

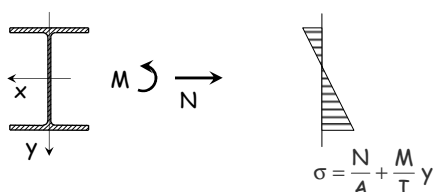
Progetto di aste e collegamenti in acciaio

7 - Flessione composta

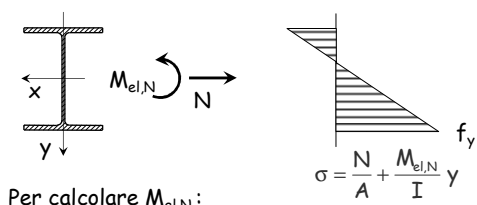
Spoletto
8-10 novembre 2012
Aurelio Ghersi

**Flessione composta
tensoflessione**

Comportamento ultimo

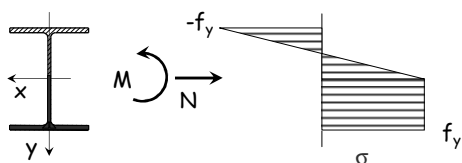


Comportamento ultimo



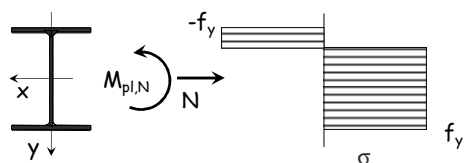
$$f_y = \frac{N}{A} + \frac{M_{el,N}}{W_{el}} \quad \Rightarrow \quad M_{el,N} = \left(f_y - \frac{N}{A} \right) W_{el}$$

Comportamento ultimo



Incrementando il momento flettente le deformazioni plastiche si propagano fino alla completa plasticizzazione della sezione

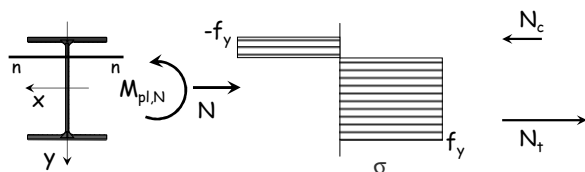
Comportamento ultimo



Per calcolare $M_{pl,N}$:

- 1 - Bisogna prima determinare la posizione dell'asse neutro, dall'equilibrio alla traslazione;
- 2 - Imponendo l'equilibrio alla rotazione rispetto all'asse baricentrico si determina poi $M_{pl,N}$

Comportamento ultimo



1 - Determinazione dell'asse neutro

$$N_c + N_t = N$$

(equilibrio alla traslazione)

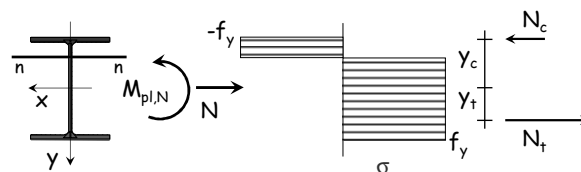


Asse neutro

$$N_c = -f_y A_c$$

$$N_t = f_y A_t$$

Comportamento ultimo



2 - Calcolo di $M_{pl,N}$

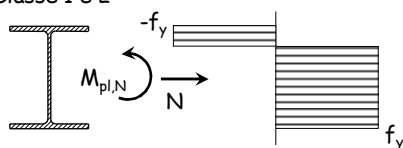
$$M_{pl,N} = N_t y_t - N_c y_c = f_y (A_t y_t - A_c y_c)$$

$$N_c = -f_y A_c$$

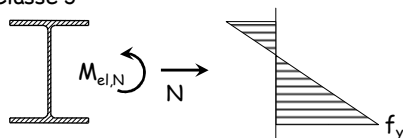
$$N_t = f_y A_t$$

Verifica - stato limite ultimo

Classe 1 e 2

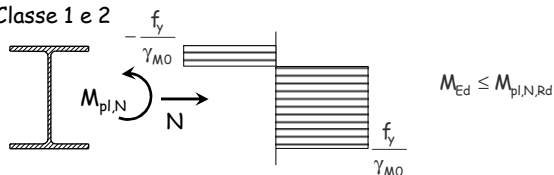


Classe 3

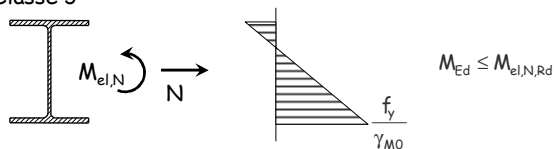


Verifica - stato limite ultimo

Classe 1 e 2



Classe 3

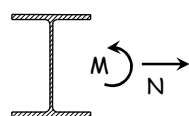


Domini di resistenza - stato limite ultimo

Dominio di resistenza, = insieme delle coppie M-N per cui si ottiene lo stato limite ultimo della sezione

Per ricavare una coppia M-N del dominio

Sezione



Si assegna una posizione dell'asse neutro

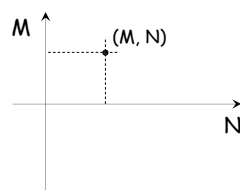
Si determina N

Si determina M ($M_{pl,N}$ o $M_{el,N}$)

Domini di resistenza - stato limite ultimo

Dominio di resistenza, = insieme delle coppie M-N per cui si ottiene lo stato limite ultimo della sezione

Per ricavare una coppia M-N del dominio



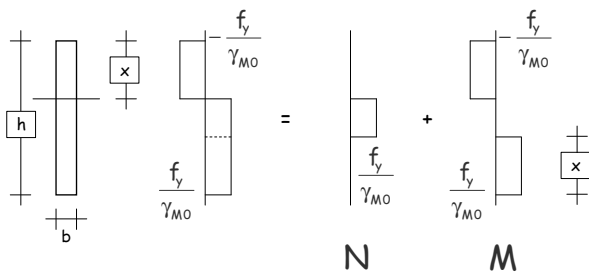
Si assegna l'asse neutro

Si determina N

Si determina M ($M_{pl,N}$ o $M_{el,N}$)

e si riporta la coppia M - N nel diagramma

Esempio Sezione rettangolare (ad esempio un piatto)



Esempio Sezione rettangolare (solo ideale)

