



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO : 36

DATA : 22/02/2011

A P P U N T I

STUDENTE :

MATERIA : Strutture in Acciaio - Prof. Bellino

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

STRUTTURE IN ACCIAIO

COMPOSIZIONE STRUTTURALE

LA STRUTTURA IN ACCIAIO DERIVA DA ASSEMBLAGGIO DI ELEMENTI MONODIMENSIONALI (PROFILATI) E/O BIDIMENSIONALI (LAMIERE) PRODOTTI IN OFFICINA

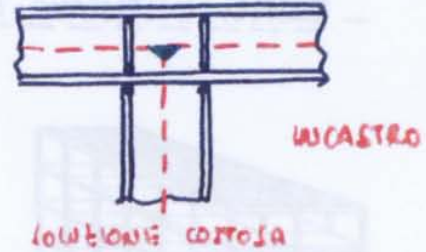
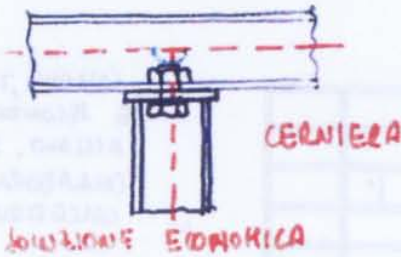
ACCIAIERIA → CARPENTERIA → CANTIERE

↓
PRODUZIONE
PROFILATI E
LAMIERE

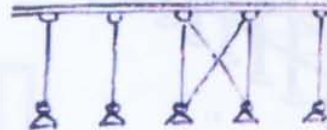
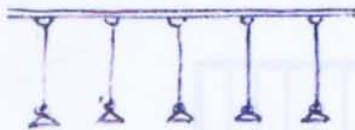
↓
TRASFORMAZIONE
IN ELEMENTI O
COMPLESSI STRUTTURALI

↓
MONTAGGIO
IN OPERA

⇒ VIUCOLO ROTAZIONE
TENDENZIALMENTE
DEBOLE

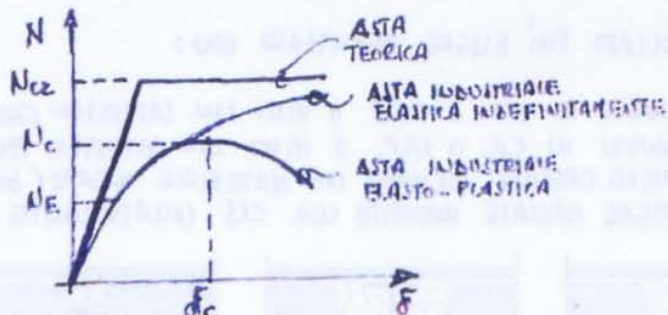
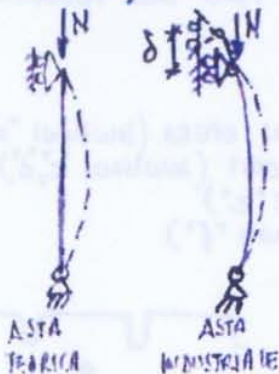


LA TENDENZA A MOLTIPLICARE LE GIUNZIONI PUÒ PORTARE A CARUTA' DEL COMPLESSO.



INTRODUZIONE DI
ULTERIORI
ELEMENTI

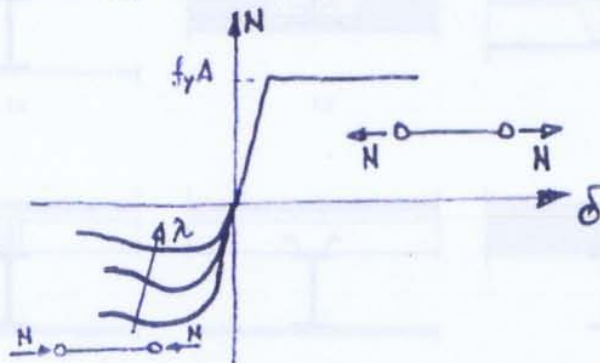
NONOSTANTE IL MATERIALE PRESENTI LEGAME σ - ϵ SIMMETRICO A TRAZIONE E COMPRESIONE, I PROBLEMI DI STABILITA' LOCALE E DI INSIEGNE POSSONO RENDERE NON SIMMETRICA LA RISPOSTA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (ASTE COMPRESSE, TRAVI INFLESSE, PANNELLI D'ANIMA DELLE TRAVI, ZONE COMPRESSE DELLE SEZIONI)



$$N_{cE} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda^2}$$

$$\lambda = l_0 / i$$

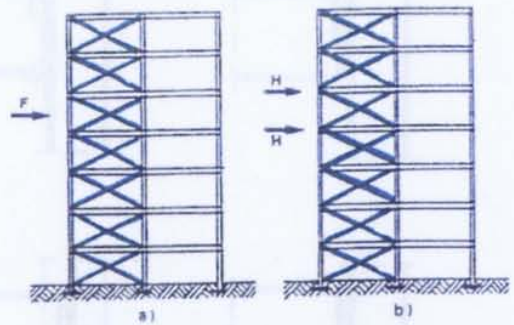
IN GENERALE L'ASTA INNESTABILE A CARICO ASSIALE PRESENTA RISPOSTA NON SIMMETRICA: ELASTO PLASTICA A TRAZIONE, NON LINEARE E FUNZIONALE DI λ E DELLE IMPERFEZIONI, A COMPRESIONE.



LE AZIONI ORIZZONTALI VENGONO RIPORTATE DAGLI ELEMENTI DI FACCIATA (TAMPONAMENTI) AI SOLAI E DA QUESTI ALLE COLONNE CHE LI DEVONO TRASFERIRE IN FONDAZIONE.

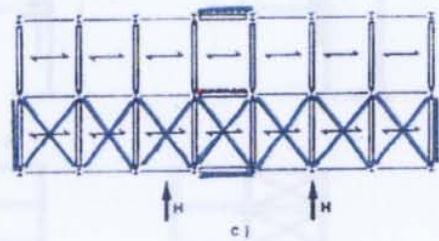
I SOLAI SONO QUINDI RICHIESE DI OPERARE COME LASTRE OLTRE CHE COME PIASTRE.

GLI ELEMENTI VERTICALI IN GENERALE SONO IMPEGNATI A SFORZO NORMALE E FLESSIONE.



COMBINANDO LE DIVERSE MEMBRATURE SI EVINCE CHE LA STRUTTURA È UN COMPLESSO DI ELEMENTI IDONEI A SOPPORTARE TUTTE LE CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE (M, N, T).

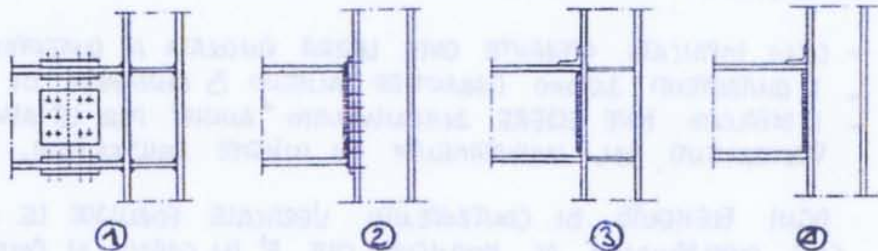
IN PARTICOLARE, CIÒ VALE ANCHE PER LE GIUNZIONI CHE DEVRANNO ESSERE IN GRADO DI TRASMETTERE TUTTE LE COMPONENTI DELLA SOLLECITAZIONE.



NELE FIGURE SOTTOSTANTI SONO RIPORTATI ALCUNI MODI STRUTTURALI:

- NODI ① E ③ BULLONATO E SALDATO, IN GRADO DI TRASFERIRE COMPLETAMENTE IL FLETTENTE
- NODI ② E ④ TRASFERISCONO SOLO PARZIALMENTE IL FLETTENTE, ATTRAVERSO LA DOLA ANIMA.

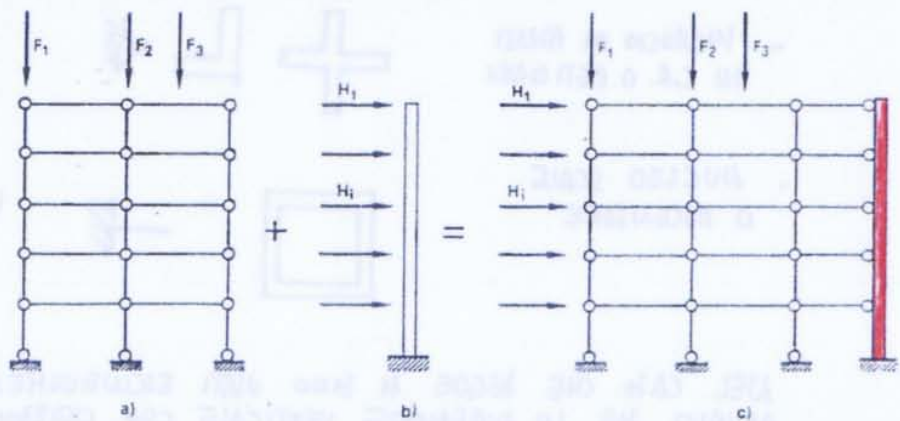
I NODI SALDATI IN OPERA SONO MOLTO ONEROSI (TALORA NON CONSENTITI), QUINDI PREFERIBILI QUELLI IMBULLONATI



UNA NOTEVOLE SEMPLIFICAZIONE NEI NODI STRUTTURALI SI PUÒ OTTENERE COMBINANDO UNA STRUTTURA LABILE ORIZZONTALMENTE CON UNA ISOSTATICA.

I NODI SONO CHIAMATI A TRASMETTERE SOLO FORZE NORMALI E TAGLI (CERNIERE); LE COLONNE SONO SOLO SOGGETTE A FORZE ASSIALI (BIEVE)

LE STRUTTURE DI "CONTROVENTO" POSSONO ESSERE REALIZZATE IN C.A. (NUCLEI SCALE) O IN ACCIAIO (NACCHIONI TRA TRAVI E COLONNE)



IN PRESENZA DI "q"
DISTRIBUITA RISULTA:

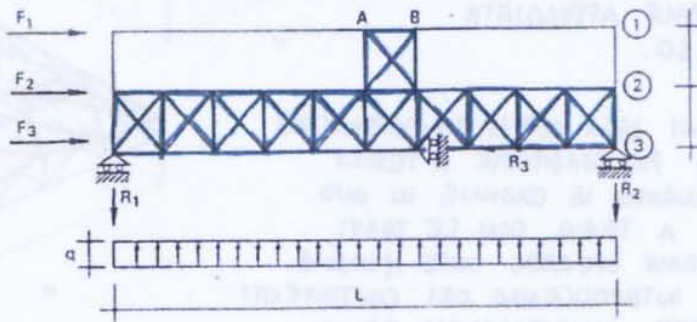
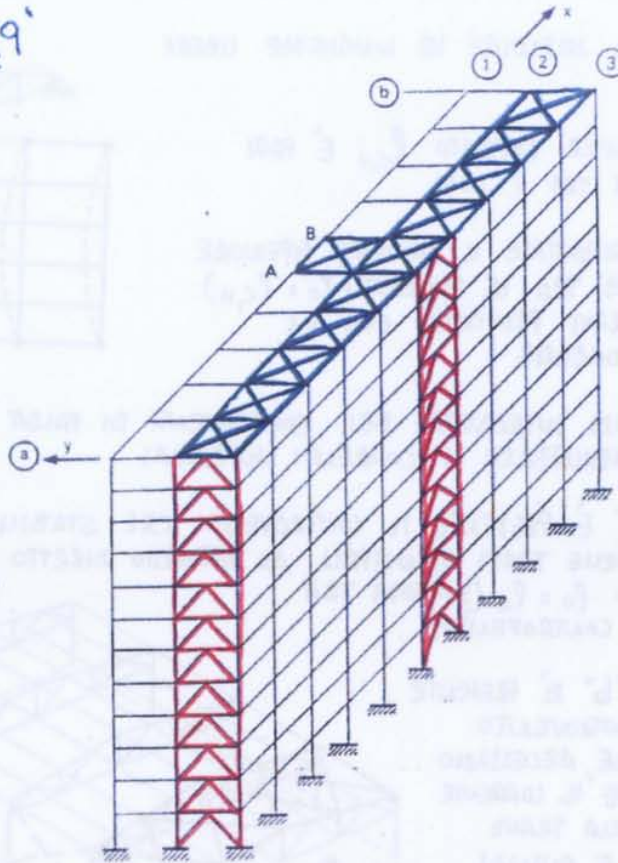
$$R_1 = R_2 = qL/2$$

$$R_3 = \phi$$

IN PRESENZA DEI
CARICHI AGENTI
NELLA FACCIATA
TRASVERIALE
RISULTA INVECE:

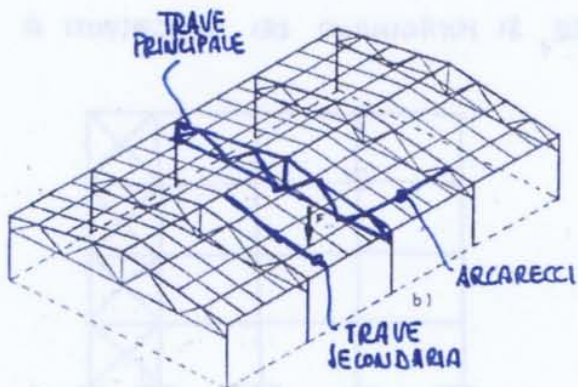
$$R_3 = F_1 + F_2 + F_3$$

$$R_1 = R_2 = \frac{F_1 \times 2a + F_2 \times a}{L}$$



- EDIFICI MONOPANO IN ACCIAIO

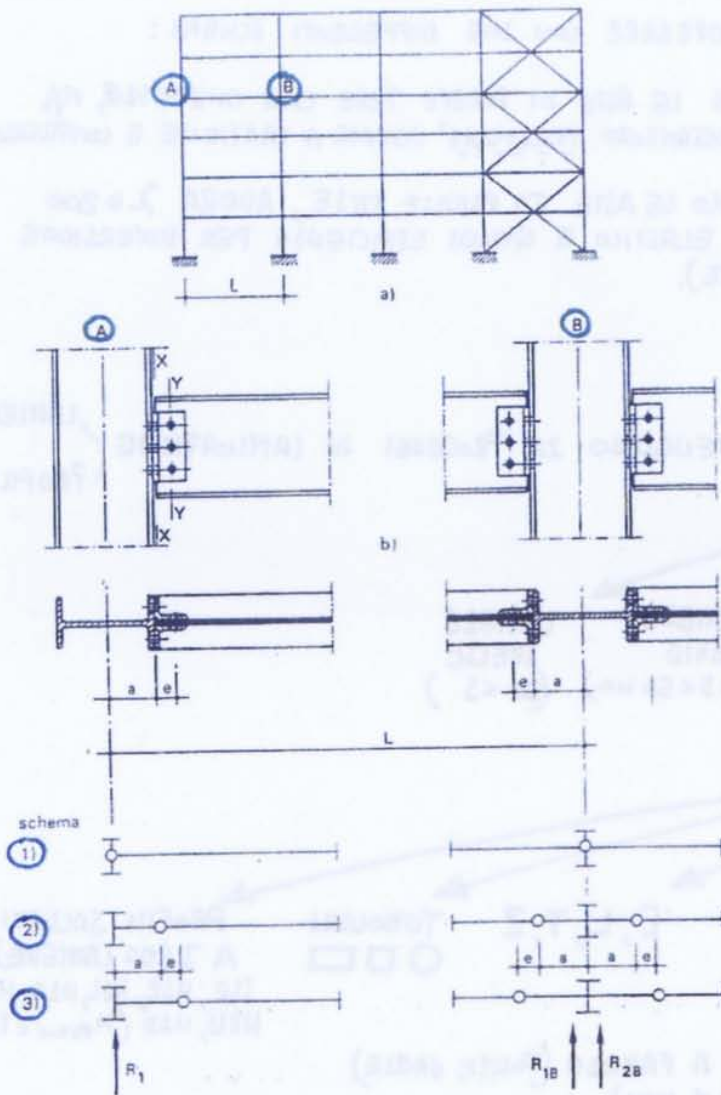
IN GENERE EDIFICIO INDUSTRIALE, A MAGLIA RETTANGOLARE, CON EVENTUALI VIE DI CORIA PER CARRI-PONTE



I CARICHI VERTICALI SONO TRASFERITI ALLE TRAVI PRINCIPALI TRAMITE LA STRUTTURA DI COPERTURA (LAMIERA GRECCATA) E GLI ARCARECCI OPPURE TRAMITE LE TRAVI SECONDARIE E GLI ARCARECCI.

PERTANTO GLI ARCARECCI SONO INFLETTI (FLEX. DEVIATA CON PENDENZA DEL TETTO) E PER LO PIU' SI COMPORTANO COME TRAVI CONTINUE SU 2/3 VCI.

LE TRAVI PRINCIPALI HANNO IL CORRENTE SUPERIORE COMPRESO (CARICHI NEI NODI) O PRESOINFLETTO (CARICHI ANCHE TRA I NODI) E TRASMETTONO IL LORO CARICO DIRETTAMENTE ALLE COLONNE OPPURE AD UNA TRAVE DI BORDO.



- NELLO SCHEMA 1 LE COLONNE SONO FERMAMENTE COMPRESSE E LA TRAVE OPERA SU UCC "L"
 IL GIUNTO NELLA SEZIONE X-X DEVE ASSORBIRE OLTRE AL TAGLIO $V=R_1$ ANCHE UN MOMENTO $M=R_1 \cdot a$
 IL GIUNTO NELLA SEZIONE Y-Y DEVE ASSORBIRE OLTRE AL TAGLIO $V=R_1$ ANCHE UN MOMENTO $M=R_1(a+e)$

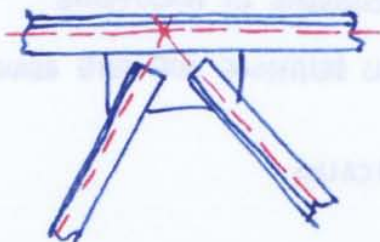
- NELLO SCHEMA 2 LA COLONNA È COMPRESA ($N=R_{1B}+R_{2B}$) ED INFLIATA NEL NODO DA UNA COPPIA $M=(R_{1B}-R_{2B})a$; LA COLONNA A È COMPRESA ($N=R_1$) E CARICATA NEL NODO DA UN MOMENTO $M=R_1a$
 LA TRAVE OPERA SU UCC $L-2a$
 IL GIUNTO IN X-X ASSORBE SOLO IL TAGLIO ($V=R_1$) ED IN Y-Y OLTRE AL TAGLIO ANCHE UN MOMENTO $M=R_1 \cdot e$

- NELLO SCHEMA 3 LA COLONNA "B" OLTRE AD $N=R_{1B}+R_{2B}$ È SOCCETTA AD $M=(R_{1B}-R_{2B})(e+a)$, LA COLONNA "A" È COMPRESA ($N=R_1$) E CARICATA DA UNA COPPIA $M=N(a+e)$.
 LA TRAVE OPERA SU UCC $L-(a+e)$.
 IL GIUNTO IN X-X ASSORBE IL TAGLIO $V=R_1$ ED UN MOMENTO $M=R_1 \cdot e$;
 IL GIUNTO IN Y-Y ASSORBE SOLO IL TAGLIO $V=R_1$

SI PUÒ SCEGLIERE UNO QUALUNQUE DI QUESTI SCHEMI:

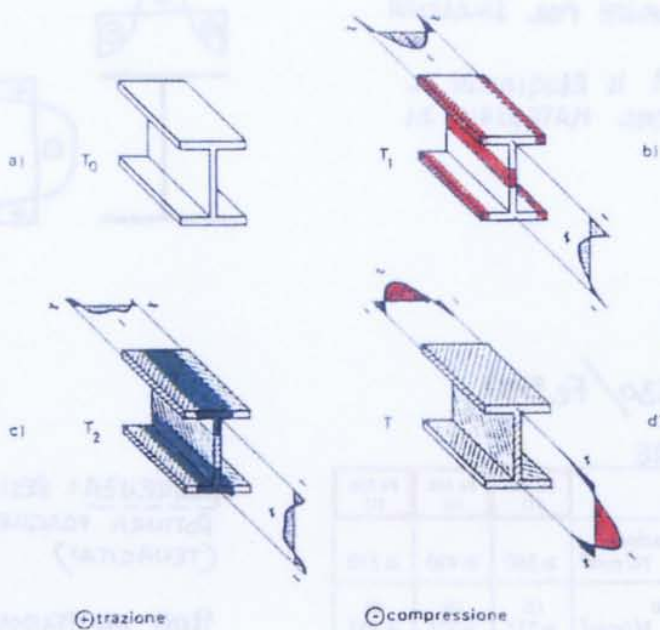
- LO SCHEMA ① MINIMIZZA LE SOLLECITAZIONI NELLE COLONNE (ORIENTATE CON LA RIGIDEZZA MINIMA).
- LO SCHEMA ② È CONVENIENTE SE LE COLONNE SONO ORIENTATE CON LA RIGIDEZZA MASSIMA
- LO SCHEMA ③ NON È USUALMENTE CONVENIENTE.

- CONGRUENZA NELLE RETICOLARI TRA SCHEMI DI COLLEGAMENTO NODALE (CERNIERE) E POSIZIONE ASSE NEL NODO (ASSE ASSE CONCORRENTI NEL NODO IDEALE DI CALCOLO)



I MOMENTI NODALI POSSONO ESSERE TRASCURATI PURCHÉ SI VAUTINO CORRETTAMENTE LE LUNGHEZZE LIBERE DI INFLESSIONE ($l_0 =$ DISTANZA TRA NODI IDEALI).
 SE LA BULLONATURA NON PUÒ ESSERE NEL BARICENTRO (L) INTERVIENE LOCALMENTE UN MOMENTO PARASSITA SUI BULLONI.
 SI PUÒ ANCHE TRACCIARE SULLI ASSE DI "TRUSCHINO" A PATTO DI DISTRIBUIRE IL MOMENTO PARASSITA TRA LE ASSE.

- PROFILI LAMINATI A CALDO



LE TENSIONI RESIDUE SI FORMANO NEL RAFFREDDAMENTO POSTERIORE ALLA LAMINAZIONE ($\sim 600^\circ\text{C}$)

DA T_0 (600°C) A T_1 LE PARTI PIU' ESPOSTE SI RAFFREDDANO PRIMA, QUINDI VANNO IN TRAZIONE. (b)

DA T_1 A T_2 LE PARTI CENTRALI FUSCONO PLASTICAMENTE E RIDUCONO LE PRECEDENTI PUNTE TENSIONALI. (c)

DA T_2 A T LE PARTI ESPOSTE SI RAFFREDDANO COMPLETAMENTE ED IMPEDISCONO LA CONTRAZIONE DELLE ALTRE.

ALLA FINE SI OTTIENE LO STATO TENSIONALE (d) CON COMPRESIONI NELLE ZONE PIU' ESPOSTE.

LA PRESENZA DI TENSIONI RESIDUE DI COMPRESIONE NELLE ALI E' SFAVOREVOLE DEI RIGUARDI DEL RISCHIO DI INSTABILITA'.

ULTERIORI TENSIONI RESIDUE SI GENERANO NEL PROCESSO DI RADDRIZZAMENTO (MECCANICO, CON PASSAGGIO ATTRAVERSO ROLLIERE). IN GENERE HA UN EFFETTO RINSCENTE sullo STATO TENSIONALE DI NATURA TERMICA.

LA DISOMOGENEITA' DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE COMPORTA:

RESISTENZA E } MAGGIORI (ON) RESISTENZA E } MINORI E VICEVERSA.
 SNERVAMENTO } (ON) ALLUNGAMENTO }

- PROFILI LAMINATI A FREDDO

PER EFFETTO DELLA LAMINAZIONE COMPRESIONI SULLA SUPERFICIE E TRAZIONI NELLE ZONE INTERNE.

L'OPERAZIONE DI PIEGATURA COMPORTA UN INALZAMENTO DEL LIMITE ELASTICO E LA CONSEGUENTE RIDUZIONE DI RESISTENZA

- PROFILI SALDATI

FORTE APPORTO TERMICO PER PRESENZA DI MATERIALE DI APPORTO FUSO. A CAUSA DELLO IMPEDIMENTO ESERCITATO DALLE ZONE LITOTROFE SI RAGGIUNGONO NELLA ZONA DEL GIUNTO TENSIONI SUPERIORI ALLO SNERVAMENTO A CALDO E CONSEGUENTI ACCORCIAMENTI PLASTICI.

