

[Cilc per tutti gli appunti](#) (AUTOMAZIONE – TRATTAMENTI TERMICI ACCIAIO – SCIENZA delle COSTRUZIONI...)



[e-mail per suggerimenti](#)

[Clic qui](#) – PRIMA PAGINA APPUNTI ACCIAIO

5.5.4 Unioni saldate sollecitate a flessione e taglio

Consideriamo cordoni sollecitato da flessione e taglio. Distinguiamo, a seconda della posizione reciproca tra cordone e azione in: cordoni con asse parallelo all'azione di taglio e giacente sul piano d'azione del momento e cordoni con gli assi normali a dette azioni.

5.5.4.1 Cordoni paralleli alle azioni di tagli e flessione

Fig.5.66

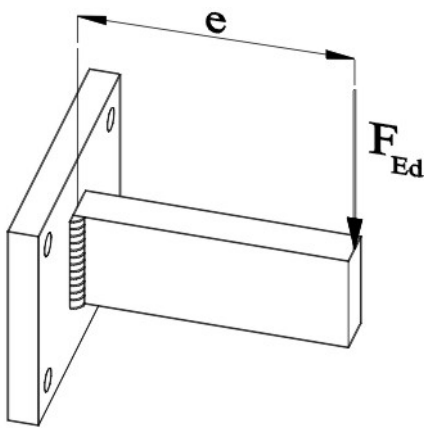
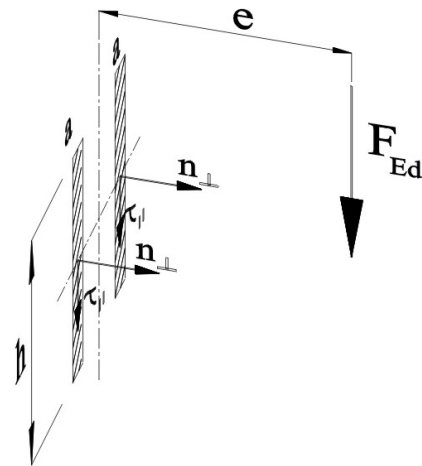


Fig.5.67



Ci si riferisca all'esempio schematico di figura Fig.5.66

Conviene considerare le superfici delle sezioni dei cordoni ribaltati sui lati interni, in corrispondenza dell'attacco Fig.6.67.

Tensione dovuta allo sforzo di taglio

Lo sforzo di taglio su una superficie ribaltata di un cordone è:

$$V_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{2}$$

La tensione $\tau_{||}$ parallela all'asse del cordone è:

$$\tau_{||} = \frac{V_{Ed}}{a \cdot h}$$

$$\tau_{||} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot h}$$

Tensione dovuta al momento flettente

Nell'esempio il momento flettente è

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot e$$

Si considera una distribuzione lineare elastica, cautelativa rispetto ad una plastica. La tensione massima normale n_{\perp} viene poi considerata uniformemente distribuita sulla sezione.

$$n_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{W_{el,y}}$$

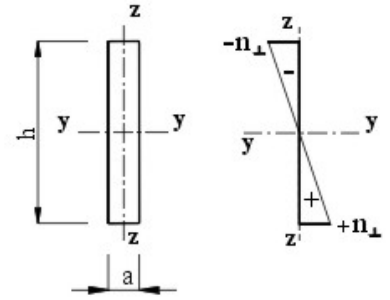
con

$$W_{el,y} = \frac{1}{6} \cdot a \cdot h^2$$

$$n_{\perp} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot h^2}$$

$$n_{\perp} = \frac{3 \cdot F_{Ed} \cdot e}{a \cdot h^2}$$

Fig.5.68



Condizione di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

con

$$t_{\perp} = 0$$

deve essere rispettata la limitazione:

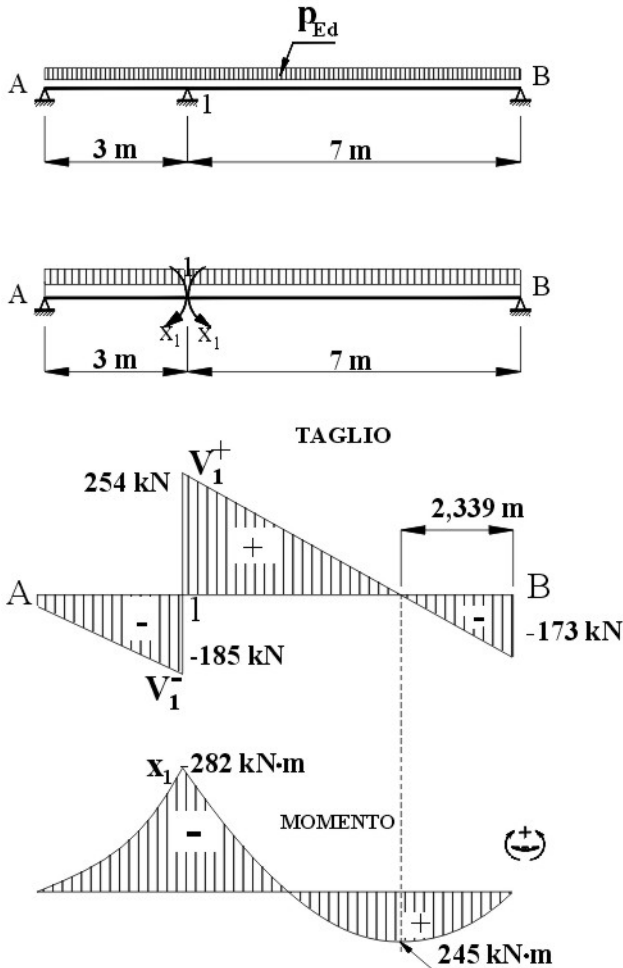
$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |n_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases}$$

Esempio 5

Si consideri la trave secondaria continua su tre appoggi, rappresentata schematicamente nella figura Fig.5.70, dimensionata "NELL'ESEMPIO 3 - PARTE V".

Si voglia determinare la giunzione saldata dei due spezzoni della trave secondaria, in corrispondenza dell'appoggio interno sulla trave principale.

Fig.5.69

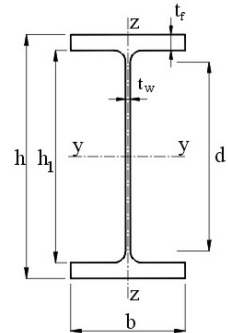


Parametri precedentemente calcolati

Carico unitario	$p_{Ed} = \text{kN/m}$
Sforzo di taglio V_1^-	$V_1^- = -185 \text{ kN}$
Sforzo di taglio V_1^+	$V_1^+ = 254 \text{ kN}$
Momento flettente x_1	$x_1 = -282 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Trave continua HEA 320

$$\begin{aligned}
 h &= 310 \text{ mm} = 31 \text{ cm} \\
 b &= 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm} \\
 t_f &= 15,5 \text{ mm} = 1,55 \text{ cm} \\
 d &= 225 \text{ mm} = 22,5 \text{ cm} \\
 I_y &= 22928 \text{ cm}^4 \\
 I_z &= 10820 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$



Note sui particolari del collegamento (Fig.5.71)

Si fa l'ipotesi che la trave continua in studio si appoggi ad una trave principale IPE 400.

Affinché siano soddisfatte le ipotesi di appoggio e di continuità della trave secondaria in oggetto, occorre che si verifichino le seguenti condizioni:

- lo spezzone della trave, a destra dell'appoggio, trasferisca il momento flettente a quello di sinistra, senza interessare la trave principale di appoggio;
- gli sforzi di taglio della trave secondaria in oggetto, a destra e a sinistra dell'appoggio, diversi tra loro, si scarichino sull'anima della trave principale.
- Il momento flettente, trasferito da uno spezzone all'altro della trave continua, senza interessare la trave di appoggio, avvenga, per una parte attraverso le due ali e l'altra le due anime.

Ripartizione del momento flettente tra l'ala e l'anima delle trave HEA 320

Si considera un comportamento elastico del materiale, i cui limiti di resistenza sono validi per tutte le classi di sezioni (risultano più restrittivi di quelle previsti per le classi 1,2).

