello scorrevole, sia usando le scale di base e quadratiche del regolo.

20.1. Determinazione con l'uso degli indici del cursore

La sezione di un tondino di diametro d si può calcolare (come per quasi tutti i regoli calcolatori) usando i trattini d del cursore (fig. 3) in modo assai semplice (fig. 16).

Si porti il trattino d in basso a destra in corrispondenza del diametro d del tondino impostato sulla scala fondamentale h. La sezione F del tondino può essere allora letta sulla scala quadratica M sotto la linea di fede principale del cursore (tratto a di fig. 3).

La stessa relazione fra diametro d e sezione F intercorre fra linea di fede principale e trattino d in alto a sinistra. Ciò perché, casualmente, il fattore 785⁽¹⁰⁾ è rappresentativo del peso specifico dell'acciaio.



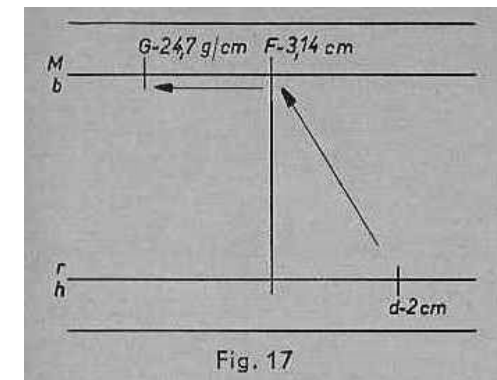
¹⁰ $\pi / 4 = 0.785$ nella formula $F = d^2 \cdot \pi / 4$

Ciò consente di calcolare molto agevolmente anche il peso P di barre d'acciaio di lunghezza unitaria a partire dal loro diametro d .

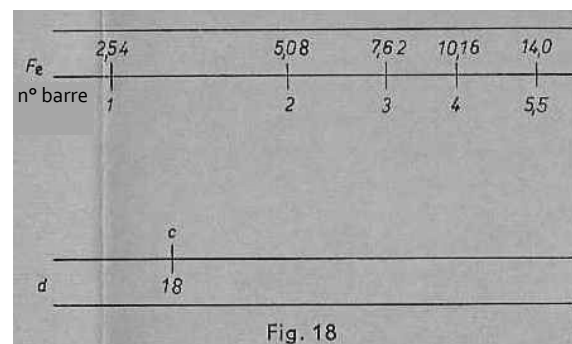
Ad esempio, $d = 2 \text{ cm} \rightarrow F = 3.14 \text{ cm}^2 \quad P = 2.47 \text{ kg/m}$

Portando poi l'inizio dello scorrevole sotto il trattino d in alto a sinistra del cursore, si potrà fare la lettura dei pesi per lunghezze determinate.

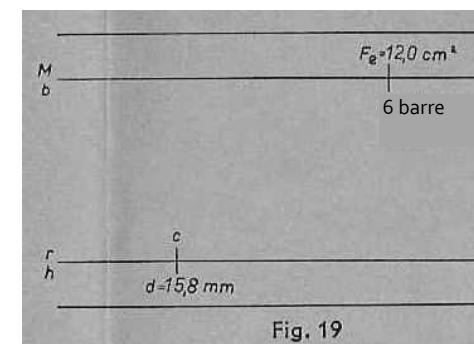
Portando invece l'inizio dello scorrevole sotto la linea di fede principale, sulla scala quadratica M si potranno effettuare le letture delle sezioni complessive di n tondini di diametro d , con n e d impostati rispettivamente sulle scale b e h .



20.2. Determinazione con l'uso degli indici c e c_1 della scala inferiore dello scorrevole



La sezione trasversale di più tondini di ugual diametro si ottiene altrettanto semplicemente con l'aiuto degli indici c e c_1 sulla scala inferiore dello scorrevole. Portando il trattino c sopra il diametro del tondino sulla scala h , si trova la sezione F_e corrispondente sulla scala M , in opposizione all'1 della scala b . E' evidente che con tale impostazione sono immediatamente leggibili i valori della sezione per più barre di pari diametro, andando ad effettuare la lettura sempre sulla scala M in corrispondenza del numero di barre n letto sulla scala b .



