

8. Resistenza degli elementi strutturali

8.1 Stato limite di utilizzazione

(Ballio pag. 391)

8.1.1 Influenza delle deformazioni

EUROCODICE 3

4.1. Principi

(1) Gli stati limite di servizio per costruzioni di acciaio sono (vedere anche 2.2.1.1):

deformazioni o spostamenti che compromettono l'aspetto esteriore o l'uso efficiente della struttura (includendo il malfunzionamento dei macchinari e dei servizi);
vibrazioni, oscillazioni o spostamenti laterali che creano fastidio agli occupanti dell'edificio o danno ai suoi contenuti;
danni alle finiture o agli elementi non strutturali a causa di deformazioni, spostamenti, vibrazioni, oscillazioni o spostamenti laterali.

(2) Per evitare di oltrepassare questi limiti è necessario limitare le deformazioni, spostamenti e vibrazioni.

(3) Ad eccezione dei casi in cui valori limite specifici siano concordati fra il cliente, il progettista e le competenti Autorità, si devono applicare i valori limite assegnati in questo paragrafo.

(4) Qualora si adotti una analisi plastica globale per lo stato limite ultimo, si deve verificare l'eventualità che si abbia anche una ridistribuzione plastica delle forze e dei momenti allo stato limite di servizio. Ciò è consentito solo quando si potrà dimostrare che tale condizione non sarà ripetuta. Tale eventualità deve inoltre essere tenuta in conto nel calcolo delle deformazioni.

(5) Quando si impiegano bulloni precaricati nei collegamenti di categoria B [vedere 6.5.3.1 (3)], i requisiti dati in 6.5.8 devono essere soddisfatti per la resistenza allo scorrimento allo stato limite di servizio.

4.2. Controllo degli spostamenti

4.2.1. Requisiti

(1) Le strutture di acciaio ed i componenti devono essere dimensionati in modo tale che gli spostamenti rimangano nei limiti concordati fra il cliente, il progettista e le competenti Autorità ed essere idonei all'uso ed all'occupazione previsti ed alla natura dei materiali che devono essere sostenuti.

(2) I limiti raccomandati per gli spostamenti sono forniti in 4.2.2. In alcuni casi limiti più rigorosi (o eccezionalmente limiti meno rigorosi risulteranno appropriati per adattarsi all'uso dell'edificio o alle caratteristiche dei materiali di rivestimento o per assicurare l'idonea operatività di ascensori, ecc.

(3) I valori dati in 4.2.2 sono valori empirici. Essi sono da intendersi quali valori di confronto con i risultati dei calcoli e non devono essere interpretati come criteri di prestazione.

(4) I valori di progetto dati in 2.3.4 per le combinazioni non frequenti devono essere usati in concomitanza con i valori limite indicati in 4.2.

(5) Nel calcolo degli spostamenti si deve tenere in debito conto ogni effetto del secondo ordine, la rigidità rotazionale di ogni nodo semirigido e la possibile presenza di deformazioni plastiche che intervengano allo stato limite di servizio.

4.2.2. Valori. Ilmite

(1) I valori limite degli spostamenti verticali dati nel seguito sono illustrati facendo riferimento alla trave semplicemente appoggiata mostrata nella fig. 4.1, nella quale:

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

dove: δ_{\max} è la freccia nello stato finale riferita alla linea retta congiungente i supporti;

δ_0 è la **pre-monta** iniziale (**controfreccia**) della trave nella condizione scarica [stato (0)];

δ_1 è la variazione dell'inflexione della trave dovuta ai carichi **permanenti** immediatamente dopo l'applicazione dei carichi [stato (1)];

δ_2 è la variazione dell'inflexione della trave dovuta all'applicazione dei **carichi variabili** più eventuali deformazioni, variabili nel tempo, causate dai carichi permanenti [stato (2)].

(2) Per gli edifici, i limiti raccomandati per gli spostamenti verticali sono forniti nel prospetto 4.1, nel quale L è la luce della trave. Per le travi a mensola la lunghezza L da considerare è il doppio della lunghezza dello sbalzo della mensola.

Prospetto 4.1 -Valori limite raccomandati per gli spostamenti verticali

Condizioni	Limiti (vedere fig. 4.1)	
	δ_{\max}	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticate frequentemente da personale diverso da quello della manutenzione	L/250	L/300
Solai in genere	L/250	L/300
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	L/250	L/350
Solai che supportano colonne (a meno che lo spostamento sia stato incluso nella analisi globale per lo stato limite ultimo)	L/400	L/500
Dove δ_{\max} può compromettere l'aspetto dell'edificio	L/250	-

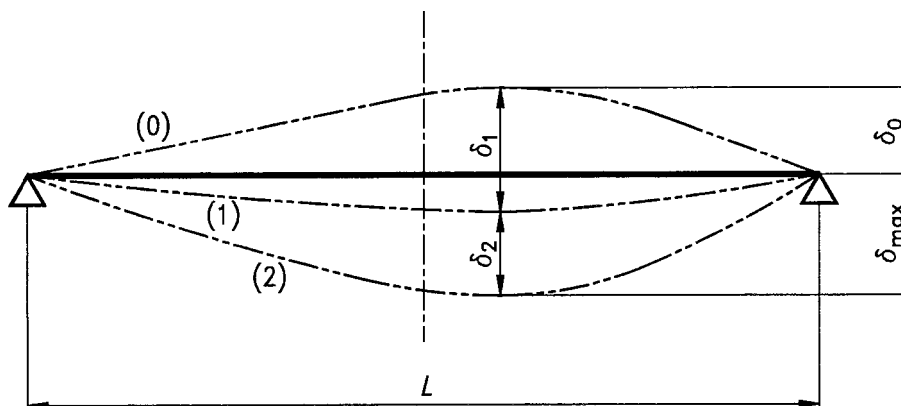


Fig. 4.1 - Inflexioni da prendere in considerazione

(3) Per le **travi di gru a cavalletto** o vie di corsa, gli spostamenti orizzontali e verticali devono essere limitati in accordo all'uso ed alla classe dell'apparecchio di sollevamento.

