

S 235

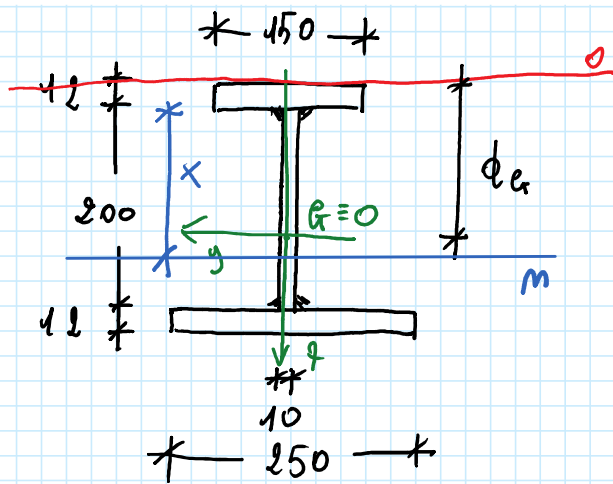
$$M_{Ed} = 75 \text{ kNm}$$

Class 1 o 2

$$\eta_{pl, rot} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{H_0}}$$

$$W_{pl} = 2 S_{1/2}$$

He devo calcolare $S_{1/2}$ che è il momento statico di tutta sezione rispetto all'asse baricentrico y .



$$S_o = A d_g \Rightarrow d_g = S_o / A = \frac{888800}{6800} = 130,7 \text{ mm}$$

$$A = 12 \times 250 + 10 \times 200 + 12 \times 150 = 6800 \text{ mm}^2$$

$$S_o = 12 \times 150 \times 6 + 10 \times 200 \times (100 + 12) + 12 \times 250 \times (12 + 200 + 6)$$

$$= 888800 \text{ mm}^3$$

$$12 \times 150 + 10 X = \frac{A}{2}$$

$$10 X = \frac{A}{2} - 12 \times 150$$

$$X = \frac{1}{10} \left(\frac{A}{2} - 12 \times 150 \right) = \frac{1}{10} \times \left(\frac{6800}{2} - 12 \times 150 \right) = 160 \text{ mm}$$

$$80 = -426800 \text{ mm}^3$$

$$= -426,8 \text{ cm}^3$$

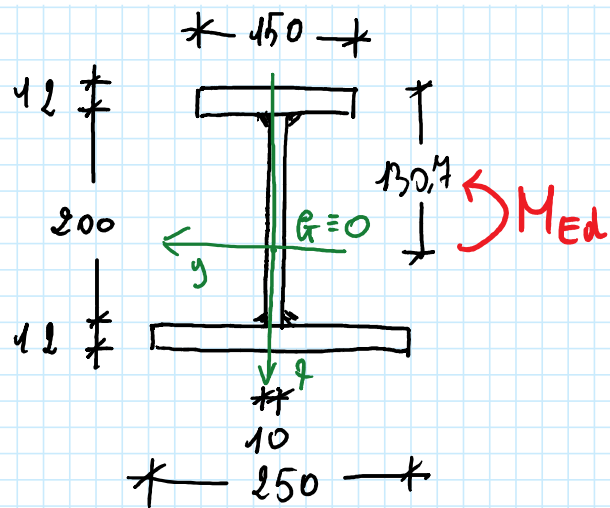
$$S_{1/2} = -12 \times 150 \times (130,4 - 6) - 10 \times 160 \times (130,4 - 80 - 12) = -286380 \text{ mm}^3$$

$$= -286,4 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl} = 2 S_{1/2} = -2 \times (-286,4) = 572,8 \text{ cm}^3$$

$$M_{pl,Rd} = 572,8 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 128,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 75 \text{ kNm} < M_{Rd} = M_{pl,Rd} = 128,2 \text{ kNm} \quad \text{OK!}$$