La fig. 18 mostra un esempio con tondini $\varnothing 18 \text{ mm}$.

Se ad esempio occorre un'area di ferro $F_e = 14.0 \text{ cm}^2$, per un diametro $\varnothing 18 \text{ mm}$ si legge che occorrerebbero 5.5 barre, il ch  significa che si dovranno disporre 6 barre.

Viceversa, se occorre a priori attenersi ad un numero prefissato di barre, si imposter  il corrispondente numero ($n = 6$, nell'esempio di fig. 19) sulla scala b sotto alla sezione F_e letta sulla scala M ($F_e = 12 \text{ cm}^2$, nell'esempio di fig. 19). Sotto il trattino c della scala r si pu  allora leggere il diametro teorico del tondino e determinare il diametro effettivamente da adottare per arrotondamento all'intero superiore ($d = 15.8 \text{ mm} \rightarrow \varnothing 18 \text{ mm}$ nell'esempio di fig. 19)

21. Modalità di redazione del calcolo statico

Il modo con il quale si redigeranno i problemi di calcolo e le corrispondenti soluzioni dipende dalle personali abitudini e presenterà sempre differenze individuali. In modo del tutto generale, e non soltanto quando si usa un regolo ARISTO – Stahlbeton, è buona norma attenersi a quanto segue:

- a) le formule e le relazioni funzionali fra M , b , h , r , σ_b e σ_e sono talmente usuali che non occorre derivarle e scriverle;
- b) per chi controlla è assolutamente indifferente sapere quali fossero i valori originariamente incogniti e quali quelli prefissati;

si suggerisce pertanto di scrivere il rapporto di calcolo come nell'esempio seguente, riferito al caso di trave rettangolare visto al § 6, riportando tutte le variabili sempre nella stessa maniera:

$$M = 4100 \text{ kgm}, \quad b = 24 \text{ cm}, \quad h = 42 \text{ cm}, \quad \sigma_b = 58 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma_e = 1400 \text{ kg/cm}^2,$$
$$r = 0.324, \quad K = 1.26, \quad F_e = \frac{42}{1.26} \times 0.24 = 8.01 \text{ cm}^2, \quad x = 16.1 \text{ cm}^{(11)}$$

Per i valori inizialmente incogniti, si lasci in un primo tempo opportunamente in bianco il posto corrispondente sulla relazione, che verrà poi compilato non appena si sia fatta la lettura.

Le indicazioni riferite alle tensioni ammissibili e al coefficiente di omogeneizzazione usati saranno già preliminarmente indicati nelle premesse della relazione; in esse, un accenno al fatto che i calcoli sono stati effettuati con l'uso di un regolo ARISTO – Stahlbeton è sempre consigliabile, ma non è indispensabile: i valori di r sono universalmente tabellati e quelli di K possono essere derivati dagli usuali parametri pure tabellati⁽¹²⁾ e non rappresentano quindi una peculiare particolarità del regolo ARISTO – Stahlbeton.

22. Manutenzione del regolo

Il regolo ARISTO – Stahlbeton è un prezioso ausilio di calcolo che esige un trattamento accurato. Le scale ed il cursore devono essere protetti da graffi e imbrattamenti, onde non pregiudicarne la precisione nelle letture. E' consigliabile pulire il regolo periodicamente, usando il detersivo speciale DEPAROL. In nessun caso si devono usare prodotti chimici, perchè questi potrebbero distruggere le graduazioni.

Si deve proteggere il regolo dal contatto con le gomme per cancellare e con i residui lasciati da queste, perchè possono danneggiare la superficie dell'ARISTOPAL con il quale è prodotto il regolo. Si deve inoltre evitare di lasciare il regolo in luoghi eccessivamente caldi, come ad es. su caloriferi in funzione o in pieno sole, perchè a temperature $> 60^\circ$ il regolo si deformerà.