DOPO IL RAFFREDDAMENTO NELLE ZONE PROXIME ALLA SALDATURA E NEL CORDONE NASCONO TENSIONI RESIDUE DI TRAZIONE E NELLE ZONE PIU' LONTANE DI COMPRESIONE.

L'ENTITA' E DISTRIBUZIONE DELLE AUTOTENSIONI DIPENDONO DA

- MODALITA' DI SALDATURA
- SEZIONE DEL CORDONE
- SPESSORE LEMBI
- GEOMETRIA ELEMENTI SALDATI

RESISTENZA A FATICA

NEL CASO SIANO PRESENTI CICLI DI TENSIONE CHE SI RIPETONO NEL TEMPO IL CEDIMENTO DEL MATERIALE PUÒ MANIFESTARSI PER CARICHI INFERIORI A QUELLI DI ROTTURA, CIOÈ PER "FATICA". IN TAL CASO:

- LA ROTTURA SI MANIFESTA PER $\sigma_{max} < f_y$
- LA ROTTURA È FRAGILE
- ESISTE UN VALORE LIMITE DELLA TENSIONE AL DI SOTTO DEL QUALE LA ROTTURA NON SI MANIFESTA FINO AD UN NUMERO "N" DI CICLI. SE $N = \infty$ TALE LIMITE DI TENSIONE SI CHIAMA:

RESISTENZA ORIGINARIA
 KE σ HA SEMPRE LO
 STESSO SEGNO

RESISTENZA A FORZI
 ALTERNI KE LA TENSIONE
 PASSA ATTRAVERSO LO ZERO.

PER GLI ACCIAI $N = 5000000 \Rightarrow N = \infty$

- SOVRAPPONENDO AL $\Delta\sigma$ UNA TENSIONE STATICA I LIMITI DI FATICA VARIANO.

I DIAGRAMMI DI SMITH RIPORTANO IN ASCISSA LA TENSIONE MEDIA ED IN ORDINATA LE TENSIONI MAX E MIN DEL CICLO PER CUI SI HA ROTTURA IN "N" CICLI

CURVA DI WÖHLER

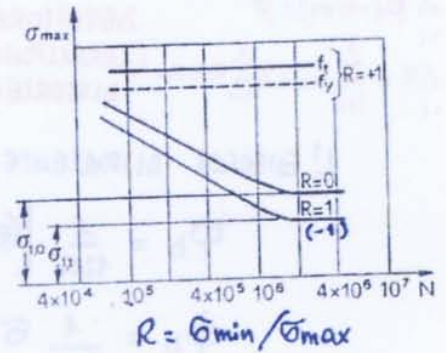
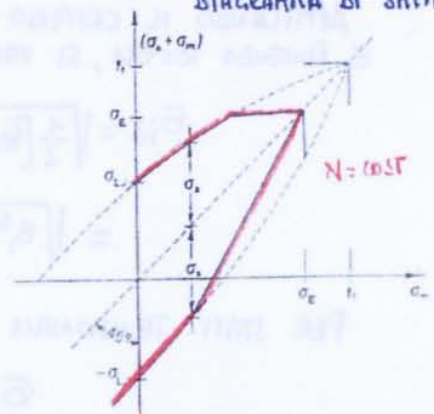


DIAGRAMMA DI SMITH



CRITERI DI RESISTENZA

IN UN GENERICO PUNTO DI OGNI ELEMENTO LO STATO TENSIONALE È CARATTERIZZATO DALLE COMPONENTI $p_{ij}(P)$ DEL TENSORE DEGLI SFORZI: OCCORRE CONTROLLARNE LA COMPATIBILITÀ CON LA RISPOSTA ELASTICA DEL MATERIALE. È QUINDI NECESSARIO DETERMINARE IL MOLTIPLICATORE DI $p_{ij}(P)$ CHE CONVIENE DI RAGGIUNGERE LO SVERNAMENTO IN P.

È NECESSARIO ADOTTARE UN CRITERIO DI RESISTENZA PER VALUTARE IL CEMENTO TENSORIALE.

IN TUTTI I PAESI, PER LE FRATTURE IN ACCIAIO SI USA IL CRITERIO DI HUBER-HENCKY-VON MISES.

L'ENERGIA POTENZIALE ELASTICA TOTALE DEL MATERIALE PUÒ ESSERE ESPRESSA COME SOMMA DI QUELLA DONTA ALLA VARIATIONE DI FORMA (DISTORSIONE) Φ_D E QUELLA DONTA ALLA VARIATIONE DI VOLUME Φ_V ; IL CRITERIO DI HUBER-HENCKY-VON MISES FA DIPENDERE LA CRISI DEL MATERIALE SOLO DA Φ_D .

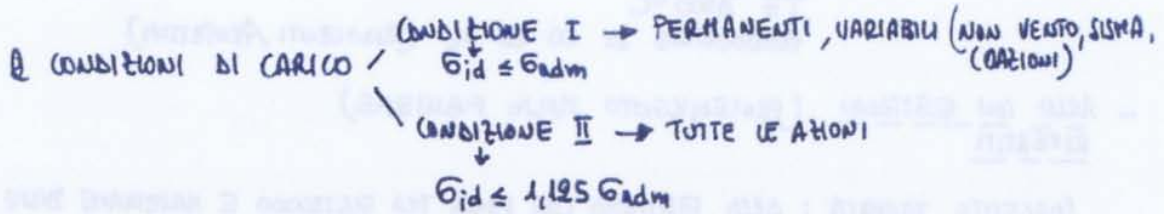
ADORA OCCORRE DIVIDERE IL TENSORE TOTALE DI TENSIONE ESPRESSO IN TENSIONI PRINCIPALI

$$p_{ij} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}$$

- TENSIONI AMMISSIBILI

$$\sigma_{id} \leq \sigma_{adm}$$

	σ_{adm} (MPa)	
	$t \leq 40$ mm	$t > 40$ mm
ACCIAIO		
Fe 360	160	140
Fe 430	190	170
Fe 510	240	210



NEGO S.L.U E S.L.EE.

$$F_d = \underset{1,5}{\gamma_g} G_k + \underset{1,5}{\gamma_q} \left[Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \underset{0,7}{\psi_{bi}} Q_{ik} \right]$$

DEVONO ESSERE ANCHE VERIFICATI GLI S.L.E.

- S.L.EE.

LAUDO ELASTICO DEUS SOLLECITAZIONI

- S.L.U (DI COLASSIO PLASTICO)

TRANSFORMAZIONE DELLA STRUTTURA IN UN MECCANISMO (CERNIERE PLASTICHE) CON VERIFICA DI DUTTILITA' NEUS ZONE PLASTIFICATE

NON CONSENTITO NE US STRUTTURE SONO SOGGETTE A SIGNIFICATIVI FENOMENI DI FATICA (RISCHIO DI ROTORE FRAGILI).

S.L.E.

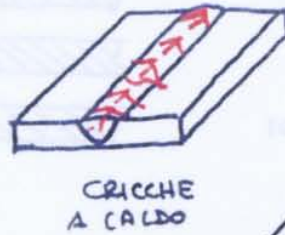
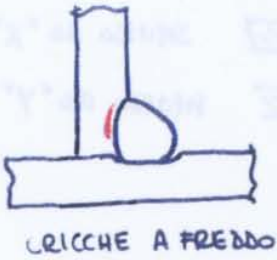
$$\gamma_g = \gamma_q = 1$$

$$\gamma_m = 1$$

NELLA PRATICA PROGETTUALE:

- MOLTO DIFFUSO IL METODO DEUS T.A.
- FACILMENTE APPLICABILE IL PROGETTO CON S.L.EE.
- COMPLESSA L'APPLICAZIONE DEL METODO S.L.U. (EUROCODICE 3).

I CICLI TERMICI HANNO UN EFFETTO DI TEMPERA CHE PRODUCE BONE AD ELEVATA DUREZZA NEL MATERIALE BASE E POSSONO ORIGINARE CRICCATURE A FREDDO.

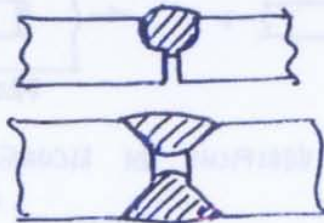


PER EVITARE LA FORMAZIONE OCCORRE ADDOLCIRE IL CICLO TERMICO CON PRESCALDAMENTO DEI PEZZI ED USO DI ELETTRODI BASICI.

LE CRICCHE A CALDO SI FORMANO PER ECCESSO DI IMPURITA' NELLA ZONA FUSA, PER EFFETTO DI TEMPERATURE DI INDIFFICAZIONE DIFFERENZIALE. (EFFETTUARE PIU' POSSATE)

- DIFETTI DELLE SALDATURE

- CRICCHE
- SOFFIATURE
- MANCANZA DI PENETRAZIONE E DI FUSIONE
- INCOGLIATURA

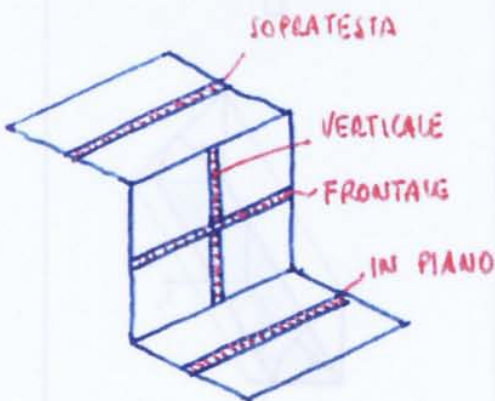


- METodi DI INDAGINE

- RAGGI "X" o RAGGI "γ"
- ULTRASUONI
- ESAME MAGNETOSCOPICO
- LIQUIDI PENETRANTI

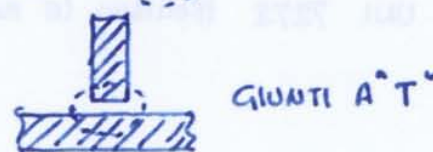
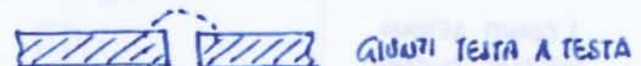
(RACCHIE IORE NELLE PELICOLE)
 (ONDE DEVIATE DAI DIFETTI)
 (CAMPO MAGNETICO CHE INDIVIDUA CRICCHE SUPERFICIALI)

- CLASSIFICAZIONE DELLE UNIONI SALDATE



IN ORDINE DI DIFFICOLTA' CRESCENTE:

- IN PIANO
- IN VERTICALE
- FRONTALE
- SOPRATESTA



RESISTENZA DELLA GIUNZIONE SALDATA

- GIUNTI TESTA A TESTA

IN UN GIUNTO TESTA A TESTA PRIVO DI DIFETTI LO STATO TENSIONALE CORRISPONDE A QUELLO DI UN METTO CONTINUO.

LA SEZIONE RIFERENTE E' QUINDI PARI A SPESSORE X LUNGHEZZA DEL GIUNTO LA RESISTENZA DEL MATERIALE DI APPORTO $f_{d,w}$ VIENE ESPRESA COME UNA FRAZIONE DI QUELLA DEL MATERIALE BASE

$$f_{d,w} = \eta_w f_d$$

↳ COEFFICIENTE DI EFFICIENZA.

LE TENSIONI AGENTI NEL CORDONE SONO:

σ_{\perp} : TENSIONE NORMALE DI TRAZIONE O COMPRESSIONE ORTOGONALE ALLA COLA

τ : TENSIONE TANGENZIALE PARALLELA ALLA COLA

$\sigma_{//}$: TENSIONE NORMALE DI TRAZIONE O COMPRESSIONE PARALLELA ALLA COLA

SI PUO' CALCOLARE LA TENSIONE IDEALE

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{//}^2 - \sigma_{\perp}\sigma_{//} + 3\tau^2}$$

DEVE RISPONDERE

CLASSE

S.L.EL.

T.A.

I

$$\sigma_{id} \leq f_d$$

$$\sigma_{id} \leq \sigma_{adm}$$

II

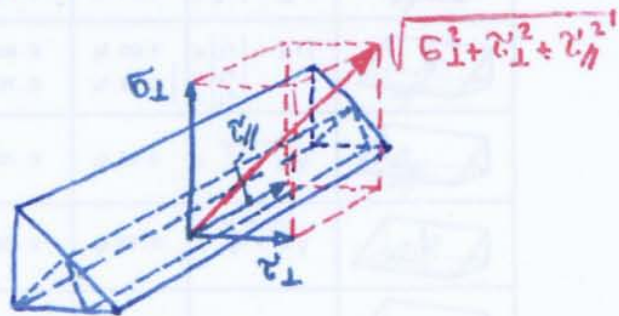
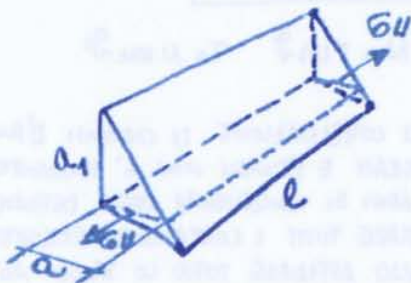
$$\sigma_{id} \leq 0,85 f_d$$

$$\sigma_{id} \leq 0,85 \sigma_{adm}$$

- GIUNTI A CORDONE D'ANGOLO

SI CONSIDERA COME SEZIONE RIFERENTE IL PRODOTTO DELL'ALTEZZA DI COLA "a" PER LA LUNGHEZZA DEL CORDONE

IL CALCOLO CONVENZIONALE DELLE TENSIONI VIENE ESEGUITO RIBALTANDO SU UNO DEI LATI DEL CORDONE LA SEZIONE DI COLA

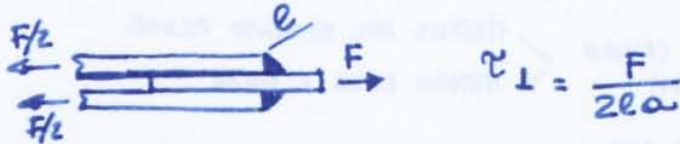


IN TERME DI VERIFICA LE COMPONENTI (VALORI ASSOLUTI) DELLE TENSIONI DEVONO SODDISFARRE LE SEGUENTI VERIFICHE:

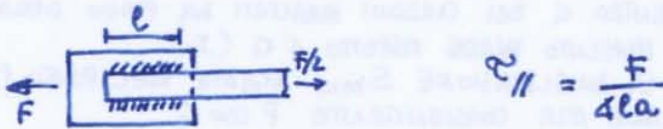
- S.L.EL.

$$a) \tau_{//}, \sigma_{\perp}, \tau_{\perp} \neq 0 \Rightarrow \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2} \leq \begin{cases} 0,85 f_d \text{ (Fe360)} \\ 0,70 f_d \text{ (Fe430 e Fe510)} \end{cases}$$

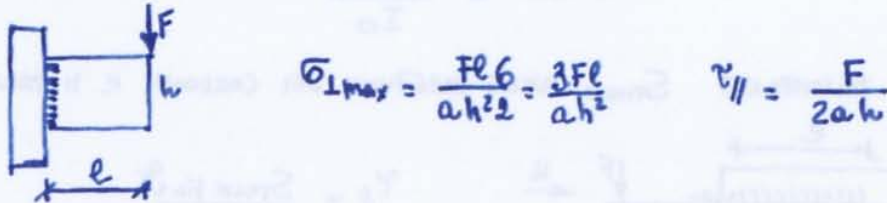
- CORDONI FRONTALI SOGGETTI A SFORZO NORMALE



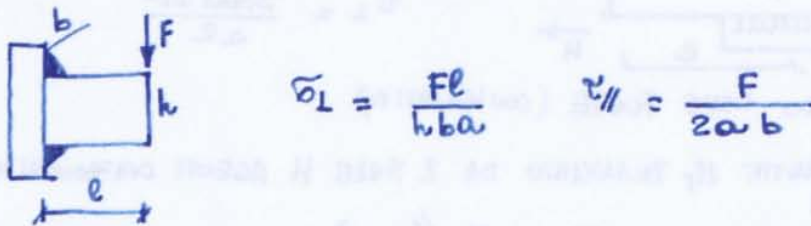
- CORDONI LATERALI SOGGETTI A SFORZO NORMALE



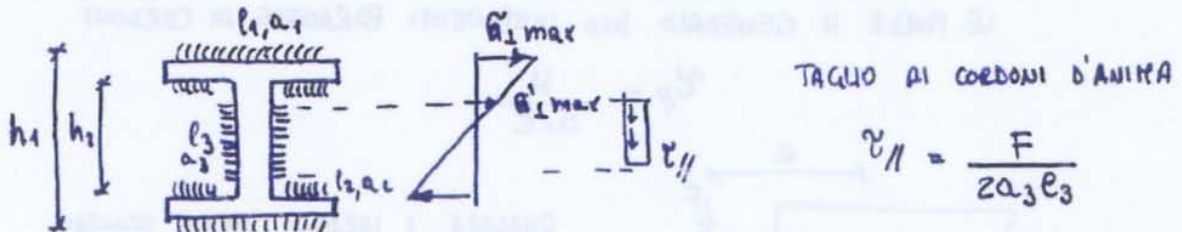
- CORDONI FRONTALI LONGITUDINALI IN PRESENZA DI M, T



- CORDONI FRONTALI TRASVERSALI IN PRESENZA DI M, T



- COMBINAZIONE DI CORDONI FRONTALI LONGITUDINALI E TRASVERSALI IN PRESENZA DI M, T



LE TENSIONI NORMALI DOWE AL FLETTENTE SI VALUTANO CONSIDERANDO ATTIVA TUTTA LA SALDATURA (CORDONI a_1, a_2, a_3)

$$\sigma_{I \max} = \frac{F \cdot l}{W_{Tot}} \quad W_{Tot} = l_1 a_1 h_1 + 2 l_2 a_2 h_2 + \frac{1}{3} l_3 a_3^2$$

$$\sigma'_{I \max} = \frac{F \cdot l}{W_{Tot}} \frac{l_3}{h_1}$$

LA VERIFICA SI FA NEI PUNTI PIÙ SOLLECITATI, CIOÈ NEL CORDONE l_1/a_1 (OLO σ_{\perp}) ED AGLI ESTREMI DI QUELLO D'ANIMA (σ_{\perp} E τ_{\parallel})

UNA ULTERIORI POSSIBILITÀ DI PROGETTO CONSISTE NELL'ATTRIBUIRE AI CORDONI D'ALA L'ASSORBIMENTO DEL FLETTENTE ED A QUELLO D'ANIMA QUELLO DEL TAGLIO.

(2)

IN ALTERNATIVA IL TAGLIO PUÒ ESSERE FUBBIVIO TRA I SOLI CORDONI VERTICALI

NEL CASO DI PRESENZA DI 3 CORDONI (2 ORIZZONTALI, 1 VERTICALE) ALLA COPPIA CHE SI GENERA IN QUELLI ORIZZONTALI SI AFFIDA IL TORRENTE ED A QUELLO VERTICALE IL TAGLIO.

NEL CASO DI IGIONE A CASSONE :

- SE IL PERIMETRO È COMPLETAMENTE SALDATA → BREST $C_{//} = \frac{M_t}{2A_0}$
- SE ENUNDO TRATTI DI SALDATA → METODO DELLE FORZE

PER IGIONI APERTE CON SALDATURE CONTINUE LUNGO TUTTO IL PERIMETRO IN GENERE, A FAVORE DI MINORIBILI NEL DIMENSIONAMENTO DEI CORDONI DI SALDATA, SI TRASCURA IL CONTRIBUTO DELLA TORSIONE SECONDARIA.

UNIONI BULLONATE

LA BULLONERIA È DIVISA IN CLASH (CATEGORIE)

VITE	4.6	5.6	6.6	8.8	10.9
DADO	A4	5D	6D	6S	10K
	NORMALI			AD ALTA RESISTENZA	

LE CLASH DI RESISTENZA ASSOCIATE SONO DI SEGUITO RIPORTATE :

Prospetto 4-IIIa

Stato limite					
Classe vite	f_t N/mm ²	f_y N/mm ²	$f_{k,N}$ N/mm ²	$f_{d,N}$ N/mm ²	$f_{d,v}$ N/mm ²
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.6	600	360	360	360	255
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1 000	900	700	700	495

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0,7 f_t$, $f_{k,N} = f_y$ essendo f_t ed f_y le tensioni di rottura e di snervamento secondo UNI 3740.

$f_{d,N} = f_{k,N}$ resistenza di progetto a trazione.

$f_{d,v} = f_{k,N}/\sqrt{2}$ resistenza di progetto a taglio.

Prospetto 4-IIIb

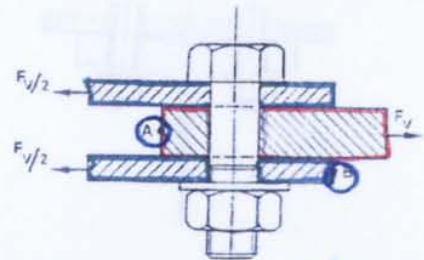
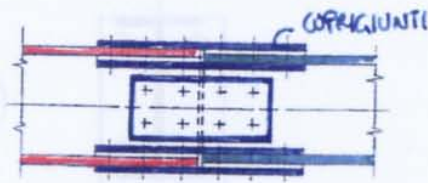
Tensioni ammissibili					
Classe vite	f_t N/mm ²	f_y N/mm ²	$f_{k,N}$ N/mm ²	$\sigma_{b,adm}$ N/mm ²	$\tau_{b,adm}$ N/mm ²
4.6	400	240	240	160	113
5.6	500	300	300	200	141
6.6	600	360	360	240	170
8.8	800	640	560	373	264
10.9	1 000	900	700	467	330

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0,7 f_t$, $f_{k,N} = f_y$ essendo f_t ed f_y le tensioni di rottura e di snervamento secondo UNI 3740.

$\sigma_{b,adm}$, $\tau_{b,adm}$ tensioni ammissibili a trazione ed a taglio.

UNIONI BOLLONATE A TAGLIO

TIPICHE DELLA CARPENTERIA, PER RIPRISTINARE LA CONTINUITA' DI ELEMENTI INTERRUPTI.



CARATTERISTICA L'UNIONE $\left\{ \begin{array}{l} \text{CARICO LIMITE DI ESERCIZIO (INIZIO SCORRIMENTO TRA 'A' E 'B')} \rightarrow V_{f0} \\ \text{CARICO LIMITE ULTIMO (RESISTENZA DELL'UNIONE)} \end{array} \right.$

$$V_{f0} = \mu N_s n_f / \gamma_f$$

con $\gamma_f = 1,25$ (COEFFICIENTE DI SICUREZZA)

n_f = NUMERO DI SUPERFICIE A CONTATTO

$\mu = \begin{cases} 0,30 & \text{PER SUPERFICIE NON TRATTATE} \\ 0,45 & \text{PER SUPERFICIE TRATTATE} \end{cases}$

PER VALORI SUPERIORI A 0,45 OCCORRE EFFETTUARE PROVE Sperimentali DI DETERMINAZIONE DIRETTA DI μ .

LO S.L.U. PUO' ESSERE RAGGIUNTO PER

- < ROTTURA A TAGLIO DEL BULLONE
- < ROTTURA PER RIFOLLAMENTO LAMIERA
- < ROTTURA PER TAGLIO LAMIERA
- < ROTTURA PER TRAZIONE LAMIERA



BULLONE = ELEMENTO TOCCO $\rightarrow V_{d0} = f_{d,v} A_{us} = 0,70 f_{k,v} A_{us}$

NEL RIFOLLAMENTO LA PRESSIONE DI CONTATTO VIENE SUPPOSTA UNIFORME

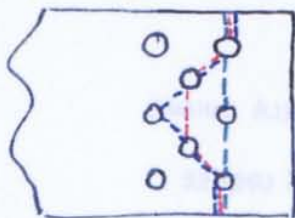
$$V_{d,rif} = f_{d,rif} d t_{min} = \alpha f_d d t_{min}$$

$$\alpha = a/d$$

$$\alpha \leq 2,5$$

t_{min} = VETTORE COMPLESSIVO LAMIERE IMPEGNATE IN UNA DIREZIONE
 d = DIAMETRO BULLONE

LA RESISTENZA A TRAZIONE DELLE LAMIERE VIENE VALUTATA ASSUMENDO UNA DISTRIBUZIONE UNIFORME DELLE TENSIONI, CANTANDO CIOE' SU RIDISTRIBUZIONI PLASTICHE LOCALI.