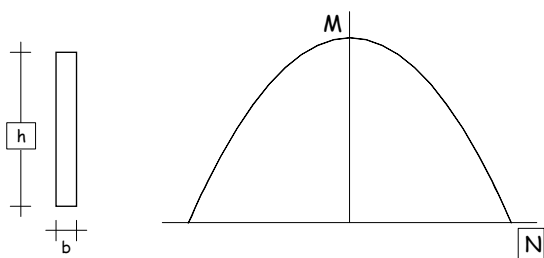
$$N = b(h - 2x) \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M = b x (h - x) \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\Downarrow$$

$$M = \left[\frac{bh^2}{4} \frac{f_y^2}{\gamma_{M0}^2} - \frac{1}{4b} N^2 \right] \frac{\gamma_{M0}}{f_y}$$

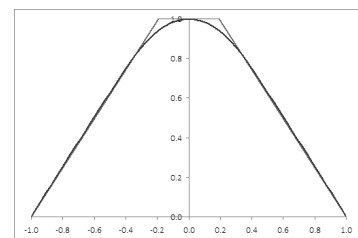
Esempio Sezione rettangolare (solo ideale)



Il dominio ha un andamento parabolico
Questo vale solo per sezioni rettangolari (ad esempio un piatto)

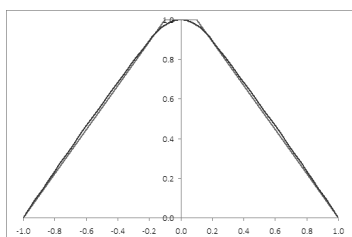
Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse forte

- Per sezioni IPE (ad esempio IPE 300)

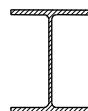


Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse forte

- Per sezioni HE (ad esempio HE 300 B)



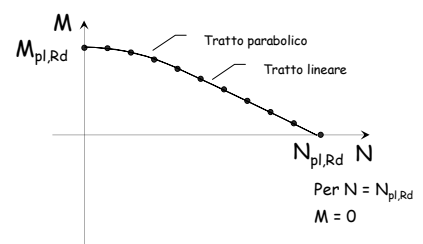
Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse forte



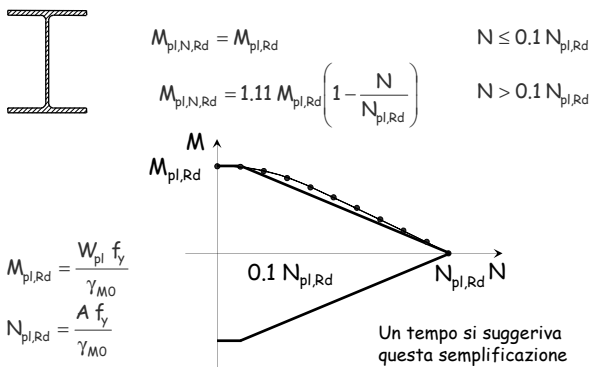
Per $N = 0$
 $M = M_{pl,Rd}$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}}$$

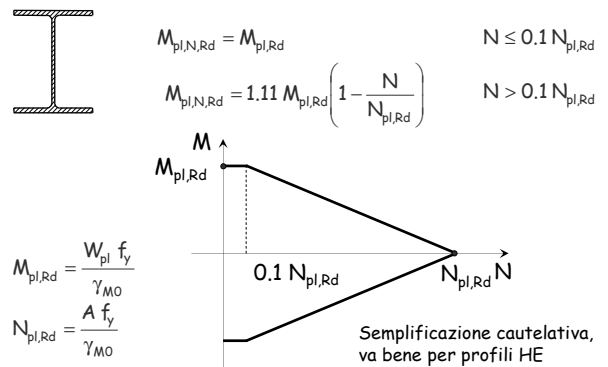
$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$$



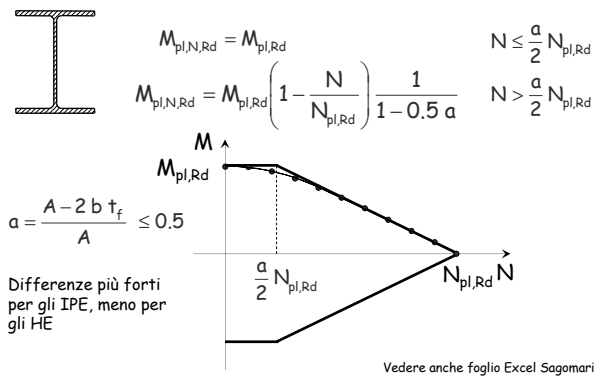
Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse forte



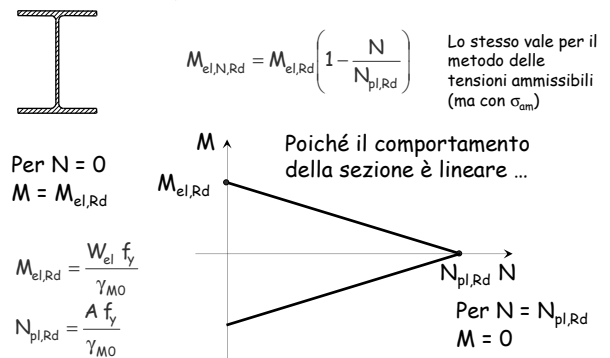
Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse forte



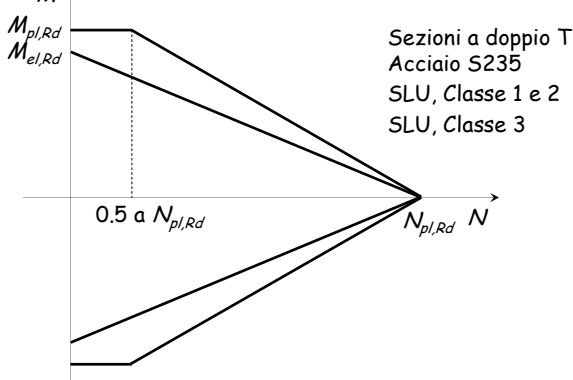
Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse forte



Dominio di resistenza per sezioni di classe 3

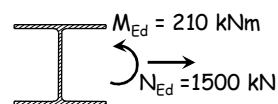


Dominio di resistenza confronto tra classe 1-2 e classe 3



Esempio

Dati:



Sezione	HEB300
A	149 cm ²
W _{pl}	1868 cm ³
Acciaio	S235

1 - Classe della sezione

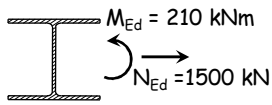
Anima: $\frac{c_w}{t_w} = \frac{208}{11} = 19 \leq 72 \varepsilon = 72$

Flangia: $\frac{c}{t_f} = \frac{117.5}{19} = 6.2 \leq 9 \varepsilon = 9$

La sezione appartiene alla classe 1.