(4) Per gli edifici, i limiti raccomandati per gli **spostamenti laterali** alle sommità delle colonne sono:

telai a portale senza carriponte: $h/150$

altri **edifici monopiano**: $h/300$

in un edificio multipiano:

- in ciascun piano: $h/300$

- **sulla struttura come insieme**: $h_0/500$

dove: h è l'altezza della colonna o del piano;

h_0 è l'altezza complessiva della struttura.

4.2. 3. **Ristagno dell'acqua piovana**

4.3 Effetti dinamici

4.3.1. Requisiti

- (1) Nel progetto bisogna prendere idonei provvedimenti riguardo agli effetti di carichi imposti che possono produrre urti, vibrazioni, ecc.
- (2) *Gli effetti dinamici da considerare allo stato limite di servizio sono le vibrazioni causate dai macchinari e le oscillazioni prodotte dalla risonanza armonica.*
- (3) *Le frequenze proprie delle strutture o parti di strutture devono essere sufficientemente differenti da quelle della sorgente di eccitazione in modo da **evitare risonanza**.*
- (4) *I valori di progetto dati in 2.3.4 per le combinazioni frequenti devono essere impiegati in concomitanza con i valori limite assegnati in 4.3.*

4.3.2. Strutture aperte al pubblico

- (1) Le oscillazioni e le vibrazioni delle strutture destinate al passaggio del pubblico devono essere limitate in modo da evitare fastidio agli utenti.
- (2) *Nel caso di pavimenti praticati regolarmente da persone, come per esempio i **pavimenti di abitazioni, uffici e similari**, **la frequenza naturale più bassa per la struttura del solaio non deve essere minore di 3 cicli/s**. Questa condizione sarà soddisfatta quando l'inflessione totale istantanea $\delta_1 + \delta_2$ (definita come indicato in 4.2.2 ma calcolata usando la combinazione frequente) è **minore di 28 mm**. Questi limiti possono essere ridotti qualora ciò sia giustificato da valori elevati **dello smorzamento**.*
- (3) *Quando trattasi di un pavimento sul quale si **salta o si balla in modo ritmico**, come per esempio i pavimenti delle palestre o delle sale da ballo, la frequenza naturale più bassa non deve essere minore di 5 cicli/s. Questa condizione sarà soddisfatta se l'inflessione calcolata come indicato precedentemente non sia maggiore di **10 mm**.*
- (4) *Se necessario si potrà effettuare una analisi dinamica per accertare che le accelerazioni e le frequenze che si dovrebbero produrre non siano tali da creare fastidi significativi agli utenti o danni alle attrezzature.*

4.3. 3. Oscillazioni eccitate dal vento

- (1) Strutture di flessibilità non comune, quali per esempio **edifici alti molto snelli o coperture molto ampie**, ed elementi eccezionalmente flessibili, quali i tiranti leggeri, devono essere esaminati sotto l'aspetto dei carichi dinamici di vento, sia per le vibrazioni nel piano, sia anche per le vibrazioni perpendicolari alla direzione del vento.

(2) Tali strutture devono essere esaminate per:

- le vibrazioni indotte dalle raffiche;
- le vibrazioni indotte dai vortici.

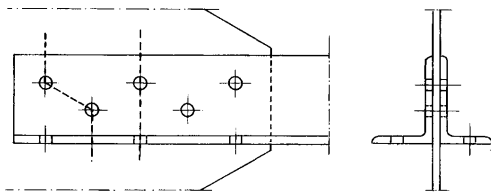
(3) Vedere pure l'ENV 1991 Eurocodice 1.

8.2 Stato limite **convenzionale elastico**

(Ballio pag. 406)

Il Ballio differenzia lo stato limite convenzionale elastico, che si ha **quando nella fibra più sollecitata si raggiunge la tensione di snervamento f_y** , dallo **stato limite plastico** (par. 8.3) che implica la completa plasticizzazione della sezione. Le differenze sono modeste e riguardano prevalentemente la flessione. Pertanto presento i due argomenti insieme.

8.2.1 Trazione



Il problema principale è la definizione della sezione netta.

$$\sigma = N/A_{\text{net}}$$

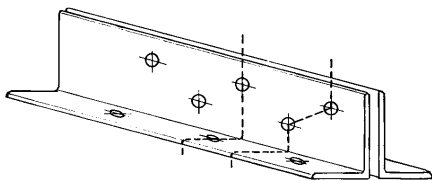


Fig. 8.14

Fig. 8.14 (Ballio)

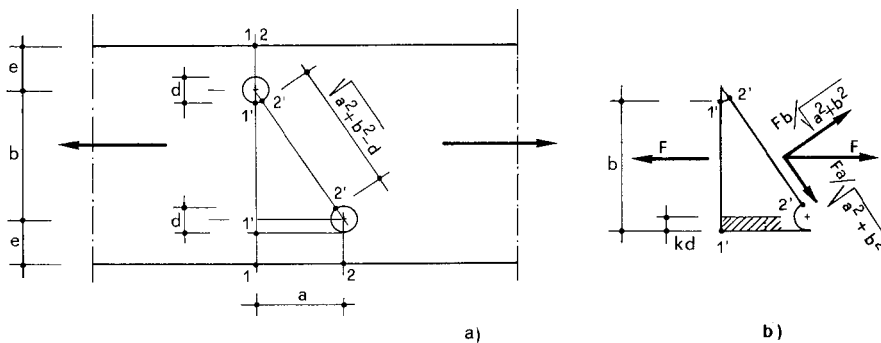


Fig. 8.15 (Ballio)

Diverse sono le espressioni di A_{net} fornite dai vari autori nel caso di sezione non retta.

