

# Progetto delle travi reticolari (all SLU)

Corrente superiore 2L 80x40x6  $A = 13,8 \text{ cm}^2$

Corrente inferiore 2L 60x5  $A = 11,6 \text{ cm}^2$

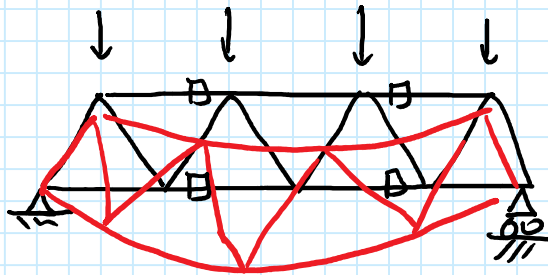
Diagonali e montanti 2L 50x30x5  $A = 7,6 \text{ cm}^2$

Le travi reticolari soddisfa le verifiche a SLU?

Verifiche degli spostamenti

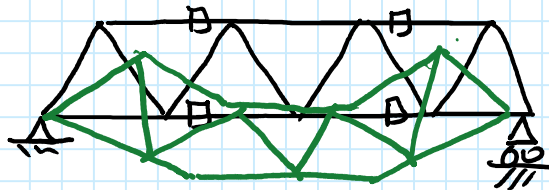
- deformazioni elastiche

$\delta_e$

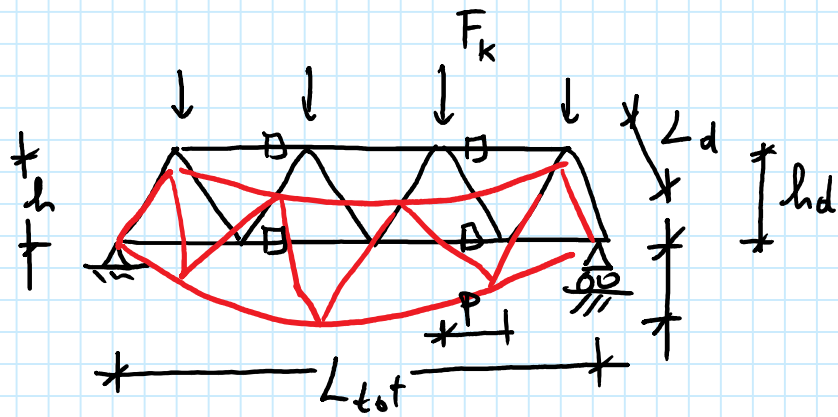


- deformazioni anelastiche

$\delta_c, \delta_d$



## Calcolo di $\sigma_e$



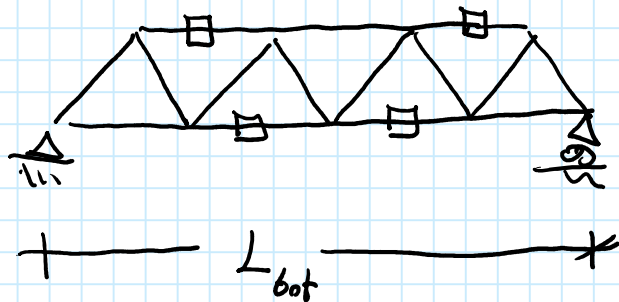
Programme  
di calcolo  $\rightarrow \sigma_e$

Bisogna modificare il modello numerico

- bisogna cambiare le sezioni trasversali.
- bisogna cambiare i carichi ( $F_k$ ) e mettere quelli delle combinazioni di carico vera

## Calcolo di $\sigma_c$ e $\sigma_d$

- $\sigma_c$  (fucce dovute agli scorrimenti nei correnti)