¹¹ Il valore della posizione dell'asse neutro è consigliabile sia sempre indicato, perchè la sua conoscenza consente l'uso di numerose formule di verifica, come ad esempio quelle viste ai § 10.3 e 18.

¹² Con i normali parametri tabellari $r = \frac{h}{\sqrt{M/b}}$; $t = \frac{F_e}{\sqrt{M \cdot b}}$ e considerate le unità di misura utilizzate dal regolo per il calcolo di F_e , risulta $K = \frac{r}{100 t}$

INDICE

Premessa	2
1. Disposizione delle scale.....	3
2. Generalità	5
3. Campo di applicazione	6
3.1 Basi fondamentali del calcolo	6
3.2 Tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio	7
3.3 Sezioni geometriche	7
3.4 Tipi di sollecitazioni	7
3.5 Unità di misura	7
4. Le scale della faccia anteriore del regolo	8
4.1 La scala dei Momenti flettenti M sullo statore	8
4.2 La scala delle larghezze b sullo scorrevole	8
4.3 La scala del coefficiente r sullo scorrevole	9
4.4 La scala delle altezze h sullo statore	9
4.5 La scala obliqua delle tensioni σ_b sullo scorrevole	9
4.6 La doppia scala del coefficiente K sullo scorrevole	9
5. Il cursore 939/15	10
6. Lo schema di impostazione per il calcolo	11
6.1 La grandezza cercata è la tensione nel calcestruzzo σ_b	12
6.2 La grandezza cercata è l'altezza utile della sezione h	12
6.3 La grandezza cercata è la larghezza della sezione b	12
6.4 La grandezza cercata è il Momento flettente ammissibile M_{amm}	12
6.5 Schema di impostazione per il regolo ARISTO – STAHLBETON 939/10 e 939/8	13
7. Trasposizione dello scorrevole	14
8. Controllo degli ordini di grandezza	14
9. Il calcolo della sezione trasversale di acciaio F_e	15
9.1 Calcolo per n = 15	15
9.2 Calcolo per n = 10	15
9.3 Calcolo per n = 8	16
9.4 Calcolo per n qualsiasi	16
10. Le scale speciali sul retro del regolo	17
10.1 La scala x	17
10.2 La scala z	17
10.3 La scala σ'_e	17
11. Solette	18
11.1. Esempio 1 - si cercano σ_b e F_e noti M, b, h, σ_e	18
11.2. Esempio 2 - si cercano h e F_e noti M, b, σ_e , σ_b	19
12. Travi rettangolari con armatura semplice	20
12.1. Esempio 3 - si cercano σ_b e F_e noti M, b, h, σ_e	20
12.2. Esempio 4 - si cercano M_{amm} e F_e noti b, h, σ_e , σ_b	21
13. Travi rettangolari con armatura doppia	22
13.1. Esempio 5 - si cercano F_e , σ'_e e F'_e noti M, b, h, σ_e , σ_b	22

14. Travi a T	24
15. Flessione composta.....	24
15.1. Esempio 6 - si cercano σ_b e F_e noti M, N, b, h, σ_e (Pressoflessione)	25
15.2. Esempio 7 - si cercano σ_b e F_e noti M, N, b, h, σ_e (Tensoflessione).....	25
15.3. Esempio 8 - si cercano F_e e F'_e noti $M, N, b, h, \sigma_b, \sigma_e$ (Pressoflessione con doppia armatura).....	26
16. Sforzo normale semplice	27
17. Taglio, torsione etc.	27
18. Verifica delle tensioni.....	27
19. Tensioni eccezionali	28
20. La scelta dei tondini di acciaio	28
20.1 Determinazione con l'uso degli indici del cursore	28
20.2 Determinazione con l'uso degli indici c e c_1 della scala inferiore dello scorrevole.....	29
21. Modalità di redazione del calcolo statico.....	30
22. Manutenzione del regolo	30