EUROCODICE 3

5.4. Resistenza delle sezioni trasversali

5.4.1. Generalità

- (1) La presente prescrizione riguarda la resistenza delle sezioni trasversali delle membrature, la quale può essere limitata da:
 - la resistenza plastica della sezione lorda;
 - la resistenza della sezione netta in corrispondenza dei fori per dispositivi di giunzione;
 - gli effetti di diffusione per taglio del carico ("shear lag effects");
 - la resistenza all'instabilità locale;
 - la resistenza all'instabilità per taglio.
- (2) La resistenza plastica di una sezione trasversale può essere verificata attraverso la ricerca di una distribuzione di tensioni che equilibri le forze ed i momenti interni senza superare la resistenza allo snervamento, a condizione che questa distribuzione tensionale sia possibile considerando le deformazioni plastiche associate.
- (3) Oltre ai requisiti indicati in questo punto, deve essere verificata anche la resistenza all'instabilità della membratura (vedere 5.5).
- (4) Qualora applicabile, si raccomanda di verificare anche la stabilità del telaio (vedere 5.2.1.2 e 5.2.6).

5.4.2. Proprietà delle sezioni

5.4.2.1. Proprietà delle sezioni lorde

- (1) Le proprietà delle sezioni lorde devono essere determinate usando le dimensioni specificate. Nel calcolo delle proprietà delle sezioni lorde non è necessario detrarre i fori per i dispositivi di giunzione, ma si devono tenere in debito conto aperture di dimensioni maggiori. I materiali dei coprigiunti e calastrelli non devono essere inclusi.

5.4.2.2. Area netta

- (1) L'area netta di una sezione trasversale o sezione di un elemento deve essere valutata pari alla sua area lorda meno le opportune deduzioni per tutti i fori e le altre aperture.
- (2) Nel calcolo delle proprietà geometriche delle sezioni nette la deduzione per il singolo foro di un dispositivo di giunzione corrisponderà all'area della sezione trasversale lorda del foro nel piano del suo asse. Per i fori per i bulloni a testa svasata deve essere opportunamente tenuta in conto la porzione svasata.
- (3) Purché i fori per i dispositivi di giunzione non siano disposti in modo sfalsato, l'area totale da dedurre per i fori dei dispositivi di giunzione è pari alla massima somma delle aree delle sezioni dei fori in qualunque sezione trasversale perpendicolare all'asse della membratura.
- (4) Qualora i fori per i dispositivi di giunzione siano disposti in modo sfalsato, l'area totale da dedurre per i fori dei dispositivi di giunzione è pari al valore maggiore fra:
 - a) la deduzione per i fori non sfalsati indicata in (3);
 - b) la somma delle aree delle sezioni di tutti i fori in qualsiasi diagonale o linea a zigzag che si estenda progressivamente attraverso la membratura o parte della membratura, meno $s^2 t / (4p)$ per ciascun tratto nella linea dei fori (vedere fig. 5.4.1);

dove: s è il passo dei fori sfalsati, la spaziatura fra i centri di due fori consecutivi nella linea misurata parallelamente all'asse della membratura;

p è l'interasse fra i centri degli stessi due fori misurato perpendicolarmente all'asse della membratura

t è lo spessore

(5) In un angolare o altra membratura avente i fori in più di un piano, l'interasse p va misurato lungo l'asse dell'elemento, come indicato nella fig. 5.4.2.

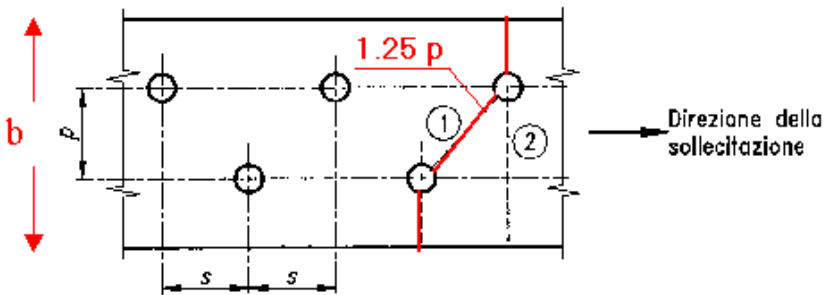


Fig. 5.4.1 - Fori sfalsati

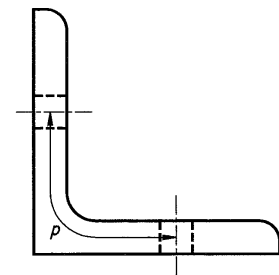


Fig. 5.4.2 - Angolari con fori in entrambe le ali

Larghezza netta per la verifica della sezione 2:

$$b_{\text{net}} = b - \phi$$

Per la sezione 1:

$$b_{\text{net}} = b - (2\phi - s^2/(4p))$$

$$\text{per } s = p \rightarrow b_{\text{net}} = b - 2\phi + p/4 = 2a + 1.25p - 2\phi$$