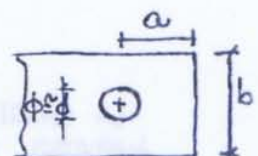
IN PRESENZA DI PIU' BULLONI CI SI PUO' RIFERIRE ALLA SEZIONE MINIMA (MINIMO PERCORSO) OTTENUTA ATTRAVERSO UNO O PIU' FORI.

SE LE PIATRE SONO DEWECCITATE SOLO A TRAZIONE SI PUO' ALCORA OTTIMIZZARNE LE DIMENSIONI UGUAGLIANDO RESISTENZE A TRAZIONE E RIFOLLAMENTO

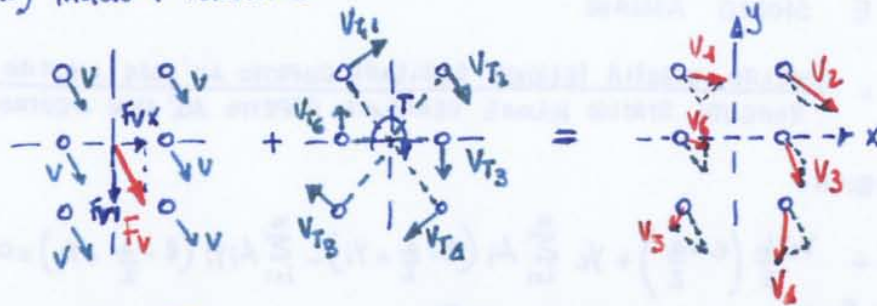
$$f_d t_{min} (b - \phi) = \alpha f_d t_{min} d$$

E CON $\phi \approx d$

$$b - d = \alpha d \Rightarrow \frac{b}{d} = \alpha + 1$$



a) TAGLIO + TORSIONE



$$V = \frac{F_v}{n \cdot n_v}$$

n = NUMERO BULLONI
 n_v = NUMERO SEZIONI RESISTENTI PER BULLONE

$$V_{T,i} = k a_i$$

a_i = DISTANZA CENTRO BULLONE - BARICENTRO BULLONATURA

$$T = n_v \sum_{i=1}^n V_{T,i} a_i = n_v \sum_{i=1}^n k a_i^2$$

$$V_{T,i} = \frac{T a_i}{n_v \sum_{i=1}^n a_i^2}$$

COMBINANDO VETTORIALMENTE LE COMPONENTI:

$$V_x = \frac{F_{v,x}}{n_v n}$$

$$V_y = \frac{F_{v,y}}{n_v n}$$

$$V_{T,i,x} = \frac{T \cdot y_i}{n_v \sum (x_i^2 + y_i^2)}$$

$$V_{T,i,y} = \frac{T \cdot x_i}{n_v \sum (x_i^2 + y_i^2)}$$

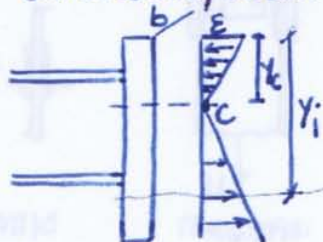
$$V_i = \sqrt{(V_x + V_{T,i,x})^2 + (V_y + V_{T,i,y})^2}$$

b) TRAZIONE + FLESSIONE

b₁): FORZA DI TRAZIONE INTERNA AL NOCCIOLO DELLA SEZIONE DEI BULLONI (QUANTO INTERAMENTE TAGLIO)

$$N_i = \frac{F_N}{n} + \frac{F_N \cdot e}{\sum_{i=1}^n y_i^2} y_i$$

b₂): FORZA ESTERNA AL NOCCIOLO BULLONI (TRAZIONE) O FORZA ESTERNA DI COMPRESSIONE, ESTERNA AL NOCCIOLO DELLA FLANGIA → IGUONG PARVAU ETATA



$$N_i = A_i \cdot \kappa \cdot (y_i - y_c)$$

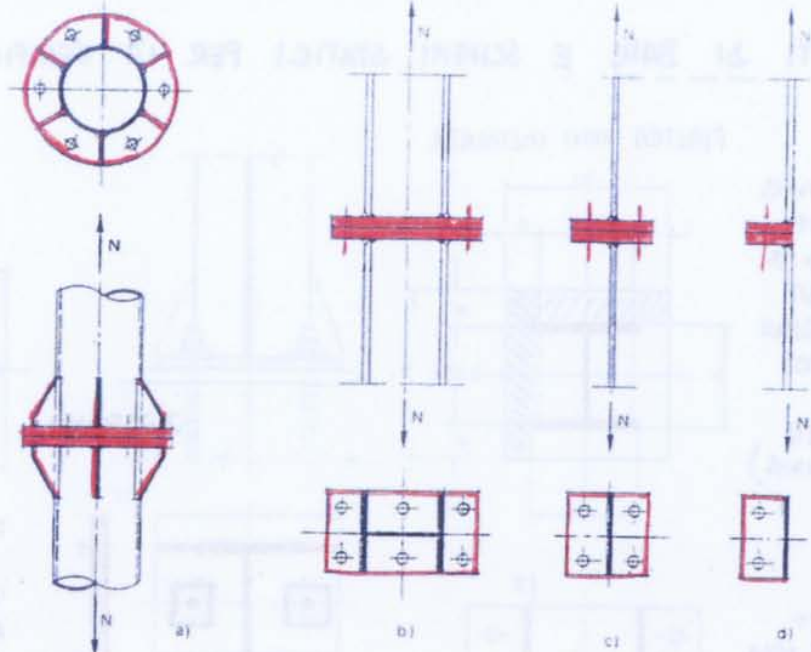
$$\sigma_c = \kappa y_c$$

OCORRE DETERMINARE LA POSIZIONE DI "C".

FLESSIONE DEMPICE: $\frac{b y_c^2}{2} + y_c \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{i=1}^n A_i y_i = 0 \Rightarrow y_c$

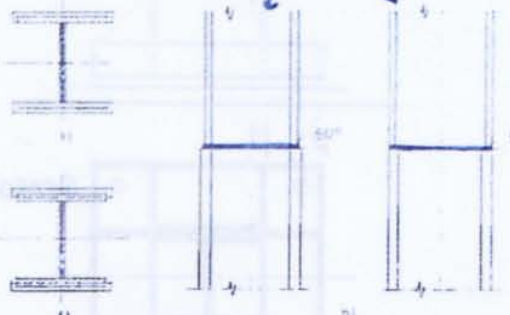
$$N_i = \frac{M}{I} (y_i - y_c) A_i ; \quad \sigma_c = \kappa y_c / I ; \quad I = \frac{b y_c^3}{3} + \sum_{i=1}^n A_i (y_i - y_c)^2$$

GIUNTI
TESI
FLANGIATI

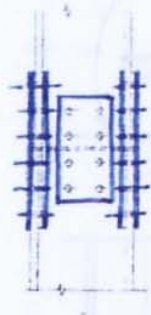


GIUNTI COMPRESI

SALDATI A COMPLETA PENETRAZIONE

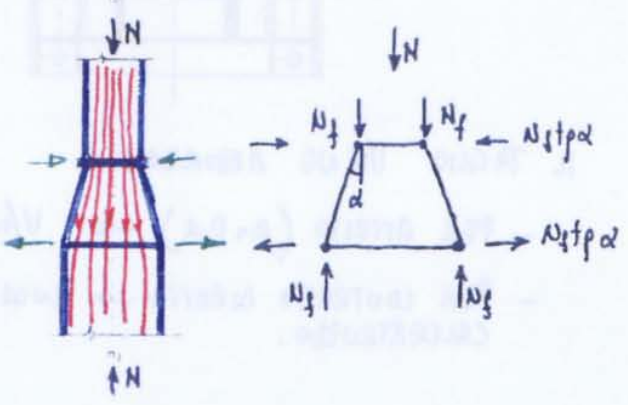
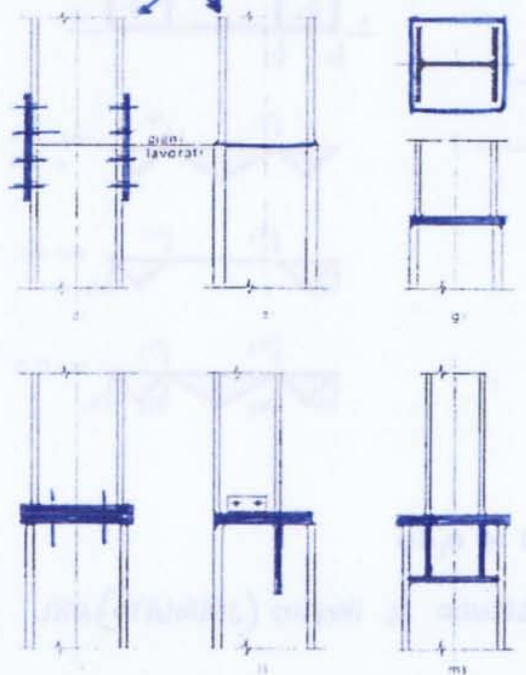


BULLONATI

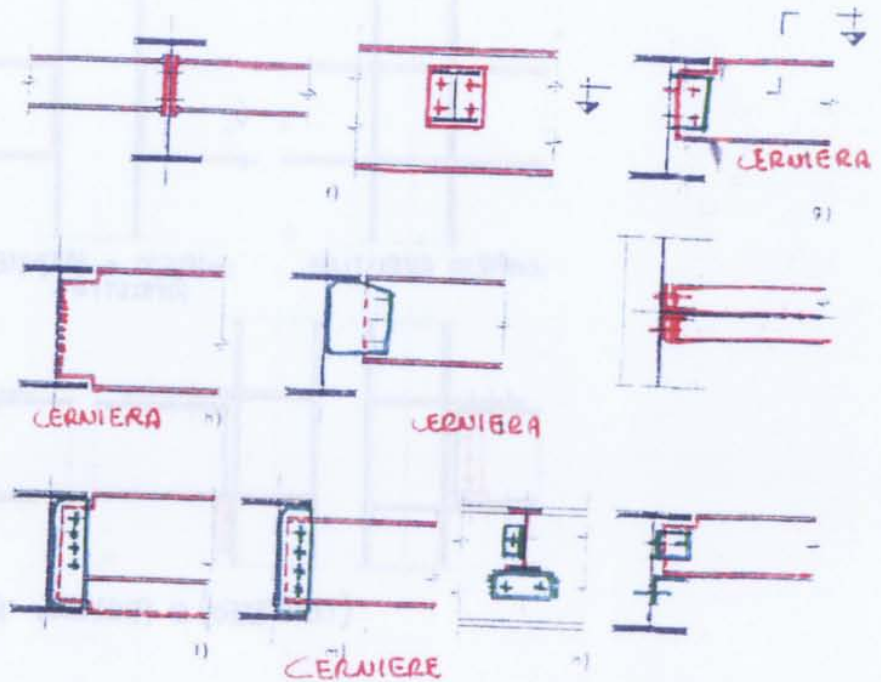


NEI GIUNTI BULLONATI LE FLANGE DEVONO AVERE SEZIONE PROPORZIONALE A QUELLA DEGLI ELEMENTI DA COLLEGARE.

PER CONTATTO

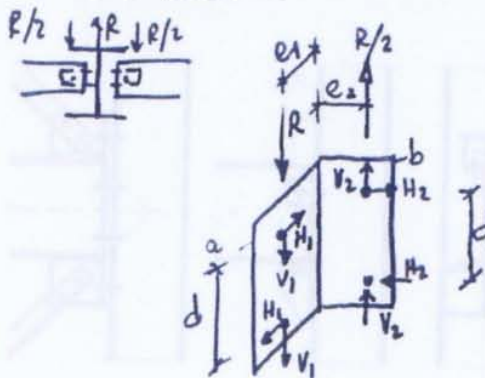


GIUNTO A RIPRISTINO DI V E PARZIALE DI M



- NEI GIUNTI CON COPRIGIUNTO A TOTALE RIPRISTINO FLESSIONALE IL FUETTENTE DEVE ESSERE SUDDIVISO TRA ANI ED ANIMA; L'ANIMA DEVE INOLTRE ASSORBIRE V.
- NEL CASO DI PARZIALE RIPRISTINO FLESSIONALE SI ATTRIBUISCE AI COPRIGIUNTI DEVE ANI TUTTO IL FUETTENTE ED A QUEL D'ANIMA IL TAGLIO.
- NEI GIUNTI FLANGIATI IL TAGLIO VIENE TRAMESSO DA TUTTI I BULLONI, IL FUETTENTE AI BULLONI TESI E LA ZONA COMPRESSA DELLA FLANGIA.

NEI GIUNTI A SQUARETTA (L) OCCORRE TENER CONTO DELLE ECCENTRICITA' DELLE REAZIONI



- a = FACCIA SULLA TRAVE PRINCIPALE

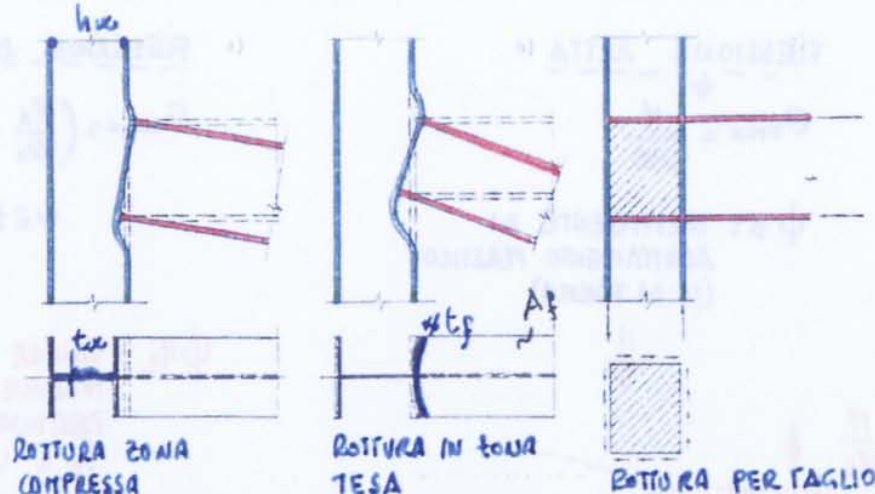
$$\begin{cases} V = R & \rightarrow V_1 = V/2 = R/2 \\ T = V \cdot e_1 & \rightarrow H = V e_1 / d \end{cases}$$

- b = FACCIA SULLA TRAVE SECONDARIA

$$\begin{cases} V = R/2 & \rightarrow V_2 = R/d \\ T = R e_2 / 2 & \rightarrow H_2 = R e_2 / 2d \end{cases}$$

- a $R_1 = \sqrt{V_1^2 + H_1^2}$ su DUE SEZIONI

- b $R_2 = \sqrt{V_2^2 + H_2^2}$ su UNA SEZIONE

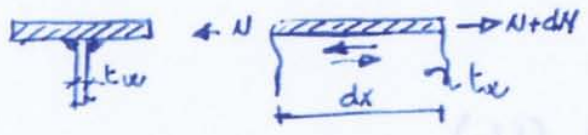


$t_w \geq \frac{h_w \sqrt{235/f_d}}{30}$
 ALIMENTI COSTANTE

$t_f \geq 0,4 \sqrt{k A_f}$
 $k_1 = f_{yb} / f_{yc}$
 re. col.

$t_w \geq k_1 A_f \frac{\sqrt{3}}{h_w}$

GIUNTI DI COMPOSIZIONE DELLE SEZIONI



$dS = dN = \nu t_w dx$
 $S_m = \nu t_w A_f$
 $\nu // = \frac{S_m}{A_e z_w}$

VERIFICHE DI RESISTENZA

TRAZIONE

$\sigma_N = \frac{N_d}{A_{eff}} \leq f_d \text{ (S.L.)}$

$\sigma_N = \frac{N}{A_{eff}} \leq \sigma_{adm} \text{ (T.A.)}$

$A_{eff} \equiv$ AREA PROFILO O SUA SEZIONE NETTA (DEPURATA DI FORI)
 QUANDO IL PROFILO E' COLLEGATO IN MODO SIMMETRICO
 RISPETTO AL BARICENTRO.
 PENALIZZAZIONI PER COLLEGAMENTI ECCENTRICI (CUR 10011)

COMPRESSIONE

$\sigma_N = \frac{N_d}{A} \leq f_d \text{ (S.L.)}$

$\sigma_N = \frac{N}{A} \leq \sigma_{adm} \text{ (T.A.)}$

A = AREA NETTA PROFILO, DEPURATA DEI FORI

FLESSIONE

$\sigma_{max} \leq f_d \text{ (S.L.)}$

$\sigma_{max} \leq \sigma_{adm} \text{ (T.A.)}$

- TORSIONE PURA

$$\theta' = \frac{d\theta}{dz} = \frac{T}{GI_t} \quad (I_t \equiv I_0 \text{ PER SEZIONE CIRCOLARE})$$

IN SEZIONE APERTA IN SPESORE SOTTILE:

$$I_t = \frac{1}{3} \int_s t^3 ds \approx \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n b_i t_i^3$$

n = NUMERO DI ELEMENTI COSTITUENTI LA SEZIONE

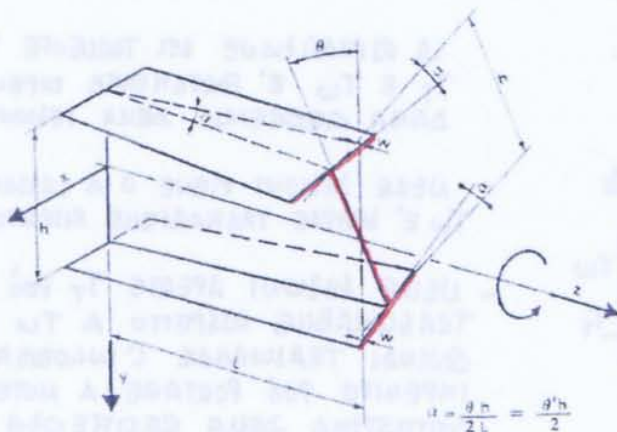
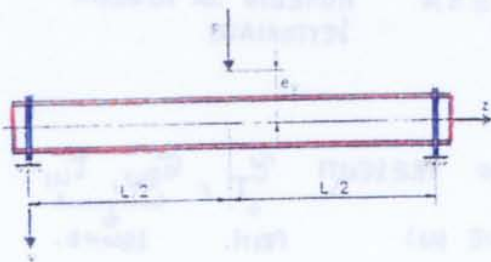
$$v_{max} = c t \theta' = \frac{T}{I_t} t$$

IN SEZIONE CAVA, A SPESORE SOTTILE:

$$v = \frac{T}{2\alpha t} \quad \frac{d\theta}{dz} = \frac{T}{4\alpha^2 G} \int_s \frac{ds}{t} \quad I_t = \frac{\Delta \alpha^2}{\int_s \frac{ds}{t}}$$

- TORSIONE DA INGOMBAMENTO IMPEDITO

TRAVE CON APPICCI CON VINCOLO TORSIONALE - NELLA MEZZERA SPOSTAMENTI $w = \phi$ PER SIMMETRIA, NELLA MEZZERA TORSIONE DI INGOMBAMENTO IMPEDITO, AGLI ESTREMI ($w \neq \phi$) TORSIONE PRIMARIA \Rightarrow TORSIONE MISTA NELLE ALTRE SEZIONI SONO PRESENTI ENTRAMBI I COMPORTAMENTI TORSIONALI.



IN UNA TRAVE A SEZIONE COSTANTE SOGGETTA A TORSIONE LA COMPONENTE w DI INGOMBAMENTO VALE:

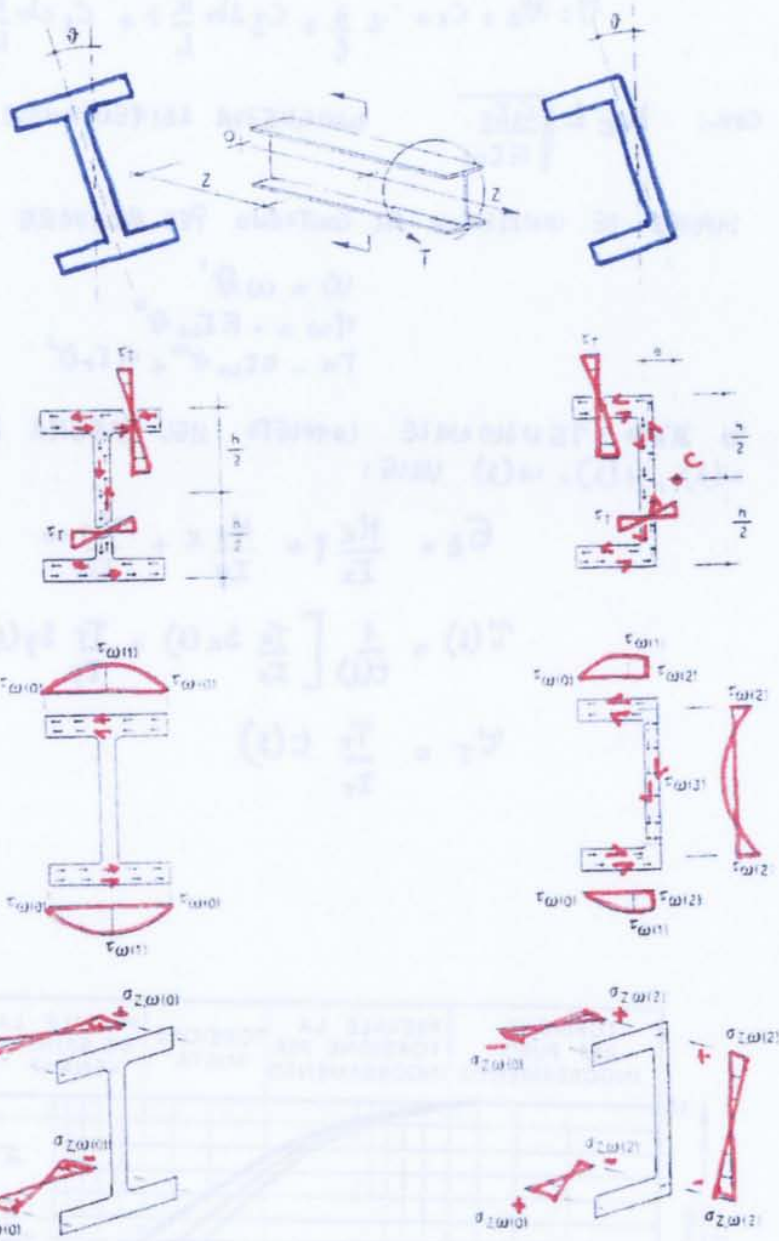
$$w = \omega \frac{d\theta}{dz}$$

(CON $\omega = \omega(x, y)$ = AREA SETTORIALE (FUNZIONE DELLA GEOMETRIA DELLA SEZIONE))

α = ANGOLO DI INGOMBAMENTO DELLA SEZIONE

w = SPOSTAMENTO LONGITUDINALE DI INGOMBAMENTO

- QUADRO RIASSUNTIVO COMPLETO DELLE TENSIONI DA TORSIONE NISTA.



- RIPARTIZIONE TRA T_T E T_W

$$T = T_T + T_W \quad T_T = G I_T \vartheta' \quad T_W = -E I_W \vartheta'''$$

SE IL TORRENTE UNITARIO APPLICATO VALE: $t(z) = q(z) \cdot e(z)$ (A CONDIZIONE DI EQUILIBRIO PER L'ELEMENTO DI LUNGHEZZA dz E')

$$-T + t(z) + T + \frac{dT}{dz} dz = 0$$

$$\downarrow$$

$$-\frac{dT}{dz} = t(z) \quad \text{E SOTTITUENDO}$$

$$\Rightarrow E I_W \vartheta'''' - G I_T \vartheta'' = t(z) \Leftarrow$$

EQ. DIFF. 4° ORD. / COEFF. COST.

VERIFICHE DI STABILITÀ

- ELEMENTI COMPRESI

- PILASTRI DI STRUTTURE PENDOLARI IN CUI LE AZIONI ORIZZONTALI SONO AFFIDATE AD ELEMENTI DI CONTROVENTO

- ASSE DI STRUTTURE RETICOLARI

IN RELAZIONE ALLA FORMA DELLA SEZIONE TRASVERSALE L'INSTABILITÀ PUÒ MANIFESTARSI CON TRE DIVERSI MECCANISMI:

- INSTABILITÀ PIANA → INFLESSIONE GUIDATA IN UN PIANO (SEZIONI A DOPPIO ASSE DI INERZIA) COINCIDENTE CON QUELLO DI MASSIMA INERZIA.