Esempio

Dati:



Sezione	HEB300
A	149 cm ²
W _{pl}	1868 cm ³
Acciaio	S235

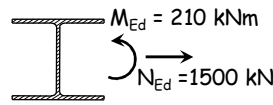
2 - Determinazione di N_{pl,Rd} ed M_{pl,Rd}

$$N_{pl,Rd} = \frac{f_y A}{\gamma_{M0}} = \frac{235 \times 149}{1.05 \times 10^3} = 3334.8 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{f_y W_{pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{235 \times 1868}{1.05 \times 10^3} = 418.1 \text{ kNm}$$

Esempio

Dati:



Sezione	HEB300
A	149 cm ²
W _{pl}	1868 cm ³
Acciaio	S235
b=300 mm	t=19 mm

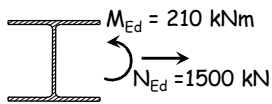
3 - Determinazione di a

$$a = \frac{A - 2 b t_f}{A} = \frac{14900 - 2 \times 300 \times 19}{14900} = 0.235$$

$$\frac{a}{2} N_{pl,Rd} = \frac{0.235}{2} 3334.8 = 391.8 \text{ kN}$$

Esempio

Dati:



Sezione	HEB300
Acciaio	S235
N _{pl,Rd}	3334.8 kN
M _{pl,Rd}	418.1 kNm

4 - Determinazione di M_{pl,N,Rd} e verifica

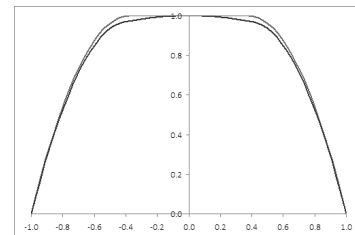
$$N_{Ed} = 1500 \text{ kN} \geq \frac{a}{2} N_{pl,Rd} = 391.8 \text{ kN}$$

$$M_{pl,N,Rd} = M_{pl,Rd} \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right) \frac{1}{1 - 0.5 \times 0.235} = 260.7 \text{ kNm} > M_{Ed} = 210.0 \text{ kNm}$$

La sezione è verificata

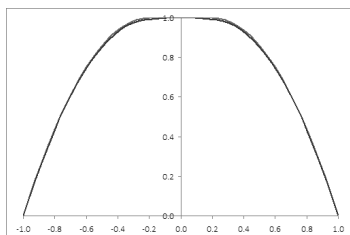
Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse debole

- Per sezioni IPE (ad esempio IPE 300)

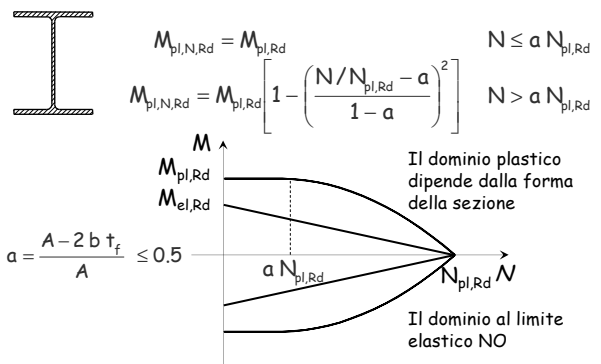


Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse debole

- Per sezioni HE (ad esempio HE 300 B)



Dominio di resistenza sezione a doppio T con M nell'asse debole

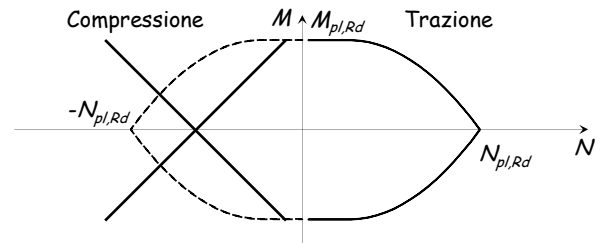


Flessione composta pressoflessione

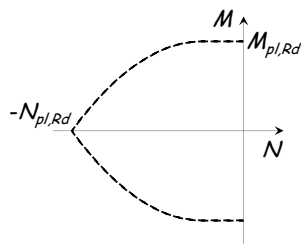
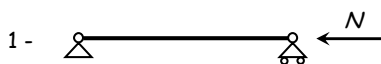
Domini di resistenza - stato limite ultimo

Si possono ottenere semplicemente ribaltando il dominio M-N costruito nel caso di tenso-flessione?

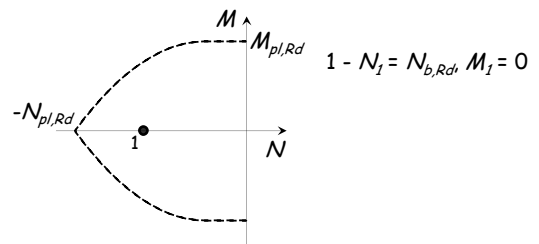
Va bene per la singola sezione, ma per l'asta bisogna tener conto dell'instabilità



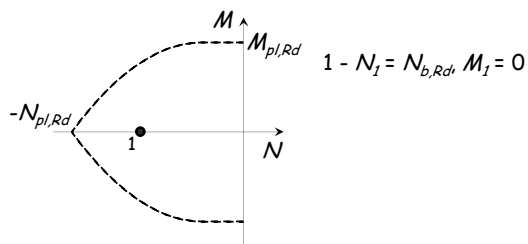
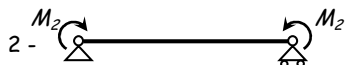
Costruzione del dominio di resistenza