Momento trasferito da uno spezzone all'altro attraverso le ali

Il momento di progetto M_{Ed} da trasferire da un spezzone all'altro nell'appoggio 1 delle trave continua è:

$$M_{Ed} = x_1 = 282 \text{ kN} \cdot \text{m} = 28200 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (5e.1)$$

La tensione σ sulle ali ha andamento lineare, proporzionale alla distanza dall'asse neutro y del profilato:

$$\sigma = \frac{M_{el,Rd}}{J_y} \cdot z$$

In una areola dA si ha una forza resistente:

$$\sigma \cdot dA$$

e un momento rispetto all'asse neutro:

$$\sigma \cdot dA \cdot z$$

Il momento totale sulle sezioni delle due ali rispetto all'asse neutro y è:

$$M_{ali} = 2 \cdot \int_A \sigma \cdot dA \cdot z \quad M_{ali} = 2 \cdot \int_A \frac{M_{Ed}}{J_y} \cdot z \cdot dA \cdot z$$

$$M_{ali} = 2 \cdot \frac{M_{Ed}}{J_y} \cdot \int_A z^2 \cdot dA$$

mal'espressione:

$$\int_A z^2 \cdot dA$$

è il momento d'inerzia $J_{ala,y}$ della sezione di un'ala rispetto all'asse neutro y .

$$\int_A z^2 \cdot dA = J_{ala,y}$$

Il momento resistente elastico delle ali è:

$$M_{ali} = 2 \cdot \frac{M_{Ed}}{J_y} \cdot J_{ala,y}$$

dove

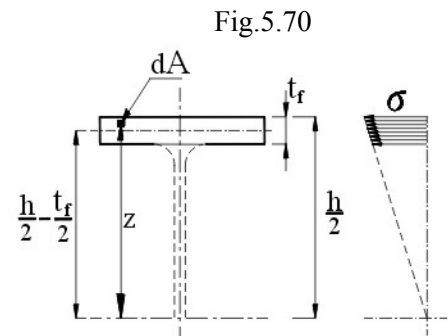
$$2 \cdot J_{ala,y} = J_{ali,y}$$

$J_{ali,y}$ è il momento d'inerzia delle due ali

Il momento flettente che deve essere trasferito tra le ali dei due spezzoni delle trave continua è:

$$M_{ali} = M_{Ed} \cdot \frac{J_{ali,y}}{J_y} \quad (5e.2)$$

con:



J_y momento d'inerzia della sezione del profilato HEA 320

J_{ali} momento d'inerzia delle due ali del profilato HEA 320

Momento trasferito da uno spezzone all'altro attraverso le anime

Il momento di progetto M_{anima} che deve essere trasferito attraverso le anime dei due spezzoni è:

$$M_{anima} = M_{Ed} - M_{ali} \quad (5e.3)$$

sostituendo la (5e.2):

$$M_{anima} = M_{Ed} - M_{Ed} \cdot \frac{J_{ali,y}}{J_y} \quad M_{anima} = M_{Ed} \cdot \frac{J_y - J_{ali,y}}{J_y}$$

ma la differenza:

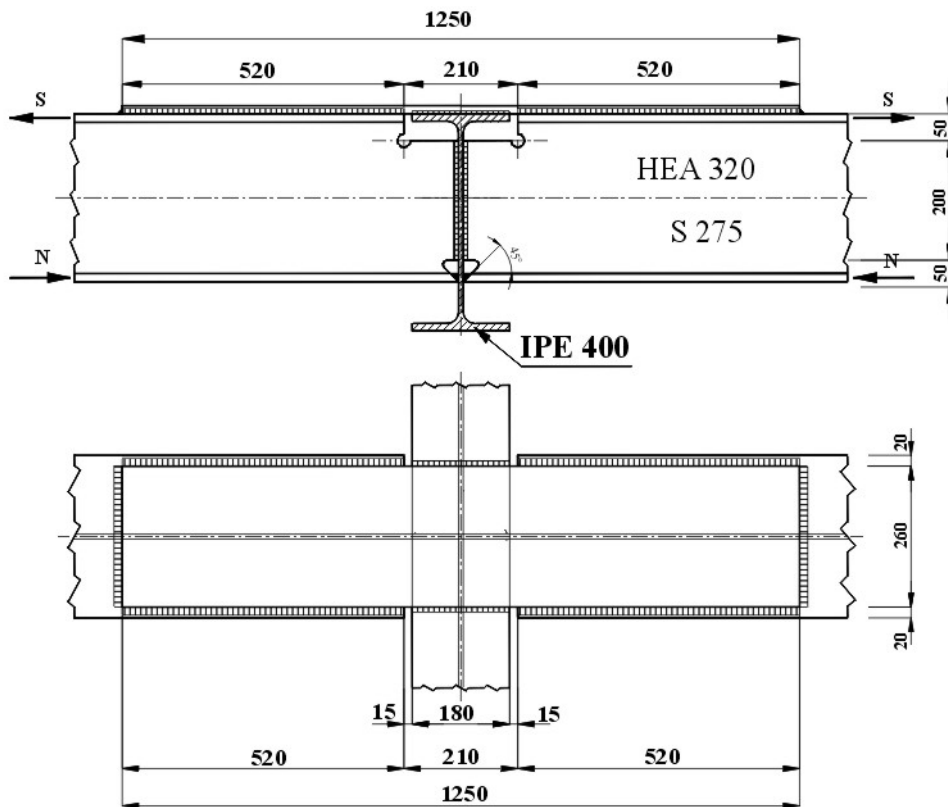
$$J_y - J_{ali,y} = J_{anima,y}$$

determina il momento d'inerzia dell'anima $J_{anima,y}$

Quindi la porzione di momento flettente che deve essere trasferito da uno spezzone all'altro dalla parte dell'anima può essere anche espresso dalla relazione:

$$M_{anima} = M_{Ed} \cdot \frac{J_{anima,y}}{J_y} \quad (5e.4)$$

Fig.5.71



La porzione del momento flettente M_{ali} , che deve essere trasferito da uno spezzone all'altro dalla parte delle ali, si traduce, con buona approssimazione, al trasferimento di una coppia di forze: una "S" di trazione sulle ali superiori e una di compressione "N" nelle ali inferiori.

Lo sforzo "S", sulle ali superiori, è comunicato da un coprighiunto saldato su di esse

Lo sforzo "N", sulle ali inferiori, è comunicato direttamente attraverso le saldature di esse sull'anima della trave principale.

Verifica delle saldature del coprighiunto sulle ali superiori della trave HEA320

Il calcolo è qui indirizzato solamente al dimensionamento e verifica delle saldature. Si considera già verificato il dimensionamento del coprighiunto con lo spessore calcolato nel precedente esempio "Esempio 3 parte V".

Spessore $t = 25\text{mm}$

Lunghezza $L_1 = 1250\text{mm}$

Larghezza $L_2 = 260\text{mm}$

Fig.5.72

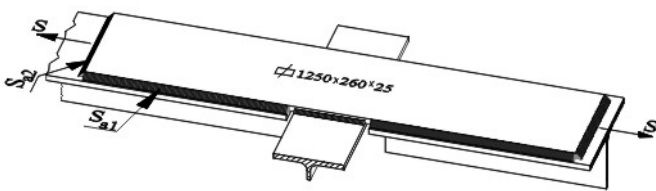
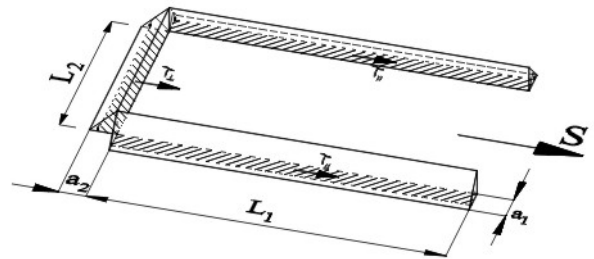


Fig.5.73



Sforzo S dovuto al momento M_{ali}

$$S = \frac{M_{ali}}{h - t_f}$$

Per la (5e.1)

$$M_{ali} = M_{Ed} \cdot \frac{J_{ali,y}}{J_y}$$

Il momento d'inerzia delle ali

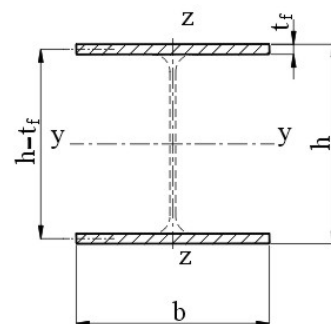
$$J_{ali,y} = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot t_f^3 + 2 \cdot b \cdot t_f \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2$$

$$J_{ali,y} = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 1,55^3 + 2 \cdot 30 \cdot 1,55 \cdot \left(\frac{31 - 1,55}{2} \right)^2$$

$$J_{ali,y} = 20183\text{cm}^4$$

$$M_{ali} = 28200 \cdot \frac{20183}{22928}$$

Fig.5.74



$$M_{ali} = 24824 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (5e.5)$$

Sforzo S che si scarica sul coprighiunto d'ali superiori

$$S = \frac{M_{ali}}{h - t_f} \quad S = \frac{24824}{31 - 1,55}$$

$$S = 843 \text{ kN} \quad (5e.6)$$

Verifica delle saldature del coprighiunto sulle ali superiori del profilato

Lo sforzo S risulta parallelo ai cordoni S_{a1} e normale al cordone S_{a2} .