- INSTABILITÀ TORSIONALE → INTERESSA SEZIONI CON RIGIDEZZA TORSIONALE SECONDARIA TRASCURABILE (A CROCE)

- INSTABILITÀ FLESSO-TORSIONALE → COMBINAZIONE DELLE PRECEDENTI (SBANDAMENTO + AMBITAMENTO)

LE IMPERFEZIONI DI NATURA COSTRUTTIVA DEVONO COMPORTARE UNO SPOSTAMENTO DALLA CONFIGURAZIONE RETTILINEA NON SUPERIORE AD 1/1000 DELLA LUNGHEZZA LIBERA DI INFLESSIONE (AUMENTI ELEMENTI PRESSOINFLESSI)

$$v_0 \leq l_0 / 1000$$

LA LUNGHEZZA LIBERA DI INFLESSIONE È FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA REALE DELL'ASTA (L) E DELLE CONDIZIONI DI VINCOLO

$$l_0 = \beta l$$

(ON) $\beta = 1$ SE I VINCOLI ESTREMI SONO ASSIMILABILI A CERNIERE
 $\beta = 0,7$ SE I VINCOLI ESTREMI SONO ASSIMILABILI AD INCASTRI
 $\beta = 0,8$ SE UN VINCOLO È ASSIMILABILE A CERNIERA E L'ALTRO AD INCASTRO
 $\beta = 2$ SE ESISTE UN INCASTRO PERFETTO AD UN SOLO ESTREMO (L'ALTRO LIBERO)

NELE DIVERSE TIPOLOGIE SI ADOTTANO LE SEGUENTI INDICAZIONI

- ASSE DI CORRENTE DI TRAVI RETICOLARI PIANE → $\beta = 1$ NEL PIANO DELLA TRAVATURA
 → NEL PIANO ORTOGONALE ALLA TRAVATURA ANCHE $\beta = 1$ SE ESISTONO RITEGNI RIGIDI DI ESTREMO; PER RITEGNI ELASTICI VERIFICHE PIÙ ACCURATE

- ASSE DI PARETE DI TRAVI RETICOLARI → $\beta = d/l \geq 0,8$ (ON d = INTERASSE GIUNZIONI)
 → NEL CASO DI INCROCIO DI ASSE TRAVI E COMPRESSE CON PENDENZA DEL NODO NON MINORE DI 1/5 DELLO SFORZO DI ESTREMO DELL'ASTA COMPRESA, IL PUNTO DI INCROCIO PUÒ ESSERE CONSIDERATO FISSO NEL PIANO DELLA PARETE MA IN OGNI CASO $\beta \geq 0,5$
 → FUORI DAL PIANO DELLA PARETE SI ADOTTANO I VALORI DI β *

Prospetto 7-1 — Valori σ_c/f_y

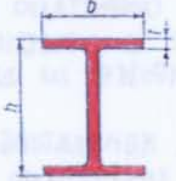
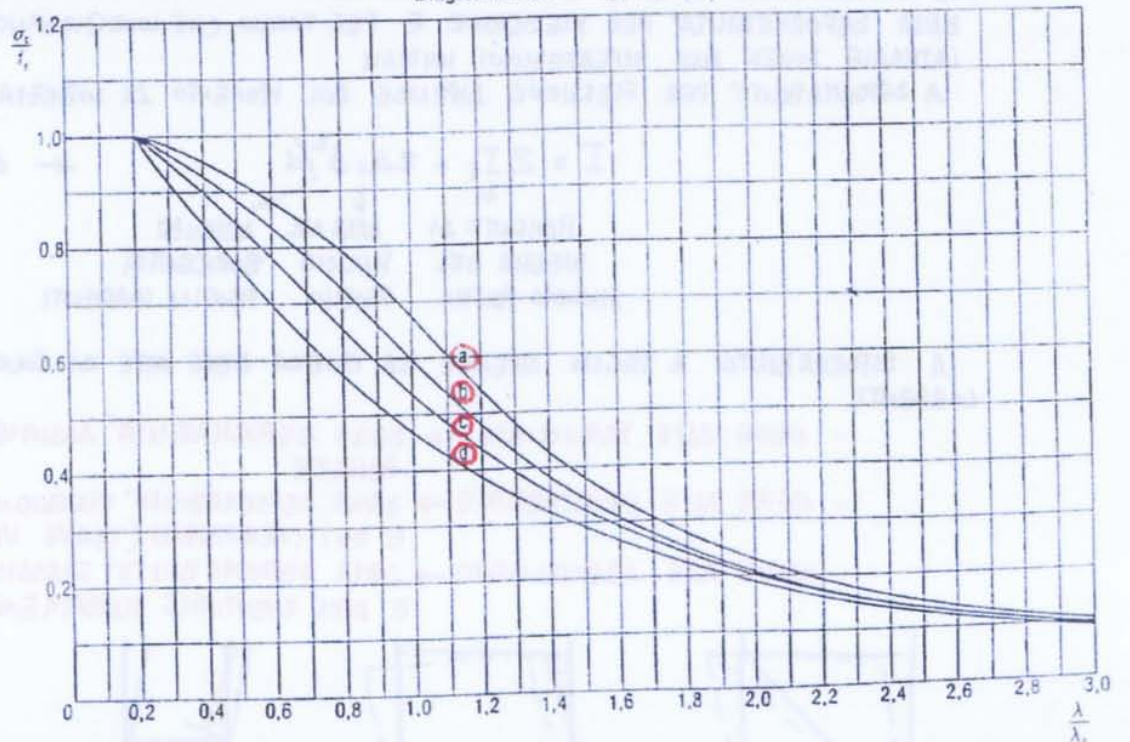
λ/λ_c	σ_c/f_y				Aste	Forma della sezione	Curva	
	curva a	curva b	curva c	curva d				
0,00	1,000	1,000	1,000	1,000	Semplici	Profilati cavi quadri, rettangoli o tondi saldati o laminati $t \leq 40$ mm	a	
0,10	1,000	1,000	1,000	1,000				
0,20	1,000	1,000	1,000	1,000	Semplici	Profilati ad I laminati $\frac{h}{b} \geq 1,2$ $t \leq 40$ 	b	
0,30	0,978	0,965	0,951	0,917				
0,40	0,953	0,925	0,900	0,841				
0,50	0,923	0,885	0,843	0,769				
0,60	0,885	0,838	0,783	0,699				
0,70	0,844	0,785	0,719	0,633				
0,80	0,796	0,727	0,655	0,572				
0,90	0,739	0,663	0,593	0,517				
1,00	0,674	0,599	0,537	0,466				
1,10	0,606	0,538	0,486	0,424				
1,20	0,540	0,481	0,439	0,385				
1,30	0,480	0,429	0,395	0,350				
1,40	0,427	0,383	0,357	0,319				
1,50	0,381	0,343	0,323	0,290				
1,60	0,341	0,308	0,293	0,265				
1,70	0,306	0,277	0,266	0,242				
1,80	0,277	0,250	0,241	0,222				
1,90	0,251	0,226	0,219	0,204				
2,00	0,228	0,205	0,200	0,188				
2,10	0,208	0,188	0,183	0,173				
2,20	0,190	0,173	0,169	0,160				
2,30	0,175	0,159	0,156	0,148				
2,40	0,162	0,147	0,147	0,138				
2,50	0,149	0,137	0,137	0,129				
2,60	0,138	0,128	0,128	0,120				
2,70	0,128	0,119	0,119	0,112	Semplici o composte	Generica	$t \leq 40$ mm	c
2,80	0,119	0,110	0,110	0,105		Tutte	$t > 40$ mm	d
2,90	0,112	0,103	0,103	0,098				
3,00	0,105	0,096	0,096	0,092				

Diagramma 7-1 — Rapporti σ_c/f_y



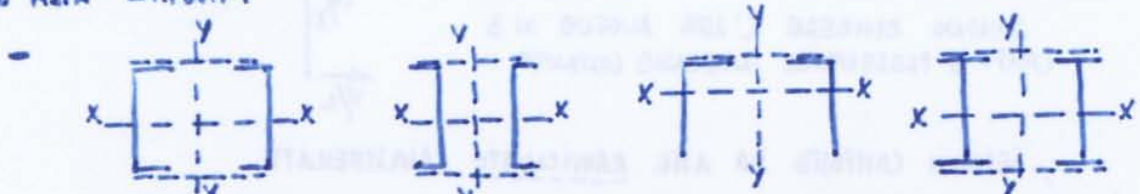
(segue)

IL COMPORTAMENTO DI OGNI CORRENTE TRA I COLLEGAMENTI DIPENDE DAL TIPO DI COLLEGAMENTO:

- PER ASTE TRALCIATE OGNI CORRENTE È UN'ASTA COMPRESA CON $\rho_0 =$ INTERASSE COLLEGAMENTI
- PER ASTE CALASTRELLATE OGNI CORRENTE È UN'ASTA PRESSOINFLESSA (H CIRCA TRIANGOLARE)
- PER ASTE ABBOTTONATE OGNI CORRENTE È PRESSOINFLESSO

L'INFLUENZA DEL COMPORTAMENTO LOCALE SU QUELLO GLOBALE È DI DIFFICILE VALUTAZIONE, VIENE QUINDI CORRETTA DA UNITAZIONI DIMENSIONALI CHE NE RIDUCONO LA PORTATA A VALORI POCO SIGNIFICATIVI.

LA PRATICA PROGETTUALE PORTA ALLA DEFINIZIONE DI UNA "SNEBETTA EQUIVALENTE" DELL'ASTA COMPOSITA.



- NELLA DIREZIONE \perp AD UN ASSE PRINCIPALE DI INERZIA (X-X) CHE TAGLIA TUTTE LE SEZIONI: SNEBETTA VALUTATA COME PER UN'ASTA SEMPLICE
- NELLA DIREZIONE \perp AD UN ASSE PRINCIPALE D'INERZIA (Y-Y) CHE NON TAGLIA TUTTE LE SEZIONI: λ DIPENDE DAL TIPO DI COLLEGAMENTO
- IN PRESENZA DI CALASTRELLI RIGIDI

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$$

$$\text{ovv } \lambda_y = \frac{\beta l_0}{i_y} \quad (\text{TUTTA LA SEZIONE})$$

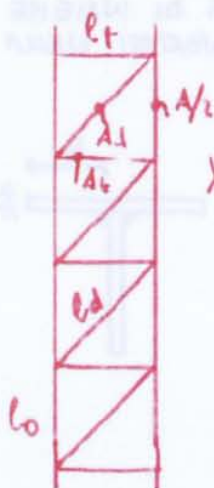
$$\lambda_1 = \frac{l_1}{l_{1min}} \rightarrow \text{INTERASSE CALASTRI (SINGOLO ELEMENTO)}$$

DEVE IN OGNI CASO RITORNARE:

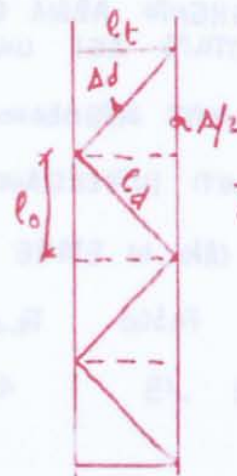
$$\frac{l_1}{i_{1y}} \leq \frac{\lambda_x}{2} \left(4 - \frac{3N}{N_c} \right) > 50$$

$$\frac{l_1}{i_{1y}} = 50 \quad \text{e} \quad \frac{\lambda_x}{2} \left(4 - \frac{3N}{N_c} \right) \leq 50$$

- IN PRESENZA DI TRALICCIO (OURE ALLA VERIFICA LOCALE DEI CORRENTI)



$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{10A}{\rho_0 l_t^2} \left(\frac{l_0^3}{A_c} + \frac{\rho_0^3}{A_t} \right)}$$



$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{10A l_0^3}{\rho_0^2 A_d}}$$

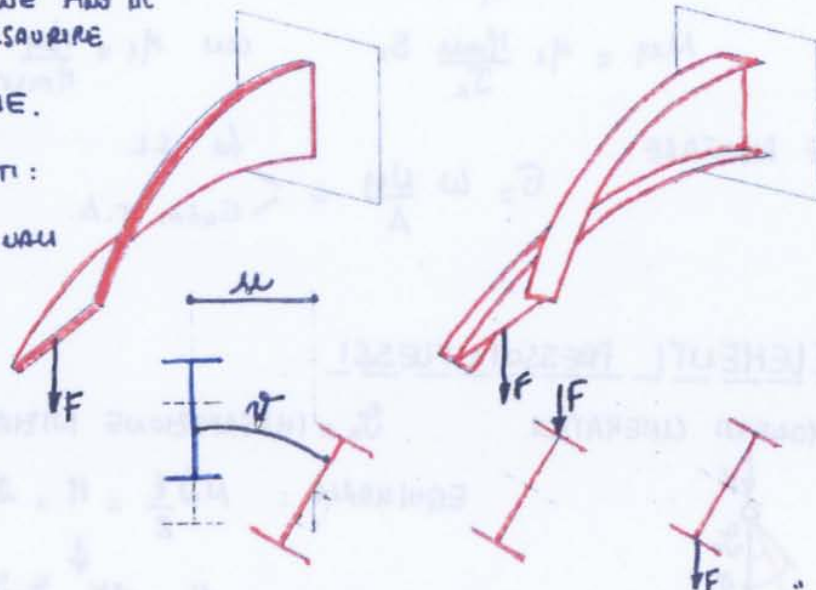


- TRAVI INFLESSE A PARETE PIENA -

INTERVENTO DI SBAUDAMENTO LATERALE E TORSIONE FINO AL COLLASSO FINA DI ESAURIRE TUTTE LE RISORSE FLESSIONALI PRIMARIE.

- PARAMETRI INFLUENTI:

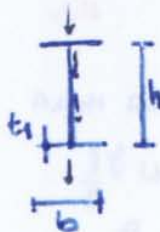
- RIGIDETÀ FLESSIONALI
- RIGIDITÀ TORSIONALE
- PUNTO DI APPLICAZIONE DEL CARICO
- PARAMETRI DI GEOMETRIA E VINCOLO



IL FENOMENO È DESCRITTO DALLE DUE VARIABILI INDIPENDENTI "u" e "v" OPERANDO CON LE CURVE 10011 DEVE PIU' TARE

$$\sigma_{max} = \sigma_D / \psi \quad \text{CON} \quad \sigma_{max} = \frac{M_{max}}{\psi_x u}, \quad \sigma_D = \frac{M_D}{\psi_y u}$$

M_D = MOMENTO MAX CALCOLATO PER IL CARICO CRITICO IN CAMPO ELASTOPLASTICO
 u = MODULO RELATIVO AL LEMBO COMPRESO



$$\sigma_D = \psi_x f_y \frac{\sigma_{c2,D}}{\sqrt[n]{\sigma_{c2,D}^n + (\psi_x f_y)^n}}$$

n = 1,5 TRAVI LAMINATE
 n = 1 TRAVI SALDATE

$\sigma_{c2,D} = \frac{M_{c2}}{W} =$ TENSIONE CRITICA PER INSTABILITÀ FLESSOTORSIONALE IN CAMPO ELASTICO

- TRAVI LAMINATE

$$\sigma = \frac{w_1 M_{eq}}{\psi_x W} \leq \begin{cases} f_d & \text{s.l.} \\ \sigma_{adm} & \text{T.A.} \end{cases}$$

w₁ TABULATO IN FUNZIONE DELLA GEOMETRIA E TRAVI DI ACCIAIO

$$w_1 = \frac{f_y}{0,585 E} \frac{h L}{b t_1}$$

t₁ = SPESSORE ALI
 L = DISTANZA TRA DUE RITEGNI TORSIONALI NECESSARI

$$0,75 M_{max} \leq M_{eq} \leq M_{max}$$

M_{eq} = 1,3 M_m → TRAVI APPOCIATE o CONTINUE

$$0,5 M_{max} \leq M_{eq} \leq M_{max}$$

M_{eq} = M_m → TRAVI CON SBALZI o MENSOLE

M_m = MOMENTO MEDIO NEL CAMPO DI TRAVE (L) CONSIDERATO

(de)

$\beta = 1$ SE $M = \text{CONSTANTE}$

$\beta M = M_{eq} = 0,6 M_a - 0,4 M_b$ CON $|M_a| \geq |M_b|$ E $M_{eq} > 0,4 M_a$



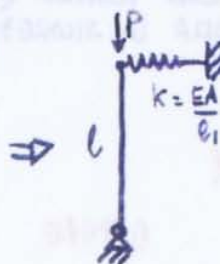
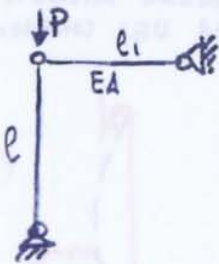
NEL CASO DI PRESSOFLESSIONE DEVIATA:

$$\frac{WN}{A} + \frac{M_{xeq}}{\psi_x W_x \left(1 - \frac{vN}{N_{crx}}\right)} + \frac{M_{yeq}}{\psi_y W_y \left(1 - \frac{vN}{N_{cry}}\right)} \leq \begin{matrix} f_d \\ \sigma_{adm} \end{matrix}$$

ELEMENTI INERTI IN UN COMPLESSO STRUTTURALE

CONDIZIONI DI VINCOLO NON PERFETTE E SPESSO VARIABILI IN FUNZIONE DEL CARICO

NECESSITA' DI VALUTARE LA RIGIDEZZA E RESISTENZA DEI VINCOLI E LA CONSEGUENTE REALE LUNGHEZZA LIBERA DI INFLESSIONE.



$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$

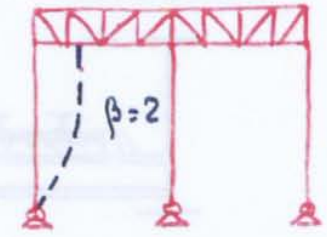
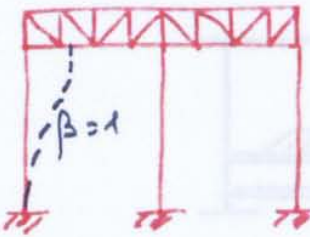
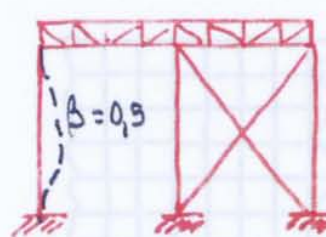
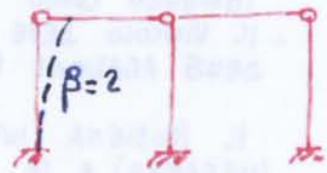
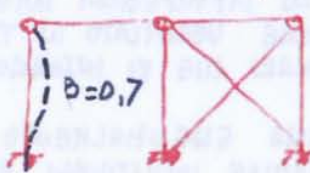
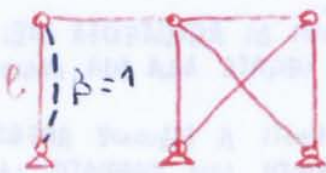
$P_{crV} = kVl$ $P_{cr} = K \cdot l$

2° NECC. PER $K < \pi^2 EI / l^2$

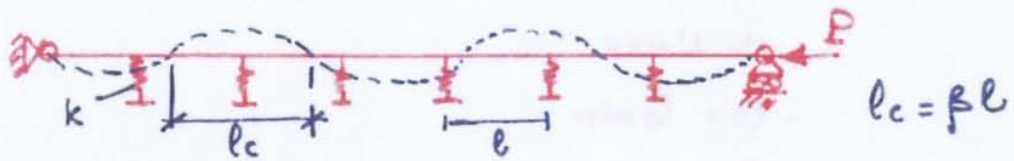
IN REALTA' L'INTERVENTO DELLA PLASTICIZZAZIONE RENDE PIU' COMPLESSO IL PROBLEMA.

LE NORME DANNO REGOLE EMPIRICHE E FORFETTARIE DI AFERIMENTO CHE PORTANO A DIMENSIONARE I VINCOLI PER FORZE COMPRESSE TRA L'1% SO IL 2% DEL CARICO AGENTE SUL ELEMENTO DA STABILIZZARE

ALTE VINCOLATE AGLI ESTREMI $\rightarrow C_0 = \beta l$



IL PROBLEMA È STATO INIZIALMENTE RISOLTO DA ENGESSER NEGLI MODELLI DI CORRENTE COMPRESO RETTILINEO, A SEZIONE COSTANTE, SOTTOCOSTATA DA CARICO ASSIALE COSTANTE CON ESTREMITÀ INCLINATE E SUPPORTI ELASTICI UNIFORMEMENTE DISTRIBUITI



$k = F/v$ v : SPOSTAMENTO VINCULO
 F : REAZIONE VINCULO

SECONDO ENGESSER L'ASTA RAGGIUNGE IL CARICO CRITICO IN CAMPO ELASTICO SE:

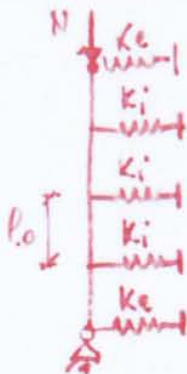
$$k \geq k_{min} = \frac{P_{ca} l}{\Delta EI} \quad (\text{VALE PER } \beta \geq 1,2)$$

POICHÉ $EI = \frac{P_{ca} (\beta l)^2}{\pi^2}$ DEVE RISULTARE:

$$k \geq k_{min} = \frac{P_{ca} l \pi^2}{\Delta P_{ca} (\beta l)^2} \approx 2,5 \frac{P_{ca}}{\beta^2 l}$$

LA PROCEDURA È FOL STATA ESTESA AL CAMPO PLASTICO E SI APPLICA COME DI SEGUITO INDICATO.

- a) SEZIONE COSTANTE n : COST. APPROCCI ELASTICI INTERMEDI EQUIDISTANTI E DI UGUALE RIGIDEZZA.