5.4.2.3. Effetti di diffusione per taglio del carico ("shear lag effects")

(1) Gli effetti di diffusione per taglio del carico ("shear lag effects") nelle piattabande possono essere trascurati purché:

a) per elementi sporgenti: $c \leq L_0/20$ (EC4 soletta collaborante acciaio-clt $L_0/8$)

b) per elementi interni: $b \leq L_0/10$

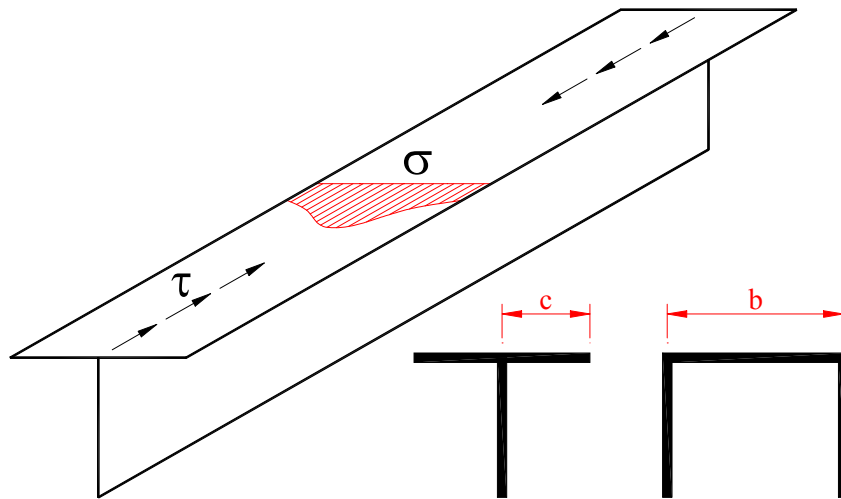
dove: L_0 è la lunghezza fra i punti di momento nullo;

b è la larghezza;

c è la sporgenza.

(2) Qualora questi limiti vengano superati, si raccomanda di considerare una larghezza efficace dell'ala.

(3) Il calcolo delle larghezze efficaci delle ali è trattato nella ENV 1993-1-3 (Eurocodice 3: parte 1-3)* e ENV 1993-2 (Eurocodice 3: parte 2)*.



L'area resistente (efficace) per la verifica a trazione dipende dalle modalità di collegamento.

CNR 10011

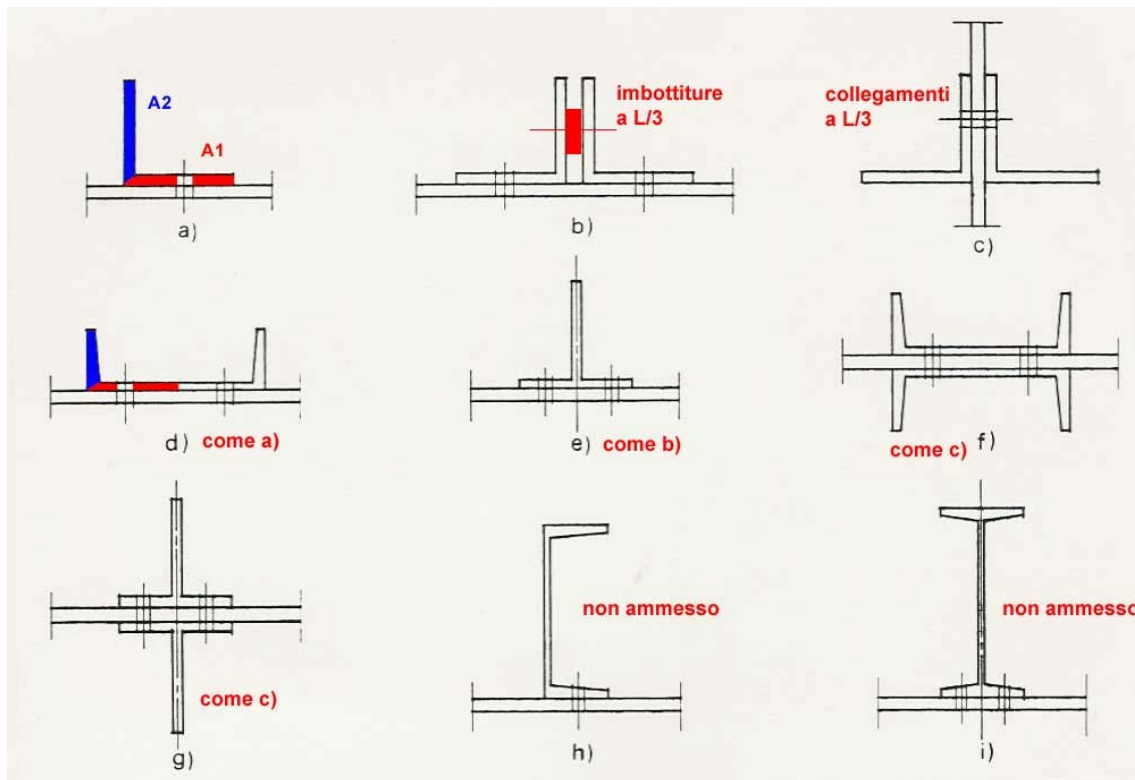


Fig. 8.17 (Ballio) – Profili collegati ad una sola ala

Aree efficaci secondo CNR 10011 par. 6.2.1		
		Per $A_1=A_2$
a)	$A_{eff} = A_1 + \frac{3A_1}{3A_1 + A_2} A_2$	$A_{eff} = \frac{7}{8} A_{tot}$
b)	$A_{eff} = A_1 + \frac{5A_1}{5A_1 + A_2} A_2$	$A_{eff} = \frac{11}{12} A_{tot}$
c)	$A_{eff} = A_n$	

