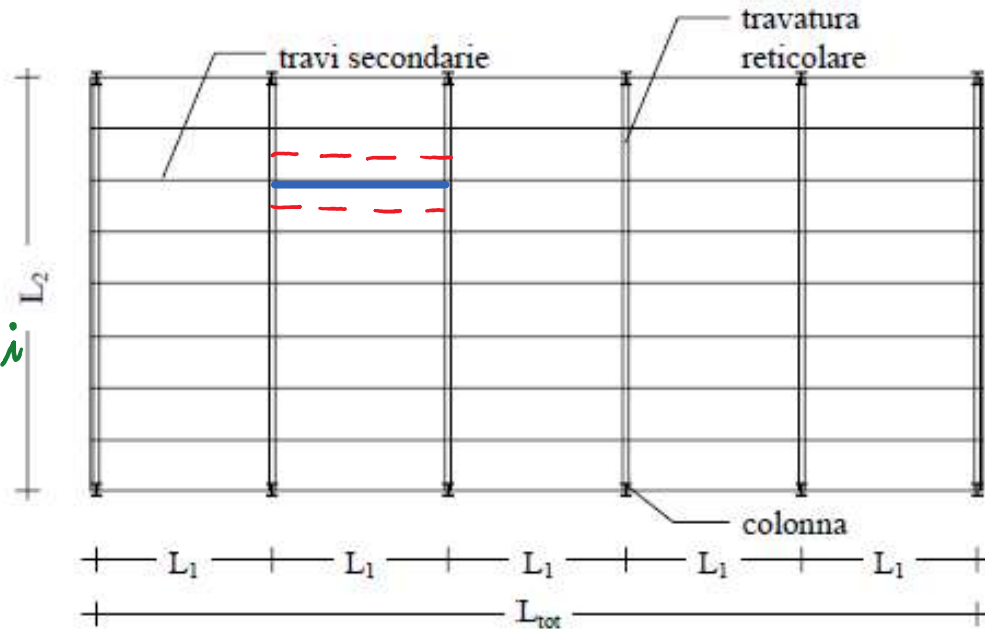
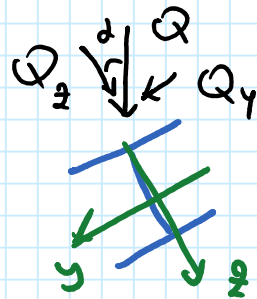
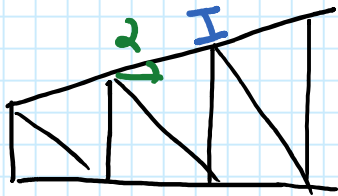