S 235

$$M_{Ed} = 75 \text{ kNm}$$

Class 3

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

$$W_{el} = \frac{I}{z_{max}}$$

$d_g = 130,7 \text{ mm}$ si calcola come nell'esercizio precedente

$$z_{max} = d_g = 130,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 150 \times \frac{12^3}{12} + 150 \times 12 \times (130,4 - 6)^2 + \\
 &+ 10 \times \frac{200^3}{12} + 10 \times 200 \times (130,4 - 112)^2 = \\
 &+ 250 \times \frac{12^3}{12} + 250 \times 12 \times (224 - 6 - 130,4)^2 = \\
 &= 58277678,7 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$W_{el} = \frac{I}{z_{max}} = \frac{58277678,7}{130,4} = 445888 \text{ mm}^3 = 445,9 \text{ cm}^3$$

$$M_{ed, Rd} = W_{el} \frac{f_t}{\gamma_{Ho}} = 445,9 \times \frac{235}{1,05} \times \frac{1}{10^3} = 99,8 \text{ kNm}$$

$$M_{ed} = 45,0 \text{ kNm} < M_{Rd} = M_{ed, Rd} = 99,8 \text{ kNm} \quad \text{OK!}$$

Momento resistente

Che

① e ②

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

$$W_{pl} = 2 S_{1/2}$$

③

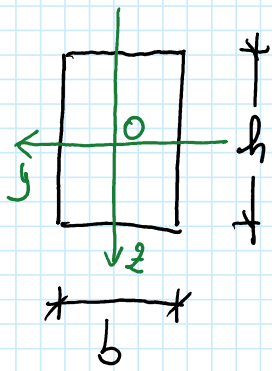
$$M_{Rd} = M_{u,Rd} = W_{el} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$W_{el} = \frac{I}{z_{max}}$$

Fattore di forma delle sezioni

$$\alpha = \frac{M_{pl,Rd}}{M_{u,Rd}} = \frac{W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}}{W_{el} \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = \frac{W_{pl}}{W_{el}}$$

dipende solo dalla geometria delle sezioni



Sezione rettangolare

$$W_{el} = \frac{I}{z_{max}} = \frac{b h^3 / 12}{h/2} = \frac{b h^2}{6}$$

$$W_{pe} = 2 S_{1/2} = 2 b \frac{h}{2} \frac{h}{4} = \frac{b h^2}{4}$$

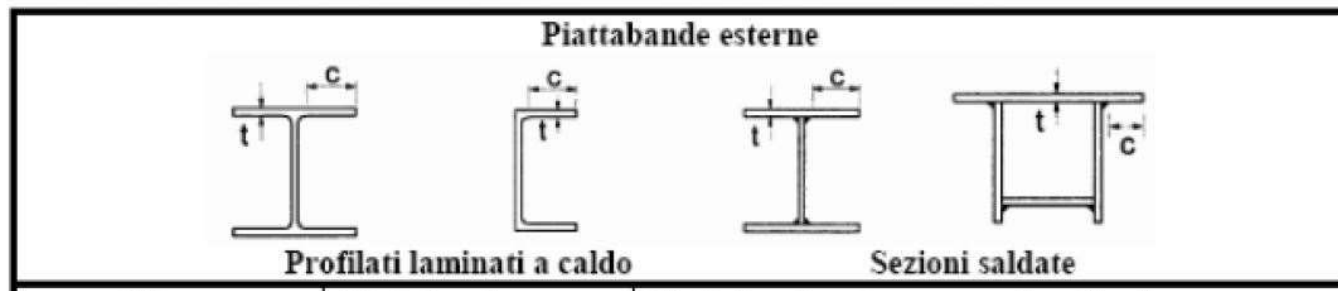
$$d = \frac{W_{pe}}{W_{el}} = \frac{\frac{b h^2}{4}}{\frac{b h^2}{6}} = 6 \times \frac{1}{4} = 1,5$$

Per profili a doppio T
e molto più basso 1,1 ÷ 1,2

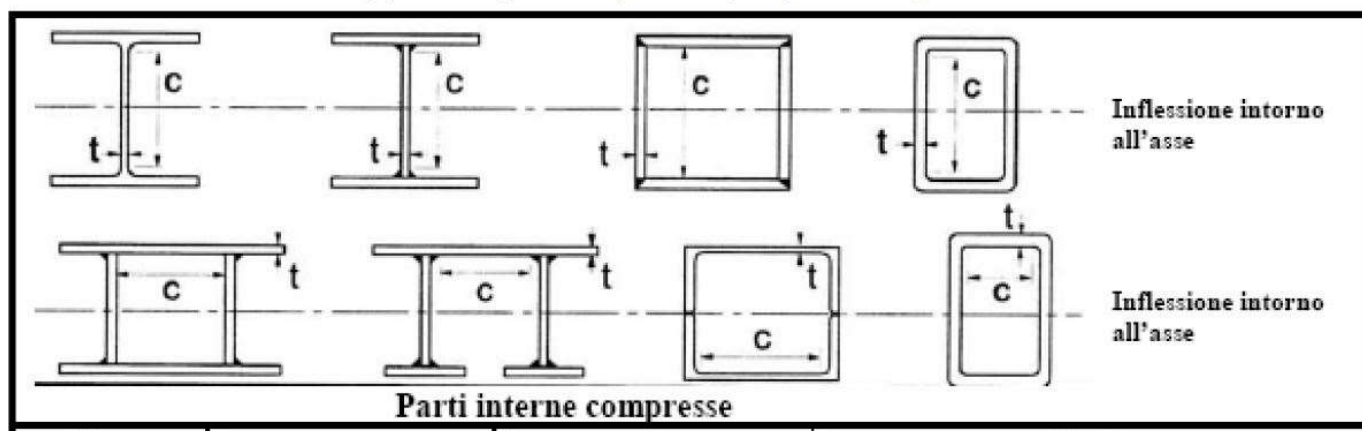
Determinazione della classe delle sezioni