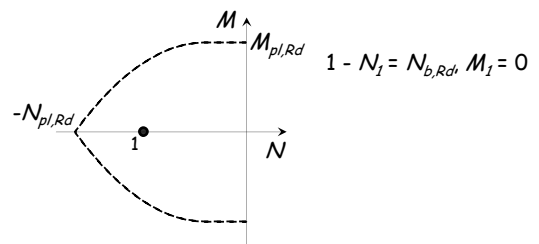
Costruzione del dominio di resistenza



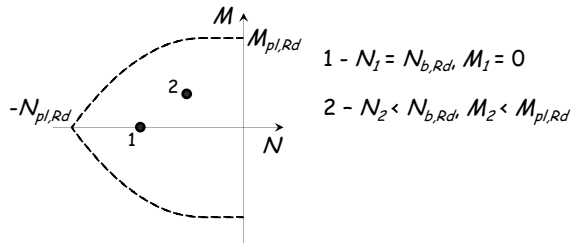
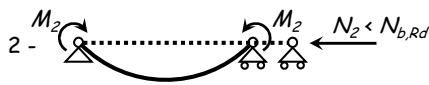
Costruzione del dominio di resistenza



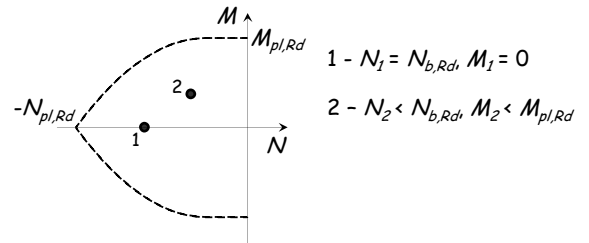
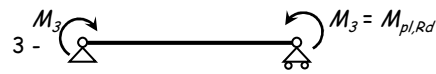
Costruzione del dominio di resistenza



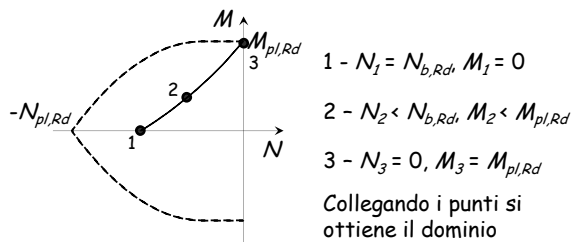
Costruzione del dominio di resistenza



Costruzione del dominio di resistenza

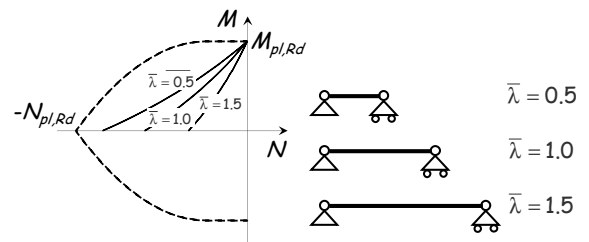


Costruzione del dominio di resistenza



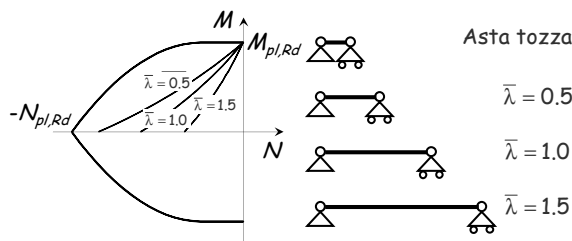
Influenza della snellezza

Il dominio dipende dalla snellezza dell'asta:
 - L'ampiezza del dominio si riduce all'aumentare della snellezza;



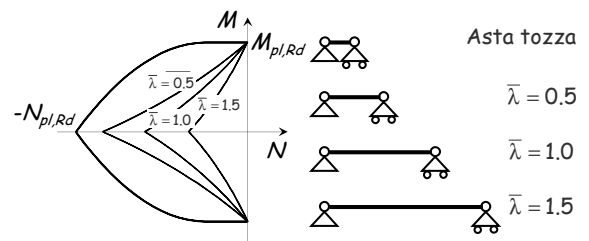
Influenza della snellezza

Il dominio dipende dalla snellezza dell'asta:
 - Nel caso di aste tozze coincide con quello per
 presso-flessione della sezione



Influenza della snellezza

Il dominio è simmetrico per aste con sezione trasversale
 simmetrica



Dominio di resistenza pressoflessione (con instabilità)

La normativa italiana propone due formule:

• Metodo A

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1$$

o, in sostanza:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd} \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd} \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1$$

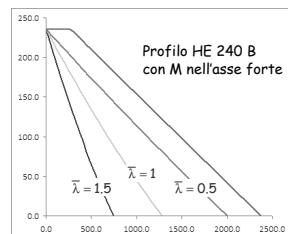
N_{cr} è il carico critico Euleriano

Circolare, punto 4.2.4.1.3.3.1

non previsto da Eurocodice 3

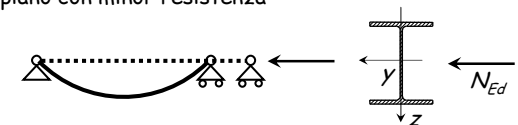
Dominio di resistenza metodo A

- Si ottengono le curve mostrate sotto



Considerazioni su domini di resistenza

Un'asta in acciaio soggetta a compressione si instabilizza nel piano con minor resistenza



$$\bar{\lambda}_y \Rightarrow \chi_y \Rightarrow N_{b,Rd,y}$$

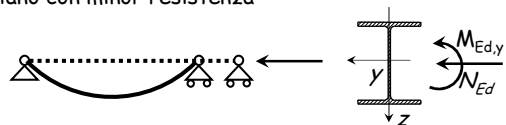
$$\bar{\lambda}_z \Rightarrow \chi_z \Rightarrow N_{b,Rd,z}$$

$$\text{Se } \bar{\lambda}_z > \bar{\lambda}_y \Rightarrow N_{b,Rd,z} < N_{b,Rd,y} \Rightarrow N_{b,Rd} = N_{b,Rd,z}$$

L'instabilità si verifica nel piano ortogonale all'asse z

Considerazioni su domini di resistenza

Un'asta in acciaio soggetta a compressione si instabilizza nel piano con minor resistenza



$$\bar{\lambda}_z > \bar{\lambda}_y \Rightarrow N_{b,Rd,z} < N_{b,Rd,y} \Rightarrow N_{b,Rd} = N_{b,Rd,z}$$

L'instabilità si verifica nel piano ortogonale all'asse z

La presenza di un momento $M_{Ed,y}$ favorisce l'instabilità dell'asta quanto un momento $M_{Ed,z}$? Probabilmente NO

Dominio di resistenza pressoflessione (con instabilità)

La normativa italiana propone quindi una seconda formula:

• Metodo B

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{W_z \cdot f_{yk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{W_z \cdot f_{yk}} \leq 1$$

o, in sostanza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

Circolare, punto 4.2.4.1.3.3.2

Eurocodice 3, punto 6.3.3(4) e appendice B

Dominio di resistenza pressoflessione (con instabilità)

