

**Progetto di aste e collegamenti in acciaio**

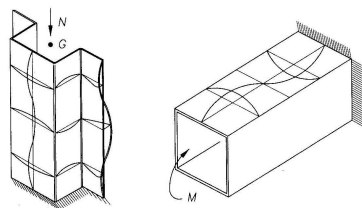
5 - Instabilità locale e classificazione delle sezioni

Spoletto  
8-10 novembre 2012  
Aurelio Ghersi

**Classificazione  
delle sezioni in acciaio**

**Instabilità locale  
(imbozzamento).**

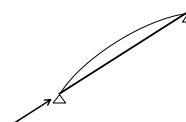
- Interessa le parti compresse della sezione trasversale dell'elemento
- Dimensione delle semionde comparabile con le dimensioni trasversali della sezione



**Instabilità locale  
(imbozzamento).**

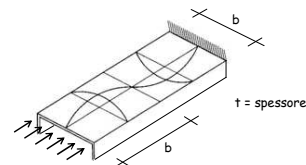
- Asta compressa

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



- Lastra compressa

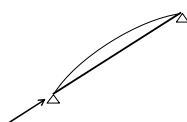
$$\sigma_{cr} = \frac{k \pi^2 E}{12 (1 - \nu^2) (b/t)^2}$$



**Comportamento post-critico**

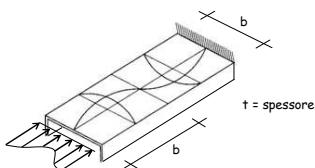
- Asta compressa

la tensione non cresce più



- Lastra compressa

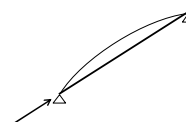
la tensione cresce,  
ma in maniera non uniforme



**Comportamento post-critico**

- Asta compressa

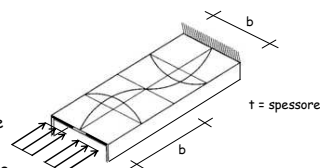
la tensione non cresce più



- Lastra compressa

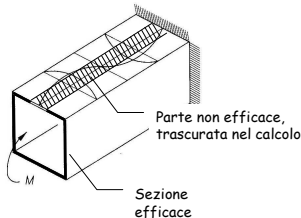
la tensione cresce,  
ma in maniera non uniforme

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



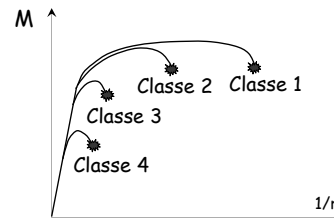
## Instabilità locale (imbozzamento).

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

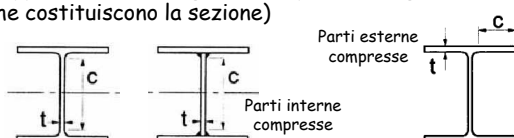
- Classe 1 - sezioni compatte  $C_\theta \geq 3$   
sezioni in grado di sviluppare una cerniera plastica avente capacità rotazionale elevata, senza riduzione di resistenza
- Classe 2 - sezioni compatte  $C_\theta \geq 1.5$   
sezioni in grado di sviluppare una cerniera plastica con limitata capacità 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			
$\alpha = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	$f_{yk}$	$f_{yk}$
	1.00	0.92	0.81
			0.73
			0.67

\* )  $\psi = -1$  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	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 2\epsilon \sqrt{\frac{b}{d}}$ Per $k_s$ valori EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355	420	460
	$\epsilon$	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

NTC08, tab. 4.2.II

## Classificazione delle sezioni Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

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

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

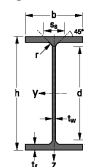
$$r = 21 \text{ mm}$$

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

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355
$\epsilon$	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

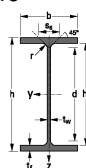
$$c = h - 2 t_f - 2 r = 164 \text{ mm}$$

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

Per acciaio S 235  
Classe 1

Il profilo è di Classe 1

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



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

## Classificazione delle sezioni Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

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

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

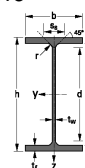
$$r = 21 \text{ mm}$$

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

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	$f_{yk}$	235	275	355
$\epsilon$	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

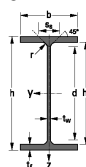
$$c = h - 2 t_f - 2 r = 164 \text{ mm}$$

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

Per acciaio S 355  
Classe 1

Il profilo è di Classe 2

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



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

## 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	per compression
G	kg/m	235	355
HE 100 AA	12.2	1	3
HE 100 A	16.7	1	1
HE 100 B	20.4	1	1
HE 100 M	41.8	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