Suddividere le sezioni in parti e determinare le classi di ciascuna parte "comprese".



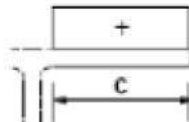
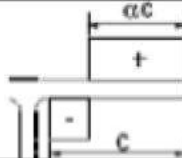
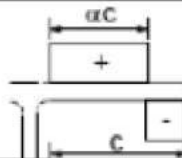
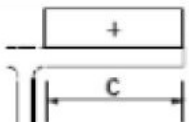
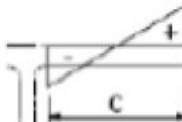
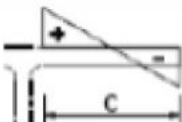
Tab. 4.2.IV - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse



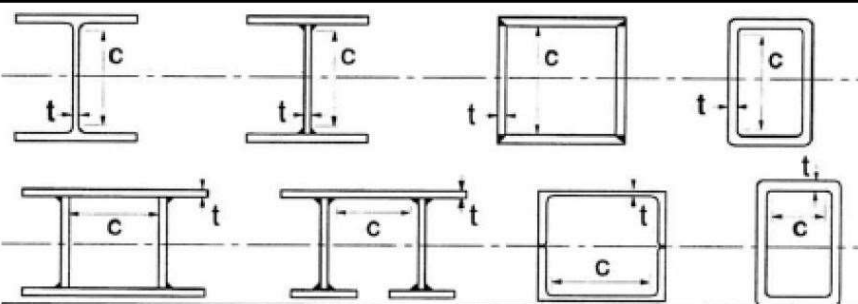
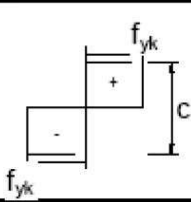
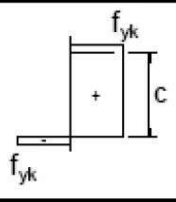
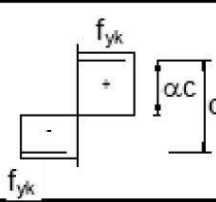
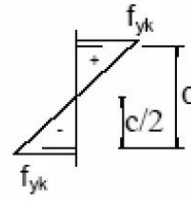
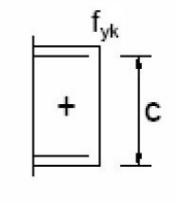
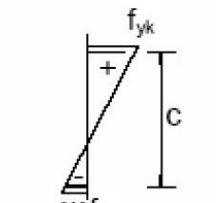
Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse



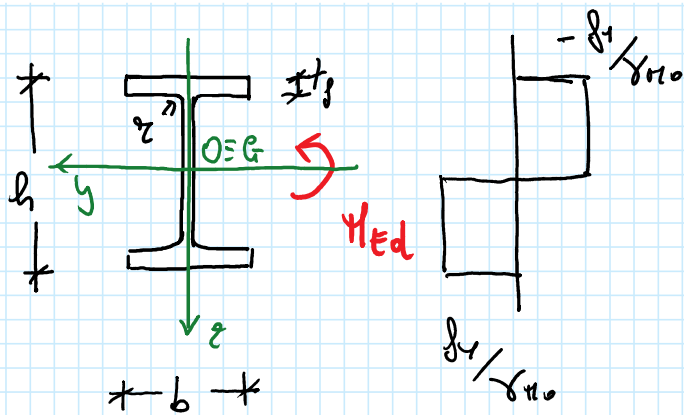
Tab. 4.2.IV - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