EUROCODICE 3

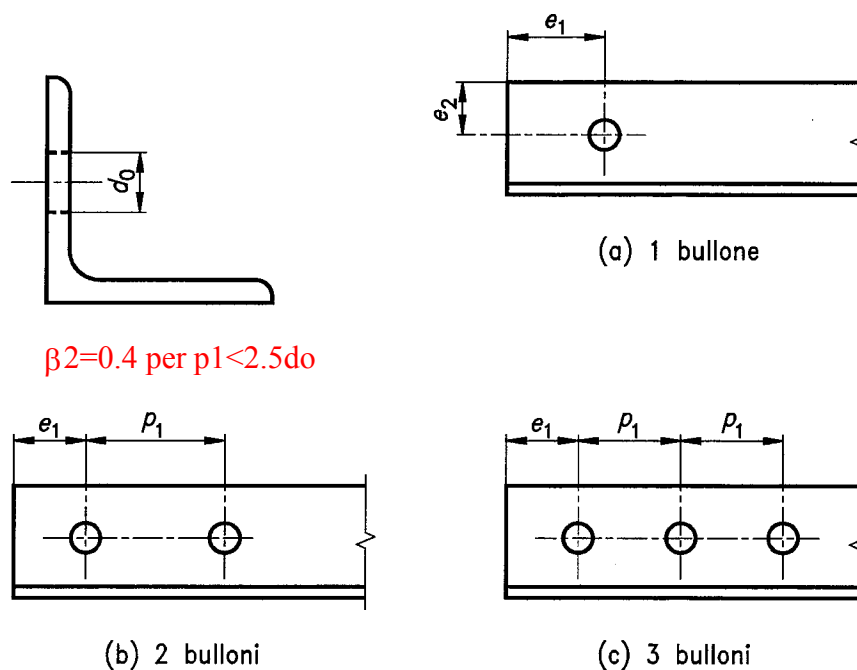
6.5.2.3. Angolari collegati ad una sola ala

- (1) Nel caso di elementi non simmetrici o non collegati simmetricamente quali gli angolari collegati ad una sola ala, per la determinazione della resistenza di progetto si devono considerare l'eccentricità dei dispositivi di giunzione nei collegamenti di estremità e gli effetti della spaziatura e delle distanze dei bulloni dal bordo.
- (2) Gli angolari collegati su una sola ala mediante una sola fila di bulloni (vedere fig. 6.5.6) possono essere trattati come caricati assialmente e la resistenza ultima di progetto della sezione netta può essere determinata come segue:

$$\text{con 1 bullone} \quad N_{u,Rd} = \frac{2,0(e_2 - 0,5d_0)tf_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{con 2 bulloni} \quad N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}$$

A_{net} è l'area netta dell'angolare; per un angolare a lati disuguali collegato attraverso l'ala più piccola, A_{net} deve essere assunto uguale all'area netta di un angolare a lati uguali equivalente avente la dimensione dell'ala coincidente con l'ala minore.