La normativa italiana propone due formule:

• Metodo B

si noti che in questo caso le verifiche sono due e il denominatore di N è diverso a seconda del piano in cui agisce M

è meno gravoso quando c'è solo momento rispetto all'asse forte, mentre l'asta sbanda intorno all'asse debole

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{b,Rd}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{b,Rd}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1$$

Circolare, punto 4.2.4.1.3.3.2

Eurocodice 3, punto 6.3.3(4) e appendice B

Dominio di resistenza pressoflessione (con instabilità)

La normativa italiana propone due formule:

- Metodo B

I coefficienti k si calcolano con apposite formule

k	Tipi di sezione	Sezioni di classe 3 e 4 (proprietà delle sezioni calcolate in campo elastico)	Sezioni di classe 1 e 2 (proprietà delle sezioni calcolate in campo plastico)
k_{yy}	I, H, Sezioni cave	$\alpha_{wy} \left(1 + 0,6 \sqrt{\lambda_y} \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cy} \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{wy} \left(1 + 0,6 \sqrt{\lambda_y} \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cy} \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$	$\alpha_{wy} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cy} \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{wy} \left(1 + 0,8 \sqrt{\lambda_y} \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cy} \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$
k_{zz}	I, H, Sezioni cave	k_{zz}	$0,6 \cdot k_{yy}$
k_{yy}	I, H, Sezioni cave	$0,8 \cdot k_{yy}$	$0,6 \cdot k_{yy}$
k_{zz}	I, H, Sezioni cave	$\alpha_{wz} \left(1 + 0,6 \sqrt{\lambda_z} \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cz} \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{wz} \left(1 + 0,6 \sqrt{\lambda_z} \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cz} \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$	$\alpha_{wz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cz} \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{wz} \left(1 + 1,4 \sqrt{\lambda_z} \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cz} \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$
			$\alpha_{wz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cz} \cdot A \cdot f_{yk}} \right) \leq \alpha_{wz} \left(1 + 0,8 \sqrt{\lambda_z} \frac{N_{Ed} \cdot y_{pl}}{Z_{cz} \cdot A \cdot f_{yk}} \right)$

Circolare, punto 4.2.4.1.3.3.2

Eurocodice 3, punto 6.3.3(4) e appendice B

Dominio di resistenza pressoflessione (con instabilità)

La normativa italiana propone due formule:

- Metodo B

In particolare, per momento solo nell'asse forte si ha

$$k_{yy} = 1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rd}} \leq 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rd}}$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{yy}$$

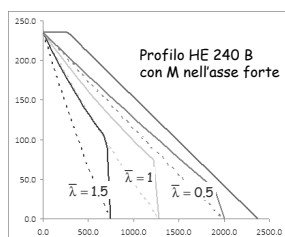
e si utilizza solo la prima equazione

Circolare, punto 4.2.4.1.3.3.2

Eurocodice 3, punto 6.3.3(4) e appendice B

Dominio di resistenza metodo B

- Si ottengono le curve mostrate sotto
(con tratteggio sono indicate le curve precedenti)



In questo caso il metodo A è molto cautelativo

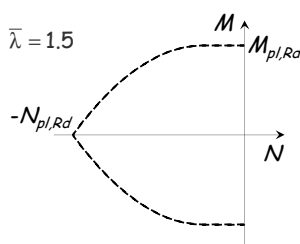
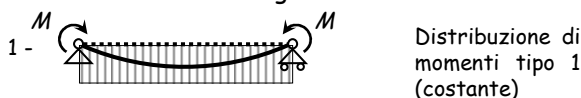
Dominio di resistenza pressoflessione (con instabilità)

- Le curve mostrate in precedenza si riferiscono al caso di momento flettente costante lungo l'asta
- Se il momento flettente varia, si considera un momento equivalente

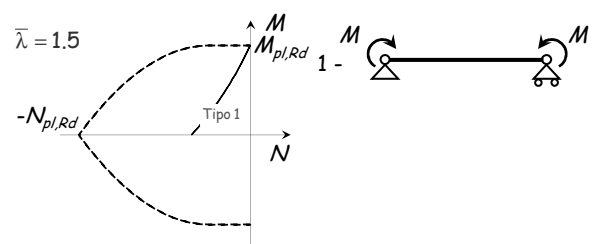
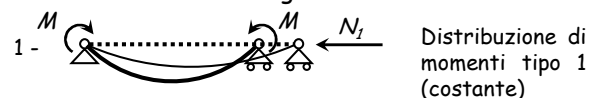
$$M_{eq,Ed} = \alpha_m M_{Ed,max}$$

con $\alpha_m \leq 1$ che dipende dalla distribuzione di M

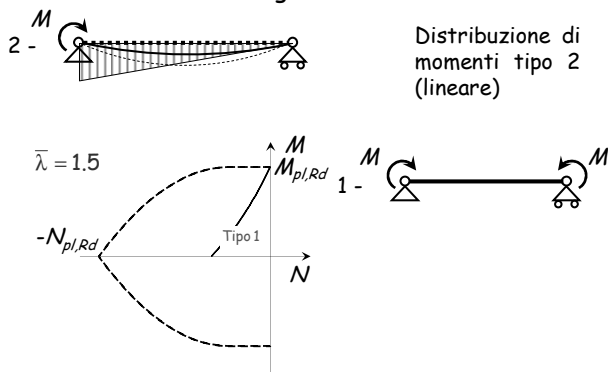
Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento



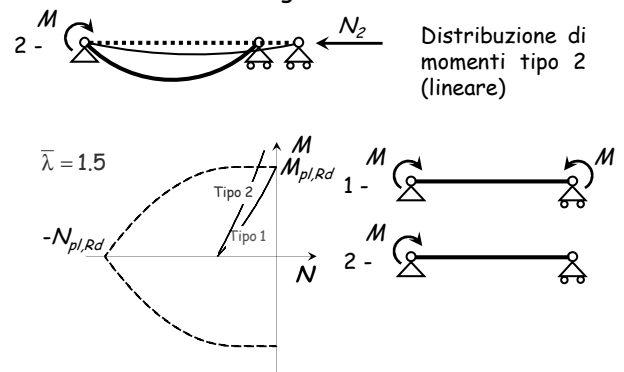
Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento



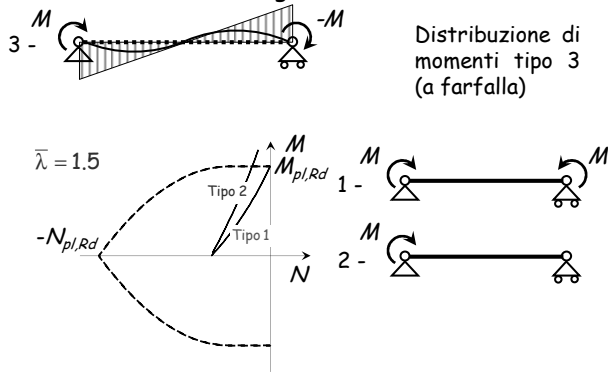
Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento



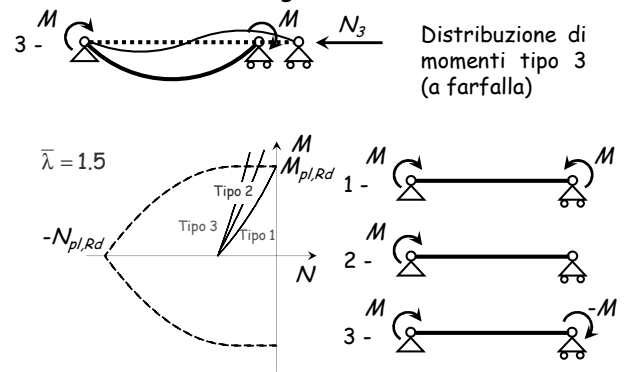
Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento



Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento



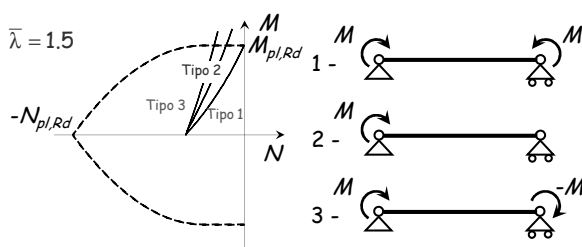
Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento



Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento

Il dominio dipende dall'andamento del diagramma del momento flettente:

- L'ampiezza del dominio aumenta passando dal diagramma di tipo 1 a quello di tipo 3.



Dominio di resistenza influenza del diagramma di M (modello A)

- Il momento equivalente $M_{eq,Ed}$ tiene conto della variazione del momento nell'asta e può essere preso pari a

$$M_{eq,Ed} = 1.3 M_{m,Ed}$$

assumendo comunque $0.75 M_{max,Ed} \leq M_{eq,Ed} \leq M_{max,Ed}$

$M_{m,Ed}$ è il valore medio del momento nell'asta

- Per asta vincolata agli estremi con momento variabile linearmente si può assumere

$$M_{eq,Ed} = 0.6 M_a - 0.4 M_b$$

assumendo comunque $M_{eq,Ed} \geq 0.4 M_b$

M_a è il massimo tra i due ed il segno si riferisce al verso della coppia M (se $M_a = -M_b$ il diagramma di M è costante e $M_{eq,Ed} = M_a$)

Circolare, punto 4.2.4.1.3.3.1

non previsto da Eurocodice 3

Dominio di resistenza influenza del diagramma di M (modello B)

- Se si usa il metodo B sono fornite espressioni più complesse

Diagramma del momento	Intervallo	Coefficienti α_{m1} , α_{m2} , α_{m3}	
		Carico uniforme	Carico concentrato
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$

Circolare, punto 4.2.4.1.3.3.2

Eurocode 3, punto 6.3.3(4) e appendice B

Nell'Eurocode 3

Interaction factors	Type of sections	Design assumptions	
		elastic cross-sectional properties class 3, class 4	plastic cross-sectional properties class 1, class 2
k_{\square}	I-sections RHS-sections	$C_{\square} \left(1 + 0,6\bar{\alpha} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{\square} \left(1 + (\bar{\lambda}_{\square} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
k_{\square}	I-sections RHS-sections	k_{\square}	$0,6 k_{\square}$
k_{\square}	I-sections RHS-sections	$0,8 k_{\square}$	$0,6 k_{\square}$
k_{\square}	I-sections	$C_{\square} \left(1 + 0,6\bar{\alpha} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{\square} \left(1 + (2\bar{\lambda}_{\square} - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	RHS-sections	$C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{\square} \left(1 + (\bar{\lambda}_{\square} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$

For I- and H-sections and rectangular hollow sections under axial compression and uniaxial bending M_{\square} the coefficient k_{\square} may be $k_{\square} = 0$.

Nell'Eurocode 3

Interaction factors	Type of sections	Design assumptions	
		elastic cross-sectional properties class 3, class 4	plastic cross-sectional properties class 1, class 2
k_{\square}	I-sections RHS-sections	$C_{\square} \left(1 + 0,6\bar{\alpha} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{\square} \left(1 + (\bar{\lambda}_{\square} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
k_{\square}	I-sections RHS-sections	k_{\square}	$0,6 k_{\square}$
k_{\square}	I-sections RHS-sections	k_{\square}	$0,6 k_{\square}$
k_{\square}	I-sections	$C_{\square} \left(1 + 0,6\bar{\alpha} \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{\square} \left(1 + (2\bar{\lambda}_{\square} - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	RHS-sections	$C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{\square} \left(1 + (\bar{\lambda}_{\square} - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{\square} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_{\square} N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$

For I- and H-sections and rectangular hollow sections under axial compression and uniaxial bending M_{\square} the coefficient k_{\square} may be $k_{\square} = 0$.

Nota: nella Circolare è indicato con α_m quello che qui (sull'EC3) è indicato con C_m

Nell'Eurocode 3

Moment diagram	range	C_{m1} and C_{m2} and C_{m3}	
		uniform loading	concentrated load
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 0$	$0,95 + 0,05\alpha_s$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_s$
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 0$	$0,95 + 0,05\alpha_s(1+2\psi)$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,90 + 0,10\alpha_s$

For members with sway buckling mode the equivalent uniform moment factor should be taken $C_m = 0,9$ or $C_m = 0,9$ respectively.