Si considerano le superfici resistenti dei cordoni, ribaltati sui loro lati, posti sulla superficie di attacco con il profilato. In tal modo, le tensioni risultano di taglio per tutti i cordoni: tensioni di taglio $\tau_{||}$ parallele per i cordoni S_{a1} e normale t_{\perp} per il cordone S_{a2} .

Per quanto esposto nel precedentemente paragrafo, la tensione di taglio sia sul cordone parallelo, sia su quello normale allo sforzo risulta:

$$\tau_{||} = \tau_{\perp} = \frac{S}{2 \cdot a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} \quad (5e.7)$$

Per un predimensionamento, consideriamo una altezza di gola uguale per tutti i cordoni

$$a_1 = a_2 = a_{min}$$

Determiniamo le dimensioni del cordone parallelo S_{a1} che soddisfano le condizioni al limite di resistenza per le sezioni in posizione ribaltata:

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{||}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

	S 235	S 275 S 355	S 420 S 460
β_1	0,85	0,7	0,62
β_2	1	0,85	0,75

per:

$$n_{\perp} = 0$$

$$t_{\perp} = 0$$

deve essere soddisfatta la limitazione:

$$\sqrt{\tau_{||}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} \quad \tau_{||} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

sostituendo la (4e.6)

$$\frac{S}{2 \cdot a_{min} \cdot L_1 + a_{min} \cdot L_2} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

$$\frac{S}{a_{\min} \cdot (2 \cdot L_1 + L_2)} = \beta_1 \cdot f_{yk} \quad (5e.8)$$

dove:

acciaio S 275

$$f_{yk} = 27,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_1 = 0,7$$

$$S = 843 \text{ kN}$$

$$L_1 = 52 \text{ cm}$$

$$L_2 = 26 \text{ cm}$$

dalla (5e.7) si ricava l'altezza minima di gola a_{\min}

$$a_{\min} = \frac{S}{(2 \cdot L_1 + L_2) \cdot \beta_1 \cdot f_{yk}} \quad a_{\min} = \frac{843}{(2 \cdot 52 + 26) \cdot 0,7 \cdot 27,5}$$

$$a_{\min} = 0,4 \text{ cm} = 4 \text{ mm}$$

Si fissa l'altezza del cordone:

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$z = a \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 5 \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 7,7 \text{ mm}$$

Verifiche

Il cordone S_{a1} parallelo allo sforzo S è ovviamente verificato, avendo fissata un'altezza di gola maggiore della minima, verificante le condizioni di resistenza.

Per il cordone S_{a2} devono essere rispettate le condizioni di resistenza:

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$n_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = 0$$

deve risultare:

$$\begin{cases} \sqrt{t_{\perp}^2} \leq \beta_1 f_{yk} & \left\{ \begin{array}{l} |t_{\perp}| \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{array} \right. \\ |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \left\{ \begin{array}{l} |t_{\perp}| \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{array} \right. \end{cases}$$

con

Acciaio S 275

$$\beta_1 = 0,7$$

$$\beta_2 = 0,85$$

$$\begin{cases} t_{\perp} \leq 0,7 \cdot 27,5 & \left\{ \begin{array}{l} t_{\perp} \leq 19,25 \text{ kN/cm}^2 \\ |t_{\perp}| \leq 23,35 \text{ kN/cm}^2 \end{array} \right. \\ |t_{\perp}| \leq 0,85 \cdot 27,5 & \end{cases} \quad (5e.9)$$

Con l'altezza di gola $a = 0,5 \text{ cm}$

$$t_{\perp} = \frac{S}{a \cdot (2 \cdot L_1 + l_2)} \quad t_{\perp} = \frac{843}{0.5 \cdot (2 \cdot 52 + 26)}$$

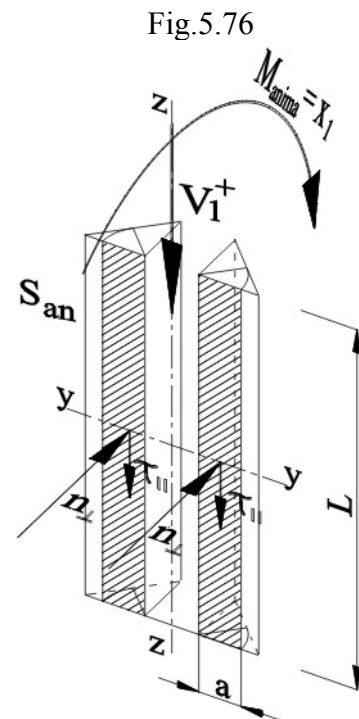
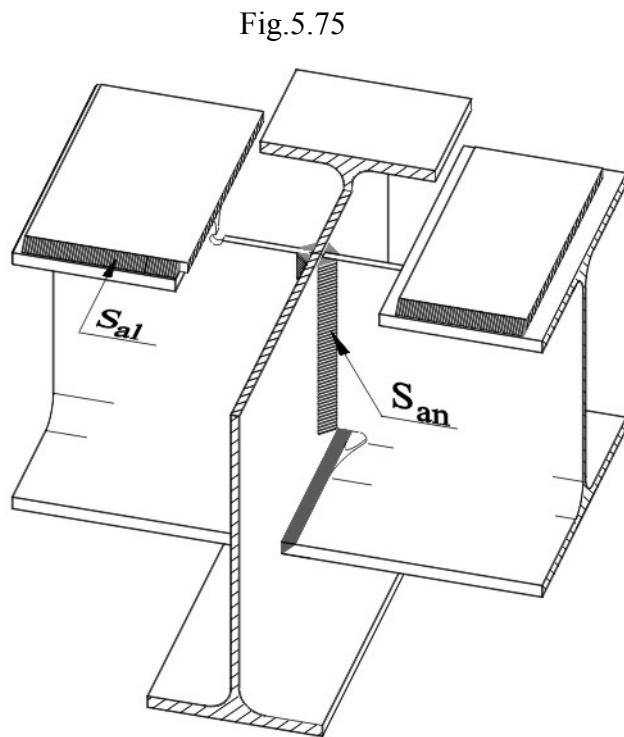
$$t_{\perp} = 12,96 \text{ kN/cm}^2$$

Sono rispettate le condizioni di resistenza (5e.8)

Verifica delle saldature tra le anime delle due travi

Le saldature, sui due lati opposti all'anima della trave principale, sono sollecitate da un momento flettente e di taglio parallelo all'asse del cordone.

Come si rileva dai diagrammi delle sollecitazioni, riportate in figura Fig.5.70, i cordone sul lato destro, sulla campata più lunga, devono sopportare una maggiore sollecitazione di taglio rispetto all'altro. Il predimensionamento e verifica della saldatura sarà eseguita, ovviamente, sui cordoni più sollecitati, assegnando agli altri le stesse dimensioni.



Conviene considerare le superfici delle sezioni dei cordoni ribaltati sui lati interni, in corrispondenza dell'attacco dell'anima della trave HEA320 con l'anima della trave principale

Tensione dovuta allo sforzo di taglio

Dai diagrammi delle sollecitazioni, riportate nella figura Fig.5.70, si rileva che lo sforzo di tagli di progetto sui cordoni posti nella campata più lunga è:

$$V_1^+ = 254 \text{ kN}$$

Lo sforzo di taglio di progetto su una superficie ribaltata di un cordone è:

$$V_{Ed} = \frac{V_I^+}{2}$$

La tensione τ_{\parallel} parallela all'asse del cordone è:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{a \cdot L}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_I^+}{2 \cdot a \cdot L} \quad (5e.10)$$

Tensione dovuta al momento flettente

Momento flettente

Il momento trasferito da un'anima all'altra dei due spezzoni è espressa dalla (5e.3) o dalla (5e.4)

$$M_{anima} = M_{Ed} - M_{ali} \quad (5e.3)$$

con:

$$M_{Ed} = 28200 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{ali} = 24824 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_{anima} = 28200 - 24824$$

$$M_{anima} = 3376 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad (5e.11)$$

Si considera un comportamento elastico del materiale, con tensioni σ , dovute al momento flettente, lineare, crescente dall'asse neutro alla fibra più lontana da esso. Tale ipotesi è la più rigorosa a favore della resistenza, considerando che la tensione max. σ_{max} , impiegata come tensione normale di progetto σ_{\perp} si considera uniformemente distribuita sulla sezione.