Carpenteria copertura

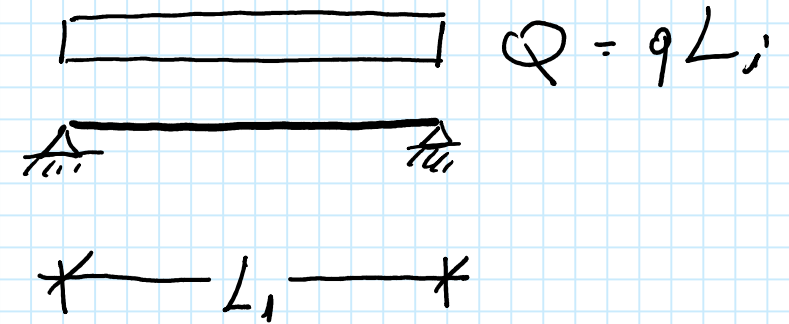


$$L_i \cdot \frac{i''}{\cos \alpha} \approx i$$



Flessione di rieste
e Taglio

Travi con oblique



Verifica alla SLU

Flessione

Taglio

Verifica alla SLE

Spostamenti

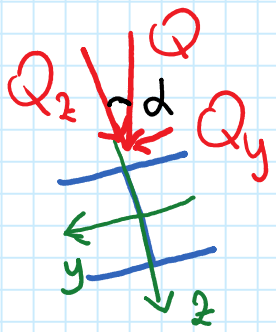
Carichi delle trave secondarie

Carichi per SLE e per SLU								
i	1.5 m							
α	11.3 gradi							
α (radianti)	0.197222							
	Li (m)	gk o qk (kN/m ²)	Gk o Qk (kN/m)	Gd o Qd (kN/m)	Gkz o Qkz (kN/m)	Gky o Qky (kN/m)	Gdz o Qdz (kN/m)	Gdy o Qdy (kN/m)
Pannello	1.53	0.13	0.20	0.26	0.20	0.04	0.25	0.05
Trave sec.		0.17	0.17	0.22	0.17	0.03	0.22	0.04
Variabile	1.50	0.50	0.75	1.13	0.74	0.15	1.10	0.22
Neve	1.50	0.48	0.72	1.08	0.71	0.14	1.06	0.21
Vento \perp sp +	1.53	0.14	0.21	0.32	0.21	0.00	0.32	0.00
Vento \perp sp -	1.53	-0.61	-0.93	-1.40	-0.93	0.00	-1.40	0.00
Vento \perp st	1.53	-0.56	-0.86	-1.28	-0.86	0.00	-1.28	0.00
Vento // A	1.53	-0.82	-1.25	-1.88	-1.25	0.00	-1.88	0.00
Vento // B	1.53	-0.46	-0.70	-1.06	-0.70	0.00	-1.06	0.00

1. Dei carichi per unità di superficie calcolo i carichi per unità di lunghezza (il peso proprio delle trave secondarie è già per unità di lunghezza).

$$Q = q L_i$$

2. Calcolo le componenti del carico rispetto agli assi principali d'inertie ...



$$Q_x = Q \cos d$$

$$Q_y = Q \sin d$$

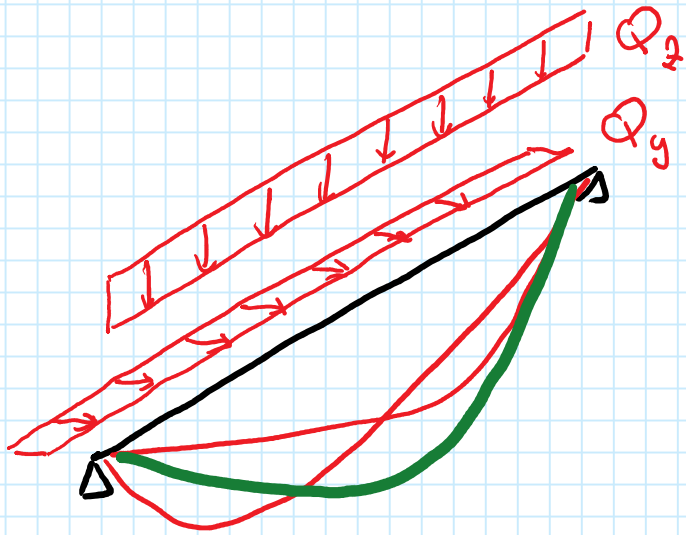
3. Carichi delle travi secondo le componenti rispetto a x ed y vanno calcolati due volte con i valori caratteristici e di progetto.

$$\begin{array}{c} G_k \\ Q_k \end{array} \left| \Rightarrow \begin{array}{c} G_{k,x} \text{ e } G_{k,y} \\ Q_{k,x} \text{ e } Q_{k,y} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{c} G_d = \gamma_G G_k \\ Q_d = \gamma_Q Q_k \end{array} \left| \Rightarrow \begin{array}{c} G_{d,x} \text{ e } G_{d,y} \\ Q_{d,x} \text{ e } Q_{d,y} \end{array} \right.$$

Progetta le travi monobocce imponendo il rispetto delle verifiche degli spostamenti che è di norma la più onerosa.

Se la folds è inclinata lo spostamento avrà due componenti ...