SI DETERMINA LA RIGIDEZZA k_0

$$n > 2 \quad 1,2 \leq \beta \leq \frac{n}{\sqrt{2}} \Rightarrow k_0 = \frac{\pi^2}{4\beta^2} \frac{N}{l_0}$$

$$n = 2 \quad 1 \leq \beta \leq 2 \Rightarrow k_0 = \frac{2}{3} (1 - \beta^2) \frac{N}{l_0}$$

n : NUMERO CAMPI

con $\beta = \frac{\lambda_y}{l_0/i_y}$

RICAVANDO λ_y IN FUNZIONE DI w (= $f d A / N$ o $\sigma_{adm} A / N$)

- DEVE RISULTARE

$k_i \geq k_0$ (S.L.) o $k_i \geq 1,5 k_0$ (T.A.) \Leftarrow VINCOLI ESTREMI RIGIDI

$k_i \geq \eta_i k_0$ (S.L.) o $k_i \geq 1,5 \eta_i k_0$ (T.A.) \Leftarrow VINCOLI ESTREMI (ELEVOLI)
 $k_e \geq \eta_e k_0$

VERIFICA: CON $\eta_i = \frac{1 + 0,6 \beta}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1,04 \beta}{(1 + 0,6 \beta)^2}} \right]$ $\eta_e = \frac{\eta_i}{\beta}$ S NOTO (VERIFICA)

PROGETTO η_i NOTO (PROGETTO) $\eta_e = \frac{0,6 \eta_i - 0,36 \beta}{\eta_i - 1}$

IN OGNI CASO $\eta_i \geq 1,1$ e $\beta \geq 1,2$

LASTRE PIANE IRRIGIDITE

IL COMPORTAMENTO INSTABILE È STRETTAMENTE INFLUENZATO DAL TIPO DI SOLLECITAZIONE. SI INDIVIDUANO 2 CATEGORIE DI PROBLEMI

LASTRE COMPRESSE

PIATTABANDE
IRPALLATI

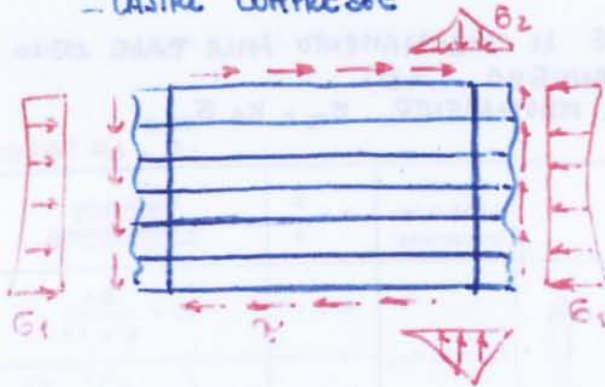
EFFETTI RIVERDE IN
CAMPO POST-CRITICO

LASTRE INFLESSE

ANIME

EFFETTI RIVERDE IN
CAMPO POST-CRITICO

LASTRE COMPRESSE



SONO DOCCETTE A:

- TENSIONI FLESSIONALI σ_1 ASSOCIATE AL COMPORTAMENTO DI INIENE DI TUTTA LA STRUTTURA.
- TENSIONI TANGENZIALI COMPRESSE DOWTE AL COMPORTAMENTO GLOBALE A TAGLIO E TORSIONE (PRIMARIA + SECONDAIA)
- TENSIONI NORMALI TRASVERSALE DOWTE ALLA DEFORMAZIONE TRASVERSALE ED ALLA PRESENZA DI IRREGOLARITÀ (σ_2).
- TENSIONI FLESSIONALI NELLO SPESSORE DEL'IRPALLATO DOWTE AGLI EFFETTI LOCALI DEI CARICHI

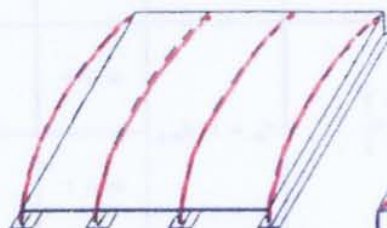
SONO POSSIBILI 4 TIPI DI INSTABILITÀ



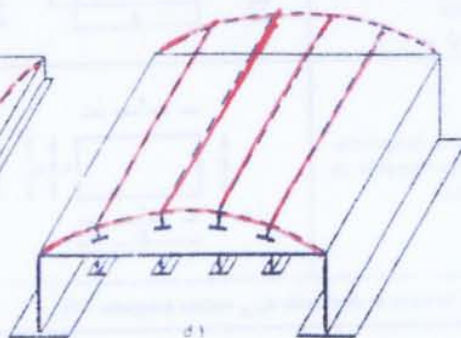
INSTABILITÀ LOCALE DEI
SINGOLI PANNELLI TRA LE
NERVATURE



INSTABILITÀ LOCALE DELLA
NERVATURA (APERTA) O DI UNA SUA
PARTE (CHINSA)



INSTABILITÀ GLOBALE DELLA LASTRA
CON INFLESSIONE LONGITUDINALE
TRA GLI IRREGOLAMENTI TRASVERSALE



INSTABILITÀ
GLOBALE CON
INFLESSIONE
TRASVERSALE
TRA LE TRAVI
DI BORDO



Prospetto 7-IX --- Tensioni di riferimento $\sigma_{cr,0}$ in N/mm²

h cm	3	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
30	18,62	33,11	51,72	74,44	132,41	206,89	297,02	228,09	261,04	190,67	241,32	206,89	250,34	218,88
40	10,47	18,62	29,06	41,88	74,48	116,98	167,58	145,98	167,58	132,41	167,58	152,00	183,92	167,58
50	6,70	11,92	18,62	26,81	47,67	74,48	107,25	101,38	116,38	97,28	123,12	116,38	140,81	132,41
60	4,65	8,28	12,93	18,62	33,10	51,72	74,48	74,48	85,60	74,48	94,26	94,26	111,26	107,25
70	3,42	6,08	9,49	13,65	24,32	38,00	54,72	57,02	65,46	59,85	74,48	74,48	90,12	88,64
80	2,62	4,65	7,27	10,47	18,62	29,09	41,89	45,06	51,72	47,67	60,33	60,33	74,48	74,48
90	2,07	3,68	5,75	8,28	14,71	22,99	33,10	36,50	41,89	39,39	49,86	49,86	61,55	61,55
100	1,68	2,98	4,65	6,70	11,92	18,62	26,81	30,16	34,62	33,10	41,89	41,89	51,72	51,72
110	1,39	2,46	3,65	5,54	9,85	15,30	22,16	25,34	29,09	28,10	35,70	35,70	44,07	44,07
120	1,16	2,07	3,23	4,65	8,28	12,93	18,62	21,59	24,79	24,32	30,78	30,78	38,00	38,00
130	0,99	1,76	2,75	3,97	7,05	11,02	15,87	18,62	21,59	21,19	26,81	26,81	33,10	33,10
140	0,85	1,52	2,38	3,42	6,08	9,50	13,65	16,22	19,02	18,62	23,57	23,57	29,09	29,09
150	0,74	1,32	2,07	2,98	5,30	8,28	11,92	14,26	16,37	16,49	20,88	20,88	25,77	25,77
160	0,65	1,10	1,82	2,62	4,65	7,27	10,47	12,63	14,50	14,71	18,62	18,62	22,99	22,99
170	0,59	1,03	1,61	2,32	4,12	6,44	9,28	11,26	12,93	13,30	16,71	16,71	20,63	20,63
180	0,52	0,92	1,44	2,07	3,68	5,16	8,28	10,11	11,61	11,92	15,08	15,08	18,52	18,52
190	0,46	0,83	1,29	1,86	3,30	4,85	7,43	9,12	10,47	10,81	13,68	13,68	16,82	16,82
200	0,42	0,74	1,16	1,68	2,98	4,55	6,70	8,28	9,50	9,85	12,46	12,46	15,39	15,39
210	0,38	0,68	1,05	1,52	2,70	4,22	6,08	7,54	8,66	8,92	11,40	11,40	14,08	14,08
220	0,35	0,62	0,96	1,39	2,46	3,85	5,54	6,90	7,92	8,28	10,47	10,47	12,93	12,93
230	0,32	0,56	0,88	1,27	2,25	3,52	5,07	6,34	7,27	7,63	9,65	9,65	11,92	11,92
240	0,29	0,52	0,81	1,16	2,07	3,23	4,65	5,84	6,70	7,05	8,92	8,92	11,02	11,02
250	0,27	0,49	0,74	1,07	1,91	2,96	4,29	5,40	6,20	6,54	8,33	8,33	10,22	10,22
260	0,25	0,44	0,69	0,99	1,76	2,75	3,97	5,01	5,75	6,07	7,69	7,69	9,50	9,50
270	0,23	0,41	0,64	0,92	1,63	2,56	3,68	4,65	5,34	5,67	7,17	7,17	8,86	8,86
280	0,21	0,38	0,59	0,86	1,52	2,38	3,42	4,34	4,98	5,30	6,70	6,70	8,28	8,28
290	0,20	0,35	0,55	0,80	1,42	2,21	3,19	4,06	4,65	4,96	6,28	6,28	7,75	7,75
300	0,19	0,33	0,52	0,74	1,32	2,07	2,98	3,80	4,36	4,65	5,89	5,89	7,27	7,27
310	0,17	0,31	0,48	0,70	1,24	1,94	2,79	3,56	4,09	4,36	5,49	5,49	6,84	6,84
320	0,16	0,29	0,45	0,65	1,16	1,82	2,62	3,35	3,85	4,12	5,22	5,22	6,44	6,44
330	0,15	0,27	0,43	0,62	1,09	1,71	2,46	3,16	3,62	3,89	4,92	4,92	6,08	6,08
340	0,14	0,26	0,40	0,59	1,03	1,61	2,32	2,98	3,42	3,68	4,65	4,65	5,75	5,75
350	0,14	0,24	0,38	0,55	0,97	1,52	2,19	2,82	3,23	3,48	4,41	4,41	5,44	5,44
360	0,13	0,23	0,36	0,52	0,92	1,44	2,07	2,67	3,00	3,23	4,18	4,18	5,16	5,16
370	0,12	0,22	0,34	0,49	0,87	1,36	1,96	2,53	2,90	3,13	3,97	3,97	4,90	4,90
380	0,12	0,21	0,32	0,46	0,83	1,29	1,86	2,40	2,75	2,98	3,77	3,77	4,65	4,65
390	0,11	0,20	0,31	0,44	0,78	1,22	1,76	2,28	2,62	2,84	3,59	3,59	4,43	4,43
400	0,11	0,19	0,29	0,42	0,74	1,16	1,68	2,16	2,49	2,70	3,42	3,42	4,22	4,22
410	0,10	0,18	0,28	0,40	0,71	1,11	1,60	2,17	2,38	2,58	3,26	3,26	4,03	4,03
420	0,10	0,17	0,26	0,38	0,68	1,06	1,52	2,07	2,27	2,46	3,12	3,12	3,85	3,85
430	0,09	0,16	0,25	0,36	0,64	1,01	1,45	1,97	2,16	2,35	2,93	2,93	3,68	3,68
440	0,09	0,15	0,24	0,35	0,62	0,96	1,38	1,93	2,16	2,35	2,85	2,85	3,52	3,52
450	0,09	0,15	0,23	0,33	0,59	0,92	1,32	1,80	2,07	2,25	2,85	2,85	3,42	3,42
460	0,08	0,14	0,22	0,32	0,56	0,88	1,27	1,72	1,98	2,16	2,73	2,73	3,37	3,37
470	0,08	0,13	0,21	0,30	0,54	0,84	1,21	1,65	1,90	2,07	2,62	2,62	3,23	3,23
480	0,07	0,13	0,20	0,29	0,52	0,81	1,16	1,58	1,82	1,99	2,51	2,51	3,10	3,10
490	0,07	0,12	0,19	0,28	0,50	0,78	1,12	1,52	1,74	1,91	2,41	2,41	3,00	3,00
500	0,07	0,12	0,19	0,27	0,48	0,74	1,07	1,46	1,68	1,84	2,31	2,31	2,98	2,98

(segue)

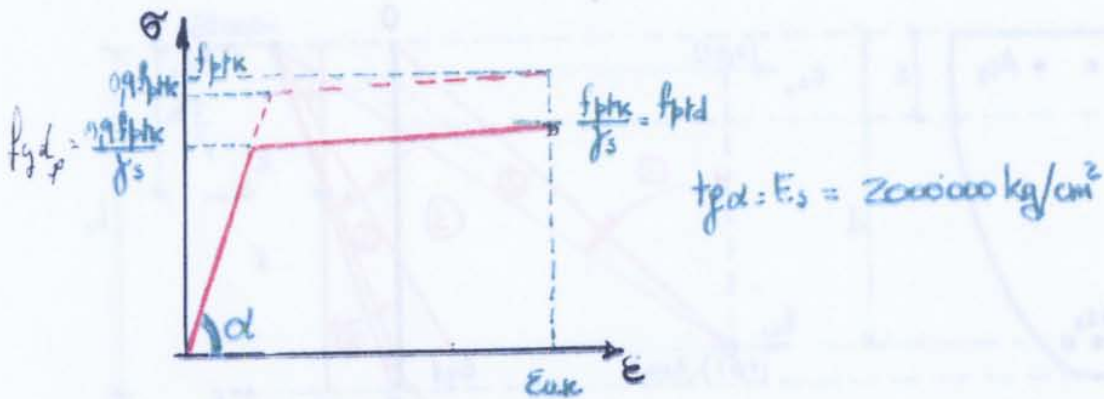
GRANDEZZE FISICHE CARATTERIZZANTI ACCIAIO E CALCESTRUZZO

- R_{ck}, f_{ck} : RESISTENZE CARATTERISTICHE CUBICA, CILINDRICA A COMPRESSIONE
- E_s : MODULO ELASTICO ACCIAIO ($2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$)
- f_{cd} : RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE DEL CLS ($f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$)
- f_{yd} : RESISTENZA DI CALCOLO DELL'ARMATURA ORDINARIA ($f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$)
- f_{yk} : RESISTENZA CARATTERISTICA DELL'ARMATURA ORDINARIA
- f_{pk} : RESISTENZA CARATTERISTICA ACCIAIO DA CAP
- f_{ptd} : RESISTENZA DI CALCOLO ACCIAIO DA CAP ($f_{ptd} = f_{pk} / \gamma_s$)
- f_{pyd} : RESISTENZA DI PIEDINAMENTO DELL'ACCIAIO DA CAP ($f_{pyd} \approx 0,9 f_{ptd}$)
- E_{cm} : MODULO ELASTICO CLS (MEDIO) : $E_{cm} = 9,5 (f_{ck} + 8)^{1/3}$ (KN/mm²)
- f_{ctm} : RESISTENZA A TRAZIONE MEDIA CLS ($f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3}$)
- $f_{ctk,0.05}$: RESISTENZE CARATTERISTICHE A TRAZIONE CLS ($f_{ctk,0.05} = \begin{cases} 0,7 f_{ctm} \\ 0,95 \end{cases} 17,3 f_{ctm}$)
- f_{ctd} : RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE CLS ($f_{ctd} = f_{ctk,0.05} / \gamma_c$)
- τ_{rd} : RESISTENZA DI CALCOLO A TAGLIO CLS ($\tau_{rd} = 0,25 f_{ctd}$)
- f_{bd} : RESISTENZA DI CALCOLO DI ADERENZA

PROF. BELLINO N° 2 26-09-08
I FACOLTA'

TECNICA DELLE COSTRUZIONI

1.3 ACCIAIO DA PRECOMPRESSIONE



2. IPOTESI DI CALCOLO

2.1. CONSERVAZIONE PLANARITA' SEZIONI

2.2. COINCIDENZA DEFORMAZIONI TRA ACCIAIO ADERENTE E CALCESTRUZZO CIRCOSTANTE, SIA IN TRAZIONE CHE IN COMPRESSIONE.

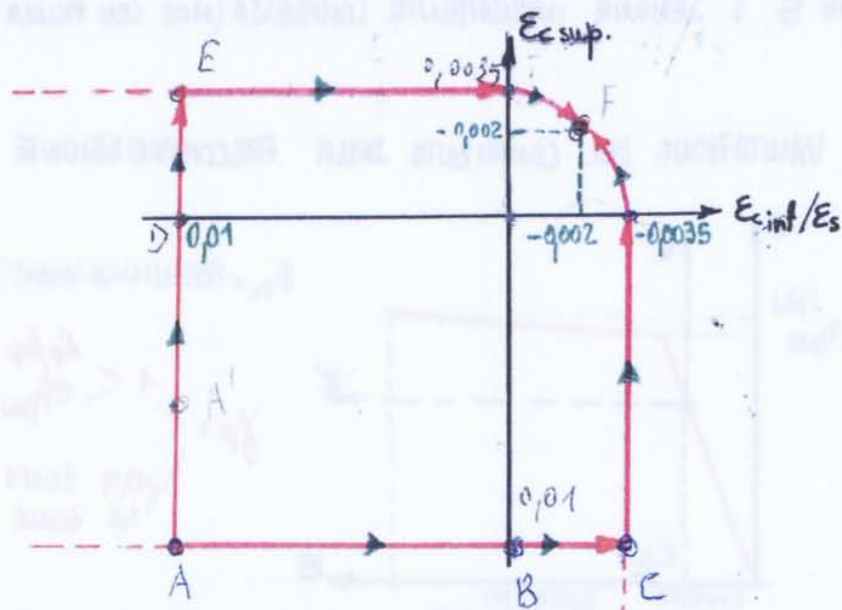
2.3. ASSENZA DI RESISTENZA A TRAZIONE NEL CALCESTRUZZO

2.4. RAPPRESENTAZIONE DELLA RISPOSTA DEI MATERIALI TRAMITE LE LEGGI SOPRARIPORTATE

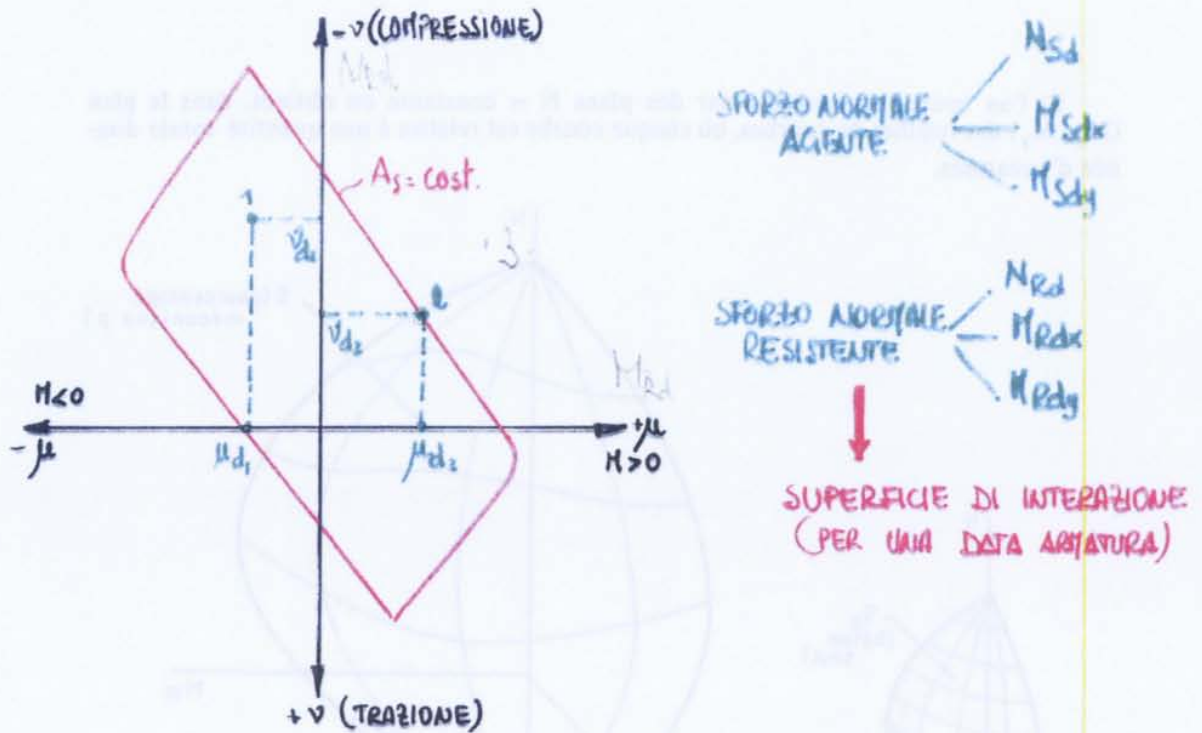
2.5. PRESA IN CONTO DELLA PRE-ELONGAZIONE NEGLI ACCIAI DA PRECOMPRESSO

2.6. LIMITAZIONE A $-0,002$ DELLA DEFORMAZIONE LIMITE DEL CLS IN PRESENZA DI SOLA COMPRESSIONE ED A VALORI COMPRESI TRA $-0,002$ E $-0,0035$ NEL CASO DI SEZIONI INTERAMENTE SOGGETTE A TENSIONI DI COMPRESSIONE

2.7. LIMITAZIONE, OVE NECESSARIO, DELLA DEFORMAZIONE DELL'ACCIAIO A $0,01$



3. DOMINI DI RESISTENZA



VERIFICA DI SICUREZZA: IL PUNTO $P(N_{sd}, M_{sdx}, M_{sdy})$ DEVE ESSERE INTERNO O SULLA SUPERFICIE DI INTERAZIONE.

4. PROGETTO E VERIFICA DELLA SEZIONE

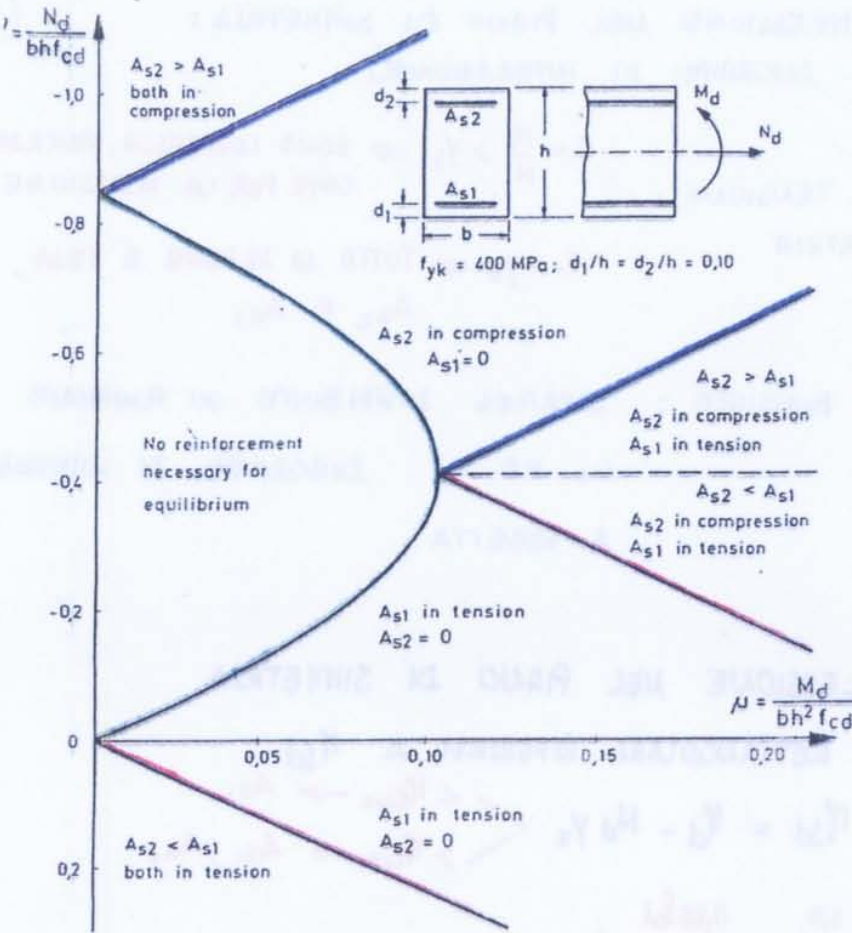
IN GENERE SI OPERA CON PARAMETRI ADIMENSIONALIZZATI

$$\nu_d = \frac{N_d}{bh f_{cd}} \quad , \quad \mu_d = \frac{M_d}{bh^2 f_{cd}} \quad , \quad \eta = \frac{M}{bd^3 f_{cd}} \quad d = \text{ALTEZZA UTILE}$$

PER PREVALENTE COMPRESSIONE PER PREVALENTE FLESSIONE

SCOPPO DELLE PROCEDURE: OTTIMIZZARE LE PROPRIETÀ GEOMETRICHE E MECCANICHE DELLE SEZIONI DAI PUNTI DI VISTA STRUTTURALE ED ECONOMICO.

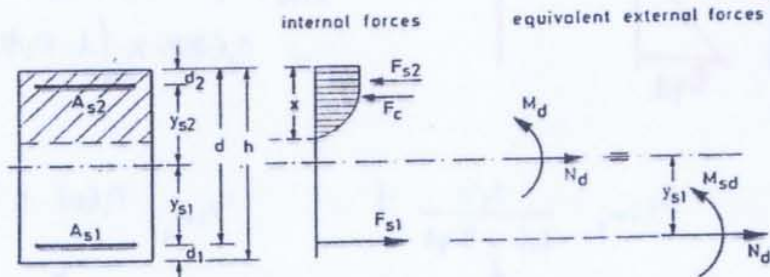
IN PRATICA: VENGONO PREFISSATE LE PROPRIETÀ MECCANICHE DEI MATERIALI E LA GEOMETRIA DELLE SEZIONI, DETERMINANDO DI CONSEGUENZA LE ARGE DI ACCIAIO NECESSARIE A FORNIRE IL LIVELLO DI SICUREZZA RICHIESTO.



IN SEZIONE RETTANGOLARE, ZONE DI DISTRIBUZIONE DELLE ARMATURE, CORRISPONDENTI ALLA MINIMA AREA METALLICA TEORICA.