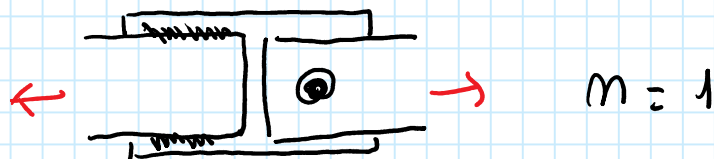
\*  
h  
\*

$$\sigma_c = \frac{n}{6} \frac{L_{tot}}{h} (\sigma_o - \sigma)$$

$\sigma_o$  diametro dei fori

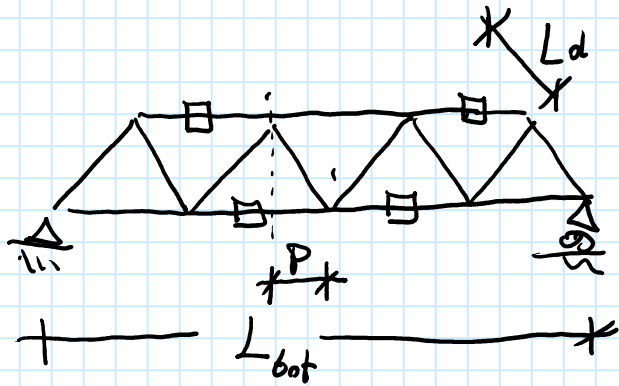
$\sigma$  diametro del bullone

$n$  numero di collegamenti nei correnti



Calcolo di  $\delta_c$  e  $\delta_d$

- $\delta_d$  (fuerze dadas egi seorrimenti nei diegomali)



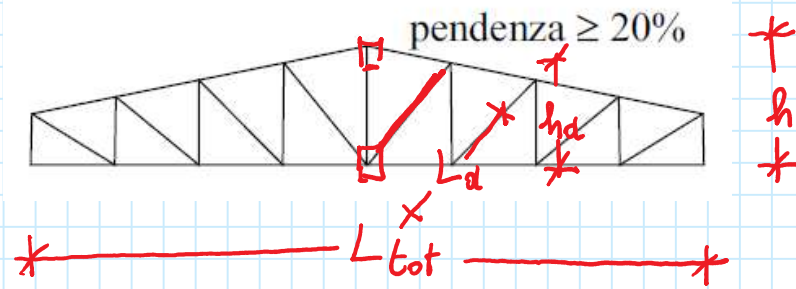
$$\delta_d = \frac{L_{tot}}{p} \frac{L_d}{h_d} (d_o - d)$$

$L_d$  lunghezza dei diegomali

$h_d$  altezza dei diegomali

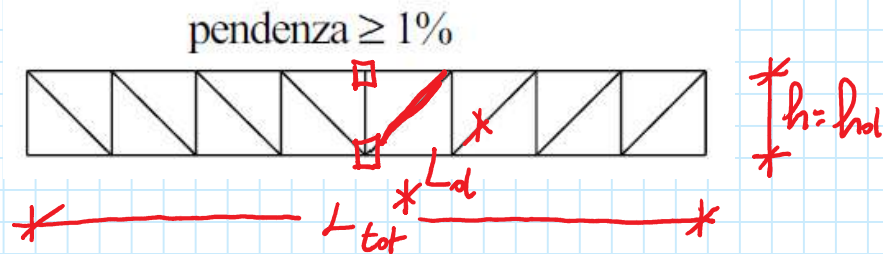
$p$  passo dei diegomali

$\frac{L_{tot}}{p}$  numero di diegomali



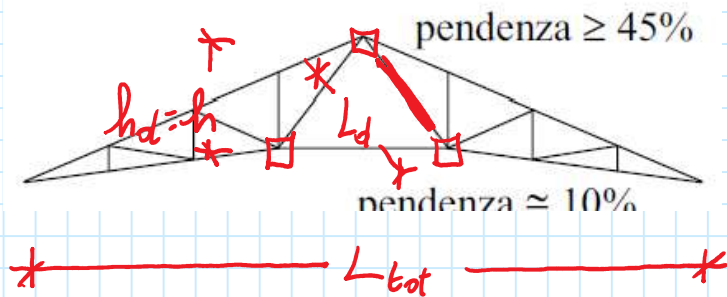
$$m = 2 \rightarrow \sigma_c = \frac{m}{6} \frac{L_{tot}}{h} (d_b - d)$$

$$\frac{L_{tot}}{p} = 1 \rightarrow \sigma_d = \frac{L_{tot}}{p} \frac{L_d}{h_{ol}} (d_o - d)$$