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{max}$$

Considerando che il momento flettente M_{anima} si scarica sui due cordoni d'angolo sull'anima di uno, si ha:

$$\sigma_{max} = n_{\perp} = \frac{M_{anima}}{2 \cdot W_{el,y}} \quad (5e.12)$$

con:

$$M_{anima} = 3376 \text{ kN} \cdot \text{cm} \quad \text{Momento flettente sull'anima}$$

$$L = 20 \text{ cm} \quad \text{lunghezza di un cordone di saldatura sull'anima}$$

$$a \quad \text{altezza della gola del cordone d'angolo e uguale all'altezza della sezione ribaltata sull'anima della trave principale}$$

$$W_{el,y} \quad \text{modulo di resistenza elastico della sezione di un cordone ribaltato sull'anima della trave principale}$$

Modulo di resistenza elastico rispetto all'asse y

$$W_{el,y} = \frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2$$

$$n_{\perp} = \frac{M_{anima}}{2 \cdot \frac{a \cdot L^2}{6}}$$

$$n_{\perp} = 3 \cdot \frac{M_{anima}}{a \cdot L^2} \quad (5e.13)$$

Per un predimensionamento consideriamo la prima condizione di resistenza al limite accettabile:

$$\sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

sostituendo le (5e.11), (5e.12), (5e.13)
con:

$$t_{\perp} = 0$$

$$\sqrt{\frac{9 \cdot M_{anima}^2}{a_{min}^2 \cdot L^4} + \frac{(V_I^+)^2}{4 \cdot a_{min}^2 \cdot L^2}} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

$$\frac{1}{a_{min} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot M_{anima}^2}{L^2} + \frac{(V_I^+)^2}{4}} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

da cui si ricava l'altezza minima di gola accettabile

$$a_{min} = \frac{1}{\beta_I \cdot f_{yk} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot M_{anima}^2}{L^2} + \frac{(V_I^+)^2}{4}}$$

per:

Acciaio S 275

$$f_{yk} = 27,5 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\beta_I = 0,7$$

$$L = 20 \text{ cm}$$

$$M_{anima} = 3376 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$V_I^+ = 254 \text{ kN}$$

$$a_{min} = \frac{1}{0,7 \cdot 27,5 \cdot 20} \sqrt{\frac{9 \cdot 3376^2}{20^2} + \frac{254^2}{4}}$$

$$a_{min} = 1,35 \text{ cm} = 13,5 \text{ mm}$$

Si pone

$$a = 14 \text{ mm} \quad (5e.14)$$

$$z = a \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 14 \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 19,8 \text{ mm}$$

Verifiche

La prima condizione di resistenza risulterà sicuramente verificata, avendo scelto un'altezza di gola "a" superiore a quella minima che rispetta il limite.

Occorre verificare la seconda condizione:

$$|n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$$

con

$$t_{\perp} = 0$$

deve essere

$$|n_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \quad (5e.15)$$

è:

$$\beta_2 \cdot f_{yk} = 0,85 \cdot 27,5$$

$$\beta_2 \cdot f_{yk} = 23,37 \text{ kN/cm}^2$$

$$n_{\perp} = 3 \cdot \frac{M_{anima}}{a \cdot L^2} \quad n_{\perp} = 3 \cdot \frac{3376}{1,4 \cdot 20^2}$$

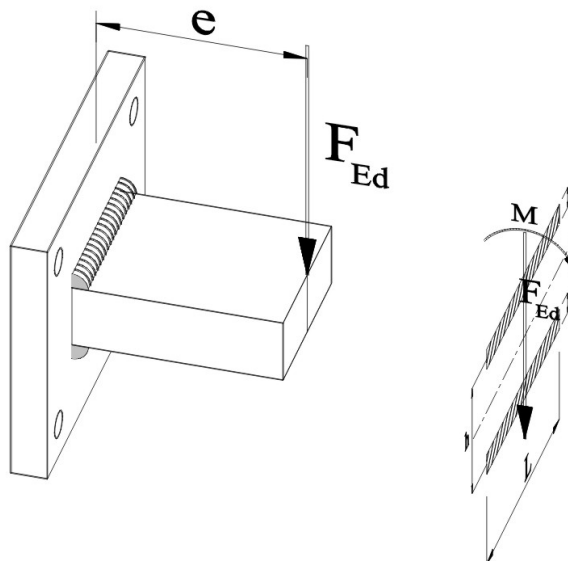
$$n_{\perp} = 18 \text{ kN/cm}^2$$

la condizione di resistenza (5e.15) è rispettata.

Saldatura verificata.

5.5.4.2 Cordoni normali alle azioni di tagli e flessione

Fig.5.77



Si considerano le sezioni dei cordoni ribaltate sulla piastra d'attacco. Si hanno su di esse sollecitazioni di taglio e flessione.

Si prenda come esempio esplicativo la mensola di figura Fig.5.77

Sia F_{Ed} la forza progetto di progetto, agente con una eccentricità "e" rispetto alle sezioni dei cordoni.

Sforzo di taglio

$$V_{Ed} = \frac{F_{ed}}{2} \quad (5.36)$$

Tensione di taglio normale all'asse di un cordone:

$$t_{\perp} = \frac{V_{Ed}}{a \cdot L} \quad (5.37)$$

$$t_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L}$$

Tensione normale n_{\perp}

Momento flettente di progetto

$$M_{Ed} = F_{Ed} \cdot e \quad (5.38)$$

Consideriamo un comportamento elastico della sezione, con andamento delle tensioni lineari, crescenti dall'asse neutro fino alla fibra più lontana da esso. La tensione max. è, poi, distribuita uniformemente su tutta la sezione. Ipotesi più onerosa rispetto al comportamento plastico e, quindi, più favorevole alla stabilità.

Fig.5.78

a altezza della gola ribaltata sulla piastra di attacco

L lunghezza del cordone

h_1 spessore del pezzo, saldato sulla piastra d'attacco

h distanza tra gli assi baricentrici delle due sezioni ribaltate di saldatura
 $h = h_1 + a$

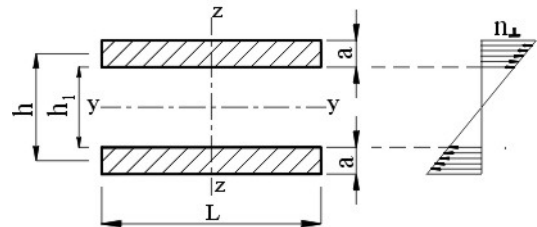
z_{max} distanza della fibra più lontana dall'asse neutro rispetto a questo

$$z_{max} = \frac{h_1}{2} + a \quad (5.39)$$

Tensione max.

$$n_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{W_{el,y}} \quad (5.40)$$

dove $W_{el,y}$ è il minimo modulo di resistenza elastico* :



$$W_{el,y} = \frac{J_y}{z_{max}} \quad *$$

$$W_{el,y} = \frac{J_y}{\frac{h_1}{2} + a} \quad (5.41)$$

con J_y momento d'inerzia delle due sezioni ribaltate rispetto all'asse y :

$$J_y = 2 \cdot \frac{I}{12} \cdot L \cdot a^3 + 2 \cdot a \cdot L \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2$$

$$J_y = 2 \cdot \frac{I}{12} \cdot L \cdot a^3 + 2 \cdot a \cdot L \cdot \left(\frac{h_1 + a}{2}\right)^2 \quad (5.42)$$

Si può calcolare la tensione normale n_{\perp} :

$$n_{\perp} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{W_{el,y}} \quad (5.43)$$

esprimendo $W_{el,y}$ con la formula (5.41), e sostituendo J_y con la (5.42)