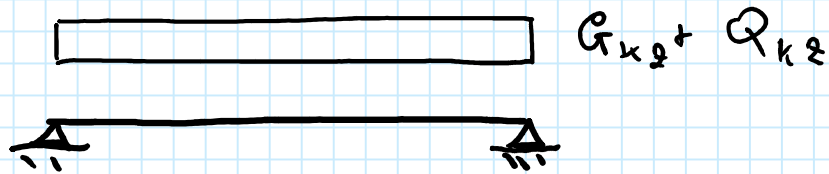


$$Q_z \longrightarrow \delta_z$$

$$Q_y \longrightarrow \delta_y$$

$$\delta = \sqrt{\delta_z^2 + \delta_y^2}$$

Adesso devo combinare i carichi



Carichi permanenti

$$G_{kz} = 0,20 + 0,14 = 0,34 \text{ kN/m} \quad G_{ky} = 0,04 + 0,03 = 0,07 \text{ kN/m}$$

Carichi variabili

Devo determinare il carico "principale" che produce le combinazioni di carico rese più gravose.

$$Q_{kz} = 0,44 + 0,5 \times 0,41 + 0,6 \times 0,21 = \underline{\underline{1,22 \text{ kN/m}}} \quad \text{Vento principale}$$

$$Q_{kz} = 0 \times 0,44 + 0,71 + 0,6 \times 0,21 = 0,84 \text{ kN/m} \quad \text{Neve principale}$$

$$Q_{kz} = 0 \times 0,44 + 0,5 \times 0,71 + 0,21 = 0,57 \text{ kN/m} \quad \text{Vento principale}$$

$$Q_{ky} = 0,15 + 0,5 \times 0,14 + 0 = 0,22 \text{ kN/m}$$

Quindi ...

$$Q_{kz} = 1,22 \text{ kN/m}$$

$$Q_{ky} = 0,22 \text{ kN/m}$$

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{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 $\leq 30 \text{ kN}$)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30 \text{ kN}$)	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 $\leq 1000 \text{ m s.l.m.}$)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000 \text{ m s.l.m.}$)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In queste fasi considero solo Q_2 (flessione rotte), scelgo le sezioni abbassandolo un po' e poi meglio considerandolo anche Q_1 (flessione deviate).

Impongo $\sigma_{\max,2} \leq$ valore limite e ricevo I_y

$$\sigma_{\max,2} = \frac{5}{384} \frac{(G+Q)_{k2} L_1^4}{E I_y} \leq \frac{L_1}{200}$$

$$\frac{5}{384} \frac{(G+Q)_{k2} L_1^4}{E I_y} \leq \frac{L_1}{200}$$

$$I_y \geq \frac{1000}{384} \frac{(G+Q)_{k2} L_1^3}{E} = \frac{1000}{384} \frac{(0,37 + 1,22) \times 5,8^3}{210 \cdot 1000} \times \frac{10^9}{10^4} = \underline{\underline{384,7 \text{ cm}^4}}$$

Devo anche considerare le verifiche su S_2 . Dunque:
 Impongo $\delta_{max,2} \leq$ valore limite e ricevo un secondo
 valore di I_y

$$\delta_{2,2} = \frac{5}{384} \frac{Q_{k2} L_1^3}{E I_y} \leq \frac{\Delta}{250}$$

$$I_y \geq \frac{1250}{384} \frac{Q_{k2} L_1^3}{E} = \frac{1250}{384} \times \frac{1,22 \times 5,8^3}{210.000} \times 10^5 = 369,0 \text{ cm}^4$$

Confronto il più grande tra i due ($384,7 \text{ cm}^4$) e
 scelgo la sezione trasversale