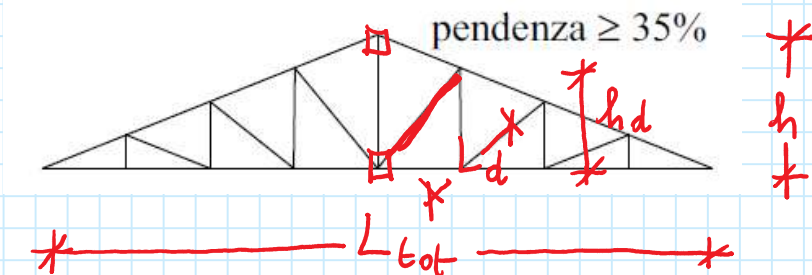
$$m = 2 \rightarrow \sigma_c$$

$$\frac{L_{tot}}{p} = 1 \rightarrow \sigma_d$$



$$m = 3 \rightarrow \sigma_c$$

$$\frac{L_{tot}}{p} = 1 \rightarrow \sigma_d$$



$$m = 2 \rightarrow \sigma_c$$

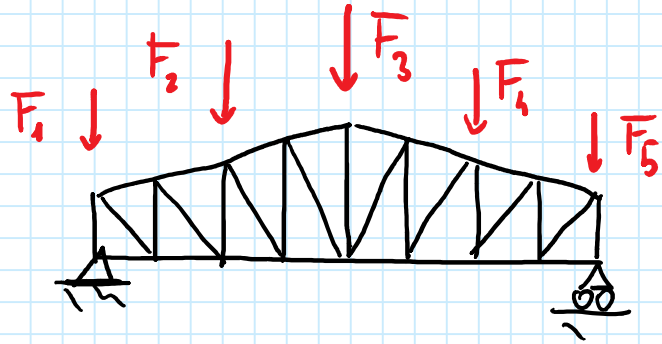
$$\frac{L_{tot}}{p} = 1 \rightarrow \sigma_d$$

Valori caratteristici dei carichi  
da utilizzare per le verifiche  
allo SLE

$F_{G1}$	$F_k$	1,15 kN
$F_{GTS}$		0,98 kN
$F_Q$		4,35 kN
$F_{Qs}$		4,17 kN
$F_V$	$\perp, SP, +$	1,24 kN
	$\perp, SP, -$	- 5,32 kN
	$\perp, ST, -$	- 4,97 kN
	$//, A$	- 4,09 kN
	$//, B$	- 4,17 kN

Non immerso in combinazione  
il carico vento

# Combinazioni m. 1 (carichi permanenti + variabili)



$$4,35 + 0,5 \times 4,17 =$$

$F_{g1k}$

$$1,15 \text{ kN}$$

$F_{gr,k}$

$$0,98 \text{ kN}$$

Cover variabile

$$1) F_{Qk} + \psi_0 F_{Qsk} \quad 4,35 + 0,5 \times 4,17 = 6,44 \text{ kN}$$

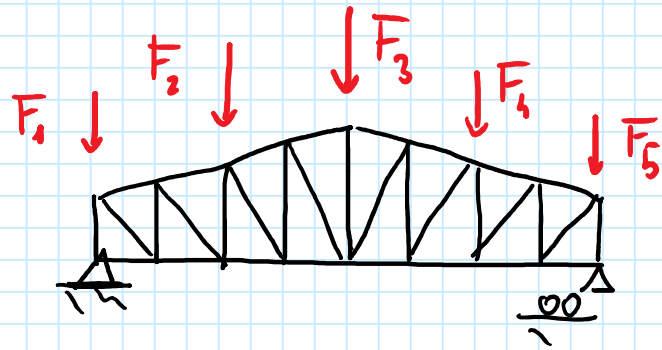
~~$$2) \psi_0 F_{Qk} + F_{Qsk} \quad 0 \times 4,35 + 4,17 = 4,17 \text{ kN}$$~~