$$\beta_2 = 0.4 \text{ per } p_1 < 2.5d_0$$

Fig. 6.5.6 - Collegamenti di angolari

8.2.2 Compressione

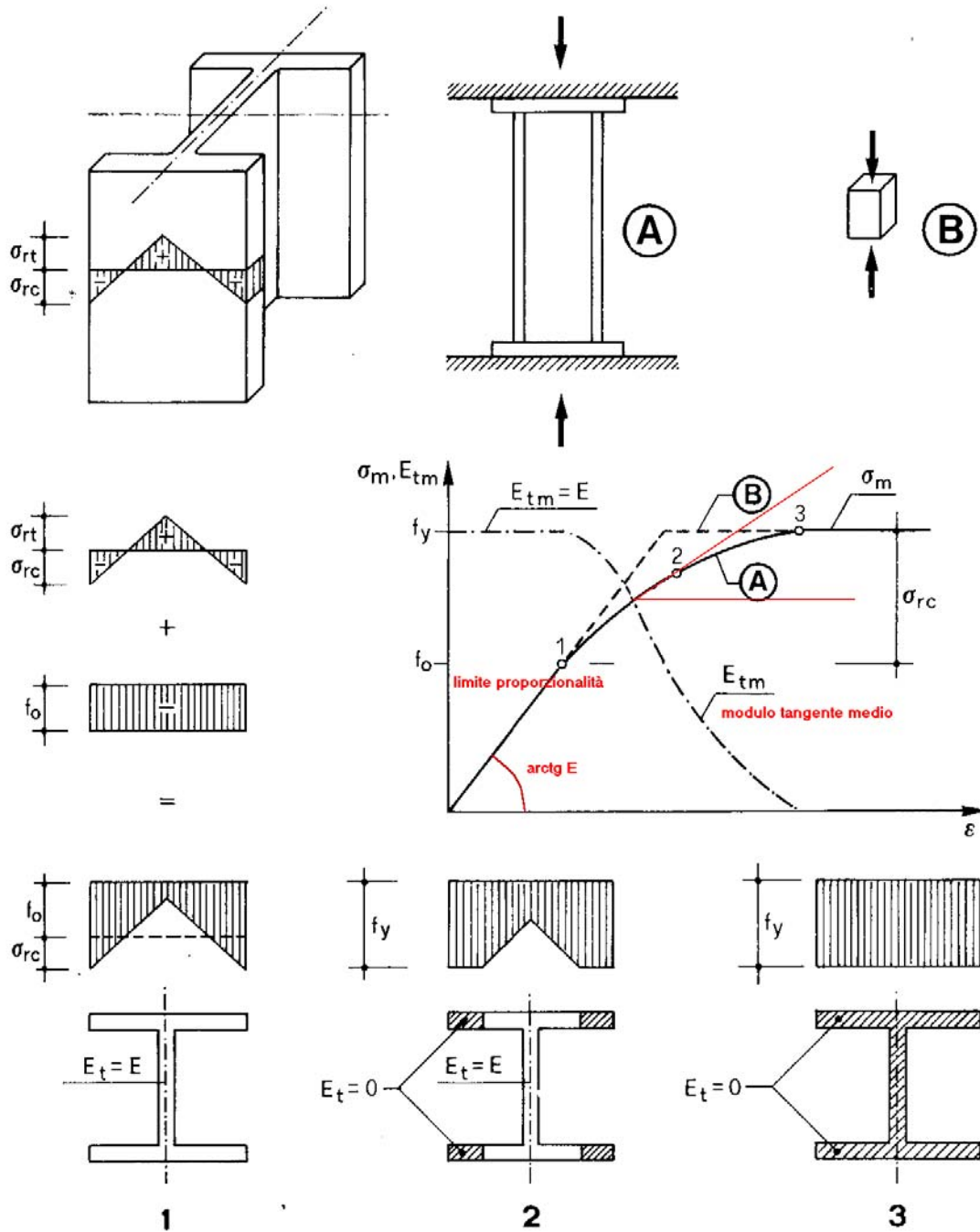


Fig. 8.18 – Prova di compressione globale

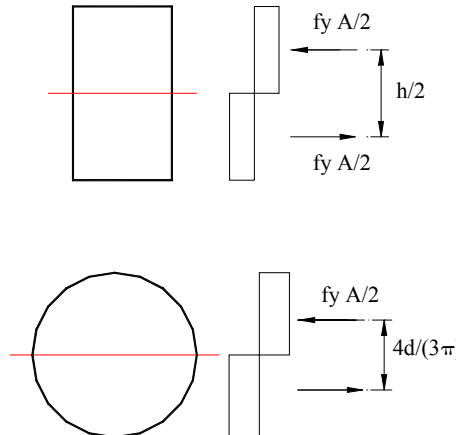
La resistenza a compressione per aste tozze è uguale alla resistenza a trazione.

Si usa la sezione netta per la verifica di resistenza della sezione e la sezione al lordo dei fori per la verifica di stabilità della membratura.

8.2.3 Flessione

Il momento resistente di progetto si può calcolare in campo elastico (usando W_{el}) o, per le sezioni di classe 1 e 2, in campo plastico (usando W_{pl}).

Il modulo di resistenza plastico a flessione viene spesso indicato con Z .



Rectangular Section:

$$M_{R,el} = f_y W_{el} \rightarrow W_{el} = \frac{bh^2}{6}$$

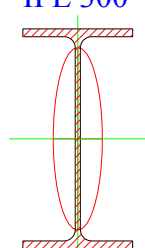
$$M_{R,pl} = f_y A/2 \cdot h/2 = f_y \frac{bh^2}{4} \rightarrow W_{pl} = \frac{bh^2}{4} = 1,5 W_{el}$$

Circular Section:

$$M_{R,el} = f_y W_{el} \rightarrow W_{el} = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$M_{R,pl} = f_y A/2 \frac{4d}{3\pi} = f_y \frac{d^3}{6} \rightarrow W_{pl} = \frac{d^3}{6} = 1,7 W_{el}$$

IPE 300



$$W_{el} = 557 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl} = 628 \text{ cm}^3 = 1,13 W_{el}$$

EUROCODICE 3

5.4.5. Momento flettente

5.4.5.1. Principi

(1) In assenza di azione tagliante il valore del momento flettente di progetto M_{Sd} in corrispondenza di ciascuna sezione trasversale deve soddisfare la relazione:

$$M_{Sd} < M_{c,Rd} \quad (c=\text{cross section}) \quad [5.17]$$

dove: $M_{c,Rd}$ è il momento resistente di progetto della sezione trasversale, pari al valore minore fra:

a) il momento resistente plastico di progetto della sezione lorda:

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

b) il momento resistente di progetto all'instabilità locale della sezione lorda:

$$M_{o,Rd} = W_{eff} f_y / \gamma_{M1}$$

dove: W_{eff} è il modulo di resistenza della sezione efficace (vedere 5.3.5);

c) il momento resistente ultimo di progetto della sezione netta in corrispondenza dei fori per i dispositivi di giunzione $M_{u,Rd}$ (vedere 5.4.5.3).

(2) Per le sezioni trasversali di classe 3 il momento resistente di progetto della sezione lorda deve essere assunto pari al momento resistente elastico di progetto dato da:

$$M_{el,Rd} = W_{el} f_y / \gamma_{M0} \quad [5.18]$$

(3) Per le combinazioni di momento flettente ed azione tagliante si rimanda a 5.4.7.

(4) Inoltre va verificata la resistenza della membratura alla instabilità flesso-torsionale (vedere 5.5.2).