PER PREVALENTE FLESSIONE NEL PIANO DI SIMMETRIA DELLA SEZIONE:
 $A_{s2} = 0$
 OPPURE $A_{s2} < A_{s1}$

IN PRESSOFLESSIONE:
 RIPORTARE MOMENTO FLETTENTE E SFORZO NORMALE NEL BARICENTRO DELLE ARMATURE
 TESI, QUINDI OPERARE SU M_{sd} ED N_d



$$M_{sd} = M_d - N_d \cdot y_{s1}$$

USARE ARMATURA COMPRESSA SOLO SE $M_{sd} > M_{lim}$, CON M_{lim} SCELTO IN MODO DA OTTIMIZZARE L'IMPIEGO DI A_{s1} E DEL CALCESTRUCCO COMPRESSO. PER $M_{sd} > M_{lim}$ L'AREA MINIMA DI ACCIAIO SI OTTIENE BLOCCANDO LA POSIZIONE DELL'ASSE NEUTRO AL VALORE x_{lim} CORRISPONDENTE A M_{lim}

$$\Delta M_{sd} = M_{sd} - M_{lim}$$

$$A_{s2} = \Delta A_{s1} = \frac{\Delta M_{sd}}{f_{yd} (d - d_2)}$$

$$A_{s1} = \bar{A}_{s1} (f(M_{lim})) + \Delta A_{s1}$$

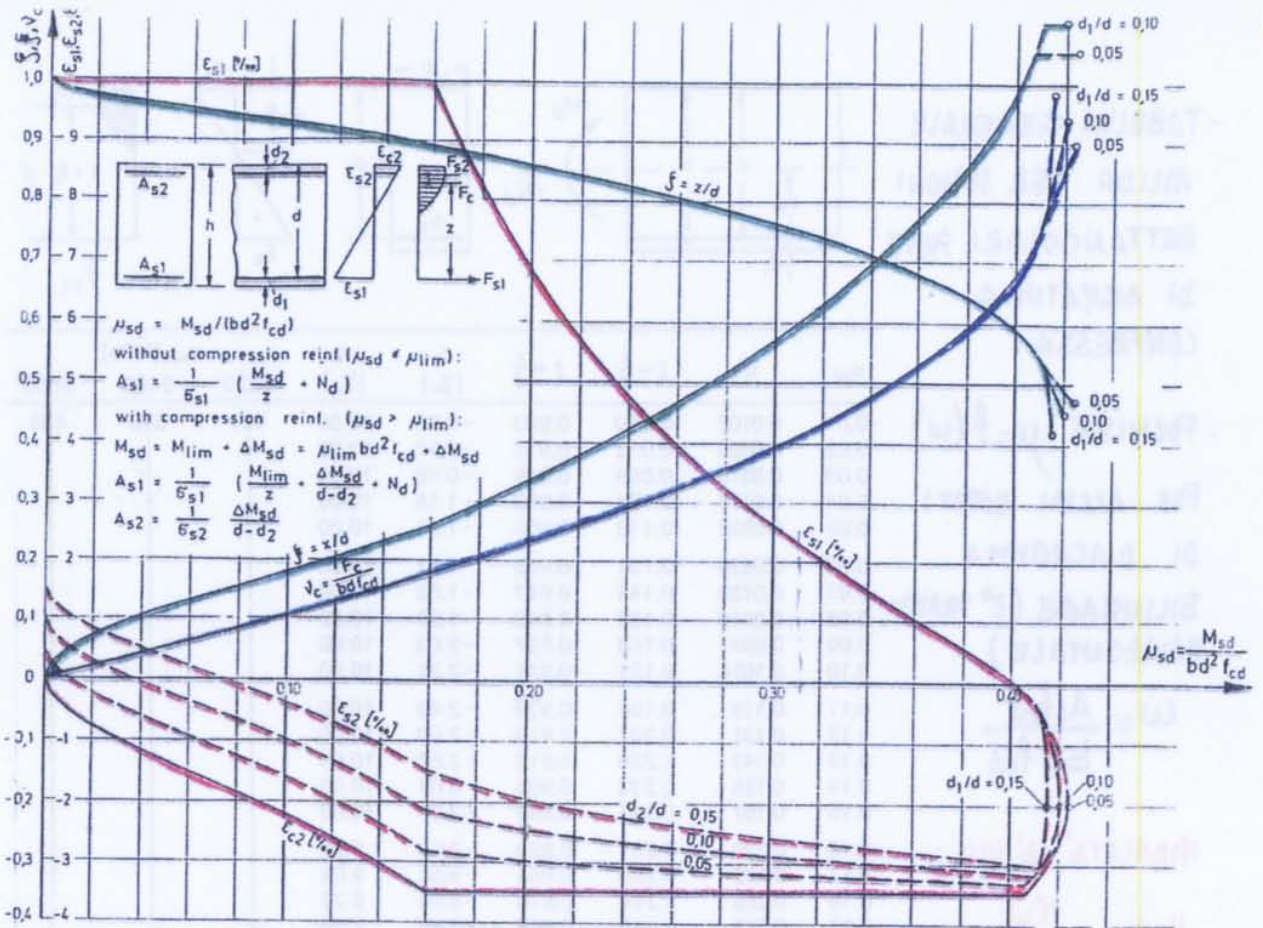


DIAGRAMMA GENERALE : VALDO PER SEZIONI RETTANGOLARI CON QUALUNQUE TIPO DI ACCIAIO E CALCESTRUZZO.

ANCHE CON DIAGRAMMA NON BILINEARE

PROCEDURA DI IMPIEGO:

- CALCOLO $\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} \geq \mu_{lim} (M_{sd} = M_d - N_d (h/c - d_1))$

- DAL DIAGRAMMA $\xi = x/d$ $\xi = z/d, \rho_c, \epsilon_{c2}, \epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}$

σ_{s1} σ_{s2} PER METTO DELLE RELATIVE CURVE 6-2 (QUALUNQUE)

$\mu_{sd} < \mu_{lim}$ INGRESSO DIRETTO $A_{s1} = \frac{1}{\sigma_{s1}} \left(\frac{M_{sd}}{z} + N_d \right)$

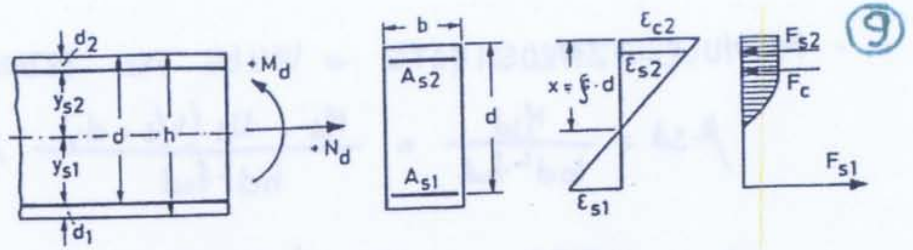
$\mu_{sd} > \mu_{lim}$ INGRESSO CON $\mu_{lim} \rightarrow \xi, \epsilon_{s1}, \epsilon_{s2}$

$A_{s1} = \frac{1}{\sigma_{s1}} \left(\frac{M_{lim}}{z} + \frac{\Delta M_{sd}}{d-d_2} + N_d \right)$

$\Delta M_{sd} = M_{sd} - M_{lim}$

$A_{s2} = \frac{1}{\sigma_{s2}} \frac{\Delta M_{sd}}{d-d_2}$

- TABELLA GENERALE PER SEZIONI RETTANGOLARI DOTATE DI ARMATURA COMPRESSA (ACCIAI CON DIAGRAMMA BILINEARE)



USO PER PROGETTO:

NOTI μ_{sd} e d_2/d SI VALUTANO ω_1 e ω_2

QUINDI

$$A_{s1} = \omega_1 b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_d}{f_{yd}}$$

$$A_{s2} = \omega_2 b d \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

μ_{sd}	$d_2/d = 0.05$		$d_2/d = 0.10$		$d_2/d = 0.15$		$d_2/d = 0.20$	
	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2	ω_1	ω_2
0.33	0.444	0.010	0.455	0.000	0.455	0.000	0.455	0.000
0.34	0.455	0.021	0.466	0.011	0.477	0.001	0.478	0.000
0.35	0.466	0.031	0.477	0.023	0.489	0.013	0.500	0.003
0.36	0.476	0.042	0.489	0.034	0.500	0.025	0.512	0.016
0.37	0.487	0.052	0.500	0.045	0.512	0.037	0.525	0.028
0.38	0.497	0.063	0.511	0.056	0.524	0.049	0.537	0.041
0.39	0.508	0.073	0.522	0.067	0.536	0.060	0.550	0.053
0.40	0.518	0.084	0.533	0.078	0.548	0.072	0.562	0.066
0.41	0.529	0.095	0.544	0.089	0.559	0.084	0.575	0.078
0.42	0.539	0.105	0.555	0.100	0.571	0.096	0.587	0.091
0.43	0.550	0.116	0.566	0.111	0.583	0.107	0.600	0.103
0.44	0.560	0.126	0.577	0.123	0.595	0.119	0.612	0.116
0.45	0.571	0.137	0.589	0.134	0.606	0.131	0.625	0.128
0.46	0.581	0.147	0.600	0.145	0.618	0.143	0.637	0.141
0.47	0.592	0.158	0.611	0.156	0.630	0.154	0.650	0.153
0.48	0.602	0.168	0.622	0.167	0.642	0.166	0.662	0.166
0.49	0.613	0.179	0.633	0.178	0.653	0.178	0.675	0.178
0.50	0.623	0.189	0.644	0.189	0.665	0.190	0.687	0.191

9

0.22 = 5

0.07 = 5

0.50 = 5

USO PER LA VERIFICA

SI CALCOLANO ω_1 e ω_2 E SI VALUTA $\omega_{lim} = 0.688 \frac{x_{e,lim}}{d}$

QUINDI $\Delta\omega = \omega_1 - \omega_2 - \frac{N_d}{b d f_{cd}}$

PUO' VERIFICARSI CHE:

$\Delta\omega < 0$ ECCESSO DI ARMATURA COMPRESSA

$\mu_{sd} \approx \Delta\omega \left(1 - \frac{d_2}{d}\right)$
(SI TRASCURA IL CONTRIBUTO DEL C.S.)

$0 < \Delta\omega \leq \omega_{lim}$ ($\omega_1 > \omega_2$)

$\mu_{sd} = \Delta\omega + \omega_2 \left(1 - \frac{d_2}{d}\right)$
 $\Delta\omega = f(\Delta\omega) T.G. (PAG. 8)$
APPROSSIMATA LE $\sigma_{sd2} < f_{yd}$

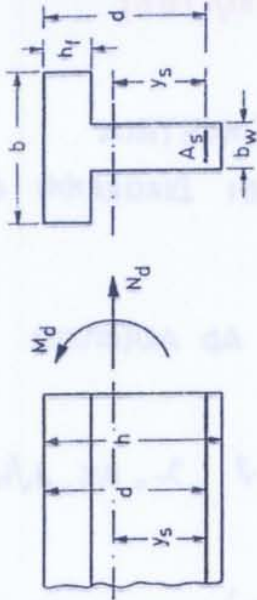
$\Delta\omega > \omega_{lim}$ $\sigma_{sd1} < f_{yd}$

$\mu_{sd} = \frac{\sigma_{sd}}{f_{yd}} \left[\Delta\omega + \omega_2 \left(1 - \frac{d_2}{d}\right) \right]$
APPROSSIMATA

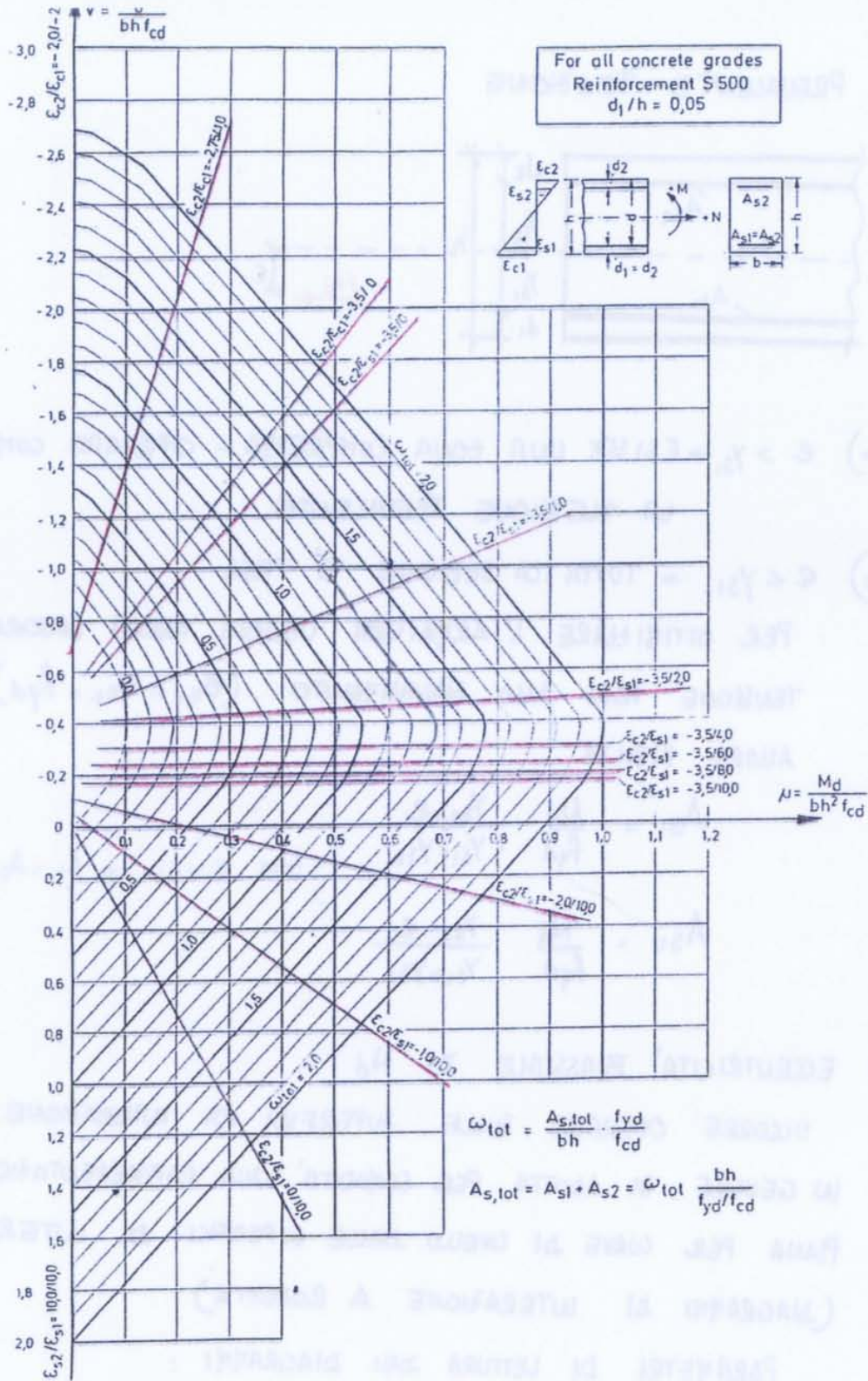
$\Delta\omega$ e σ_{sd} DA TABELLA GENERALE IN FUNZIONE DI $\Delta\omega$ (PAG. 8)

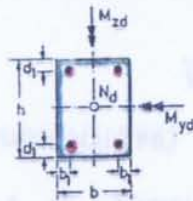
0.33	0.444	0.010	0.455	0.000	0.455	0.000	0.455	0.000
0.34	0.455	0.021	0.466	0.011	0.469	0.010	0.470	0.010
0.35	0.466	0.031	0.477	0.023	0.481	0.021	0.482	0.023
0.36	0.476	0.042	0.489	0.034	0.493	0.033	0.495	0.035
0.37	0.487	0.052	0.500	0.045	0.504	0.045	0.507	0.048
0.38	0.497	0.063	0.511	0.056	0.516	0.057	0.520	0.050
0.39	0.508	0.073	0.522	0.067	0.528	0.068	0.532	0.073
0.40	0.518	0.084	0.533	0.078	0.540	0.080	0.545	0.085
0.41	0.529	0.095	0.544	0.089	0.552	0.092	0.557	0.098
0.42	0.539	0.105	0.555	0.100	0.563	0.104	0.570	0.110
0.43	0.550	0.116	0.566	0.111	0.575	0.115	0.582	0.123
0.44	0.560	0.126	0.577	0.123	0.587	0.127	0.595	0.135
0.45	0.571	0.137	0.589	0.134	0.599	0.139	0.607	0.148
0.46	0.581	0.147	0.600	0.145	0.610	0.151	0.620	0.160
0.47	0.592	0.158	0.611	0.156	0.622	0.162	0.633	0.173
0.48	0.602	0.168	0.622	0.167	0.634	0.174	0.645	0.185
0.49	0.613	0.179	0.633	0.178	0.646	0.186	0.657	0.198
0.50	0.623	0.189	0.644	0.189	0.657	0.198	0.670	0.210

0.32	0.429	0.005	0.429	0.005	0.430	0.005	0.430	0.006
0.33	0.440	0.015	0.440	0.016	0.441	0.017	0.443	0.018
0.34	0.450	0.026	0.451	0.027	0.453	0.029	0.455	0.031
0.35	0.461	0.036	0.463	0.038	0.465	0.041	0.468	0.043
0.36	0.471	0.047	0.474	0.049	0.477	0.052	0.480	0.056
0.37	0.482	0.057	0.485	0.061	0.489	0.064	0.493	0.068
0.38	0.492	0.068	0.496	0.072	0.500	0.076	0.505	0.081
0.39	0.503	0.078	0.507	0.083	0.512	0.088	0.518	0.093
0.40	0.513	0.089	0.518	0.094	0.524	0.099	0.530	0.106
0.41	0.524	0.099	0.529	0.105	0.536	0.111	0.543	0.118
0.42	0.534	0.110	0.541	0.116	0.547	0.123	0.555	0.131
0.43	0.545	0.120	0.552	0.127	0.559	0.135	0.568	0.143
0.44	0.555	0.131	0.563	0.138	0.571	0.146	0.580	0.156
0.45	0.566	0.142	0.574	0.149	0.583	0.158	0.593	0.168
0.46	0.577	0.152	0.585	0.161	0.594	0.170	0.605	0.181
0.47	0.587	0.163	0.596	0.172	0.606	0.182	0.618	0.193
0.48	0.598	0.173	0.607	0.183	0.618	0.193	0.630	0.206
0.49	0.608	0.184	0.618	0.194	0.630	0.205	0.643	0.218
0.50	0.619	0.194	0.629	0.205	0.641	0.217	0.655	0.231

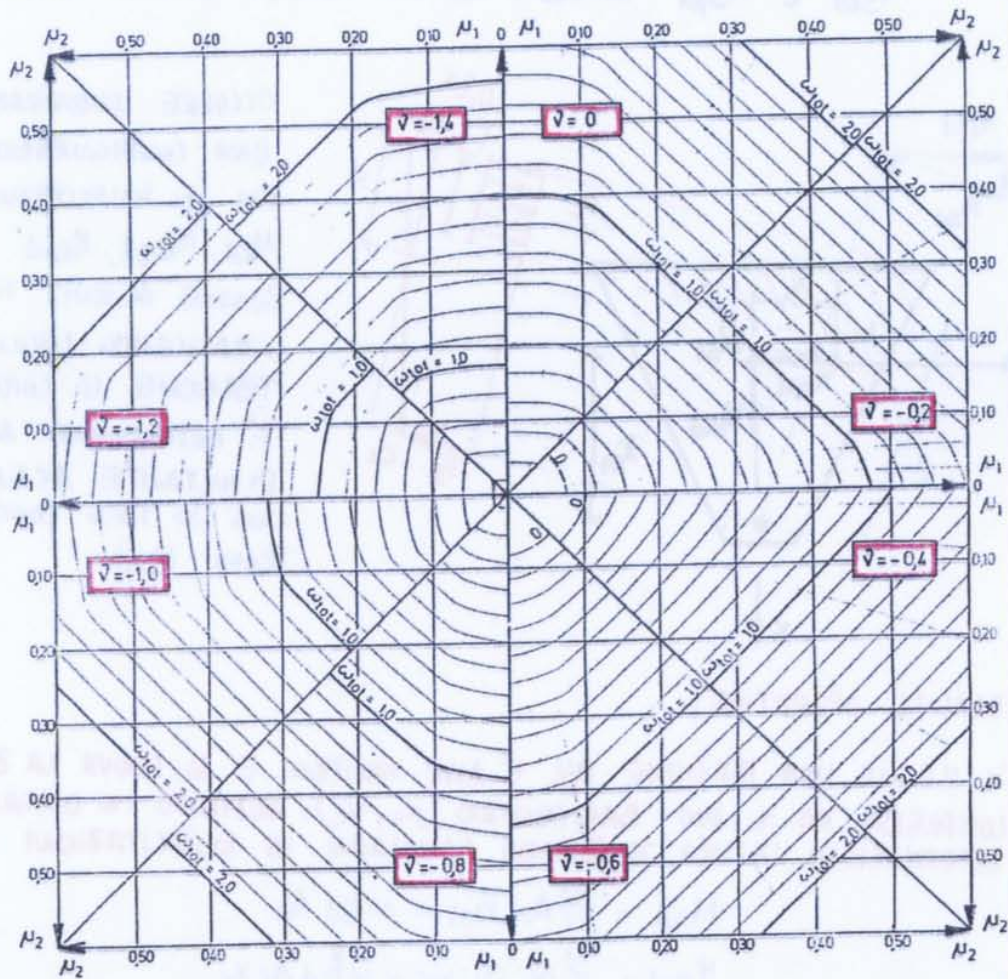
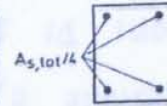


μ_{sd}	$h_f/d = 0.05$										$h_f/d = 0.10$										$h_f/d = 0.15$									
	1000 ω for $b/b_w =$			1000 ω for $b/b_w =$			1000 ω for $b/b_w =$			1000 ω for $b/b_w =$			1000 ω for $b/b_w =$			1000 ω for $b/b_w =$			1000 ω for $b/b_w =$			1000 ω for $b/b_w =$								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
0.02	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21							
0.04	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42							
0.06	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63							
0.08	87	87	87	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84							
0.10	114	114	114	110	110	110	111	111	111	108	108	108	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107							
0.12	146	146	146	137	137	137	138	138	138	134	134	134	132	132	132	131	131	131	131	131	131	131	131							
0.14	166	166	166	166	166	166	166	166	166	164	164	164	158	158	158	155	155	155	155	155	155	155	155							
0.16	199	199	199	199	199	199	199	199	199	200	200	200	188	188	188	179	179	179	179	179	179	179	179							
0.18	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	220	220	220	206	206	206	206	206	206	206	206							
0.20	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	261	259	259	259	233	233	233	233	233	233	233	233							
0.22	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291	291	261	261	261	261	261	261	261	261							
0.24	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	291	291	291	291	291	291	291	291							
0.26	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	357	323	323	323	323	323	323	323	323							
0.28	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	357	357	357	357	357	357	357	357							
0.30	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	394	394	394	394	394	394	394	394							
0.32	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434							
S220	0.070	0.090	0.138	0.186	0.330	0.106	0.131	0.164	0.205	0.330	0.139	0.160	0.189	0.224	0.330	0.139	0.160	0.189	0.224	0.330	0.139	0.160	0.189							
S400	84	125	180	249	455	122	159	208	270	455	160	192	237	291	455	160	192	237	291	455	160	192	237							
S500	0.069	0.096	0.133	0.178	0.316	0.104	0.128	0.159	0.198	0.316	0.138	0.157	0.184	0.217	0.316	0.138	0.157	0.184	0.217	0.316	0.138	0.157	0.184							
	81	119	170	233	424	119	153	198	254	424	157	187	226	276	424	157	187	226	276	424	157	187	226							

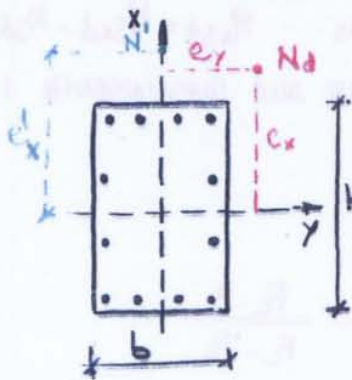




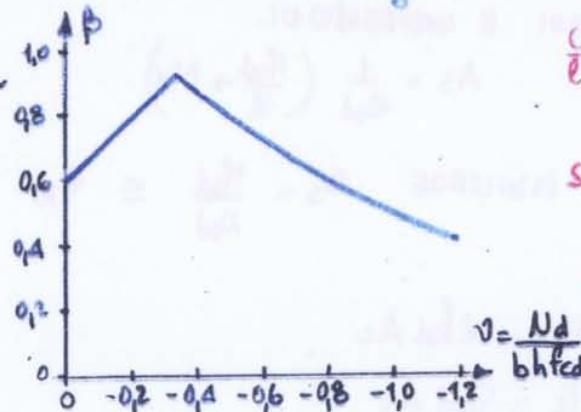
For all concrete grades
Reinforcement S400
 $d_1/h = b_1/b = 0,10$



METODO APPROSSIMATO VALIDO SE LUNGO OGNI LATO È DISPOSTA LA STESSA QUANTITÀ DI ARMATURA: IL PROBLEMA BIASSIALE VIENE RIPORTATO AD UN PROBLEMA UNIASSIALE EQUIVALENTE.



