

€ X - + = € X % - + =
 % - + = € X - + = : € X

- + % € X - + = : X % -
 % € = : X % € - + =

METODO DI COMBINAZIONE PROPORZIONALE DEI COEFFICIENTI BETA PER SEZIONI RETTANGOLARI (ft)

Caso 1. CSE ELASTICO

LA PORZIONE DI DIAGRAMMA PARABOLICO INTERESSANTE L'ANIMA (AREA INF) HA TENSIONE MASSIMA PARI A $G_c[E_c(\sigma_s)]$ ED ALTEZZA PARI A λx .

$E_c = 1,85 \cdot 10^4$; $\beta_1 = 0,66$; $\beta_2 = 0,370$; $\xi = 0,156$; $M_8/143$

$\rho = 1 - \frac{\lambda}{\xi} = 1 - \frac{0,1}{0,156} = 0,359459459$

I RELATIVI COEFFICIENTI

$\beta_{1inf} = \frac{E_c(\xi - E_c)}{12} = \frac{1,85 \cdot (0,156 - 0,1)}{12} = 0,0665$

$\beta_{2inf} = \frac{E_c(\xi - E_c)}{4(1 - \rho)}$

$\beta_{1inf} \rho = 0,0665 \cdot 0,359 = 0,0238$

$\beta_{2inf} \rho = 0,370 \cdot 0,359 = 0,133$

$\beta_{2inf} \rho + (1 - \rho) = 0,133 + (1 - 0,359) = 0,774$

1 COEFF. β_{1inf} ; β_{2inf} SI MOLTIPLICANO PER ρ (E PER x) CHE E' LA DIMENSIONE DELL'AREA INFERIORE - IL COEFF. $\beta_{2inf} \rho$ MISURA LA DISTANZA DI G_{inf} DALL'INTRASO DELLA SOLETTA; LA SUUMI AGGIUNTA LA DISTANZA $(1 - \rho)$ PER OTTENERE LA DISTANZA DI G_{inf} DAL BORDO SUP. COMPR. $\beta_{2inf} \rho + (1 - \rho)$

ITALO MARCHIONNI

COEFFICIENTI BETA per sezioni in cemento armato

SEZIONI RETTANGOLARI E SEZIONI A "T"

- **Trattazione teorica completa**
Coefficienti Beta e relative grandezze correlate per sezioni rettangolari e sezioni a "T" in cemento armato considerate nei domini di resistenza D2 ÷ D4 e D5
- **Esercitazioni pratiche**
- **Tabulazioni di riferimento**

Aggiornato al D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)



SOFTWARE INCLUSO
 TRATTAZIONE COMPLETA ED ELABORAZIONE DEI COEFFICIENTI BETA
 CALCOLO IMMEDIATO DI COEFFICIENTI BETA E RELATIVE GRANDEZZE CORRELATE



Italo Marchionni

COEFFICIENTI BETA per sezioni in cemento armato

ISBN 13 978-88-8207-757-0

EAN 9 788882 077570

Quaderni, 19

Prima edizione, febbraio

2015

Marchionni, Italo <1962->

COEFFICIENTI BETA per sezioni in cemento armato / Italo Marchionni. – Palermo : Grafill, 2015.

(Quaderni ; 19)

ISBN 978-88-8207-757-0

1. Strutture in cemento armato – Calcolo.

621.18341 CDD-22 SBN Pal0277636

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile anche in versione eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con conto corrente postale, bonifico bancario, carta di credito e paypal.

Per i pagamenti con carta di credito e paypal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno smartphone o un tablet il codice QR sottostante.



I lettori di codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di febbraio 2015

presso **Andersen S.p.A.** Frazione Piano Rosa – 28010 Boca (NO)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

a mia madre, che mi ha trasmesso l'interesse per la conoscenza;
a mio padre, che mi ha trasmesso il senso di responsabilità;
a mia moglie ed ai miei figli, con debito di affetto.