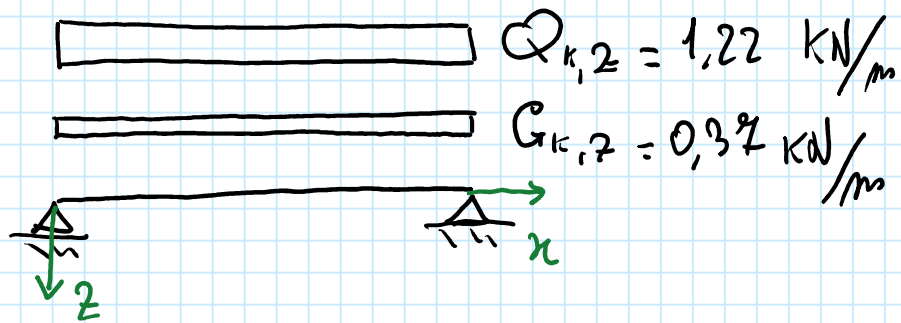
Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte												Classification ENV 1993-1-1						HISTAR	
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z							pure bending y-y			pure compression			
	G kg/m	I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	W _{pl,y} ⬆ cm ³	i _y cm	A _{vz} cm ²	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	W _{pl,z} ⬆ cm ³	i _z cm	S _s mm	I _t cm ⁴	I _w x 10 ⁻³ cm ⁶	S 235	S 355	S 460	S 235	S 355		S 460
HE 120 AA	14.6	413.4	75.85	84.12	4.72	6.90	158.8	26.47	40.62	2.93	29.26	2.78	4.24	2	3	-	2	3	-	
HE 120 A	19.9	606.2	106.3	119.5	4.89	8.46	230.9	38.48	58.85	3.02	35.06	5.99	6.47	1	1	-	1	1	-	
HE 120 B	26.7	864.4	144.1	165.2	5.04	10.96	317.5	52.92	80.97	3.06	42.56	13.84	9.41	1	1	-	1	1	-	

HE 120 A

$$I_y = 606.2 \text{ cm}^4$$

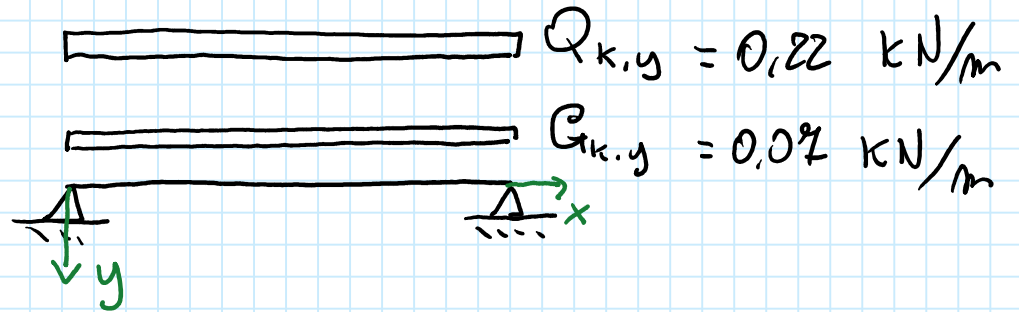
$$I_z = 230.9 \text{ cm}^4$$

Adesso verifico considerando le flessioni dovute ...



$$\delta_{max,z} = \frac{5}{384} \frac{(G_k + Q)_{kz} L_1^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \frac{(0,37 + 1,22) \times 5,8^4}{210.000 \times 606,7} \times \frac{10^3 \times 10^8}{10^4}$$

$$= 18,4 \text{ mm}$$



$$\delta_{max,y} = \frac{5}{384} \frac{(G_k + Q)_{ky} L_1^4}{E I_z} = \frac{5}{384} \frac{(0,07 + 0,22) \times 5,8^4}{210.000 \times 230,9} \times 10^8$$

$$= 8,8 \text{ mm}$$

OK!

$$\delta_{max} = \sqrt{\delta_{max,z}^2 + \delta_{max,y}^2} = \sqrt{18,4^2 + 8,8^2} = 20,4 \text{ mm} \leq \frac{L_1}{200} = \frac{5800}{200} = 29,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{2,z} = \frac{5}{384} \frac{Q_{K2} L_1^4}{EI_y} = \frac{5}{384} \times \frac{1,22 \times 5,8^4}{210.000 \times 606,2} \times 10^8 = 14,1 \text{ mm}$$

$$\delta_{2,y} = \frac{5}{384} \frac{Q_{Ky} L_1^4}{EI_z} = \frac{5}{384} \times \frac{0,22 \times 5,8^4}{210.000 \times 230,9} \times 10^8 = 6,6 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = \sqrt{14,1^2 + 6,6^2} = 15,5 \text{ mm} \leq \frac{L_1}{250} = \frac{5800}{250} = 23,2 \text{ mm}$$

OK!