$$F_2 = \underline{\underline{8,56 \text{ kN}}}$$

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0





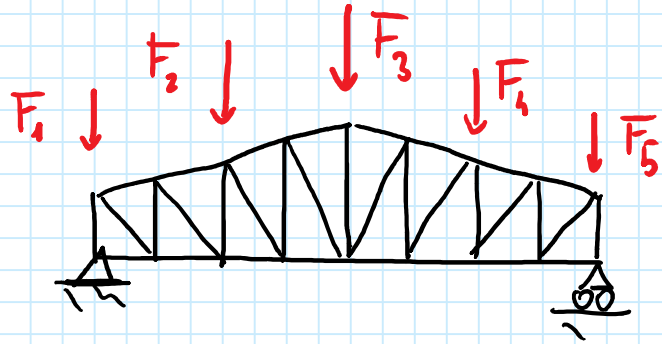
$$F_1 = \frac{1}{2} F_2 = \frac{8,56}{2} = 4,28 \text{ kN}$$

$$F_4 = F_2 = 8,56 \text{ kN}$$

$$F_5 = \frac{1}{2} F_4 = 4,28 \text{ kN}$$

$$F_3 = \frac{F_2 + F_4}{2} = 8,56 \text{ kN}$$

## Combinazione n. 2 (solo carichi variabili)



Cover variabile

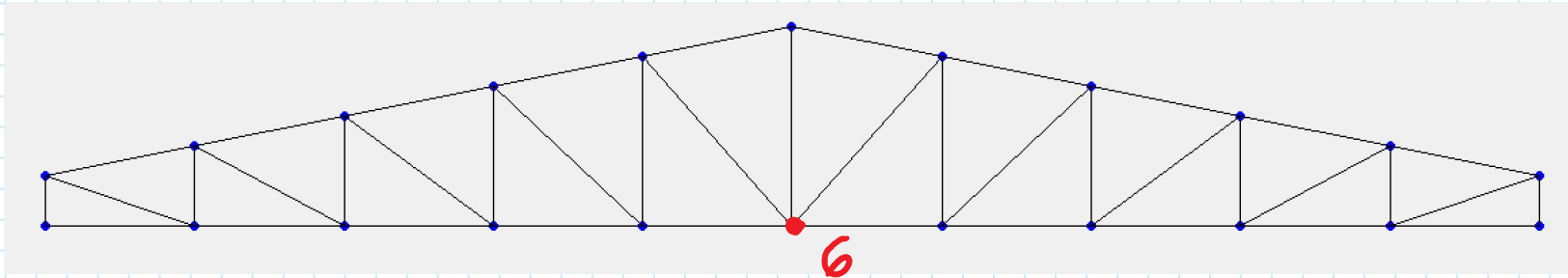
$$1) F_{QK} + \psi_0 F_{QSK} \quad 4,35 + 0,5 \times 4,17 = 6,44 \text{ kN}$$

~~$$2) \psi_0 F_{QK} + F_{QSK} \quad 0 \times 4,35 + 4,17 = 4,17 \text{ kN}$$~~

$$F_2 = F_3 = F_4 = \underline{6,44 \text{ kN}}$$

$$F_1 = F_5 = \frac{F_2}{2} = 3,22 \text{ kN}$$

Calcolo di  $\delta_e$  per le due combinazioni di carico



Carichi permanenti + variabili

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	-3.138
2	0.000	-7.229	-3.283
3	0.487	-11.903	-2.333
4	1.117	-14.693	-1.406
5	1.767	-15.979	-0.633
6	2.378	-16.035	0.000
7	2.990	-15.979	0.633
8	3.640	-14.693	1.406
9	4.270	-11.903	2.333
10	4.757	-7.229	3.283
11	4.757	0.000	3.138
12	1.569	-0.134	-3.138
13	2.626	-7.350	-3.283
14	3.054	-11.981	-2.333
15	3.086	-14.712	-1.406
16	2.844	-15.923	-0.633
17	2.378	-15.740	0.000
18	1.913	-15.923	0.633
19	1.671	-14.712	1.406
20	1.703	-11.981	2.333
21	2.131	-7.350	3.283
22	3.188	-0.134	3.138