Verifica

Debbono essere verificate le due condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

	S 235	S 275 S 355	S 420 S 460
β_1	0,85	0,7	0,62
β_2	1	0,85	0,75

Esempio 6

Cordoni paralleli e normali alle azioni di taglio e momento flettente

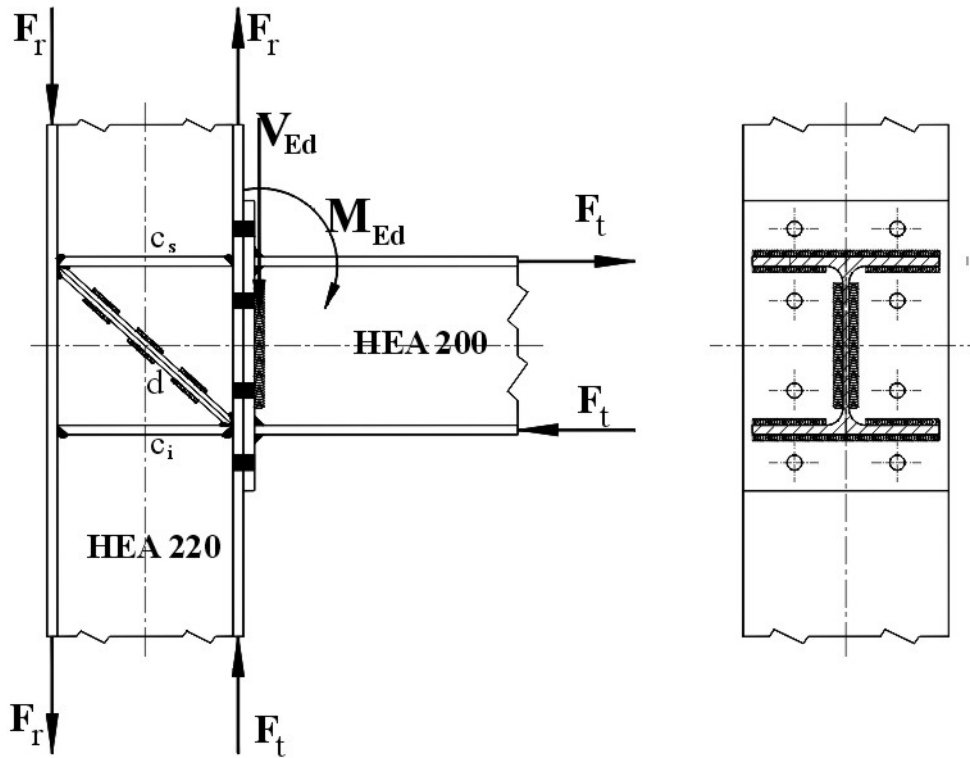
Come esempio ci riferiamo ad un nodo ad incastro tra un traverso HEA 200 ed un ritto HEA220.

Si fa l'ipotesi semplificativa, che il trasferimento del momento flettente di progetto M_{Ed} , dal traverso al ritto, avvenga mediante le sole ali del profilato HEA220, mentre lo sforzo di taglio V_{ed} dall'anima.

Il momento flettente M_{Ed} si traduce in una coppia di forze F_t sulle ali: una di trazione sull'ala superiore e una di compressione su quella inferiore.

La coppia di forze F_t sul traverso è equilibrata da un'altra coppia di forze F_t sul ritto

* Nel caso che si consideri un andamento plastico si utilizza il modulo di resistenza plastico $W_{pl,y} = 2 \cdot S_y$



le costole di rinforzo c_s , c_i , contigue alle ali del profilato HEA 200, sono poste sul ritto per trasferire a questo l'aliquota maggiore del momento flettente trasmesso dal traverso; mentre la diagonale "d" trasmette al ritto l'aliquota di momento che dovrebbe assorbire la sua anima.

Il traverso, in profilato HEA 200, sollecitato da un momento d'incastro M_{Ed} e da uno sforzo di taglio V_{Ed} , è saldato su una piastra di attacco, bullonata su un'ala del ritto.

Si hanno cordoni paralleli e normali alle azioni di taglio e flessione.

Fig.5.80

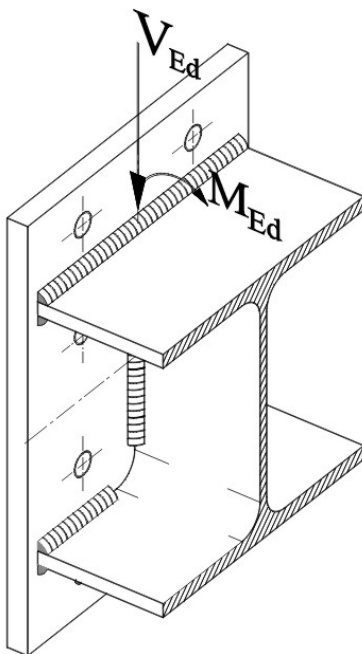
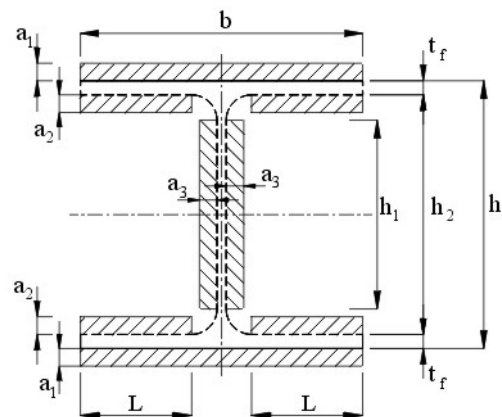


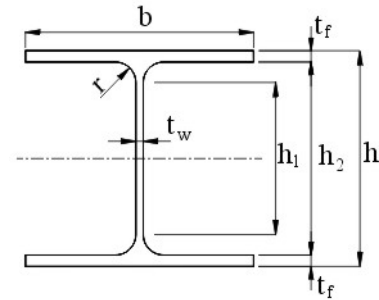
Fig.5.81



Profilato HEA 200

$$\begin{aligned} b &= 200 \text{ mm} \\ h &= 190 \\ h_1 &= 134 \text{ mm} \\ h_2 &= 170 \\ t_f &= 10 \text{ mm} \\ t_w &= 6,5 \text{ mm} \\ r &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

Fig.5.82



Azioni sui cordoni

Momento di progetto $M_{Ed} = 102 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Sforzo di taglio di progetto $V_{Ed} = 140 \text{ kN}$

Per il dimensionamento e verifica dei cordoni di saldatura conviene considerare le sezioni di esse, ribaltate sul piano della piastra di attacco ad un'ala del ritto.

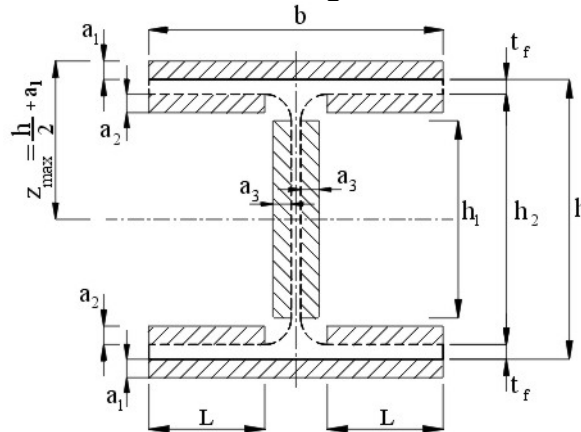
Il calcolo si può semplificare ritenendo, che lo sforzo di taglio V_{Ed} si scarichi sui cordoni d'anima e il momento flettente su quelli delle ali.

Verifica e dimensionamento dei cordoni di saldatura delle ali

Consideriamo un andamento elastico delle tensioni, cautelativo, a favore della stabilità.

Il momento M_{Ed} produce tensioni normali sulle sezioni ribaltate dei cordoni.