Verifica a flexão (SLU)

$$\frac{M_{yEd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zEd}}{M_{zRd}} \leq 1$$



M_y

A parabolic bending moment diagram is shown below the beam, with its maximum value at the center. The diagram is labeled $(G_{dz} + Q_{dz}) \frac{L^2}{8}$.

$$G_{dz} = 1,3 \times 0,37 = 0,48 \text{ kN/m}$$

$$Q_{dz} = 1,5 \times 1,22 = 1,83 \text{ kN/m}$$



M_z

A parabolic bending moment diagram is shown below the beam, with its maximum value at the center. The diagram is labeled $(G_{dy} + Q_{dy}) \frac{L^2}{8}$.

$$G_{dy} = 1,3 \times 0,07 = 0,09 \text{ kN/m}$$

$$Q_{dy} = 1,5 \times 0,22 = 0,33 \text{ kN/m}$$

$$M_{y,Ed} = (G_{dz} + Q_{dz}) \frac{L_1^2}{8} = (0,48 + 1,83) \times \frac{5,8^2}{8} = 9,7 \text{ kNm}$$

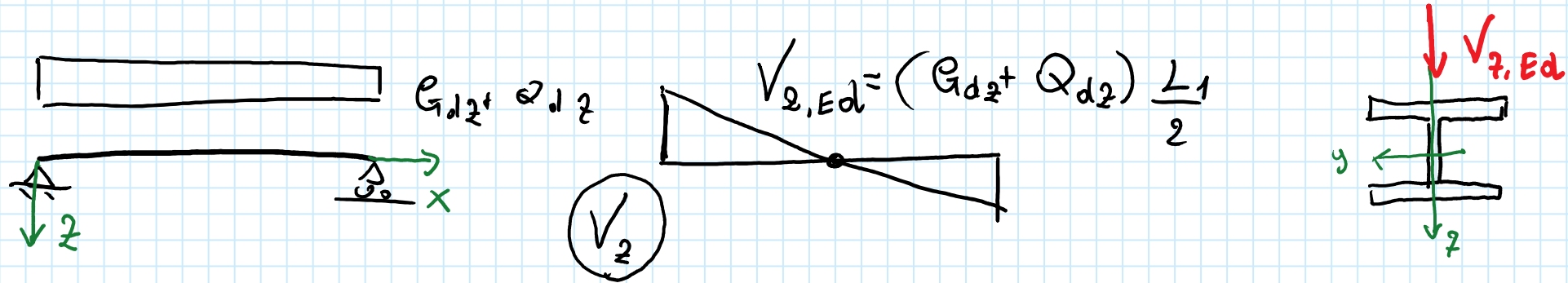
$$M_{z,Ed} = (G_{dy} + Q_{dy}) \frac{L_1^2}{8} = (0,09 + 0,33) \times \frac{5,8^2}{8} = 1,8 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{119,5 \times 235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 26,7 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{58,85 \times 235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 13,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{9,7}{26,7} + \frac{1,8}{13,2} = 0,499 \leq 1 \quad \text{OK!}$$