Questo volume è stato realizzato con il contributo di:

(**Cantieri Italiani** IS)

 **EDILTEC**
COSTRUZIONI s.r.l.

 **Orsini & Blasioli S.r.l.**

- Impianti industriali
- Lavorazioni metalliche
- Grigliati e recinzioni
- Scale di sicurezza

 **FONTEBASSO** *Lavori Edili*

 **Entrope** snc
ambiente. energia. gestione del territorio

 **FINECO**
THE NEW BANK

INDICE

Coefficienti BETA D2÷D4	p.	1
Coefficienti BETA D5	"	9
Coefficienti BETA D2÷D4 sez. T	"	21
Coefficienti BETA D5 sez. T	"	43
APPLICAZIONI NUMERICHE	"	57
TABELLE NUMERICHE	"	99
INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO	"	365
Note sul software incluso.....	"	365
Requisiti hardware e software	"	365
Download del software e richiesta della password di attivazione....	"	365
Installazione ed attivazione del software	"	366

NTC 2008

coefficienti BETA D2+D4

indice

METODO DI INTEGRAZIONE

formulaz. coeff. BETA D2+D4

ED APPLICAZIONE DELLE RELAZIONI NOTE DELLA GEOMETRIA DELLE MASSE

IN GENERALE: β_1 È UN COEFFICIENTE DI RIPIENO DELL'AREA $f_{cd} \cdot x$. $\beta_1 < 1.5$. IL DIAGRAMMA PARABOLICO DELLE TENSIONI EFFETTIVE È COMUNQUE INFERIORE DEL RETTANGOLO CHE LO CIRCOSCRIVE.

β_2 È UN COEFFICIENTE DI RIDUZIONE DELLA DISTANZA x . $\beta_2 < 0.5$. IL BARICENTRO DEL DIAGRAMMA PARABOLICO DELLE TENSIONI EFFETTIVE È COMUNQUE SITUATO PRIMA DELLA MEZZERIA DELLA DIMENSIONE x DOVE GRAVA PIÙ MASSA (CIÒ È VERSO IL BORDO SUPERIORE).

IN PARTICOLARE: INDICATA CON ϵ_c LA DEFORMAZIONE ASSEGNATA AL BORDO MAGGIORMENTE COMPRESSO DI CLS (BOR. SUP. PER M^+) SI HA:

PER $\epsilon_c \leq 2\text{‰}$ L'AREA DEL DIAGRAMMA PARABOLICO (DELLE TENSIONI EFFETTIVE) SI CALOLA PER INTEGRAZIONE DELLA LEGGE ANALITICA DI VARIAZIONE DI σ_c LUNGO LA SEZIONE TRASVERSALE, RISULTANDO LA TANGENTE AL DIAGRAMMA MEDESIMO CONDOTTA PER IL VERTICE DI SOMMITÀ' NON PARALLELA AD x , DETERMINANDO COSÌ IL COEFFICIENTE β_1 .

PER $\epsilon_c > 2\text{‰}$ L'AREA DEL DIAGRAMMA PARABOLICO-RETTANGOLARE (DELLE TENSIONI EFFETTIVE) SI CALOLA UTILIZZANDO DIRETTAMENTE LE SOLUZIONI NOTE DELLA G.d.M., RISULTANDO LA TANGENTE AL DIAGRAMMA MEDESIMO CONDOTTA PER IL VERTICE DI SOMMITÀ' PARALLELA AD x , DETERMINANDO COSÌ IL COEFFICIENTE β_1 .

PER $\epsilon_c \geq 2\text{‰}$ (CIÒ È ENTRAMBI I CASI PRECEDENTI) IL BARICENTRO DEL DIAGRAMMA (DELLE TENSIONI EFFETTIVE) SI CALOLA COMUNQUE APPLICANDO LA SOLITA RELAZIONE DELLA G.d.M. $y_G = S_n/A$.

PER LA TRADIZIONE ANALITICA DETTAGLIATA DELLE ESPRESSIONI DEI COEFFICIENTI β_1 E β_2 SI RIMANDA COMUNQUE ALL'APPOSITA SEZIONE DEDICATA (COPR. FORMULAZIONE COEFFICIENTI BETA).