Fig.5.83



Per la verifica, si rileva la tensione normale n_1 massima nella fibra più lontana dall'asse neutro, che viene messa a confronto nella condizione di resistenza.

$$n_1 = \frac{M_{Ed}}{W_{el,y}} \quad (6e.1)$$

dove $W_{el,y}$ è il modulo di resistenza minimo, riferito alla fibra più lontana dall'asse neutro

$$W_{el,y} = \frac{J_y}{z_{max}} \quad (6e.2)$$

con:

J_y momento d'inerzia delle sezioni dei cordoni di saldatura delle ali
 z_{max} distanza dall'asse neutro della fibra più lontana da esso delle sezioni dei cordoni d'ali (Fig.5.83)

$$z_{max} = \frac{h}{2} + a_1 \quad (6e.3)$$

per a_1 molto piccolo rispetto ad $\frac{h}{2}$, si può assumere a favore della stabilità

$$z_{max} \cong \frac{h}{2} \quad (6e.4)$$

Momento d'inerzia J_y

$$J_y = 2 \cdot \frac{1}{12} b \cdot a_1^3 + 2 \cdot b \cdot a_1 \cdot \left(\frac{h + a_1}{2} \right)^2 + 4 \cdot \frac{1}{12} L \cdot a_2^3 + 4 \cdot L \cdot a_2 \cdot \left(\frac{h_2 - a_2}{2} \right)^2 \quad (6e.5)$$

Per a_1, a_2 piccoli rispetto alle altezze, rispettivamente h, h_2 , si può assumere per il momento d'inerzia J_y l'espressione approssimata:

$$J_y \cong 2 \cdot b \cdot a_1 \cdot \left(\frac{h}{2} \right)^2 + 4 \cdot L \cdot a_2 \cdot \left(\frac{h_2}{2} \right)^2$$

$$J_y \cong \frac{b \cdot a_1 \cdot h^2}{2} + L \cdot a_2 \cdot h_2^2 \quad (5e.6)$$

Modulo di resistenza elastico minimo $W_{el,y}$

$$W_{el,y} = \frac{J_y}{z_{max}}$$

con J_y dato dalla (6e.5) e z_{max} dalla (6e.3).

Approssimativamente è J_y dato dalla (5e.6) e z_{max} dalla (6e.4)

$$W_{el,y} = \frac{b \cdot a_1 \cdot \frac{h^2}{2} + L \cdot a_2 \cdot h_2^2}{\frac{h}{2}}$$

$$W_{el,y} = b \cdot a_1 \cdot h + 2 \cdot L \cdot a_2 \cdot \frac{h_2^2}{h} \quad (6e.7)$$

Tensione normale max.

$$n_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{W_{el,y}}$$

Per la verifica delle sezioni dei cordoni di saldatura delle ali devono essere verificate le condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$t_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = 0$$

deve verificarsi:

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} & 1^{\circ} \text{ condizione} \\ |n_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} & 2^{\circ} \text{ condizione} \end{cases}$$

con:

	S 235	S 275 S 355	S 420 S 460
β_1	0,85	0,7	0,62
β_2	1	0,85	0,75

Predimensionamento cordoni di saldatura delle ali

Si può effettuare un predimensionamento diretto dei cordoni di saldatura della ali, assegnando ad essi la stessa altezza di gola, con $a_1 = a_2 = a$ e imponendo la 1° condizione di resistenza limite. Assegnate poi le effettive dimensioni delle gole si procede a successive verifiche.

Dati di progetto

Tipo di acciaio S 275

Tensione di snervamento $f_{yk} = 27,5 \text{ kN} / \text{cm}^2$

Momento di progetto $M_{Ed} = 10200 \text{ kN} \cdot \text{cm}$

Sforzo di taglio di progetto $V_{Ed} = 280 \text{ kN}$

$$n_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{W_{el,y}} \quad (e6.8)$$

per la (5e.7) ponendo :

$$a_1 = a_2 = a$$

$$W_{el,y} = b \cdot a \cdot h + 2 \cdot L \cdot a \cdot \frac{h_2^2}{h}$$

$$W_{el,y} = a \cdot \left(b \cdot h + 2 \cdot L \cdot \frac{h_2^2}{h} \right)$$

$$n_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{a \cdot \left(b \cdot h + 2 \cdot L \cdot \frac{h_2^2}{h} \right)} \quad (6e.9)$$

dove:

$$L = \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r \qquad L = \frac{20}{2} - \frac{0,65}{2} - 1,8$$

$$L = 7,88 \text{ cm}$$

Imponendo la 1° condizione al limite di resistenza e sostituendo la (5e.8)

$$n_{\perp} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

$$\frac{M_{Ed}}{a \cdot \left(b \cdot h + 2 \cdot L \cdot \frac{h_2^2}{h} \right)} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

da cui:

$$a = \frac{M_{Ed}}{\beta_1 \cdot f_{yk} \cdot \left(b \cdot h + 2 \cdot L \cdot \frac{h_2^2}{h} \right)} \qquad a = \frac{10200}{0,7 \cdot 27,5 \cdot \left(20 \cdot 19 + 2 \cdot 7,88 \cdot \frac{17^2}{19} \right)}$$

$$a = 0,86 \text{ cm}$$

Poniamo

$$a = 9 \text{ mm}$$

risulta

$$z = a \cdot \sqrt{2} \qquad z = 9 \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 12,7 \text{ mm}$$

Verifica della condizioni di resistenza

La prima condizione è ovviamente soddisfatta, avendo scelto un'altezza di gola superiore a quella al limite di resistenza.

Seconda condizione

$$n_{\perp} \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$$

$$\beta_2 \cdot f_{yk} = 0,85 \cdot 27,5$$

$$\beta_2 \cdot f_{yk} = 23,37 \text{ kN / cm}^2 \qquad (6e.10)$$

per la (6e.8)

$$n_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{a \cdot \left(b \cdot h + 2 \cdot L \cdot \frac{h_2^2}{h} \right)}$$

$$n_{\perp} = \frac{10200}{0,9 \cdot \left(20 \cdot 19 + 2 \cdot 7,88 \cdot \frac{17^2}{19} \right)}$$

$$n_{\perp} = 18,28 \text{ kN / cm}^2 \qquad (6e.11)$$

confrontando la (6e.10) con la /6e.11)

risulta:

$$n_{\perp} \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$$

la 2° condizione di resistenza è soddisfatta

Ovviamente, a questo punto, volendo, si possono fissare valori diversi tra a_1, a_2 con $a_2 < a_1$, intorno al valore di a determinato ed effettuare le verifiche.

Verifica e dimensionamento dei cordoni di saldatura dell'anima

Lo sforzo di taglio V_{Ed} si considera distribuito sulla due sezioni dei cordoni di saldatura dell'anima.

Verifica

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$n_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\perp} = 0$$

deve verificarsi:

$$\sqrt{\tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \quad |\tau_{\parallel}| \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

Dimensionamento del cordone

Sforzo di taglio di progetto $V_{Ed} = 280 \text{ kN}$

Acciaio S 275

Tensione di snervamento $f_{yk} = 27,5 \text{ kN} / \text{cm}^2$

Coefficiente $\beta_1 \quad \beta_1 = 0,7$

Imponendo la condizione di resistenza al limite accettabile, deve essere:

$$|\tau_{\parallel}| = \beta_1 \cdot f_{yk} \quad (e5.11)$$

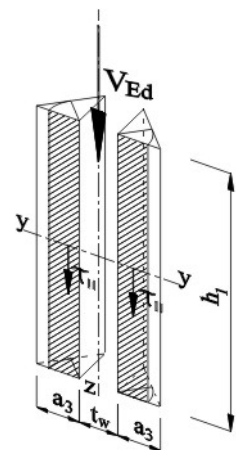
Considerando lo sforzo di taglio V_{Ed} come distribuito sulle due sezioni ribaltate dei cordoni di saldatura:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a_3 \cdot h_1}$$

sostituendo nella (e5.11)

$$\frac{V_{Ed}}{2 \cdot a_3 \cdot h_1} = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