Verifica a taglio (SLV) delle travi secondarie



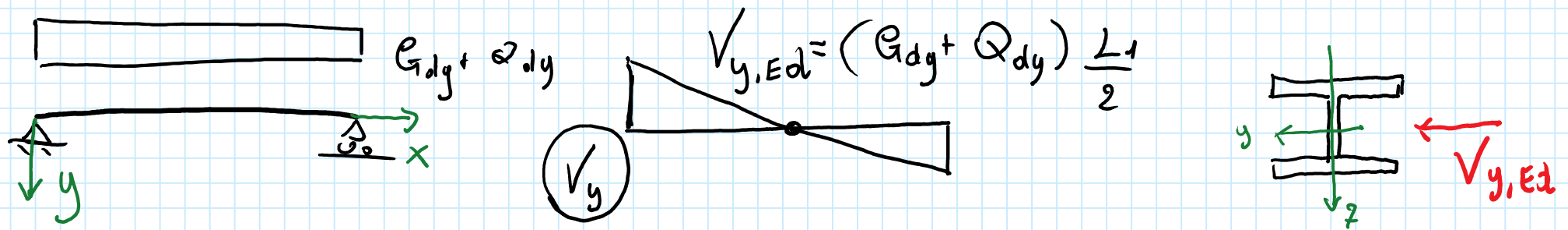
$$V_{2,Ed} = (G_{d2} + Q_{d2}) \frac{L_1}{2} = (0,48 + 1,83) \times \frac{5,8}{2} = 6,7 \text{ kN}$$

$$V_{pl,2,Rd} = \frac{A_{V2} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{8,46 \times 235}{\sqrt{3} \times 1,05} \times \frac{1}{10} = 109,3 \text{ kN}$$

$$A_{V2} = A - 2 b t_f + (t_w + 2 t_f) t_f = 25,31 - 2 \times 12 \times 0,8 + (0,5 + 2 \times 1,2) \times 0,8$$

$$= 8,46 \text{ cm}^2$$

$$V_{2,Ed} = 6,7 \text{ kN} \leq V_{pl,2,Rd} = 109,3 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$



$$V_{y,Ed} = (G_{dy} + Q_{dy}) \frac{L_1}{2} = (0,09 + 0,33) \times \frac{5,8}{2} = 1,22 \text{ kN}$$

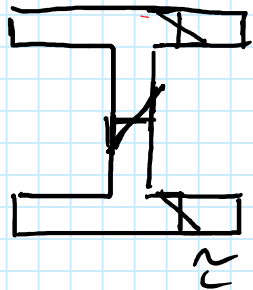
$$V_{pl,y,Red} = \frac{A_{vy} \cdot l_y}{\sqrt{3} \cdot \sigma_{Ho}} = \frac{20,4 \times 235}{\sqrt{3} \times 1,05} \times \frac{1}{10} = 263,6$$

$$A_{vy} = A - h_w t_w = 25,34 - (11,4 - 2 \times 0,8) \times 0,5 = 20,4 \text{ cm}^2$$

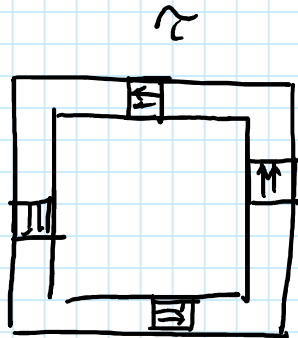
$$V_{y,Ed} = 4,22 \ll V_{pl,y,Rd} = 263,6 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

Torioni

Torioni primarie \rightarrow provole solo z



... sezioni aperte



sezioni chiuse
a parete di T

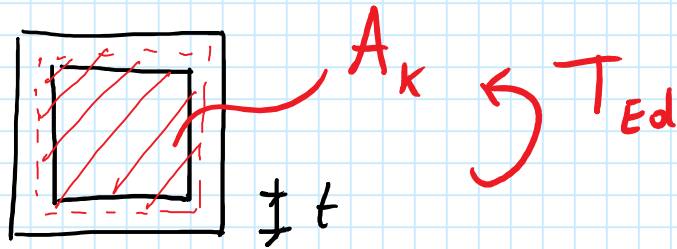
tensioni più piccole

Spessore t variabile

$$\tau_{\max} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k t_{\min}} \quad \text{formule di Bredt}$$

Spessore t costante

$$\tau = \frac{T}{2 A_k t}$$



Sezione ~ plasticizzata



SLU

$$\tau = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{T_{Rd}}{2 A_k t} \Rightarrow T_{Rd} = 2 A_k t \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$\begin{cases} T_{Ed} \leq T_{Rd} \\ T_{Rd} = 2 A_k t \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \end{cases}$$

Vali per sezioni chiuse