ANALITICAMENTE:

$\epsilon_c \leq 2\text{‰}$
 $\epsilon_c < 0.167$

$$\beta_1 = \epsilon_c (6 - \epsilon_c) / 12 \quad (d.1)$$

$$\beta_2 = \frac{(8 - \epsilon_c)}{4(6 - \epsilon_c)} \quad (e.1)$$

$\epsilon_c > 2\text{‰}$
 $\epsilon_c \geq 0.167$

$$\beta_1 = (3\epsilon_c - 2) / 3\epsilon_c \quad (d.2)$$

$$\beta_2 = \frac{\epsilon_c (3\epsilon_c - 4) + 2}{2\epsilon_c (3\epsilon_c - 2)} \quad (e.2)$$

PER $\epsilon_c = 2\text{‰}$ I VALORI DEDUCIBILI DALLE FORMULAZIONI DEI COEFFICIENTI β_1 ; β_2 NEI DUE CASI COINCIDONO. I VALORI DEI COEFFICIENTI β_1 ; β_2 SONO COMUNQUE DIRETTAMENTE DEDUCIBILI DA TABULATI APPOSITI.

laboratorio di

COSTRUZIONI

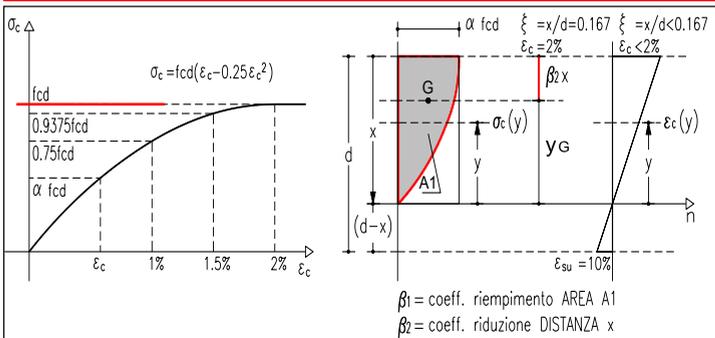
A series of 20 horizontal dotted lines for taking notes.

METODO DI INTEGRAZIONE DELLA LEGGE DI VARIAZIONE DELLE TENSIONI DEL CALCESTRUZZO ED APPLICAZIONE DELLE RELAZIONI NOTE DELLA GEOMETRIA DELLE MASSE

DETERMINA I COEFFICIENTI DI RIEMPIIMENTO (β_1) E DI DISTANZA (β_2) PER LA SEZIONE RETTANGOLARE INTEGRANDO

NEL TRATTO INTERESSATO DELLA SEZIONE LA LEGGE PARABOLICA DI VARIAZIONE DELLE TENSIONI DEL CLS (CASO C1); OVVERO UTILIZZANDO LE RELAZIONI NOTE DELLA G.D.M. (CASO C2).

CASO C1 - CLS BORDO SUPERIORE ELASTICO ⁽¹⁾ $\xi \leq 0,167$ $\epsilon_c \leq 2\%$



CASO C2 - CLS BORDO SUPERIORE PLASTICO ⁽²⁾ $\xi \geq 0,167$ $\epsilon_c \geq 2\%$

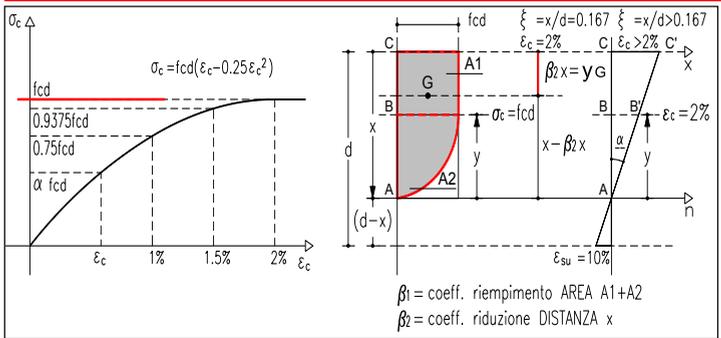


diagramma di calcolo del conglomerato: relazione del legame costitutivo del calcestruzzo si adotta di norma il diagramma parabola-rettangolo definito da:

- 1 arco di parabola di 2° grado passante per l'origine con asse parallelo all'asse delle ordinate (σ_c);
- 1 segmento di retta parallelo all'asse delle ascisse (ϵ_c) tangente alla parabola nel punto di sommità.

il tratto parabolico del diagramma ha equazione: $\sigma_c = f_{cd}(\epsilon_c - 0.25\epsilon_c^2)$ (0.1.a)
 il tratto rettilineo del diagramma ha equazione: $\sigma_c = f_{cd}$ (0.1.b)

risulta pertanto, ad esempio, con riferimento al solo tratto parabolico:

per $\epsilon_c = 1$	$\sigma_c = 0,75 f_{cd}$	
per $\epsilon_c = 1,5$	$\sigma_c = 0,9375 f_{cd}$	(0.1.a.1)
per $\epsilon_c = 2$	$\sigma_c = f_{cd}$	

la relazione (0.1.a) e relative esemplificazioni (0.1.a.1) individuano, nel diagramma delle tensioni riferito alla generica sezione trasversale sollecitata, i valori di σ_c relativi al bordo compresso di CLS (sup. se M⁺) esprimibili, in generale, come:

