

Progetto di aste e collegamenti in acciaio

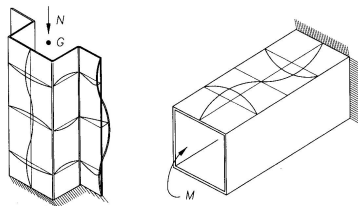
5 - Instabilità locale e classificazione delle sezioni

Spoletto
2-4 febbraio 2012
Aurelio Ghersi

**Classificazione
delle sezioni in acciaio**

**Instabilità locale
(imbozzamento).**

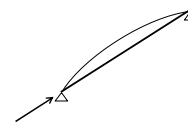
- Interessa le parti compresse della sezione trasversale dell'elemento
- Dimensione delle semionde comparabile con le dimensioni trasversali della sezione



**Instabilità locale
(imbozzamento).**

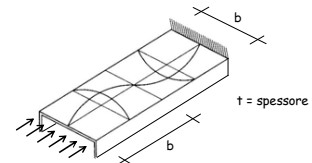
- Asta compressa

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(l_0 / i)^2}$$



- Lastra compressa

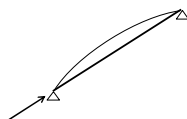
$$\sigma_{cr} = \frac{k \pi^2 E}{12 (1 - \nu^2) (b/t)^2}$$



Comportamento post-critico

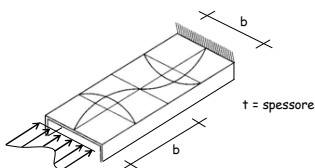
- Asta compressa

la tensione non cresce più



- Lastra compressa

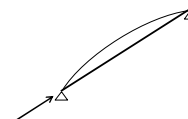
la tensione cresce,
ma in maniera non uniforme



Comportamento post-critico

- Asta compressa

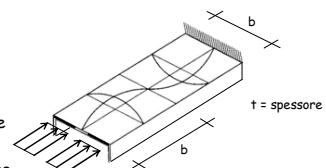
la tensione non cresce più



- Lastra compressa

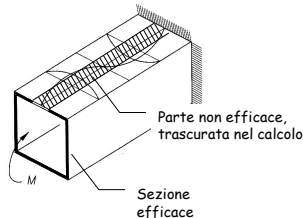
la tensione cresce,
ma in maniera non uniforme

si ipotizza di avere tensione
costante, pari al valore massimo,
per un tratto minore b_{eff} (larghezza efficace)



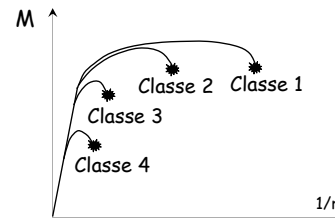
Instabilità locale (imbozzamento).

- Interessa le parti compresse della sezione trasversale dell'elemento
- Dimensione delle semionde comparabile con le dimensioni trasversali della sezione
- Se ne può tener conto considerando efficace solo una parte della sezione compressa
- Ciò può comportare una riduzione della capacità resistente e della duttilità



Classificazione delle sezioni

La classificazione è finalizzata soprattutto alle sezioni inflesse



Classificazione delle sezioni Resistenza

La classificazione è finalizzata soprattutto alle sezioni inflesse

- Classe 1 - sezioni compatte
sezioni in grado di raggiungere il momento plastico
- Classe 2 - sezioni compatte
sezioni in grado di raggiungere il momento plastico
- Classe 3 - sezioni moderatamente snelle
sezioni in cui si può raggiungere la tensione di snervamento ma l'instabilità impedisce di raggiungere il momento plastico
- Classe 4 - sezioni snelle
sezioni in cui l'instabilità avviene prima del raggiungimento della tensione di snervamento

NTC08, punto 4.2.3.1 - EC3-1-1, punto 5.5

Classificazione delle sezioni Duttilità

Capacità rotazionale: $C_\theta = \vartheta_r / \vartheta_y - 1$

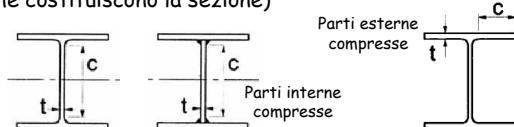
- Classe 1 - sezioni compatte $C_\theta \geq 3$
sezioni in grado di sviluppare una cerniera plastica avente capacità rotazionale elevata, senza riduzione di resistenza
- Classe 2 - sezioni compatte $C_\theta \geq 1.5$
sezioni in grado di sviluppare una cerniera plastica con limitata capacità rotazionale, senza riduzione di resistenza
- Classe 3 - sezioni moderatamente snelle
sezioni in cui si può raggiungere la tensione di snervamento ma l'instabilità impedisce di raggiungere il momento plastico
- Classe 4 - sezioni snelle
sezioni in cui l'instabilità avviene prima del raggiungimento della tensione di snervamento

NTC08, punto 4.2.3.1 - EC3-1-1, punto 5.5

Classificazione delle sezioni

La classificazione è finalizzata soprattutto alle sezioni inflesse

La classificazione viene effettuata sulla base della geometria della sezione (rapporto c/t tra lunghezza e spessore degli elementi che costituiscono la sezione)



NTC08, punto 4.2.3.1 - EC3-1-1, punto 5.5

Parti interne compresse

Parti interne compresse			
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione
1			
2			
3			
4			
$\lambda = \sqrt{235/E_s}$	f_{yk}	f_{yk}	f_{yk}
	1.00	0.92	0.81
			0.73
			0.71