8.2.4 Taglio

$$\tau = \frac{VS}{bI} \text{ formula di Jourawski}$$

S = momento statico della parte che tende a scorrere rispetto all'asse baricentrico

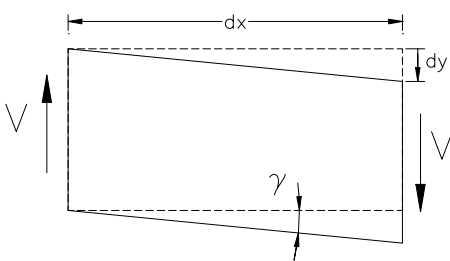
I = momento di inerzia baricentrico

Per sezioni a T, doppio T, C, Omega, L, la τ_{\max} è circa uguale alla τ media nell'anima, cioè:

$$\tau_{\max} \cong \frac{V}{A_w}$$

La deformazione dovuta al taglio si calcola con la formula:

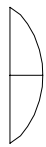
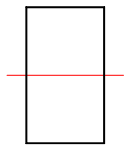
$$\gamma = \frac{V}{GA} / \chi \quad \frac{A}{\chi} = A_\chi \quad (\text{area di taglio}) \quad \chi = \text{fattore di taglio}$$



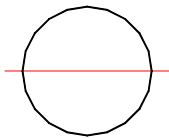
$$dy = \gamma dx = \frac{V}{GA_\chi} dx = \frac{dM/dx}{GA_\chi} dx$$

$$y = \frac{M}{GA_\chi}$$

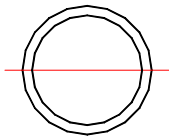
La deformata y dovuta al taglio è uguale al diagramma del momento diviso per GA_χ



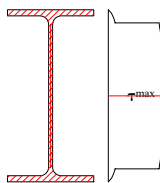
$$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A} \quad \chi = 1,2$$



$$\tau_{\max} = \frac{4V}{3A} \quad \chi = 1,18$$



$$\tau_{\max} = 2 \frac{V}{A} \quad \chi = 2$$



$$\tau_{\max} = \frac{V}{A_w} \quad A_\chi = A_w$$

EUROCODICE 3

5.4.6. Taglio

(1) Il valore di progetto dell'azione tagliante V_{Sd} in ogni sezione trasversale deve soddisfare la relazione:

$$V_{Sd} < V_{pl,Rd} \quad [5.20]$$

dove: $V_{pl,Rd}$ è la resistenza a taglio plastica di progetto data da:

$$V_{pl,Rd} = A_V \frac{\tau_y}{\gamma_{M_0}} \quad \tau_y = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \quad (\text{criterio di resistenza } \sigma_{id} = \sqrt{3\tau^2})$$

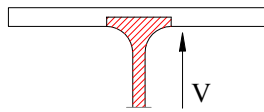
dove: A_V è l'area resistente a taglio.

(2) L'area resistente a taglio A_V può essere determinata come segue.

a) Profilati laminati ad I ed H,

carico parallelo all'anima

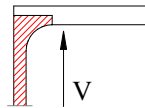
$$A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$$



b) Profilati laminati a C,

carico parallelo all'anima

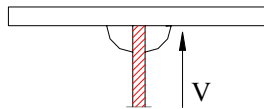
$$A - 2bt_f + (t_w + r)t_f$$



c) Sezioni saldate ad I, H ed a cassone,

carico parallelo all'anima

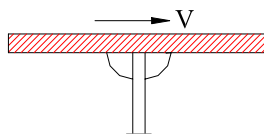
$$\sum(dt_w)$$



d) Sezioni saldate ad I, H, C ed a cassone,

carico parallelo alle ali

$$A - \sum(dt_w)$$



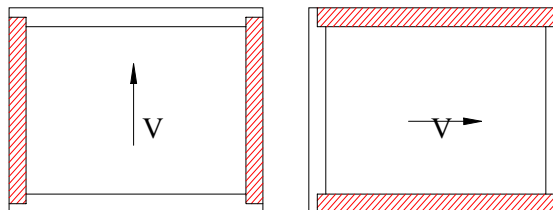
e) Profilati cavi rettangolari laminati di spessore uniforme:

carico parallelo all'altezza

$$Ah/(b+h)$$

carico parallelo alla larghezza

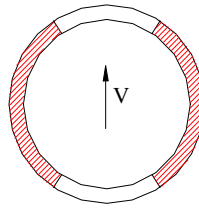
$$Ab/(b+h)$$



f) Sezioni cave circolari e tubi

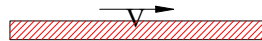
di spessore uniforme

$$2A/\pi$$



g) Piatti e barre piene

A



dove: A è l'area della sezione trasversale;
 b è la larghezza totale;
 d è l'altezza dell'anima;
 h è l'altezza totale;
 r è il raggio di raccordo;
 t_f è lo spessore dell'ala;
 t_w è lo spessore dell'anima.

(3) Per gli altri casi si raccomanda di determinare A_v in modo analogo.

(4) Per semplicità il valore di A_v di un profilato laminato ad I, H o a C, con carico parallelo all'anima, può essere preso pari a $1,04ht_w$.

(5) Nei casi appropriati le formule citate in (2) possono essere applicate ai componenti di una sezione composta.

(6) Se lo spessore dell'anima non è costante, si raccomanda di assumere t_w pari allo spessore minimo.

(7) Deve essere inoltre verificata la resistenza all'instabilità per taglio come specificato in 5.6

5.4.7. Flessione e taglio

(1) Il momento resistente plastico teorico di una sezione trasversale è ridotto per la presenza del taglio. Per valori piccoli dell'azione tagliante questa riduzione è così piccola che essa è controbilanciata dall'incrudimento e può essere trascurata. Tuttavia, quando l'azione tagliante supera metà della resistenza a taglio plastica, si deve tenere in debito conto il suo effetto sul momento resistente plastico.