$\sigma_c = \alpha f_{cd}$ (0.1.a.2)

i valori di $\sigma_c(y)$ relativi alla generica fibra di calcestruzzo distante y (variabile di servizio) dall'asse neutro n si ottengono esprimendo ϵ_c in funzione della medesima distanza y e sostituendo il valore ottenuto in (0.1.a)

relazioni di proporzionalità del diagramma delle deformazioni:

$\frac{\epsilon_c(y)}{\epsilon_c} = \frac{y}{x} \Rightarrow \epsilon_c(y) = \epsilon_c \frac{y}{x}$ (1)

con $\epsilon_c \equiv$ deformazione assegnata al BORDO SUPERIORE COMPRESSO di CLS

sostituendo nella relazione (0.1.a) (equazione della parabola):

$\sigma_c(y) = f_{cd}[\epsilon_c(y) - \frac{1}{4}[\epsilon_c(y)]^2] \Rightarrow \sigma_c(y) = f_{cd}(\epsilon_c \frac{y}{x} - \frac{1}{4}\epsilon_c^2 \frac{y^2}{x^2})$ (2)

diagramma di calcolo del conglomerato: relazione del legame costitutivo del calcestruzzo vale quanto già stabilito relativamente al CASO C1 (cfr.)

l'area ed il baricentro del diagramma delle tensioni si calcolano applicando le soluzioni note della G.d.M.:

- l'area della parte **rettangolare** del diagramma è data dal prodotto della base moltiplicata per l'altezza.
- il baricentro della parte **rettangolare** del diagramma è situato a metà dell'altezza.
- l'area della parte **parabolica** del diagramma è data dai 2/3 del prodotto della base moltiplicata per l'altezza.
- il baricentro della parte **parabolica** del diagramma è situato a 3/8 dell'altezza (dove grava più massa).
- l'area **complessiva** del diagramma è data dalla somma delle parti **rettangolare** e **parabolica**.
- il baricentro **complessivo** del diagramma si calcola applicando la nota relazione della G.d.M.: $y_G = \Sigma S_x / \Sigma A$ riferita direttamente all'asse x passante per il bordo compresso di CLS (sup. se M⁺)

inoltre:

la **distanza AB=y** dall'asse neutro n individua univocamente la 1° fibra di CLS con deformazione $\epsilon_c = 2\%$.

la **distanza BC=x-y** dal bordo compresso individua l'intervallo di fibre di CLS con tensione costante $\sigma_c = f_{cd}$

tali distanze si calcolano con relazioni trigonometriche desumibili dal diagramma delle deformazioni:

$\text{tg}\alpha = \epsilon_c / x$; $\text{ctg}\alpha = 1 / \text{tg}\alpha = x / \epsilon_c$ (3.5); (3.6) (C2.a)

$AB = BB' \text{ctg}\alpha = 2x / \epsilon_c$ (C2.b)

$BC = AC - AB = x - 2x / \epsilon_c = (1 - 2 / \epsilon_c)x$ (C2.c)

$A_1 = f_{cd} \cdot BC \Rightarrow A_1 = (1 - 2 / \epsilon_c)f_{cd}x$ (C2.1.1)

$A_2 = (2/3)f_{cd} \cdot AB \Rightarrow A_2 = (2/3)f_{cd}(2x / \epsilon_c) \Rightarrow A_2 = (4/3\epsilon_c)f_{cd}x$ (C2.1.2)

l'area del diagramma delle tensioni si calcola integrando, nell'intervallo $0; x$, la legge della generica $\sigma_c(y)$:

$$A_1 = \int_0^x \sigma_c(y) dy \Rightarrow A_1 = \int_0^x f_{cd} \left(\epsilon_c \frac{y}{x} - \frac{1}{4} \epsilon_c^2 \frac{y^2}{x^2} \right) dy \Rightarrow$$