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

NTC08, tab. 4.2.I

Parti esterne compresse

Piattebande esterne																											
Profili laminati a caldo		Sezioni saldate																									
Classe	Piattebande esterne soggette a compressione	Piattebande esterne soggette a flessione e a compressione	Con estremità in trazione																								
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)																											
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{2\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha \sqrt{n}}$																								
2	$c/t \leq 18\epsilon$	$c/t \leq \frac{18\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{18\epsilon}{\alpha \sqrt{n}}$																								
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)																											
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 2\epsilon \sqrt{\frac{E}{f_{yk}}}$																									
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	<table border="1"> <tr><td>f_{yk}</td><td>235</td><td>275</td><td>355</td></tr> <tr><td>ϵ</td><td>1,00</td><td>0,92</td><td>0,81</td></tr> </table>	f_{yk}	235	275	355	ϵ	1,00	0,92	0,81	<table border="1"> <tr><td>f_{yk}</td><td>235</td><td>275</td><td>355</td></tr> <tr><td>ϵ</td><td>1,00</td><td>0,92</td><td>0,81</td></tr> </table>	f_{yk}	235	275	355	ϵ	1,00	0,92	0,81	<table border="1"> <tr><td>f_{yk}</td><td>235</td><td>275</td><td>355</td></tr> <tr><td>ϵ</td><td>1,00</td><td>0,92</td><td>0,81</td></tr> </table>	f_{yk}	235	275	355	ϵ	1,00	0,92	0,81
f_{yk}	235	275	355																								
ϵ	1,00	0,92	0,81																								
f_{yk}	235	275	355																								
ϵ	1,00	0,92	0,81																								
f_{yk}	235	275	355																								
ϵ	1,00	0,92	0,81																								

NTC08, tab. 4.2.II

Classificazione delle sezioni Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

$$h = 230 \text{ mm} \quad t_f = 12 \text{ mm}$$

$$b = 240 \text{ mm} \quad t_w = 7.5 \text{ mm}$$

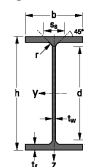
$$r = 21 \text{ mm}$$

Ala compressa

$$c = \frac{1}{2}(b - t_w - 2r) = 95.25 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 7.94$$

Per acciaio S 235
Classe 1



Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 9\epsilon$ 9
2	$c/t \leq 18\epsilon$ 10
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 14\epsilon$ 14

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
ϵ		1,00	0,92	0,81

Classificazione delle sezioni Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

$$h = 230 \text{ mm} \quad t_f = 12 \text{ mm}$$

$$b = 240 \text{ mm} \quad t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

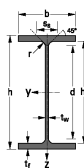
Anima

$$c = h - 2 t_f - 2 r = 164 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = 21.9$$

Per acciaio S 235
Classe 1

Il profilo è di Classe 1



Classe	Parte soggetta a flessione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 72\epsilon$ 72
2	$c/t \leq 83\epsilon$ 83
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 124\epsilon$ 124

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
ϵ		1,00	0,92	0,81

Classificazione delle sezioni Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

$$b = 240 \text{ mm} \quad t_f = 12 \text{ mm}$$

$$h = 230 \text{ mm} \quad t_w = 7.5 \text{ mm}$$

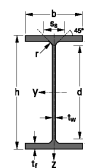
$$r = 21 \text{ mm}$$

Ala compressa

$$c = \frac{1}{2}(b - t_w - 2r) = 95.25 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 7.94$$

Per acciaio S 355
Classe 2



Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 9\epsilon$ 7.32
2	$c/t \leq 18\epsilon$ 8.14
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 14\epsilon$ 11.39

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
ϵ		1,00	0,92	0,81

Classificazione delle sezioni Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

$$b = 230 \text{ mm} \quad t_f = 12 \text{ mm}$$

$$h = 240 \text{ mm} \quad t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

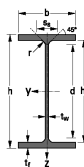
Anima

$$c = h - 2 t_f - 2 r = 164 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = 21.9$$

Per acciaio S 355
Classe 1

Il profilo è di Classe 2



Classe	Parte soggetta a flessione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 72\epsilon$ 58.6
2	$c/t \leq 83\epsilon$ 67.5
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 124\epsilon$ 100.9

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
ϵ		1,00	0,92	0,81

Classificazione delle sezioni considerazioni (1)

- La maggior parte dei profili sono di classe 1
- Sono di classe superiore alcuni profili alleggeriti (A, AA) o profili in acciaio molto resistente
- I sagomari più recenti riportano la classificazione delle sezioni

Designation Designation Bezeichnung		Classification EN 1993-1-1			
		per bending $\gamma\gamma$		per compression	
G		≤ 235	≤ 355	≤ 460	≤ 510
kg/m					
HE 100 AA	12.2	1	3	-	1
HE 100 A	16.7	1	1	-	1
HE 100 B	20.4	1	1	-	1
HE 100 M	41.8	1	1	-	1

Attenzione: vi sono state modifiche alla classificazione - i sagomari potrebbero non essere aggiornati

Classificazione delle sezioni considerazioni (2)

- La classificazione è importante per la flessione
 - la distinzione tra classe 1 e 2 riguarda solo la duttilità
 - le classi 3 e 4 hanno resistenza minore rispetto alle classi 1 e 2
- Nel caso di sforzo normale (compressione) le classi 1, 2 e 3 sono equivalenti
 - la classe 4 ha resistenza minore rispetto alle classi 1, 2 e 3
- I profili sottili appartengono alla classe 4;
ma per loro ci sono regole specifiche:
Eurocodice 3, parte 1-3