$$e'_x = e_x + e_y \beta \frac{h}{b}$$



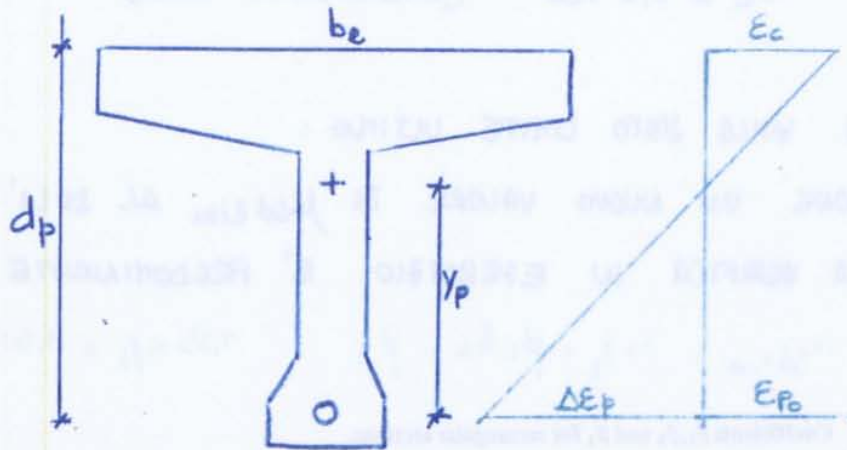
$$\beta = f(v)$$

$\frac{e_x}{e_y} \geq \frac{h}{b}$ ALTRIMENTI SCAMBIARE X CON Y

SE $w > 0,6$ AUMENTARE β DI 0,1

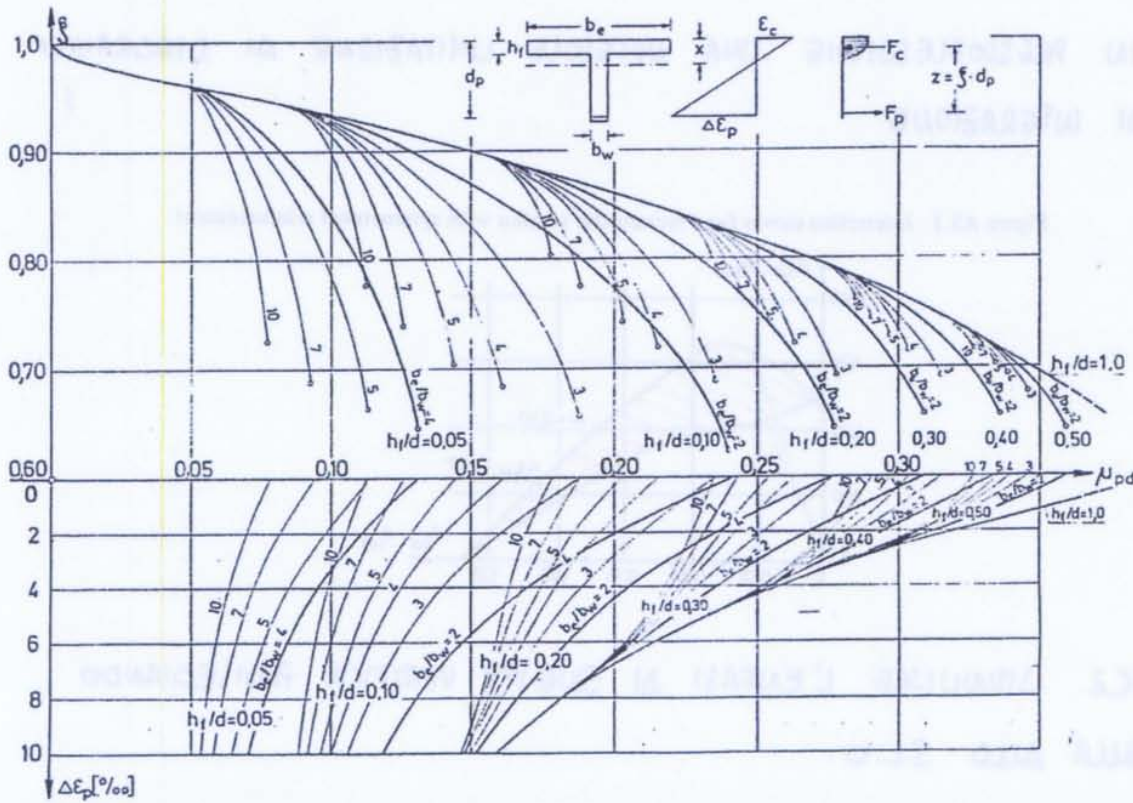
SE $w \leq 0,2$ DIMINUIRE β DI 0,1

4.6. SEZIONI PRECOMPRESSE



EFFETTI AGENTI N_{sd} , M_{sd} CHE RIPORTATI A LIVELLO CAVI
 DANNO : $M_{pd} = M_{sd} - N_{sd} y_p$
 $\mu_{pd} = \frac{M_{pd}}{b_e d_p^2 f_{cd}}$

IL DIAGRAMMA CONIENETE DI VALUTARE $\xi = z/d_p$ E $\Delta \epsilon_p$ IN FUNZIONE DI μ_{pd} , b_e/b_w E h_f/d



NOTA E_{p0} , SI VALUTA $\epsilon_{TOT} = \epsilon_p + \Delta \epsilon_p$ E DAL DIAGRAMMA σ - ϵ DELL'ACCIAIO

$$A_p = \frac{1}{\sigma_{pd}} \left(\frac{M_{pd}}{z} + N_d \right)$$

STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

1. ELEMENTI CHE NON RICHIEDONO ARMATURE A TAGLIO

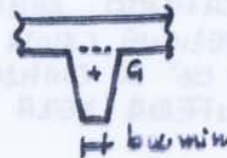
L'ARMATURA A TAGLIO (ANCHE LA MINIMA) PUÒ ESSERE OMESSA IN PIASTRE, TRAVETTI DI SOLAIO, TRAVI JOPERFORATA O JOPERFINESTRE.

a.) ZONE NON FESSURATE A FLESSIONE ALLO S.L.U.

OCORRE VERIFICARE CHE LA TENSIONE PRINCIPALE DI TRAZIONE NON SUPERI LA CORRISPONDENTE RESISTENZA

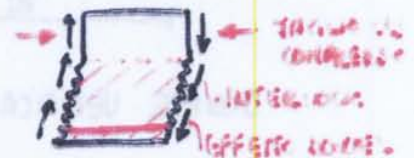
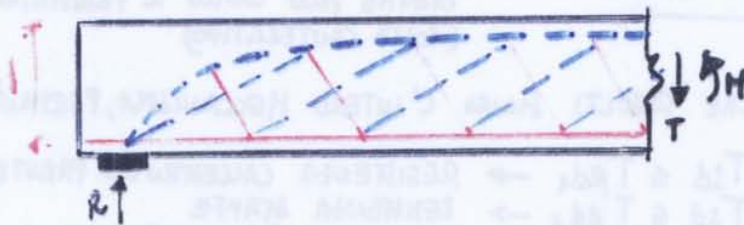
$$\sigma_{c1} \leq f_{ctd}$$

IN GENERE È INSUFFICIENTE VERIFICARE L'ATTACCO ALA/ANIMA, IL LIVELLO BARICENTRICO E QUELLO CORRISPONDENTE ALLA LARGHEZZA MINIMA.



b.) ZONE FESSURATE A FLESSIONE ALLO S.L.U.

IL MECCANISMO RESISTENTE PUÒ ESSERE IDEALMENTE DESCRITTO TRAMITE IL SEGUENTE MODELLO (ARCO TIRANTE COMBINATO CON UN TRACCIO IN CUI IL CALCESTRUZZO D'ANIMA ASSUME CONTEMPORANEAMENTE TENSIONI DI TRAZIONE E COMPRESIONE).



IN REALTÀ IL TAGLIO VIENE TRASMESSO PER COMBINAZIONE DI:

- TENSIONI TANGENZIALI PRESENTI NELLA ZONA NON FESSURATA (COMPRESA)
- EFFETTO DI INGRANAMENTO DEGLI INERTI NELLE FESSURE (INTERLOCK)
- EFFETTO SPINTO DELLE BARRE DI ARMATURA CHE ATTRAVERSANO LE FESSURE (DOWEL EFFECT)

PERTANTO L'INGHIE DI TALI FORZE IN UN DENTE DI CALCESTRUZZO (DIPREGIO TRA DUE FESSURE) PUÒ COMPORTARE L'INSORGENZA DI FESSURAZIONI OBLIQUE

LA VERIFICA DI RESISTENZA DEVE ESSERE SODDISFATTA LATO ACCIAIO E LATO CALCESTRUZZO

- LATO ACCIAIO: FORMULAZIONE EMPIRICA PER CARENZA DI MODELLO FISICO

$$V_{rd1} = [\tau_{rd} k (1,2 + 40 f_e) + 0,15 \sigma_{cp}] b w d$$

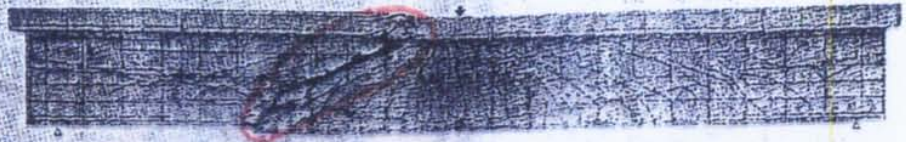
RESISTENZA A TAGLIO DI CALCIO

k : FATTORE DI SCALA

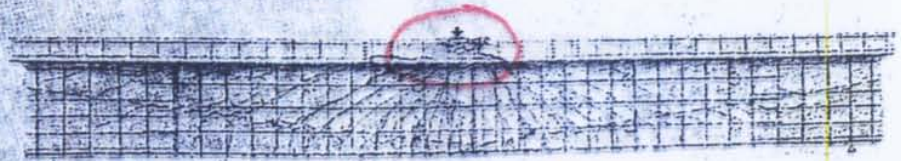
k_{21} È PIÙ DEL 50% DI k E' INTERDOTTA

$$k = (1,6 - d) \geq 1 \quad \text{in m.}$$

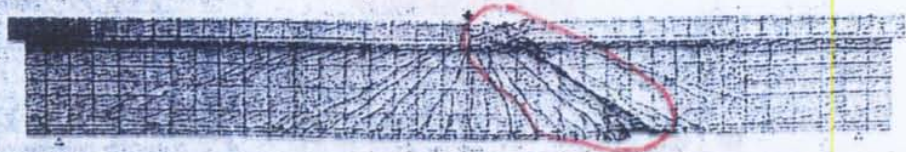
TAGLIO +
FLESSIONE
(INERZ. STAFFE)



FLESSIONE
(ROTTURA CLS)



TAGLIO +
FLESSIONE
(INERZ. STAFFE)



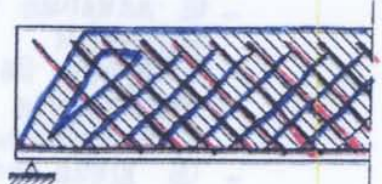
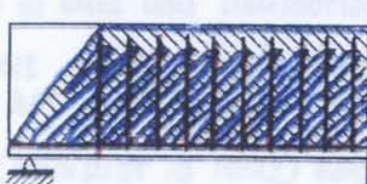
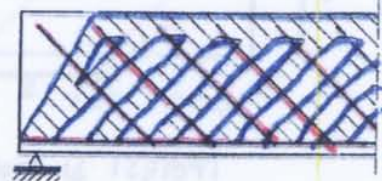
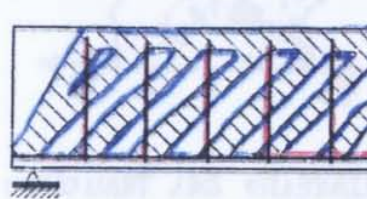
TAGLIO
(BIFURC.
COMPRESSE)



FLESSIONE
(ROTTURA
CL)



TAGLIO
(BIFURC.
COMPRESSE)



IN CONSEGUENZA DI TALI IPOTESI:

- L'EFFETTO DELL'INTERLOCK, DEL TAGLIO PORTATO DAL CORRENTE COMPRESSO E DELL'EFFETTO SPINTO NON VENGONO PRESI IN CONTO IN MODO ESPlicitO, MA CONSIDERATI IMPLICITAMENTE NELLA DEVIATIONE CHE VIENE AD INSTAURARSI TRA BIELE DI CALCESTRUZZO COMPRESSE TRA LE FERRE E CAMPI DI TENSIONE ALL'INTERNO DELLE BIELE.



- LA SPARTITURA DELLE STAFFE SIA CON FITTA DA POTER RITENERE IL LORO EFFETTO DISTRIBUITO IN MODO UNIFORME
- LE BIELE INDIVIDUALI DEL TRACCIO SIANO SOTTITUITE, ALLO S.L.U., DA CAMPI DI TENSIONE.

IN PRATICA ALLO S.L.U. IL MECCANISMO RESISTENTE E' RAPPRESENTATO DA UN TRACCIO ISOSTATICO, IN CUI LE FORZE SOLLECITANTI I VARI ELEMENTI COMPONENTI POSSONO ESSERE INDIVIDUATE CON SEMPLICI EQUAZIONI DI EQUILIBRIO (LOWER BOUND SOLUTION).

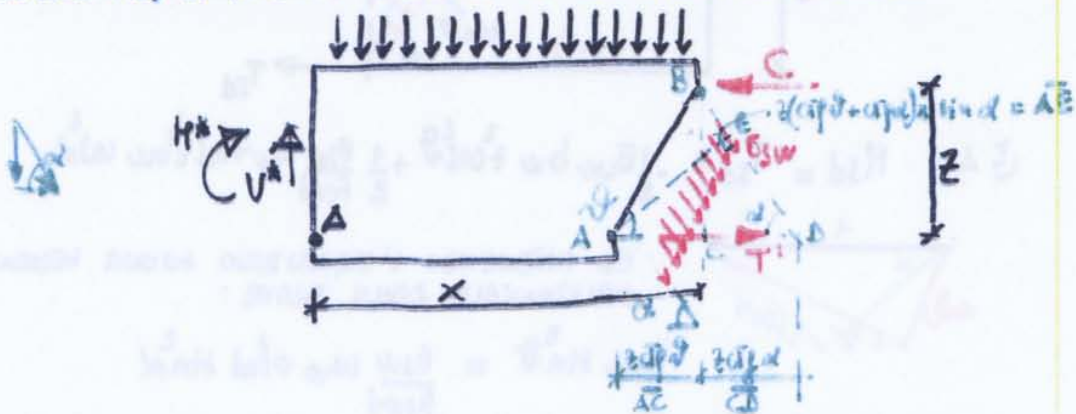


LE CONDIZIONI DI EQUILIBRIO STATICO DEL CONCIO GENERICO DI TRAVE DI LUNGHEZZA x SONO:

$$H(x) = H^* + V^* x - qx^2/2$$

$$V(x) = V^* - qx$$

CONSIDERANDO UN CONCIO DI CUI UN ESTREMO ABBAIA SECONDE RETTA E L'ALTRO PARALLELA AL CAMPO DI TENSIONI D'AVANZA NEL CLS (INCLINATA DI α SULLA ORIZZONTALE) SI POSSONO SCRIVERE LE CONDIZIONI DI EQUILIBRIO:



$$V^* - qx = V(x) = V_{sd} = \frac{\sigma_{sw}}{f_{ywd}} w_w v_{fd} z b_w (c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2) \sin^2 \alpha$$

$$\text{con } \sigma_{sw, max} = f_{ywd} \Rightarrow V_{sd} \leq w_w v_{fd} z b_w (c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2) \sin^2 \alpha = V_{rd3}$$



DA CUI INFINE RISULTA:

$$T_{sd} = \frac{H_{sd}}{2} + \frac{V_{sd}}{2} (c_{tp\beta} - c_{fp\alpha})$$

E PER $H_{sd} = 0$ (APPOGGIO)

$$T_{sd} = \frac{V_{sd}}{2} (c_{tp\beta} - c_{fp\alpha})$$

REGOLA DELLA TRASLAZIONE DEL DIAGRAMMA DI MOMENTO!!

SCRIVENDO L'EQUAZIONE DI MOMENTO RISPETTO AL RISULTANTE DELLE TRAZIONI NEL CORRENTE TESTO, SI OTTIENE IN ANALOGIA

$$C_{sd} = \frac{H_{sd}}{2} - \frac{V_{sd}}{2} (c_{tp\beta} - c_{fp\alpha})$$

OVE FORNITA ARMATURA LONGITUDINALE D'ANIMA, LA FORZA ORIZZONTALE DONUTA ALLA INCLINAZIONE DEL CAMPO DI TENSIONE NEL CLS PUO' ESSERE RACCOLTA LOCALMENTE E CORRISPONDE ALLA SOMMA DEI CONTRIBUTI NEI CORRENTI

$$T_w = V_{sd} (c_{tp\beta} - c_{fp\alpha})$$

L'EQUAZIONE (2) $V_{sd} = (c_{tp\beta} - c_{fp\alpha}) h w^2 \beta$, CONSIDERANDO IL TEOREMA STATICO, INDICA CHE IL TRALICCIO ADAPTA LA SUA GEOMETRIA (V.VAR) IN MODO DA SOSTENERE IL PIU' ELEVATO CARICO POSSIBILE. β DIMINUISCE E CRESCE V_{sd} . TALE EQUAZIONE HA COME LIMITANTE UNA FUNZIONE CONTINUA CON CONCAVITA' VERSO IL BASSO E PRESENTA IL SUO MASSIMO PER UN ANGOLO β PER CUI RITRATTI

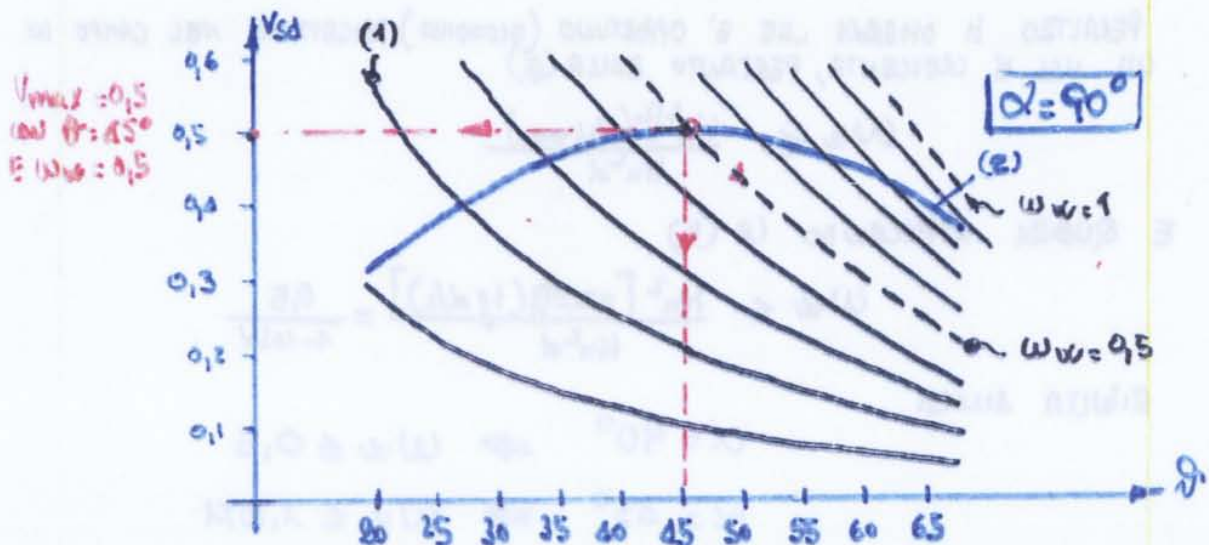
$$c_{fp\alpha} = \frac{1}{2} \alpha$$

(5)

QUINDI

$$V_{sdmax} = 0,5 c_{fp\alpha}$$

L'EQUAZIONE (1) CORRISPONDE AD UNA FUNZIONE MONOTONA DECRESCENTE CON β CHE, NEL CAMPO DI INTERESSE E PER VALORI SUFFICIENTI DI w , PUO' NON INTERSECCARE AFFATTO LA (2).

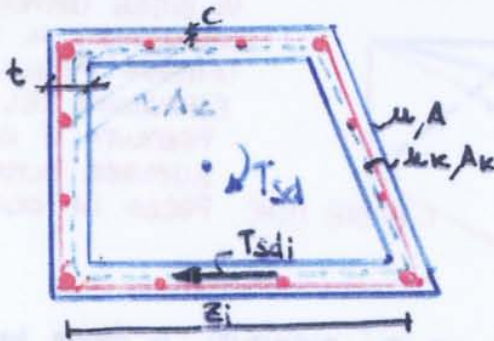


STATO LIMITE ULTIMO PER TORSIONE

DI COMPATIBILITA': L'EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA NON DIPENDE DALLA RESISTENZA TORSIONALE
 DI EQUILIBRIO: L'EQUILIBRIO DELLA STRUTTURA DIPENDE DALLA RESISTENZA TORSIONALE

- TORSIONE DI COMPATIBILITA': NESSUNA VERIFICA ALLO S.L.U. SOLO ACCORDI LEGATI COSTRUTTIVI PER LIMITARE L'APERTURA DELLE FESSURE IN ESERCIZIO
- TORSIONE DI EQUILIBRIO: PROGETTO COMPLETO ALLO S.L.U. E S.L.E.