$$A_1 = f_{cd} \left[\frac{\epsilon_c}{x} \left| \frac{y^2}{2} \right|_0^x - \frac{1}{4} \frac{\epsilon_c^2}{x^2} \left| \frac{y^3}{3} \right|_0^x \right] \Rightarrow A_1 = f_{cd} \left[\frac{\epsilon_c x^2}{x \cdot 2} - \frac{1}{4} \frac{\epsilon_c^2 x^3}{x^2 \cdot 3} \right] \Rightarrow$$

$$A_1 = f_{cd} \left(\frac{\epsilon_c}{2} x - \frac{1}{4} \frac{\epsilon_c^2}{3} x \right) \Rightarrow A_1 = \left(\frac{\epsilon_c}{2} - \frac{\epsilon_c^2}{12} \right) f_{cd} x \Rightarrow A_1 = \epsilon_c \left(\frac{6 - \epsilon_c}{12} \right) f_{cd} x \Rightarrow$$

$$A_1 = \beta_1 f_{cd} x$$

(C1.1)

$$\beta_1 = \epsilon_c (6 - \epsilon_c / 12)$$

(C1.2)

(d.1)

il baricentro del diagramma delle tensioni si calcola applicando la nota relazione della G.d.M.: $y_G = S_n / A$

$$S_n = \int_0^x \sigma_c(y) y dy \Rightarrow S_n = \int_0^x f_{cd} \left(\epsilon_c \frac{y^2}{x} - \frac{1}{4} \epsilon_c^2 \frac{y^3}{x^2} \right) dy \Rightarrow$$

$$S_n = f_{cd} \left[\frac{\epsilon_c}{x} \left| \frac{y^3}{3} \right|_0^x - \frac{1}{4} \frac{\epsilon_c^2}{x^2} \left| \frac{y^4}{4} \right|_0^x \right] \Rightarrow S_n = f_{cd} \left[\frac{\epsilon_c x^3}{x \cdot 3} - \frac{1}{4} \frac{\epsilon_c^2 x^4}{x^2 \cdot 4} \right] \Rightarrow$$

$$S_n = f_{cd} \left(\frac{\epsilon_c}{3} x^2 - \frac{1}{4} \frac{\epsilon_c^2}{4} x^2 \right) \Rightarrow S_n = \left(\frac{\epsilon_c}{3} - \frac{\epsilon_c^2}{16} \right) f_{cd} x^2 \Rightarrow$$

$$S_n = \epsilon_c \left(\frac{16 - 3\epsilon_c}{48} \right) f_{cd} x^2$$

(C1.3)

$$y_G = \frac{S_n}{A_1} \Rightarrow y_G = \frac{\epsilon_c \left(\frac{16 - 3\epsilon_c}{48} \right) f_{cd} x^2}{\epsilon_c \left(\frac{6 - \epsilon_c}{12} \right) f_{cd} x} \Rightarrow$$

$$y_G = \frac{(16 - 3\epsilon_c)}{4(6 - \epsilon_c)} \cdot x$$

(C1.4)

INDICANDO CON $\beta_2 x$ LA DISTANZA DAL BORDO SUPERIORE (COMPRESSO):

$$\beta_2 \cdot x = x - y_G \Rightarrow \beta_2 \cdot x = x - \frac{(16 - 3\epsilon_c)}{4(6 - \epsilon_c)} \cdot x \Rightarrow \beta_2 \cdot x = \frac{4(6 - \epsilon_c) - (16 - 3\epsilon_c)}{4(6 - \epsilon_c)} \cdot x \Rightarrow$$

$$\beta_2 \cdot x = \frac{24 - 4\epsilon_c - 16 + 3\epsilon_c}{4(6 - \epsilon_c)} \cdot x \Rightarrow$$

$$\beta_2 = \frac{8 - \epsilon_c}{4(6 - \epsilon_c)}$$

(C1.5)

(e.1)

$$A_1 + A_2 = \left(1 - \frac{2}{\epsilon_c} + \frac{4}{3\epsilon_c} \right) f_{cd} x \Rightarrow A_1 + A_2 = \left(\frac{3\epsilon_c - 6 + 4}{3\epsilon_c} \right) f_{cd} x \Rightarrow$$

$$A_1 + A_2 = (3\epsilon_c - 2/3\epsilon_c) f_{cd} x \Rightarrow$$

$$A_1 + A_2 = \beta_1 f_{cd} x$$

(C2.1)

$$\beta_1 = (3\epsilon_c - 2)/3\epsilon_c$$

(C2.2)