(2) Non è necessaria alcuna riduzione dei momenti resistenti indicati in 5.4.5.2 purché il valore di progetto della forza di taglio V_{Sd} non superi il 50% della resistenza a taglio plastica di progetto $V_{pl,Rd}$

5.4.8. Flessione e forza assiale

5.4.8.1. Sezioni trasversali di classe 1 e 2

- (1) Per le sezioni trasversali di classe 1 e 2 il criterio da soddisfare in assenza di azione tagliante è:

$$M_{Sd} < M_{N,Rd} \quad [5.23]$$

dove: $M_{N,Rd}$ è il momento resistente plastico di progetto ridotto per la presenza della forza assiale.

- (2) Per una piastra senza fori per i bulloni, il momento resistente plastico di progetto ridotto è dato da:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} [1 - (N_{Sd}/N_{pl,Rd})^2]$$

ed il criterio diventa:

$$\frac{M_{Sd}}{M_{pl,Rd}} + \left[\frac{N_{Sd}}{N_{pl,Rd}} \right]^2 \leq 1 \quad [5.24]$$

Questa formula può essere ricavata nel modo seguente (v. Fig. 1)

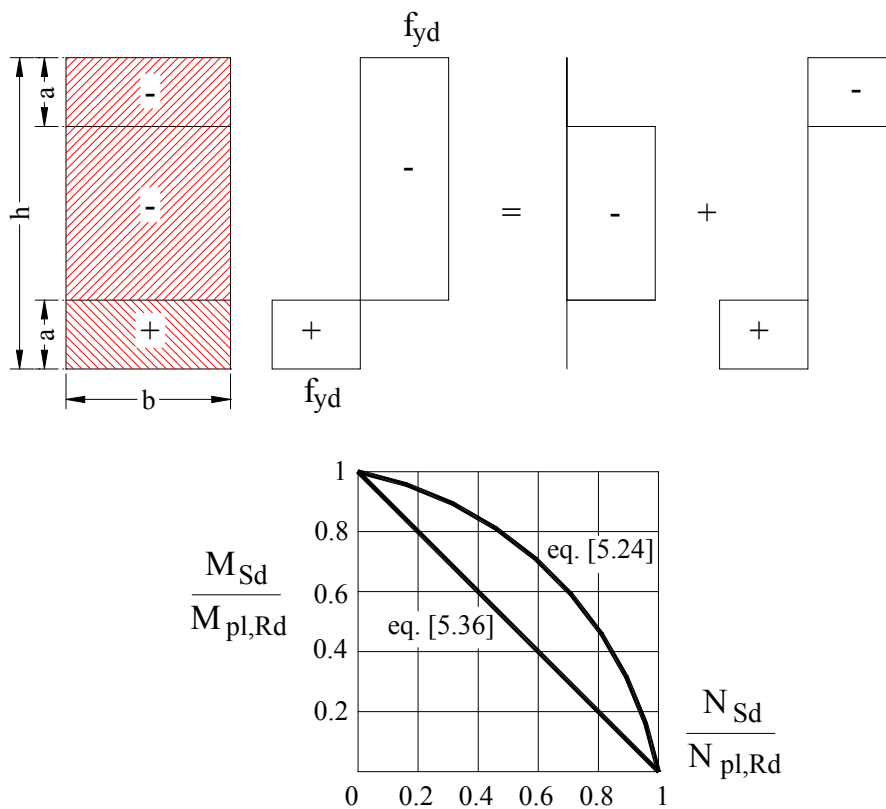


Fig. 1 – Sezione rettangolare, comportamento plastico

$$N_{Sd} = N_{pl,Rd} - 2f_{yd}ba \rightarrow \frac{N_{Sd}}{N_{pl,Rd}} = 1 - 2\frac{f_{yd}ba}{f_{yd}bh} = 1 - 2\frac{a}{h}$$

$$M_{Sd} = M_{pl,Rd} - f_{yd}\frac{b(h-2a)^2}{4} \rightarrow$$

$$\frac{M_{Sd}}{M_{pl,Rd}} = 1 - \frac{f_{yd}bh^2/4}{f_{yd}bh^2/4} - \frac{f_{yd}ba^2 - f_{yd}bah}{f_{yd}bh^2/4} = 4\left(\frac{a}{h} - \frac{a^2}{h^2}\right)$$

Eliminando il parametro a si ottiene la [5.24], che è diagrammata in Fig. 1 insieme alla [5.36].

(12) Quale ulteriore approssimazione conservativa è possibile usare il seguente criterio:

$$\boxed{\frac{N_{Sd}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1} \quad [5.36]$$

che equivale in termini di tensione alla solita formula:

$$\boxed{\frac{N_{Sd}}{A} + \frac{M_{y,Sd}}{W_{pl,y}} + \frac{M_{z,Sd}}{W_{pl,z}} \leq f_{yd}}$$

5.4.8.2. Sezioni trasversali di classe 3

$$\boxed{\frac{N_{Sd}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{el,y,Rd}} + \frac{M_{z,Sd}}{M_{el,z,Rd}} \leq 1} \quad [5.38]$$

5.4.9. Flessione, taglio e forza assiale

(1) Quando l'azione tagliante supera metà della resistenza a taglio plastica, nella determinazione del momento resistente plastico ridotto deve essere tenuto in debito conto l'effetto sia dell'azione tagliante che della forza assiale.

E' sempre valido il criterio di resistenza di Mises.