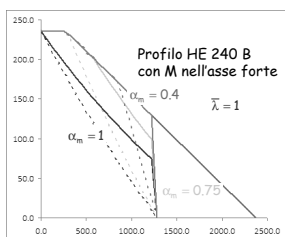
C_{m1} , C_{m2} and C_{m3} should be obtained according to the bending moment diagram between the relevant braced points as follows:

moment factor	bending axis	points braced in direction
C_{m1}	\square	\square
C_{m2}	\square	\square
C_{m3}	\square	\square

Eurocode 3, annesso B

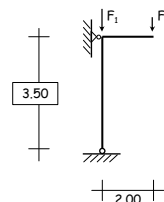
Dominio di resistenza influenza del diagramma del momento

- Si ottengono le curve mostrate sotto (con tratteggio sono indicate le curve del metodo A)



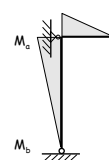
Anche in questo caso il metodo A è molto cautelativo

Esempio



$$F_1 = 800 \text{ kN}$$

$$F_2 = 60 \text{ kN}$$



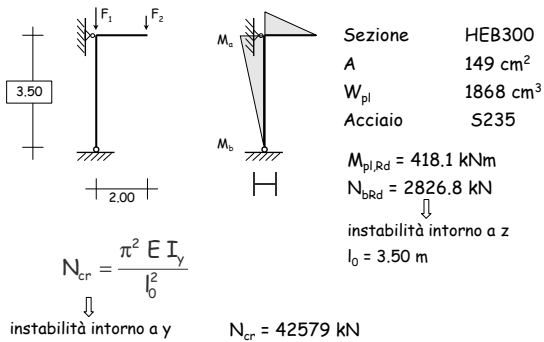
$$M_a = 120 \text{ kNm}$$

$$M_b = 0 \text{ kNm}$$

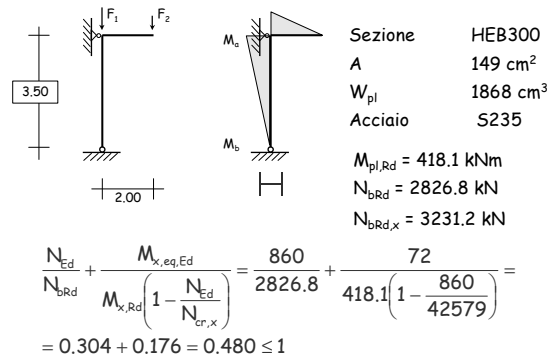
$$N_{Ed} = 860 \text{ kN}$$

$$M_{eq,Ed} = 0,6 \times 120 - 0,4 \times 0 = 72 \text{ kNm}$$

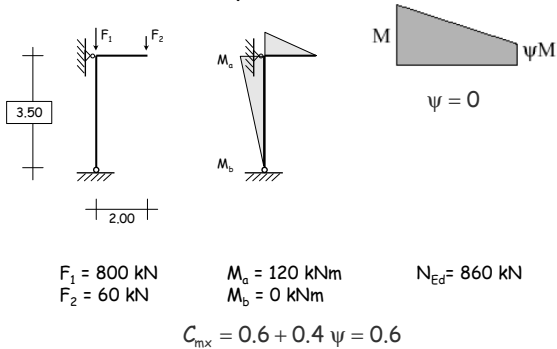
Esempio



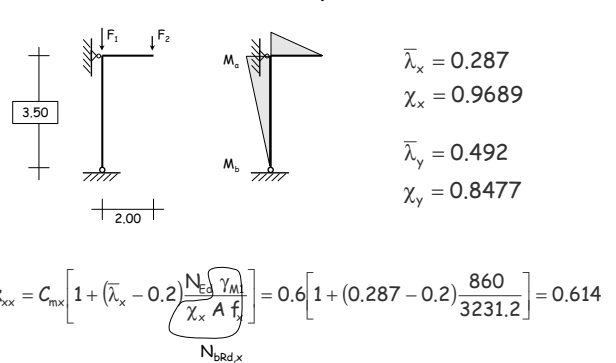
Esempio (metodo A)



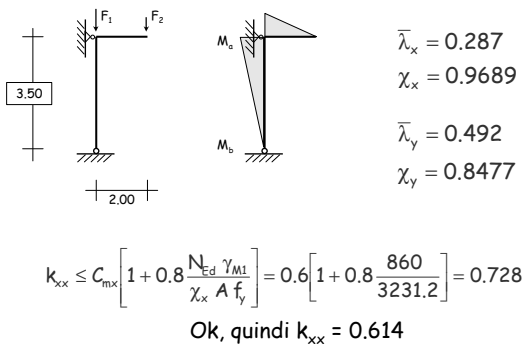
Esempio (metodo B)



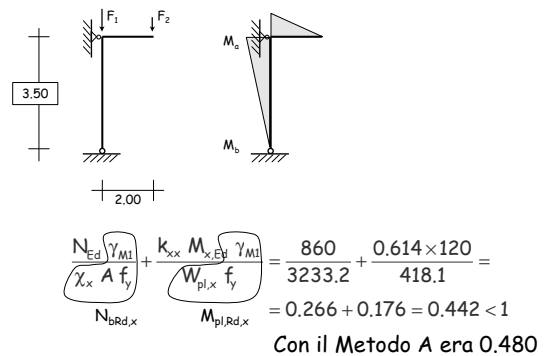
Esempio



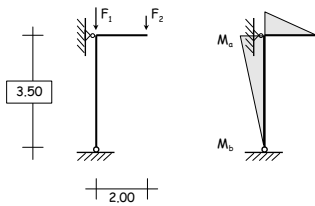
Esempio



Esempio



Esempio



Perché $k_{yx} = 0$

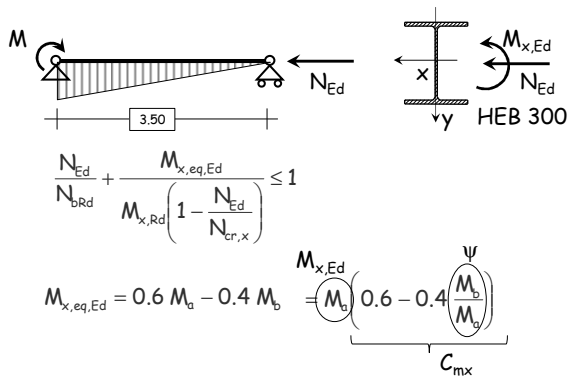
$$\frac{N_{Ed} \gamma_{M1}}{\chi_y A f_y} + \frac{k_{yx} M_{x,Ed} \gamma_{M1}}{W_{pl,x} f_y} = \frac{860}{2828.6} = 0.304$$