(d.2)

$$S_{x1} = A_1 \cdot \frac{1}{2} BC \Rightarrow S_{x1} = \left(1 - \frac{2}{\epsilon_c} \right) f_{cd} x \cdot \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2}{\epsilon_c} \right) \cdot x \Rightarrow S_{x1} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2}{\epsilon_c} \right)^2 f_{cd} x^2 \Rightarrow$$

$$S_{x1} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{4}{\epsilon_c} + \frac{4}{\epsilon_c^2} \right) f_{cd} x^2 \Rightarrow S_{x1} = \frac{1}{2} \left(\frac{\epsilon_c^2 - 4\epsilon_c + 4}{\epsilon_c^2} \right) f_{cd} x^2$$

(C2.3.1)

$$S_{x2} = A_2 \cdot \left(\frac{3}{8} AB + BC \right) \Rightarrow S_{x2} = \frac{4}{3\epsilon_c} f_{cd} x \cdot \left[\frac{3}{8} \frac{2}{\epsilon_c} \cdot x + \left(1 - \frac{2}{\epsilon_c} \right) \cdot x \right] \Rightarrow$$

$$S_{x2} = \frac{4}{3\epsilon_c} \cdot \left[\frac{3}{4\epsilon_c} + 1 - \frac{2}{\epsilon_c} \right] \cdot f_{cd} x^2 \Rightarrow S_{x2} = \frac{4}{3\epsilon_c} \cdot \left[\frac{3 + 4\epsilon_c - 8}{4\epsilon_c} \right] \cdot f_{cd} x^2 \Rightarrow$$

$$S_{x2} = \left[\frac{16\epsilon_c - 20}{12\epsilon_c^2} \right] \cdot f_{cd} x^2$$

(C2.3.2)

$$S_{x1} + S_{x2} = \left[\left(\frac{\epsilon_c^2 - 4\epsilon_c + 4}{2\epsilon_c^2} \right) + \left(\frac{16\epsilon_c - 20}{12\epsilon_c^2} \right) \right] \cdot f_{cd} x^2 \Rightarrow$$

$$S_{x1} + S_{x2} = \left(\frac{6\epsilon_c^2 - 24\epsilon_c + 24 + 16\epsilon_c - 20}{12\epsilon_c^2} \right) \cdot f_{cd} x^2 \Rightarrow$$

$$S_{x1} + S_{x2} = \left(\frac{6\epsilon_c^2 - 8\epsilon_c + 4}{12\epsilon_c^2} \right) \cdot f_{cd} x^2 \Rightarrow S_{x1} + S_{x2} = \left(\frac{3\epsilon_c^2 - 4\epsilon_c + 2}{6\epsilon_c^2} \right) \cdot f_{cd} x^2$$

(C2.3)

INDICANDO CON $\beta_2 x$ LA DISTANZA DAL BORDO SUPERIORE (COMPRESSO):

$$\beta_2 \cdot x = \frac{S_{x1} + S_{x2}}{A_1 + A_2} \Rightarrow \beta_2 \cdot x = \left(\frac{3\epsilon_c^2 - 4\epsilon_c + 2}{6\epsilon_c^2} \right) \cdot \left(\frac{3\epsilon_c}{3\epsilon_c - 2} \right) \cdot \frac{f_{cd} x^2}{f_{cd} x} \Rightarrow$$

(C2.4)

$$\beta_2 \cdot x = \frac{\epsilon_c(3\epsilon_c - 4) + 2}{2\epsilon_c(3\epsilon_c - 2)} \cdot x \Rightarrow$$

$$\beta_2 = \frac{\epsilon_c(3\epsilon_c - 4) + 2}{2\epsilon_c(3\epsilon_c - 2)}$$

(C2.5)

(e.2)

NOTA (1)

caso **C1**: l'area del diagramma parabolico *si calcola necessariamente* per integrazione, risultando la tangente alla parabola medesima, condotta per il punto di sommità, non parallela ad x.

risulta infatti, ad esempio, dalle **(0.1.a.1)**; **(C1.2)**; **(C1.1)**:

$$\text{per } \epsilon_c = 1,5$$

$$\sigma_c = 0,9375 f_{cd}$$

$$\beta_1 = \epsilon_c (6 - \epsilon_c) / 12 = 0,5625$$

e quindi:

$$A_1 = 0,5625 f_{cd} x$$

evidentemente **diversa** da:

$$A_1 = 2/3 * 0,9375 f_{cd} x = 0,625 f_{cd} x$$

subito calcolabile dalle soluzioni note della G.d.M. quando la suddetta tangente risulti parallela ad x.