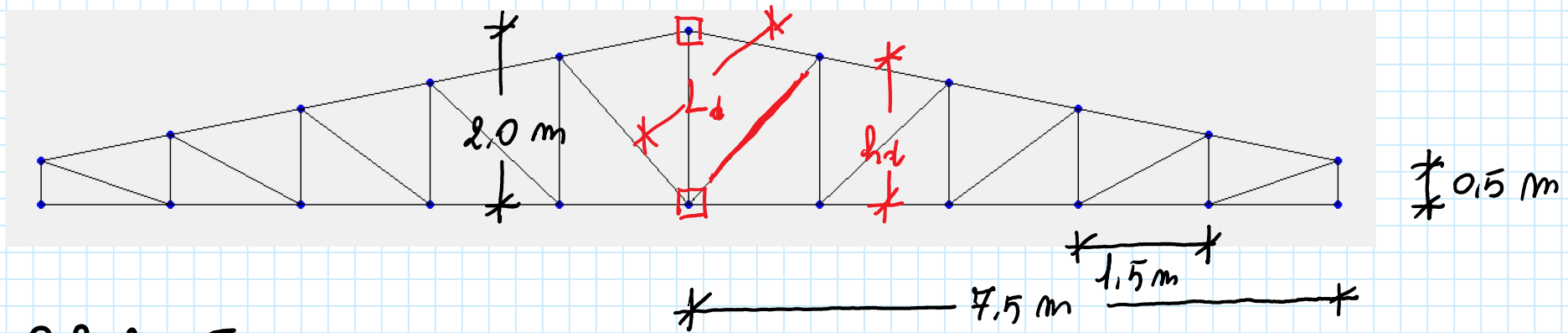
$\delta_{e\max}$   
16.05 mm

Carichi variabili

SPOSTAMENTI E ROTAZIONI DEI NODI

nodo	vx (mm)	vy (mm)	rotaz.x1000
1	0.000	0.000	-2.358
2	0.000	-5.432	-2.467
3	0.366	-8.945	-1.753
4	0.840	-11.042	-1.057
5	1.328	-12.008	-0.476
6	1.787	-12.050	0.000
7	2.247	-12.008	0.476
8	2.735	-11.042	1.057
9	3.208	-8.945	1.753
10	3.575	-5.432	2.467
11	3.575	0.000	2.358
12	1.179	-0.101	-2.358
13	1.973	-5.523	-2.467
14	2.295	-9.003	-1.753
15	2.319	-11.056	-1.057
16	2.137	-11.965	-0.476
17	1.787	-11.828	0.000
18	1.438	-11.965	0.476
19	1.256	-11.056	1.057
20	1.280	-9.003	1.753
21	1.601	-5.523	2.467
22	2.396	-0.101	2.358

$\delta_{e2}$   
12.05 mm



Calculo  $\delta_c$

$$\delta_c = \frac{2}{6} \frac{L}{h} (d_o - d) = \frac{2}{6} \times \frac{15.0}{2.0} \times 1 \text{ mm} = 2.5 \text{ mm}$$

Calculo  $\delta_d$

$$h_d = 0.5 + \frac{(2.0 - 0.5)}{7.5} \times (4 \times 1.5)$$

$$L_d = \sqrt{1.5^2 + 1.4^2} = 2.04 \text{ m}$$

$$\delta_d = 1 \frac{L_d}{h_d} (d_o - d) = \frac{2.04}{1.4} \times 1 \text{ mm} = 1.46 \text{ mm}$$

$$\delta_{max} = \delta_{l_{max}} + \delta_c + \delta_d = 16.04 + 2,5 + 1,34 =$$

$$= 19,88 \text{ mm} < \frac{L}{200} = \frac{15000}{200} = 75 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

$$\delta_e = \delta_{e2} = 12,05 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{15000}{250} = 60 \text{ mm} \quad \text{OK!}$$

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

*In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.*

Verifica con domini (emolitee)

Classe 3: si può fare come segue (vedi lezioni del 16/11/2023)

$$\frac{|M_{Ed}|}{M_{el, Rd}} + \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl, Rd}} \leq 1$$

... e per sezioni di classe 1 e 2?

