

5.3.5. Proprietà efficaci delle sezioni trasversali per sezioni trasversali di classe 4

- (1) Le proprietà efficaci delle sezioni trasversali per le sezioni trasversali di classe 4 devono essere basate sulle larghezze efficaci degli elementi compressi: vedere 5.3.5(2).
- (2) Si raccomanda di calcolare le larghezze efficaci degli elementi piatti compressi usando il prospetto 5.3.2 per gli elementi interni e il prospetto 5.3.3 per gli elementi esterni.
- (3) Il fattore di riduzione ρ può essere ottenuto, in modo approssimato, come di seguito indicato:

◊ quando $\bar{\lambda}_p \leq 0,673$:

$$\rho = 1$$

◊ quando $\bar{\lambda}_p > 0,673$:

$$\rho = (\bar{\lambda}_p - 0,22) / \bar{\lambda}_p^2 \quad [5.11]$$

dove: $\bar{\lambda}_p$ è la snellezza del pannello data dalla formula:

$$\bar{\lambda}_p = [f_y / \sigma_{cr}]^{0,5} = (\bar{b} / t) / (28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}) \quad a)$$

nella quale: t è lo spessore pertinente;

σ_{cr} è la tensione critica di instabilità del pannello;

k_σ è il coefficiente di imbozzamento corrispondente al rapporto ψ fra le tensioni ricavato dal prospetto 5.3.2 o dal prospetto 5.3.3 come opportuno;

e \bar{b} è la larghezza pertinente (vedere il prospetto 5.3.1) ricavata come segue:

$$\bar{b} = d \quad \text{per le anime;}$$

$$\bar{b} = b \quad \text{per gli elementi a piattabanda interni (eccetto RHS);}$$

$$\bar{b} = b - 3t \quad \text{per anime di RHS;}$$

$$\bar{b} = c \quad \text{per ali sporgenti;}$$

$$\bar{b} = (b + h) / 2 \quad \text{per angolari a lati uguali;}$$

$$\bar{b} = h \text{ oppure } (b+h) / 2 \quad \text{per angolari a lati disuguali.}$$

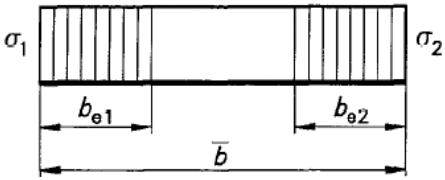
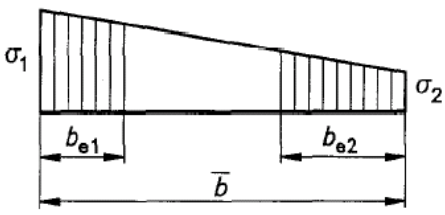
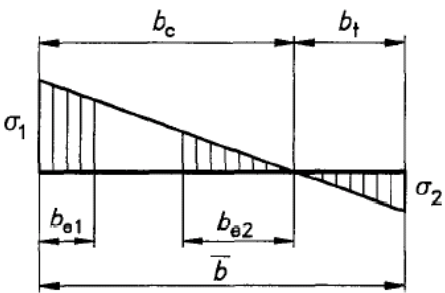
La snellezza adimensionale è espressa nella solita forma: $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}}$

Dalla a) si ricava:

$$\sigma_{cr} = \frac{(28,4 \varepsilon)^2 f_y k_\sigma}{(\bar{b} / t)^2} = \frac{28,4^2 \cdot 235}{(\bar{b} / t)^2} k_\sigma = \frac{189500}{(\bar{b} / t)^2} k_\sigma$$

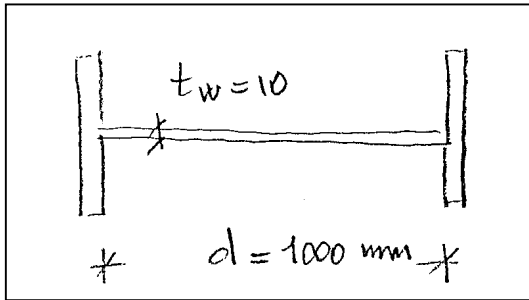
che è l'espressione classica della σ_{cr} per il pannello.

Prospetto 5.3.2 - Elementi compressi interni

Distribuzione delle tensioni (compressione positiva)				Larghezza efficace b_{eff}		
				$\psi = +1:$ $b_{\text{eff}} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{\text{eff}}$ $b_{e2} = 0,5 b_{\text{eff}}$		
				$1 > \psi \geq 0:$ $b_{\text{eff}} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2 b_{\text{eff}}}{5 - \psi}$ $b_{e2} = b_{\text{eff}} - b_{e1}$		
				$\psi < 0:$ $b_{\text{eff}} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{\text{eff}}$ $b_{e2} = 0,6 b_{\text{eff}}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	+1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -2$
Coefficiente di imbozzamento k_σ	4,0	$\frac{8,2}{1,05 + \psi}$	7,81	$7,81 - 6,29 \psi + 9,78 \psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$
In alternativa, per $1 \geq \psi \geq -1$:						
$k_\sigma = \frac{16}{\left[(1 + \psi)^2 + 0,112(1 - \psi)^2 \right]^{0,5} + (1 + \psi)}$						

L'espressione di k_σ è analoga a quella classica (v. CNR 10011 par. 7.6) per distanza fra gli irrigidimenti trasversali grande ($\alpha > 1$). Non viene considerata l'influenza di eventuali irrigidimenti trasversali.