NOTA (2)

caso **C2**: l'area del diagramma parabolico-rettangolare *non si calcola necessariamente* per integrazione, risultando la tangente alla parabola medesima, condotta per il punto di sommità, parallela ad x. (si utilizzano in alternativa le soluzioni note della G.d.M.)

risulta infatti, ad esempio, dalle **(0.1.a.1)**; **(C2.2)**; **(C2.1)**:

$$\text{per } \epsilon_c = 2$$

$$\sigma_c = f_{cd}$$

$$\beta_1 = (3 \epsilon_c - 2) / 3 \epsilon_c = 0,667$$

e quindi:

$$A_1 + A_2 = 0,667 f_{cd} x$$

evidentemente **coincidente** con:

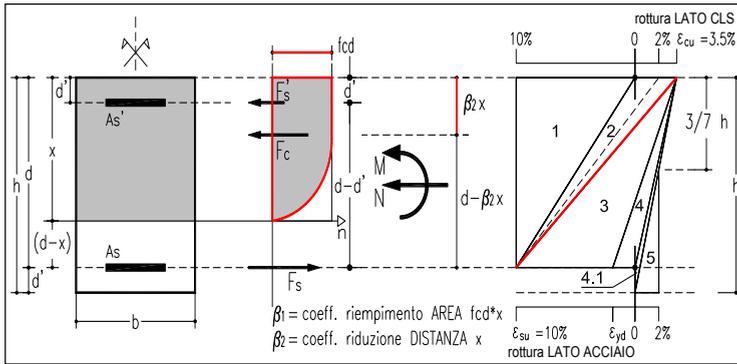
$$A_1 + A_2 = 2/3 * f_{cd} x = 0,667 f_{cd} x$$

subito calcolabile dalle soluzioni note della G.d.M. risultando la suddetta tangente parallela ad x.

si conclude rilevando che per: $\xi = 0,167$ $\epsilon_c = 2 ‰$ i valori dedotti dalle formulazioni dei coefficienti β_1 ; β_2 nei due casi coincidono.

EQUAZIONI DI EQUILIBRIO ADIMENSIONALIZZATE (trattazione valida per entrambi i casi)

- E' SEMPRE IPOTIZZABILE, IN TERMINI DI FORZE, CONSIDERARE LA SEZIONE RETTANGOLARE **bh**, IN PARTE COMPRESSA ED IN PARTE TESA (PECULIARITA' DEI DOMINI **D2-D4**), COMPOSTA DA:
 - DIAGRAMMA (PARABOLA OVVERO PARABOLA-RETTANGOLO) DELLE TENSIONI CIRCOSCRITTO NEL RETTANGOLO **f_{cd} x**, con risultante della forza interna **F_c**, CUI SI ASSOCIANO:
 - IL COEFFICIENTE DI RIEMPIMENTO **β₁** INDICATIVO DELLA PERCENTUALE DI AREA DEL SUDDETTO RETTANGOLO EFFETTIVAMENTE INTERESSATA DAL DIAGRAMMA DELLE TENSIONI DEL CLS.
 - IL COEFFICIENTE DI DISTANZA **β₂** INDICATIVO DELLA POSIZIONE, RISPETTO AL BORDO SUPERIORE COMPRESSO, DEL BARICENTRO DEL SUDDETTO DIAGRAMMA.
 - ARMATURA COMPRESSA **A_{s'}**, soggetta alla tensione **σ_{s'}**, con risultante della forza interna **F_{s'}** (prodotto dell'area per la corrispondente tensione);
 - ARMATURA TESA **A_s**, soggetta alla tensione **σ_s**, con risultante della forza interna **F_s** (prodotto dell'area per la corrispondente tensione).
- NELLO SVILUPPO DELLE EQUAZIONI SI INTRODUCONO I **COEFFICIENTI DI SICUREZZA E LE PERCENTUALI MECCANICHE DELLE ARMATURE** OLTRE AI PARAMETRI SOLITI DEGLI S.L. (ξ; δ).