Fig.5.84



da cui:

$$a_3 = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot h_l \cdot \beta_l \cdot f_{yk}} \qquad a_3 = \frac{280}{2 \cdot 17 \cdot 0,7 \cdot 27,5}$$

$$a_3 = 0,43 \text{ mm}$$

Poniamo

$$a_3 = 5 \text{ mm}$$

$$z = a_3 \cdot \sqrt{2} \qquad z = 5 \cdot \sqrt{2}$$

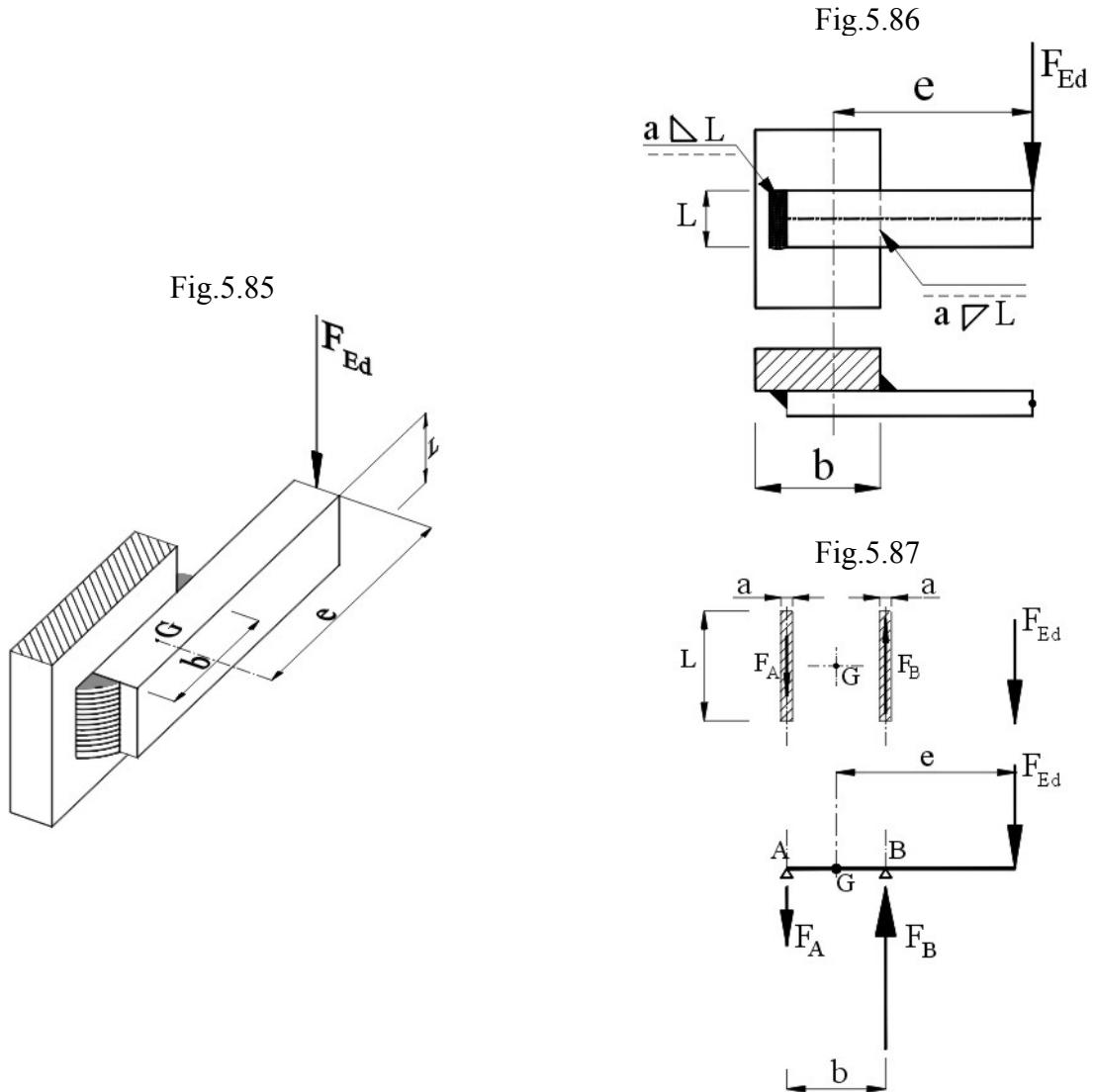
$$z = 7,1 \text{ mm}$$

Non occorrono ulteriori verifiche, avendo scelto un'altezza di gola, superiore a quella corrispondente al limite di resistenza accettabile.

5.5.5 Unioni sollecitate a torsione e taglio

5.5.5.1 Unioni sollecitate a torsione, e taglio parallelo ai cordoni

Facciamo riferimento all'esempio schematico descritto dalle figure Fig.5.85, Fig.5.86, Fig.5.87



Le due saldature sono parallele allo sforzo di progetto F_{Ed} , che determina un'azione torcente sulle due sezioni ribaltate dell'unione, poste su uno stesso piano.

L'azione dello sforzo F_{Ed} è equilibrato dalle reazioni di taglio F_A , F_B , offerte dalle due sezioni dei coronidi saldatura.

Lo schema statico è rappresentato in figura Fig.5.87.

Dall'equilibrio dei momenti rispetto ad A :

$$\sum M_A = 0 \quad F \cdot \left(e + \frac{b}{2} \right) - F_B \cdot b = 0 \quad (5.44)$$

dove:

- e eccentricità della forza di progetto F_{Ed} rispetto al baricentro G delle due sezioni dei cordoni, ribaltate sullo stesso piano;
- b distanza delle sezioni dei due cordoni, ribaltate sullo stesso piano.

Dalla (5.44) si ricava lo sforzo di taglio F_B del cordone più sollecitato.

$$F_B = F_{Ed} \cdot \left(\frac{e}{b} + \frac{1}{2} \right) \quad (5.45)$$

Tensione di taglio

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_B}{a \cdot L}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{a \cdot L} \cdot \left(\frac{e}{b} + \frac{1}{2} \right) \quad (5.46)$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

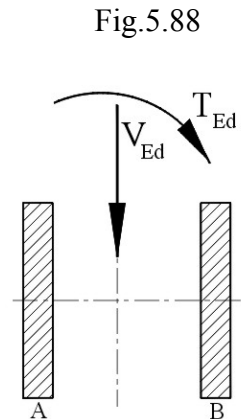
per:

$$n_{\perp} = 0$$

$$t_{\perp} = 0$$

$$\sqrt{\tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \quad |\tau_{\parallel}| \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

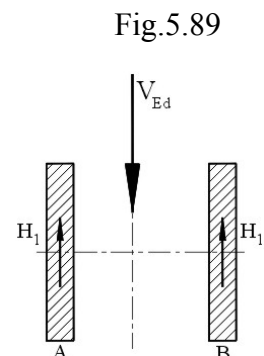
Nel caso generale, in cui i due cordoni sono sollecitati da uno sforzo di taglio V_{Ed} e un momento torcente T_{Ed} , si considera la sovrapposizione degli effetti.



Sollecitazione dovuta allo sforzo di taglio V_{Ed}

Lo sforzo di taglio, considerato al baricentro delle due sezioni, è equilibrato da due reazioni H_1 uguali:

$$H_1 = \frac{V_{Ed}}{2} \quad (5.47)$$



Sollecitazione dovuta al momento torcente T_{Ed}

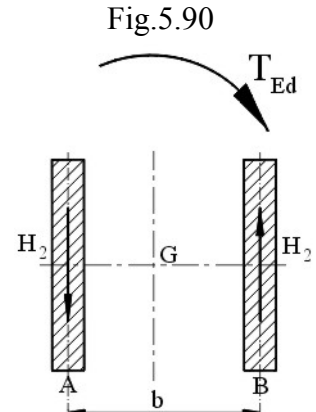
Il momento torcente T_{Ed} è equilibrato da una coppia di reazione H_2 sulle due sezioni.

Deve essere:

$$H_2 \cdot b = T_{Ed}$$

da cui:

$$H_2 = \frac{T_{Ed}}{b} \quad (5.48)$$



Sforzo di taglio effettivo sulle sezioni

Con la sovrapposizione degli effetti si ottengono gli sforzi di taglio sulle sezioni ribaltate A, B (ovviamente le reazioni determinate sono uguali alle azioni):

$$V_A = H_1 - H_2$$

$$V_B = H_1 + H_2$$

Lo sforzo di taglio di progetto è quello sulla sezione B più sollecitata:

$$V_{Ed,B} = V_B = H_1 + H_2$$

$$V_{Ed,B} = \frac{V_{Ed}}{2} + \frac{T_{Ed}}{b}$$

Tensione tangenziale sulla sezione più sollecitata

Lo sforzo di taglio $V_{Ed,B}$ si può considerare, secondo normativa NTC, ripartito uniformemente sulla sezione, determinando una tensione tangenziale parallela all'asse del cordone.