Anche per sezioni di classe 1 e 2 le verifiche analitiche  
può essere eseguite usando un approccio formalmente  
uguale

Sezione a doppio T con  $N_{Ed}$  ed  $M_{Edy}$

$$M_{pl,N,Rd} = M_{pl,Rd} \quad m \leq 0,5 \quad (1)$$

$$M_{pl,N,Rd} = M_{pl,Rd} \frac{1 - m}{1 - 0,5 \alpha} \quad m > 0,5 \quad (2)$$

$$m = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \quad \alpha = \frac{A - 2 b t_f}{A}$$

$$(1) \quad M_{Ed} \leq M_{pl,N,Rd} = M_{pl,Rd}$$

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$$

$$\boxed{\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1}$$

$$\textcircled{2} \quad M_{Ed} \leq M_{pl,N,Rd} = M_{pl,Rd} \frac{1-m}{1-0,5\alpha}$$

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} \frac{1-m}{1-0,5\alpha}$$

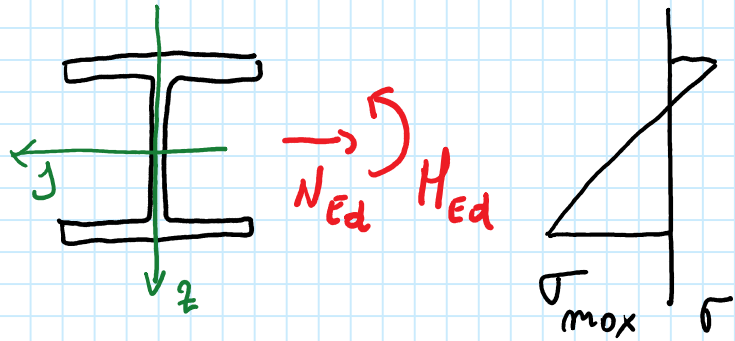
$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq \frac{1-m}{1-0,5\alpha}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} (1-0,5\alpha) \leq 1 - \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}$$

$$(1-0,5\alpha) \frac{|M_{Ed}|}{M_{pl,Rd}} + \frac{|N_{Ed}|}{N_{pl,Rd}} \leq 1$$

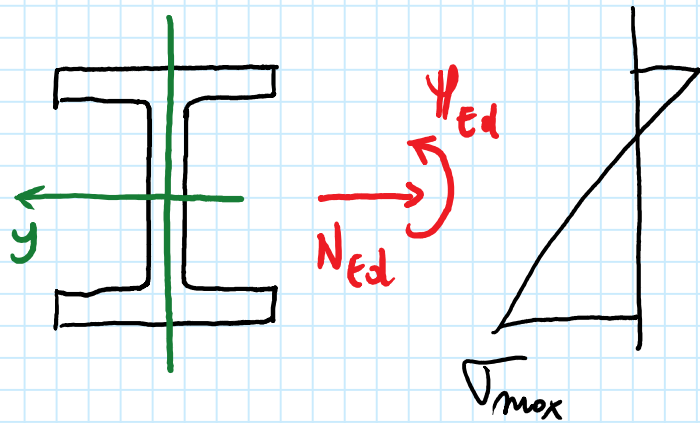


Verifiche in termini di tensioni (solo classe 3)



$$\sigma_{max} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed} (h/2)}{I} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\sigma_{max} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W_{pl}} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$



HEB 260

S 235

Classe 3

$$N_{Ed} = 500 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 50 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = \frac{500}{118,4} \times \frac{10^3}{10^2} + \frac{50}{1148} \times \frac{10^3 \times 10^3}{10^3}$$

$$A = 118,4 \text{ cm}^2$$

$$W_{el} = 1148 \text{ cm}^3$$

$$= 85,8 \text{ MPa} < \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{235}{1,05} = 223,8 \text{ MPa}$$

OK!

# Tenno-flessione (o pseudo-flessione delle sezioni) e He

Classe 1 e 2

Classe 3

1.  $M_{Ed} \leq M_{pl,N,Rd}$

$M_{Ed} \leq M_{el,N,Rd}$  Verifica diretta

2. dominio per punti:

dominio elastico

dominio elastico

3. X

$$\sigma_{max} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$