(02) EQUAZIONE DI EQUILIBRIO ALLA ROTAZIONE NEL BARICENTRO DELL'ARMATURA TESA → $\sum M_{As} = M_{est}$

$$\sum M_{As} = M \Rightarrow f_{cd} \beta_1 b x (d - \beta_2 x) + \sigma_{s'} A_{s'} (d - d') = M \Rightarrow$$

$$f_{cd} \beta_1 b \xi d (d - \beta_2 \xi d) + s' f_{yd} A_{s'} (d - \delta d) = M \Rightarrow$$

$$f_{cd} \beta_1 b \xi d^2 (1 - \beta_2 \xi) + s' f_{yd} A_{s'} d (1 - \delta) = M \Rightarrow$$

adimensionalizzazione dell'equazione: (si divide M.A.M. per $b d^2 f_{cd}$)

$$\beta_1 \xi (1 - \beta_2 \xi) + s' \frac{f_{yd} A_{s'} d}{b d^2 f_{cd}} (1 - \delta) = \frac{M}{b d^2 f_{cd}} \Rightarrow$$

$$\beta_1 \xi (1 - \beta_2 \xi) + s' \omega' (1 - \delta) = \mu^* \quad (02)$$

in caso di **ARMATURA SEMPLICE** → $A_{s'} = 0 \rightarrow \omega' = 0$; risulta inoltre:

$$\beta_1 \xi (1 - \beta_2 \xi) = \mu_0^* \quad (02.a)$$

(il pedice "0" indica ARMATURA SEMPLICE).

si definiscono **coefficienti di sicurezza delle armature** i rapporti:

$$(s' \leq 1; s \leq 1)$$

$$s' = \frac{\sigma_{s'}}{f_{yd}} \Rightarrow \sigma_{s'} = s' f_{yd} \quad (a)$$

$$s = \frac{\sigma_s}{f_{yd}} \Rightarrow \sigma_s = s f_{yd} \quad (c)$$

si replicano i **parametri soliti degli STATI LIMITE:**

$$\frac{x}{d} = \xi \Rightarrow x = \xi d \quad (A)$$

$$\frac{d'}{d} = \delta \Rightarrow d' = \delta d \quad (B)$$

si definiscono **percentuali meccaniche di armatura (C e T)** i rapporti:

(C: COMPRESSA)

(T: TESA)

$$\omega' = \frac{A_{s'} f_{yd}}{b d f_{cd}} \quad (l)$$

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{b d f_{cd}} \quad (n)$$

si definisce **momento adimensionalizzato** il rapporto ⁽¹⁾:

$$\mu^* = \frac{M}{b d^2 f_{cd}} \quad (p)$$

(1) μ^* da non confondere con $\mu = A_{s'} / A_s$

(01) EQUAZIONE DI EQUILIBRIO ALLA TRASLAZIONE LUNGO L'ASSE z: $\Sigma F_z = 0$

$$\Sigma F_z = 0 \Rightarrow f_{cd} \beta_1 b x + \sigma_s' A_s' - \sigma_s A_s = 0 \Rightarrow$$

$$f_{cd} \beta_1 b \xi d + s' f_{yd} A_s' - s f_{yd} A_s = 0 \Rightarrow$$

adimensionalizzazione dell'equazione: (si divide M.A.M. per $b d f_{cd}$)

$$\beta_1 \xi + s' \frac{f_{yd} A_s'}{b d f_{cd}} - s \frac{f_{yd} A_s}{b d f_{cd}} = 0 \Rightarrow$$

$$\beta_1 \xi + s' \omega' - s \omega = 0$$

(01)

in caso di ARMATURA SEMPLICE $\rightarrow A_s' = 0 \rightarrow \omega' = 0$; risulta inoltre:

$$\omega = \omega_0 = \frac{\beta_1 \xi}{s}$$

(01.a)

(il pedice "0" indica ARMATURA SEMPLICE).

con:

$s = 1$ per $\epsilon_s \geq \epsilon_{yd} \rightarrow s = 1$ S in campo 2 e 3

$s = \epsilon_s / \epsilon_{yd}$ per $\epsilon_s < \epsilon_{yd} \rightarrow s < 1$ S in campo 4

(in D2+D4 per FLESSIONE SEMPLICE $\rightarrow N = 0$)