IL MECCANISMO RESISTENTE ULTIMO PER TORSIONE PREVEDE LA FORMAZIONE DI UNA REGIONE CHIUSA A PARETI JOLTI (BREDI) ANCHE PER SEZIONI MASNOCE: CIO' IN CONSIDERAZIONE CHE IL MATERIALE PIU' IMPEGNATO SI TROVA SULLA PERIFERIA DELLA SEZIONE. L'ARMATURA CONNATE DI BARRE LONGITUDINALI E STAFFE



A_k = AREA RACCHUSA DALLA LINEA MEDIA
 A = AREA EFFETTIVA DELLA SEZIONE
 u = PERIMETRO ESTERNO
 u_k = PERIMETRO LINEA MEDIA

$$t \leq A/u \leq t_{effettivo} \quad t \geq 2c$$

✓ RIDOTTO DEL 30% LE STAFFE SONO DIMOSTRE MO LUNGO IL PERIMETRO (MOLTO CAUTELATIVO)

OCORRE VERIFICARE CHE RISULTI IN UNO L'INTERO MECCANISMO, PERTANTO:

- $T_{sd} \leq T_{rd1}$ → RESISTENZA CALCESTRUZZO PARETE
- $T_{sd} \leq T_{rd2}$ → RESISTENZA STAFFE
- $T_{sd} \leq T_{rd3}$ → RESISTENZA ARMATURA LONGITUDINALE

NELLA SINGOLA PARETE E' PRESENTE UN TAGLIO RESISTENTE

$$T_{rdi} = \frac{T_{rd}}{2A_k t} z_i = \frac{T_{rd} z_i}{2A_k}$$

UTILIZZANDO LE FORMULAZIONI GIA' RICAIVATE PER IL TAGLIO ($\alpha=90^\circ$) LA RESISTENZA LATO CALCESTRUZZO VALE NELLA SINGOLA PARETE

$$V_{rdi} = T_{rdi} = \sqrt{f_{cd}} t z_i \sin \alpha \cos \alpha \quad \text{ED UGUAGLIANDO}$$

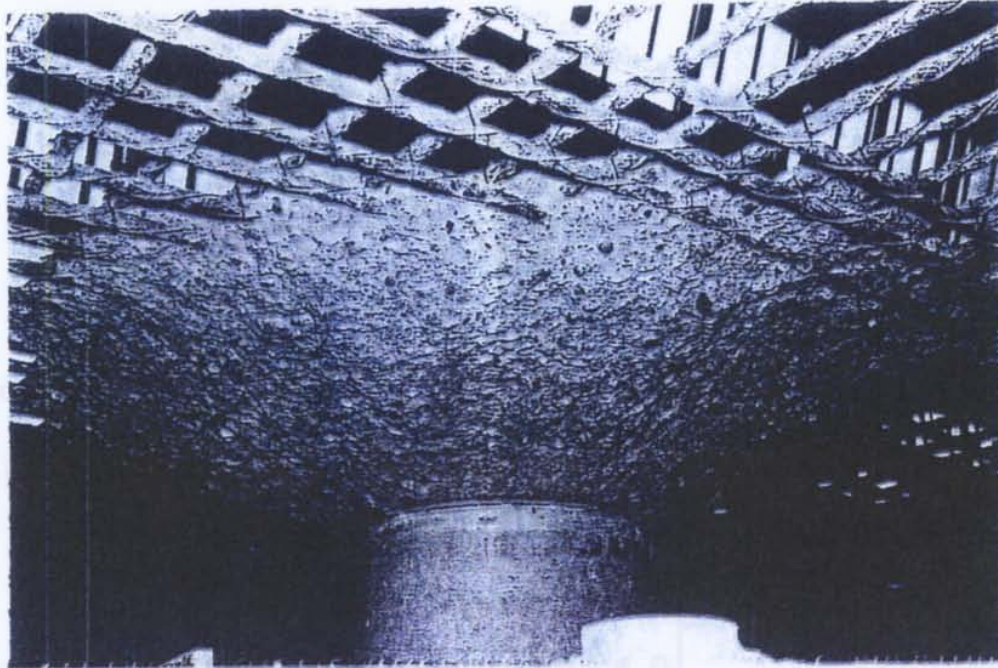
$$\frac{T_{rd} z_i}{2A_k} = \sqrt{f_{cd}} t z_i \sin \alpha \cos \alpha \quad \text{DA CUI}$$

$$\left| T_{rd} = 2A_k \sqrt{f_{cd}} t \sin \alpha \cos \alpha \geq T_{sd} \right| \quad (1)$$

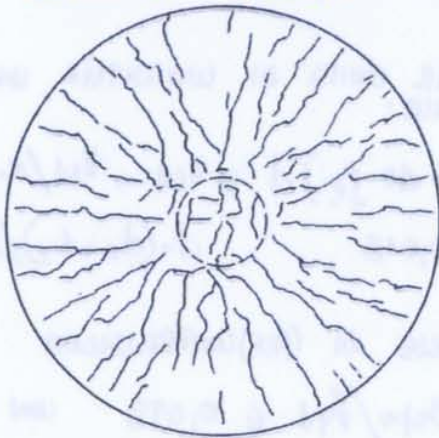
OPERANDO SULLE STAFFE, RIMTA PER LA SINGOLA PARETE

$$V_{rdi} = \sqrt{f_{cd}} z_i t u_k \sin \alpha \cos \alpha = A_{sk} f_{yd} z_i \sigma_{td}$$

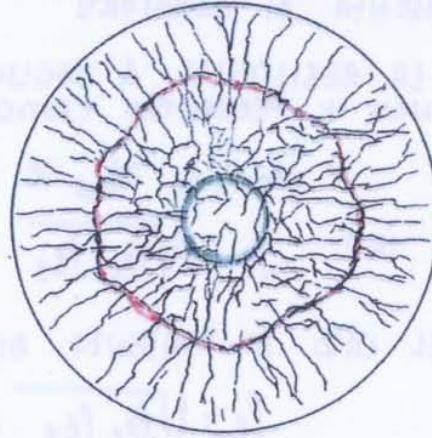
STATO LIMITE ULTIMO PER PUNZONAMENTO



CARICO DI ESERCIZIO

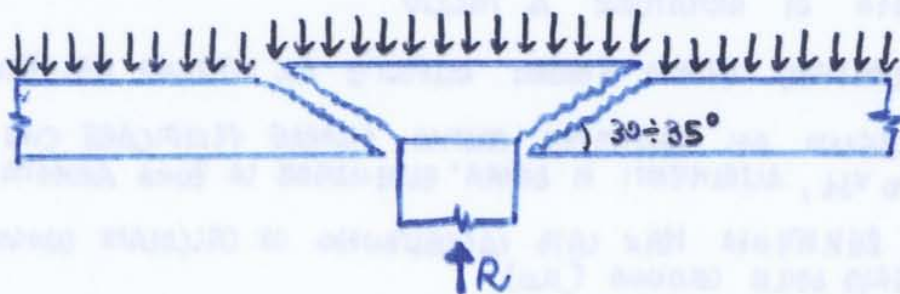


CARICO DI COLASSO



- FESSURE TUTTE SITUATE NELLA FACCIA SUPERIORE DELLA PLASTRA

- CONO DI PUNZONAMENTO CON ANGOLO DELL'ORDINE DI $30 \div 35^\circ$



ROTTURA LUNGO LA PERIFERIA DEL PLASTRO, PER COMBINAZIONE DI TAGLIO E FLESSIONE.

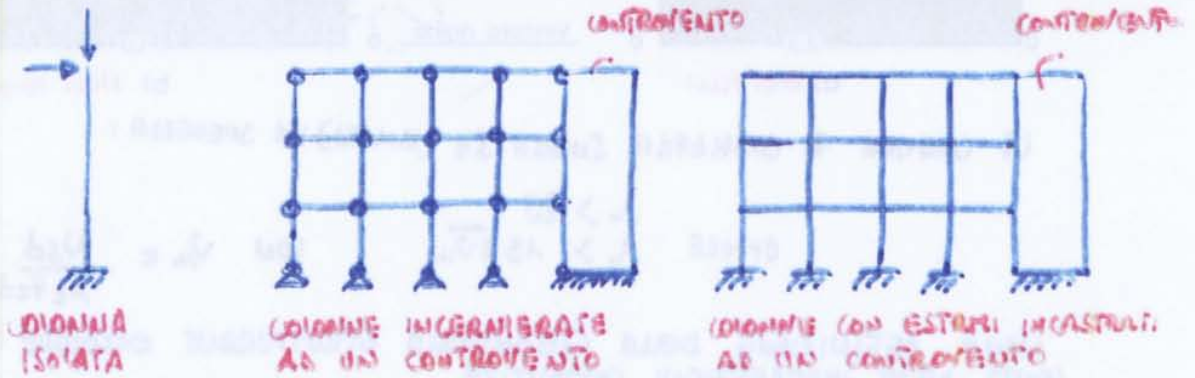


STATO UNITE ULTIMO DI INSTABILITA'

SI PUO' VERIFICARE IN ELEMENTI SNEVI O STRUTTURE SNEVE, SOGGETTI A PREVALENTE COMPRESSIONE, LA LUI CAPACITA' PORTANTE E' INFLUENZATA IN MODO SIGNIFICATIVO DALLE DEFORMAZIONI (EFFETTI DI 2° ORDINE).

STRUTTURE $\left\{ \begin{array}{l} \text{CONTROVENTATE} \\ \text{NON CONTROVENTATE} \\ \text{A NODI FISSI} \\ \text{A NODI MOBILI} \end{array} \right.$

COLONNE ISOLATE $\left\{ \begin{array}{l} \text{SNELLE} \\ \text{TOZZE} \end{array} \right.$



- A NODI FISSI (CONTROVENTATE E NON) LE STRUTTURE IN CUI SI PUO' TRASCURARE L'INFLUENZA DEGLI SPOSTAMENTI NODALI NEL RIGUARDO DELLE SOLLECITAZIONI. (AD ES. EDIFICI CON ARRETI DI TAGLIO O CONTROVENTI A ANCURO).
- > TELAI A NODI FISSI NE GLI SPOSTAMENTI DEL 1° ORDINE NON INCREMENTAR DI PIU' DEL 10% LE SOLLECITAZIONI DERIVANTI DA UNA ANALISI IN CARICO STESSA VENGANO TRASCURATI.

COLONNE ISOLATE

LA SNEVETTA DI COLONNE ISOLATE PUO' ESSERE CALCOLATA PER UNA LUNGHEZZA LIBERA DI IMPIESSIONE (COLONNE FACENTI PARTE DI EDIFICI)

$$l_0 = \beta l_{col}$$

IL COEFFICIENTE β SI TROVA DAL NOMOGRAMMA IN CUI K_A E K_B INDICANO LA RIGIDETA' DEL VINCULO DI ESTREMITA'

$$K_A (K_B) = \frac{\sum E_{cm} I_{col} / l_{col}}{\sum E_{cm} \alpha I_b / l_{eff}}$$

- CON E_{cm} = MODULO ELASTICO MEDIO CLS
- I_{col} = MOMENTO D'INERZIA COLONNE
- I_b = MOMENTO D'INERZIA TRAVI
- l_{col} = LUNGHEZZA AHE-AHE DELLE COLONNE
- l_{eff} = LUCE EFFETTIVA TRAVI

- α = FATTORE PER CONDIZIONI DI VINCULO TRAVI ALL'ESTREMO OPPOSTO
- $\alpha = 1$ VINCULO ELASTICO O RIGI
- $\alpha = 0,5$ ESTREMO LIBERO DI RUOTARE

a) ECCENTRICITA' DI 1° ORDINE UGUALE AD ENTRAMBI GLI ESTREMI

$$e_{Tot} = e_0 + e_a + e_2$$

ECCENTRICITA' 1° ORDINE
 $e_0 = \frac{M_{sd1}}{A \sigma_{bd}}$

ECCENTRICITA' ADDIZIONALE IMPERFEZIONA

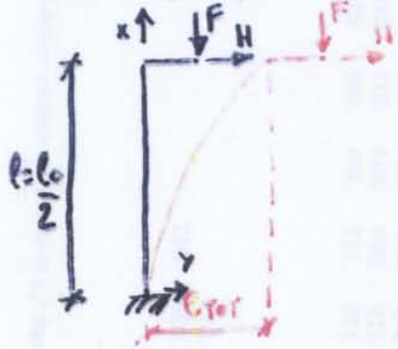
ECCENTRICITA' 2° ORDINE (METODO APPROSSIMATO)

b) ECCENTRICITA' DI 1° ORDINE DIFFERENTE AGU ESTREMI

VALE L'ESPRESSIONE PRECEDENTE SOSTITUENDO AD e_0 UNA ECCENTRICITA' EQUIVALENTE e_e

$$e_e = 0,6 e_{02} + 0,4 e_{01} \geq 0,4 e_{02} \quad \text{con } |e_{02}| \geq |e_{01}|$$

IL METODO DELLA COLONNA MODELO COSTITUISCE LA PROCEDURA APPROSSIMATA PIU' NOTA PER LA DETERMINAZIONE DI e_2 E LA VERIFICA DELLA COLONNA. VALDO PER COLONNE A SEZIONI RETTANGOLARI O CIRCOLARI E $\lambda < 140$ (DA) $e_0 \geq 0,1h$



COLONNA MODELLO = MENOLA INFLESSA CON CURVATURA SEMPRICE SOGGETTA A MOMENTO MAX ALLA BASE (NE CAR)

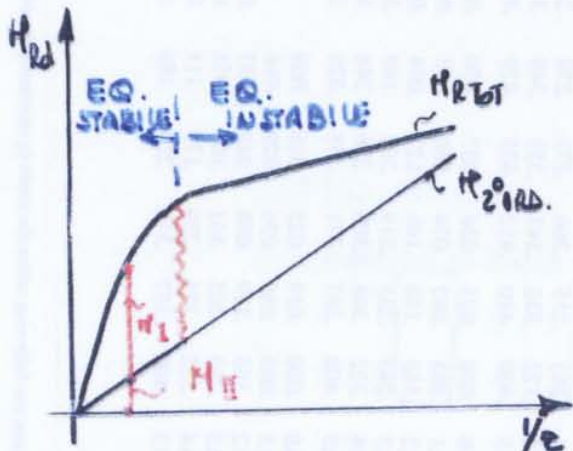
SI IPOTIZZA UNA DEFORMATA DEL 2° ORDINE DI TIPO SINUSOIDALE

$$y = e_2 \left(1 - \cos \frac{\pi x}{e_0}\right) \quad y'' = \frac{\pi^2}{e_0^2} e_2 \cos \frac{\pi x}{e_0} \quad \text{ED ALLA BASE:}$$

$$e_2 = K_1 \frac{l_0^2}{10} \frac{1}{e} \quad \text{con } K_1 = \lambda/20 - 0,75 \text{ SE } 15 \leq \lambda \leq 35$$

CORRETORE PER COLONNE TOZZE

IN DEFINITIVA e_2 E' FUNZIONE LINEARE DI $1/e$



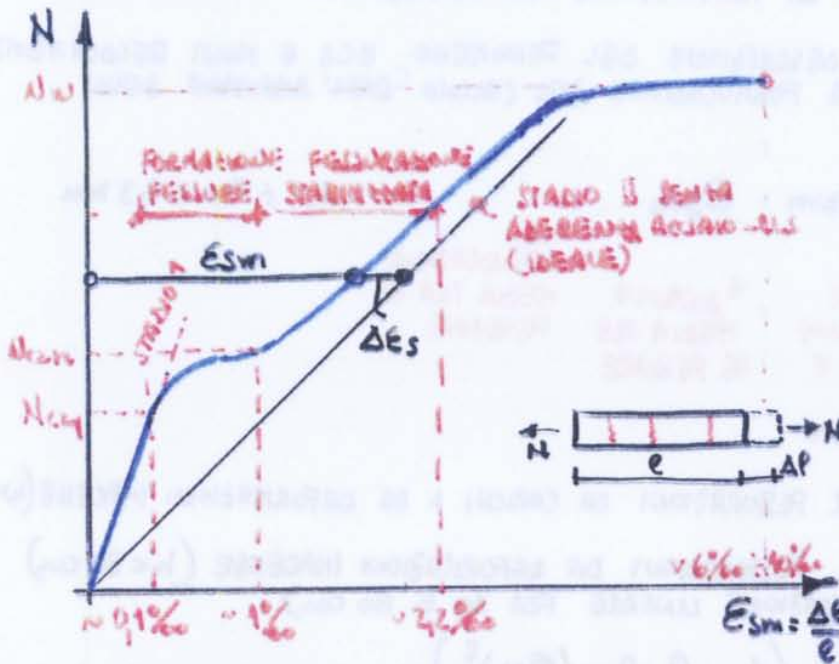
⇒ MAX DIFFERENZA TRA MOMENTO RESISTENTE TOTALE E MOMENTO DI II ORDINE, CIOE' MAX MOMENTO DI 1° ORDINE POSSIBILE

A DESTRA DI H_{max} 1° ORDINE L'EQUILIBRIO E' INSTABILE IN QUANTO L'INTERVENTO DI UNA PERTURBAZIONE (INCREMENTO DI $1/e$) CONPORTA UNA RIDUZIONE DEL MOMENTO DI 1° ORDINE, NON COMPATIBILE CON L'EQUILIBRIO.

I MOMENTI MAX DI 1° ORDINE SOPPORTABILI DALLE COLONNE SONO TABULATI IN FUNZIONE DEL RAPPORTO e_0/h

STATO LIMITE DI FESSURAZIONE (Esercizio)

SI ANALIZZA PRELIMINARMENTE IL COMPORTAMENTO DI UN TIRANTE IN CLS PER INDAGARE IL FENOMENO.



N_{cr} = SFORZO NORMALE DI FESSURAZIONE
 $N_{cr,n}$ = FORMAZIONE n FESSURE
 N_k = ROTTURA

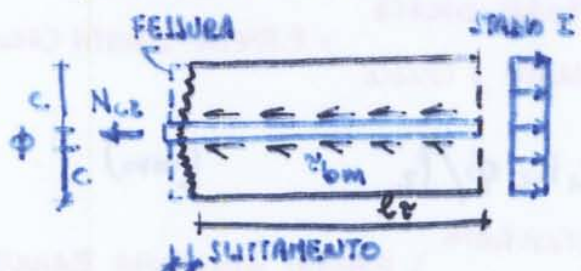
DOPO LA FASE DI FORTIFICAZIONE DUE FESSURE LA DEFORMA E' PRESSOCCHÉ UNGARE, LE FESSURE SONO EQUIDISTANTI ED HANNO AMPIEZZA CRESCENTE CON IL CARICO.

NELO STADIO I L'ELEMENTO E' INTEGRO (NON FESSURATO)

LA DIFFERENZA DI ALLUNGAMENTO $\Delta \epsilon_s$ TRA COMPORTAMENTO REALE E BARRA NUDA, CORRISPONDE ALL'EFFETTO IRREGOLARE DEL CALCESTRUZZO TRIO COMPRESO TRA DUE FESSURE CONSECUTIVE (TENSION STIFFENING).
 IN PRATICA L'ACCIAIO E' IN STADIO II NELLA FESSURA E IN STADIO I NELLA ZONA CENTRALE DEL TRATTO TRA DUE FESSURE. IL PASSAGGIO DA UNO STADIO ALL'ALTRO VIENE ASSICURATO DALLE TENSIONI DI ADEERENZA CHE SI MIGLIORANO TRA ACCIAIO E CALCESTRUZZO.

ANALIZZANDO UN TRATTO DEL TIRANTE COMPRESO TRA DUE FESSURE SI EVINCE CHE NE NELLA FESSURA LO SFORZO PASSA TUTTO NELLA BARRA AD UNA CERTA DISTANZA l_e LA DEFORMAZIONE DI ACCIAIO E CLS DIVENTANO UGUAGLI (SEZIONE PIANA); LA TENSIONE NEL CLS PUO' VALERE AL PIU' f_{ct} E QUELLA NELL'ACCIAIO $n f_{ct}$ ($n = E_s/E_c$)

l_e = LUNGHEZZA DI TRASMISSIONE



PER L'EQUILIBRIO RISULTA:

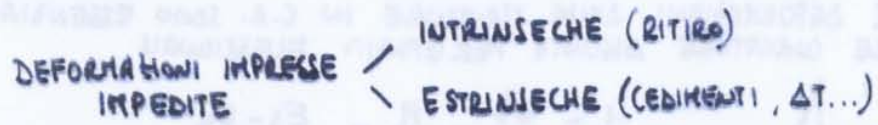
$$N_{cr} = A_{c,eff} \cdot f_{ct} \quad \text{CON } A_{c,eff} = \text{AREA DI CALCESTRUZZO CHE RAPPRESENTA EFFICACE NEI RIGUARDI DELLE TENSIONI DI ADEERENZA}$$

$$N_{cr} = \int_0^{l_e} \sigma_c \pi \phi dx = \sigma_{bm} \pi \phi l_e$$

UGUAGLIANDO $l_e = \frac{f_{ct}}{\sigma_{bm}} \frac{A_{c,eff}}{\pi \phi} = \frac{1}{4} k \frac{\phi}{f_{ct}}$ CON $\frac{1}{f_{ct}} = \frac{A_{c,eff}}{\pi \phi^2 / 4}$

IN REALTA' TALE FORMULAZIONE DEVE ESSERE CORRETTA PER VIA EMPIRICA

- CONTROLLO DELL'APERTURA DELLE FESSURE SENZA CALCOLO DIRETTO (VALEVO PER ELEMENTI SOGGETTI A DEFORMAZIONI IMPEDITE IMPEDITE)



CONCETTO GUIDA È LA NECESSITÀ DI DISPORRE DI ARMATURA SUFFICIENTE AD ASSORBIRE SENZA INGROSSIRSI IL RESIDUO DELLE TRAZIONI MIN. CALCESTRUZZO CHE SI LIBERA AL MOMENTO DELLA FESSURAZIONE IMPEDITA.

$$A_s = k_c k_f f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$$

A_s : AREA ACCIAIO TESO

A_{ct} : AREA C/S IN TRAZIONE ALL'ATTO DELL'APERTURA DELLE FESSURE

σ_s : TENSIONE DELL'ACCIAIO. TEORICAMENTE $\sigma_s = f_{yk}$, IN REALTÀ UNITATE PER AVERE $w_k \leq 0,3 \text{ mm}$

σ_s (MPa)	160	200	240	280	320	360	400	450
ϕ (mm)	32	25	20	16	12	10	8	6

$f_{ct,eff}$: RESISTENZA A TRAZIONE C/S AL MOMENTO DELLA FESSURAZIONE (NON MINORE DI 2 MPa E ANCHE COFO 28 (CEN))

k_c =

- < 1 TRAZIONE PURA
- < 0,5 PRESSIONE

k_f =

- < 0,8 PER DEFORMAZIONI INTRINSECHE IMPEDITE / $h \leq 50 \text{ cm } k = 0,8$
- < 1 PER DEFORMAZIONI ESTRINSECHE IMPEDITE / $h \geq 80 \text{ cm } k = 0,5$

LA SPAZIATURA DELLE BARRE (s_{max}) DEVE ANCHE ESSERE LIMITATA IN FUNZIONE DELLA TENSIONE NELL'ACCIAIO.

σ_s (MPa)	SPAZIATURA max (mm)	
	FLEX	TRAZIONE
160	300	200
200	250	150
240	200	125
280	150	75
320	100	-
360	50	-

IL RISPETTO DI TALI REGOLE COSTRUTTIVE GARANTISCE PRESENZA DI FESSURE AVENTI

$$w_k \leq 0,3 \text{ mm}$$

QUINDI SENZA PREGIUDIZIO PER LA DURABILITÀ, IN AMBIENTE NON AGGRESSIVO.

- STADIO II, MENA AGGREGATA

$$\frac{1}{E_2} = k_{s2} \frac{1}{E_c}$$

k_{s2} CORRISPONDE TENENDO CONTO DELL'ARMATURA E DELLA PARZIALEZZAZIONE DELLA SEZIONE

AL TEMPO t : $\frac{1}{E_2 \cdot \varphi} = k_{s2} \cdot k_{p2} \cdot \varphi \cdot \frac{1}{E_c}$

AL TEMPO t : $\frac{1}{E_{cs2}} = k_{s2} \cdot \frac{|E_{cs}|}{d}$

IN DEFINITIVA AL TEMPO t RISULTA:

$$\frac{1}{E_2} = k_{s2} \cdot (1 + k_{p2} \cdot \varphi) \cdot \frac{1}{E_c} + k_{s2} \cdot \frac{|E_{cs}|}{d}$$

LA CURVATURA MEDIA IN FLESSIONE SEMPLICE PU' ANORA ESSERE CALCOLATA COME:

$$\frac{1}{E_m} = \frac{H}{EI_m} = \frac{E_{sm} - E_{cm}}{d} = (1 - S) \frac{E_{s1} - E_{c1}}{d} + S \frac{E_{s2} - E_{c2}}{d}$$

QUINDI $\frac{1}{E_m} = (1 - S) \frac{1}{E_1} + S \frac{1}{E_2}$

IL COEFFICIENTE S VIENE DEFINITO SU BASE EMPIRICA

$$S = 1 - \beta \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2$$

$$\beta = \beta_1 \beta_2$$

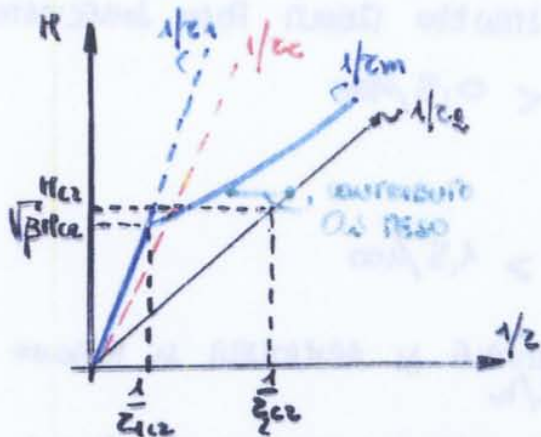
M_{cr} = MOMENTO DI FESSORAZIONE
 $\beta_1 = \begin{cases} 1 & \text{AD. MIGLIORATA} \\ 0,5 & \text{BARE USCE} \end{cases}$ $\beta_2 = \begin{cases} 1 & \text{CARICHI BREVE DURATA} \\ 0,5 & \text{CARICHI LUNGA DURATA O RIPETUTI} \end{cases}$

$$S = 0 \text{ PER } M < \sqrt[3]{\beta} M_{cr}$$

SOSTITUENDO IN OTTIENIAMO:

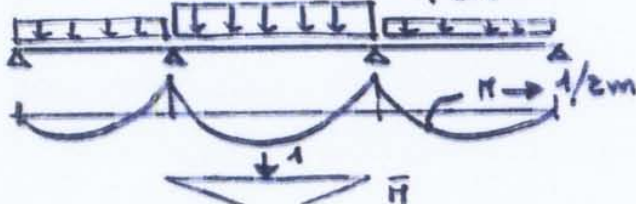
$$\frac{1}{E_m} = \frac{1}{E_2} - \left(\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1} \right) (1 - S) =$$

$$= \frac{1}{E_2} - \left(\frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_1} \right) \beta \left(\frac{M_{cr}}{M} \right)^2$$



IL CALCOLO DEGLI SPOSTAMENTI (FRECCE O ROTAZIONI) SI PUO' OTTENERE PER INTEGRAZIONE DELLA CURVATURA MEDIA APPLICANDO IL P.L.V.

$$a = \int \frac{1}{E_m} \bar{M} dx$$



DOVE \bar{M} RAPPRESENTA IL MOMENTO DOVUTO A COPPIE O FORZE UNITARIE AGENTI SULLA STRUTTURA PRINCIPALE

NEL CASO DI FESSURE IPERSTATICHE OCCORRE ITERARE PER VALUTARE LA REALE CONFIGURAZIONE DI M , FUNZIONE DI $1/E_m$.