Verifica di stabilità con sforzo normale centrato

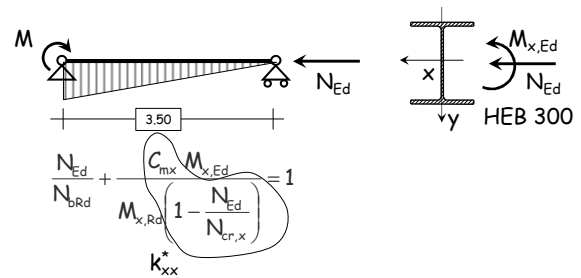
Nota:

Le diapositive che seguono erano state preparate da Edoardo Marino per confrontare metodo A e B. Io ho fatto diversamente i confronti e non le utilizzo, ma le ho comunque lasciate per ricordo

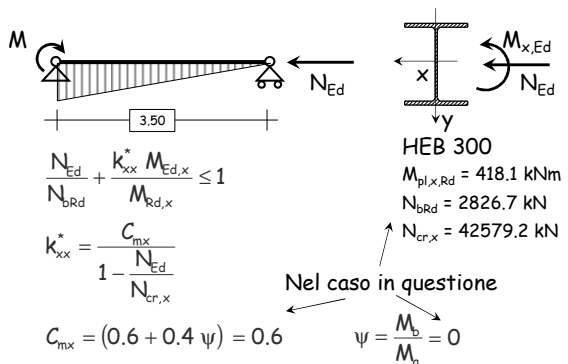
Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A)



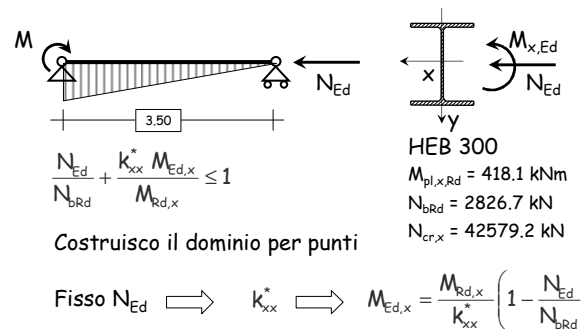
Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A)



Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A)

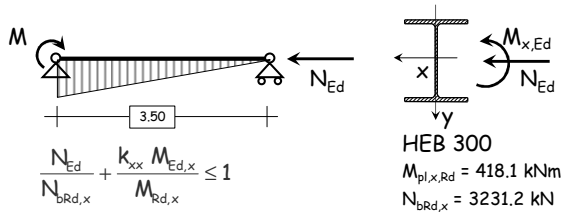


Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A)



Vedere anche foglio Excel Presso-flessione-DomX

Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo B)



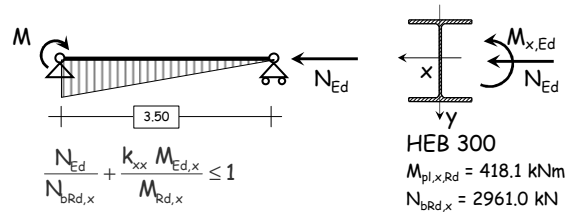
$$\frac{N_{Ed}}{N_{bRd,x}} + \frac{k_{xx} M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}} \leq 1$$

k_{xx} = vedi EC3

$$C_{mx} = (0.6 + 0.4 \psi) = 0.6$$

$$\psi = \frac{M_b}{M_a} = 0$$

Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo B)



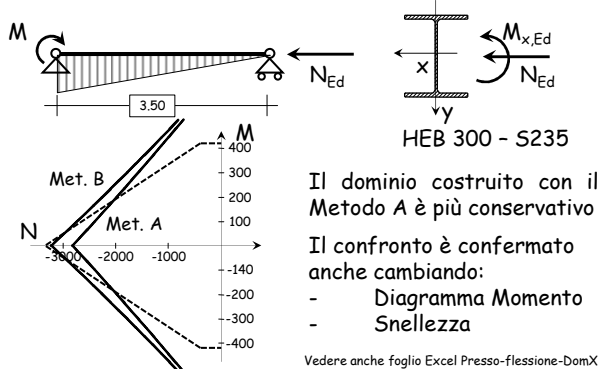
$$\frac{N_{Ed}}{N_{bRd,x}} + \frac{k_{xx} M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}} \leq 1$$

Costruisco il dominio per punti

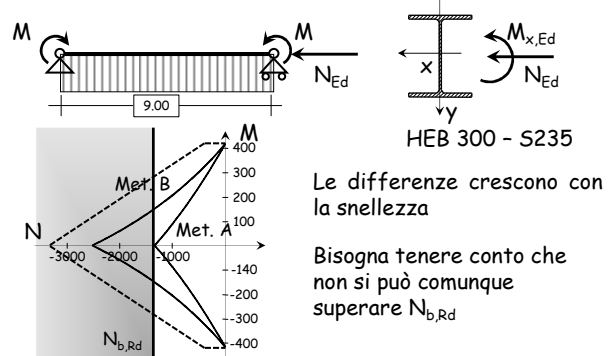
$$\text{Fisso } N_{Ed} \Rightarrow k_{xx} \Rightarrow M_{Ed,x} = \frac{M_{Rd,x}}{k_{xx}} \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{bRd,x}} \right)$$

Vedere anche foglio Excel Presso-flessione-DomX

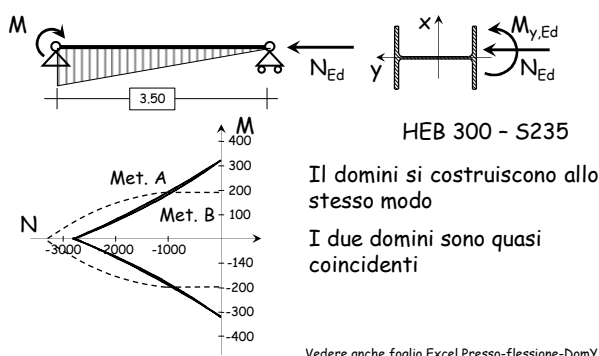
Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A vs Metodo B)



Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A vs Metodo B)



Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A vs Metodo B)



Domini di resistenza - presso-flessione retta (Metodo A vs Metodo B)