Piattabande esterne						
						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione	Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione				
		Con estremità in compressione		Con estremità in trazione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_e}$ Per k_e vedere EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Tab. 4.2.III - Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse

						
Parti interne compresse						
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione		Parte soggetta a flessione e a compressione		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$		quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$		
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$		quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$		
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$		quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$		
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y > f_{yk}/E$



IPE 240

S 235

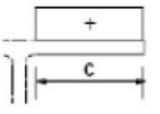
Fleangia superiore (parte esterna)

$$e = \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - z = \frac{120}{2} - \frac{6,2}{2} - 15$$

$$= 41,9 \text{ mm}$$

$$t = t_f = 9,8 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$\frac{e}{t} = \frac{41,9}{9,8} = 4,27 < 9 \epsilon = 9$$

Classe	Piattabande esterne soggette a compressione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 9 \epsilon$
2	$c/t \leq 10 \epsilon$

Classe 1

Amime (parte interna)

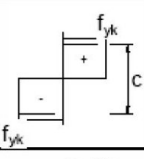
$$c = h - 2t_f - 2z = 240 - 2 \times 9,8 - 2 \times 15 = 190,4 \text{ mm}$$

$$t = t_w = 6,2$$

OK!

$$\frac{c}{t} = \frac{190,4}{6,2} = 30,7 < 72 E = 72$$

Classe 1

Classe	Parte soggetta a flessione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 72 E$
2	$c/t \leq 83 E$

Flessione
compressione

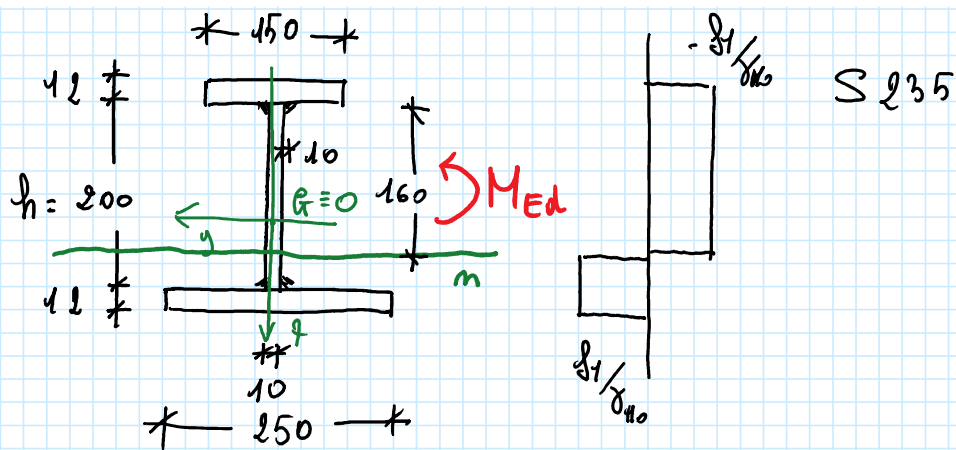
Classe 1

\Rightarrow

Sezione classe 1

Amime

Classe 1



Fleangie superiore (parte esterne)

$$e = \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - s = \frac{150}{2} - \frac{10}{2} - 10 = 60 \text{ mm}$$

$$t = t_f = 12 \text{ mm}$$

OK!

$$\frac{e}{t} = \frac{60}{12} = 5 < 9 \epsilon = 9$$

Classe 1

Classe	Piattabande esterne soggette a compressione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 9\epsilon$
2	$c/t \leq 10\epsilon$

Amme (parti interne)

Sezione classe 1

$$e = h - 2s = 200 - 2 \times 10 = 180 \text{ mm}$$

$$t : t_w = 10$$

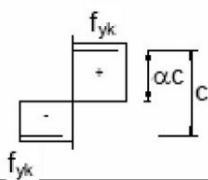
$$\frac{e}{t} = \frac{180}{10} = 18 < \text{Vol. } l_{m1} = 40,44$$

OK!