Esempio di calcolo di larghezza efficace



Calcolare la larghezza efficace per l'anima del pilastro di figura.

Acciaio S235 (Fe360)

$$\frac{d}{t_w} = 100 > 42\varepsilon = 42 \rightarrow \text{sezione di classe 4}$$

$$b_{eff} = \rho \bar{b} = \rho d$$

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \frac{189500}{(d/t_w)^2} = 75.8 \text{ MPa} \quad (k_\sigma = 4)$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = 1.76$$

$$\rho = (\bar{\lambda}_p - 0.22) / \bar{\lambda}_p^2 = 0.497$$

$$b_{eff} = 497 \text{ mm} \quad (\text{anzichè } 1000)$$

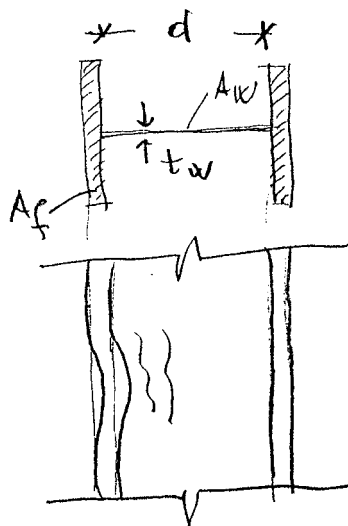
Operando con la normativa italiana (CNR 10011) avremmo verificato la sezione allo stato limite ultimo usando la σ_{cr} al posto della f_y . Poiché $\sigma_{cr} / f_y = 75.8/235 = 0.323$, avremmo usato implicitamente $b_{eff} = 323 \text{ mm}$. La CNR è quindi più cautelativa in questo caso perché assume

$$\rho = 1 / \bar{\lambda}_p^2. \text{ E' invece meno cautelativa per } \bar{\lambda}_p < 1.22$$

L'eurocodice affronta il problema dell'instabilità locale nel modo seguente:

Aste compresse #5.4.4.

Se la sezione è di classe < 4 ($d/t_w < 42 \varepsilon$) non ci sono problemi di instabilità locale. In caso contrario si considera solo l'area efficace A_{eff} , cioè non si considerano portanti le parti imbozzate.



Se quindi l'anima di una colonna è molto sottile, si considerano portanti solo le ali. E' però evidente che il rapporto d/t_w deve avere un limite, altrimenti l'anima non è in grado di contrastare l'instabilità locale delle ali (v. figura).
Tale limite è indicato al #5.7.7:

$$\frac{d}{t_w} < k \frac{E}{f_y} \sqrt{\frac{A_w}{A_f}} \quad \text{con } k=0.55$$

L'ordine di grandezza è $d/t_w < 500$ perché in genere $A_w > A_f$ ed è facilmente rispettato.

Aste inflesse #5.4.5

Se la sezione è di classe < 4 ($d/t_w < 124 \epsilon$) e si verifica con W_{el} non ci sono problemi. Altrimenti si usa W_{eff}

Taglio #5.4.6

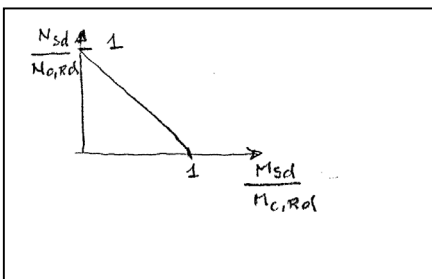
Se $d/t_w > 69 \epsilon$ si deve verificare l'instabilità per taglio.

Flessione e taglio EC3 #5.4.7

Se il taglio non supera il 50% della resistenza plastica a taglio, non si deve ridurre la resistenza al momento flettente. Altrimenti si deve usare il momento resistente ridotto $M_{V,Rd}$ [5.22]

Flessione e forza assiale EC3 #5.4.8

A parte i problemi di stabilità globale, per tutte le sezioni è conservativo l'impiego della formula classica del calcolo elastico:



$$\sigma = \frac{N_{Sd}}{A_{eff}} + \frac{M_{Sd}}{W_{el,eff}} \leq f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{che, dividendo ambo i membri}$$

per f_{yd} , diventa:

$$\frac{N_{Sd}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{pl,Rd}} \leq 1 \quad (\text{formula di interazione lineare})$$

Le risorse plastiche sono maggiori, se possono essere sfruttate, cioè se non si instaurano fenomeni di instabilità locale. Ad esempio per sezioni rettangolari (v. Caironi par. 3.8.1 ed EC3 #5.4.8.1 (2)), si ha:

$$\left[\frac{N_{sd}}{N_{pl,Rd}} \right]^2 + \frac{M_{sd}}{M_{pl,Rd}} \leq 1$$