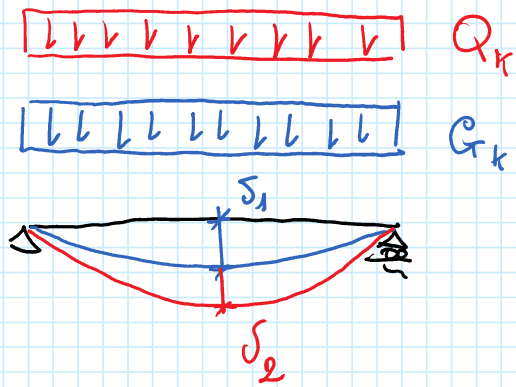
Classe 1

$$d = \frac{160 - 10}{180} = 0,833$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. limite 1 : } \frac{396 E}{13\alpha - 1} &= \frac{396}{13 \times 0,833 - 1} \\ &= 40,44 \end{aligned}$$

Parte soggetta a flessione e a compressione	
	
quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{396e}{13\alpha - 1}$	←
quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{36e}{\alpha}$	
quando $\alpha > 0,5 : c/t \leq \frac{456e}{13\alpha - 1}$	
quando $\alpha \leq 0,5 : c/t \leq \frac{41,5e}{\alpha}$	

Verifica degli spostamenti (SLE)



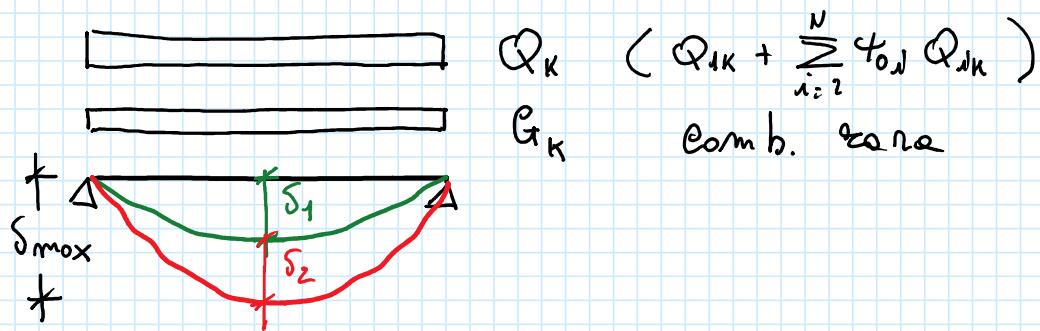
$$\delta_{max} = \delta_1 + \delta_2$$

$$\delta_{max} \leq \text{Val. limite} (\delta_{max})$$

$$\delta_2 \leq \text{Val. limite} (\delta_2)$$

Y valori limite utili per
le verifiche di forma come
la NTC18

Verifica degli spostamenti: (SLE)

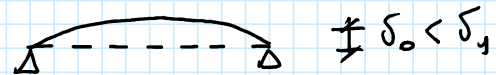


$$\delta_{max} \leq \text{Valore limite (in } \delta_{max} \text{)}$$

$$\delta_2 \leq \text{Valore limite (in } \delta_2 \text{)}$$

y valori limite utili per
 le verifiche di forma come
 le NTC18

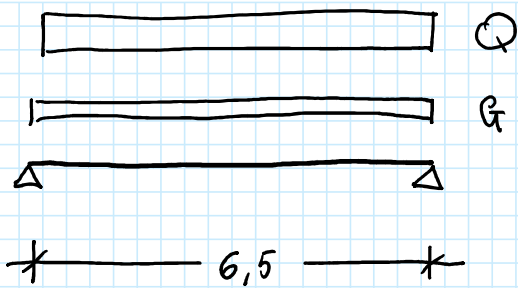
$$\delta_{max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0$$



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	$\frac{1}{250}$	
<i>In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.</i>		

Per elementi e murature i valori limite vanno ridotti di 1/2



$$G_k = 3,0 \text{ kN/m}$$

$$Q_k = 7,0 \text{ kN/m}$$

IPE 240

$$I = 3892 \text{ cm}^4$$

Openure em material
fragile

NO

$$s_{max} = \frac{5}{384} \frac{(G_k + Q_k) l^4}{E_s I} \leq \frac{1}{250} l$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{10 \times 6,5^4}{210.000 \times 3892} \times \frac{10^{18}}{10^4} = 28,4 \text{ mm} \leq \frac{6500}{250} = 26 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{Q_k l^4}{E_s I} = \frac{5}{384} \frac{7 \times 6,5^4}{210.000 \times 3892} \times 10^8 = 19,4 \text{ mm}$$

$$\delta_2 = 19,4 \text{ mm} < \frac{l}{350} = \frac{6500}{350} = 18,6 \text{ mm}$$

NO

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.