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed,B}}{a \cdot L}$$

$$\tau_{II} = \frac{I}{a \cdot L} \cdot \left(\frac{V_{Ed}}{2} + \frac{T_{Ed}}{b} \right) \quad (5.49)$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{II}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$n_{\perp} = 0$$

$$t_{\perp} = 0$$

deve verificarsi:

$$\sqrt{\tau_{\parallel}^2} \leq \beta_I \cdot f_{yk} \quad |\tau_{\parallel}| \leq \beta_I \cdot f_{yk}$$

-----o-----

Notare che, nel caso dell'esempio schematico di figura Fig.5.87, risulta:

$$V_{Ed} = F_{Ed}$$

$$T_{Ed} = F_{Ed} \cdot e$$

sostituendo nella (5.49) si ha:

$$\tau_{\parallel} = \frac{I}{a \cdot L} \cdot \left(\frac{F_{Ed}}{2} + \frac{F_{Ed} \cdot e}{b} \right)$$

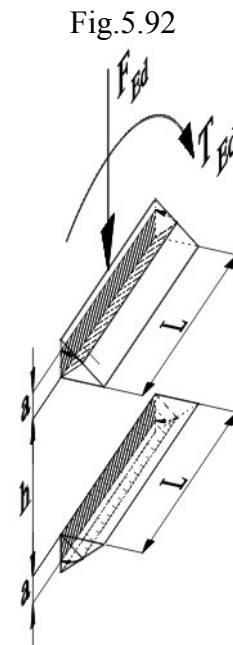
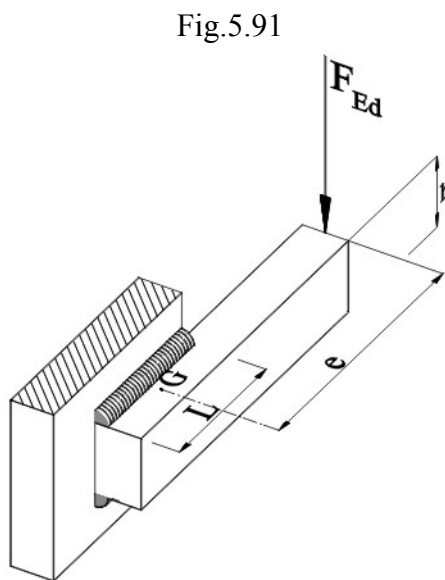
$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed}}{a \cdot L} \cdot \left(\frac{e}{b} + \frac{I}{2} \right)$$

Si ottiene, ovviamente, la stessa espressione della (5.46)

-----o-----

5.5.5.2 Unioni sollecitate a torsione, e taglio ortogonale ai cordoni

Facciamo riferimento all'esempio schematico riportato nelle figure Fig.5.91, Fig.5.92



Primo metodo

Si possono considerare le sezioni dei cordoni ribaltate sui lati paralleli alla piastra d'attacco.

Il momento torcente rispetto al baricentro delle sezioni dei due cordoni è:

$$T = F_{Ed} \cdot e$$

Si può, ovviamente, portare la forza F_{Ed} sul baricentro delle due sezioni dei cordoni, aggiungendo la coppia di trasporto T_{Ed} .

La forza F_{Ed} determina, su un cordone, uno sforzo di taglio ortogonale al suo asse:

$$V_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{2}$$

e quindi una tensione tangenziale ortogonale t_{\perp} all'asse:

$$t_{\perp} = \frac{V_{Ed}}{a \cdot L}$$

$$t_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L} \quad (5.50)$$

Il momento torcente T_{Ed} è equilibrato da una coppia di forze di reazione H sull'asse dei cordoni.

Per l'equilibrio si ha:

$$H \cdot h = T_{Ed} \quad \text{da cui} \quad H = \frac{T_{Ed}}{h}$$

$$H = \frac{F_{Ed} \cdot e}{h} \quad (5.51)$$

La forza H , secondo normativa NTC, si può considerare ripartito sulla sezione ribaltata, determinando una tensione tangenziale τ_{\parallel} :

$$\tau_{\parallel} = \frac{H}{a \cdot L}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{a \cdot L \cdot h} \quad (5.52)$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

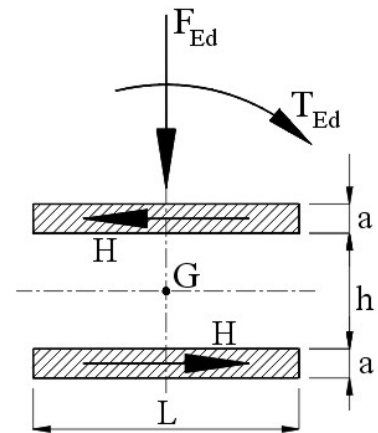
per:

$$n_{\perp} = 0$$

debbono essere soddisfatte le due limitazioni:

$$\begin{cases} \sqrt{t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases}$$

Fig.5.93



Secondo metodo

Si può considerare la sezione del cordone ribaltata sul pino normale a quello della piastra di attacco.

La forza F_{Ed} ribaltata ripartita sulle due sezioni, determina su una di esse una tensione normale:

$$n_{\perp} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L} \quad (5.52)$$

Il momento torcente T_{Ed} è equilibrato da una coppia di forze di reazione H sull'asse dei cordoni.

Per l'equilibrio si ha:

$$H \cdot h = T_{Ed} \quad \text{da cui} \quad H = \frac{T_{Ed}}{h}$$

$$H = \frac{F_{Ed} \cdot e}{h} \quad (5.53)$$

La forza H , secondo normativa NTC, si può considerare ripartito sulla sezione ribaltata, determinando una tensione tangenziale τ_{\parallel} :

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{a \cdot L \cdot h} \quad (5.54)$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + t_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp}| + |t_{\perp}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

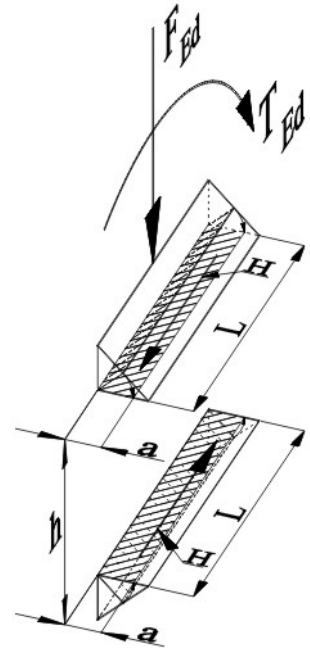
per:

$$t_{\perp} = 0$$

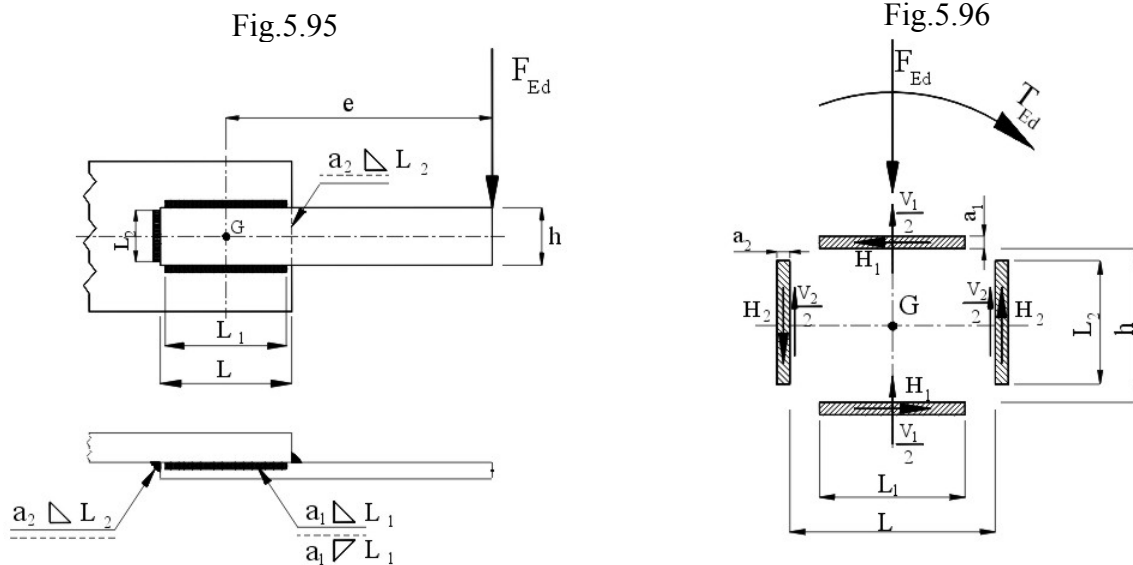
debbono essere soddisfatte le due limitazioni:

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |n_{\perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases}$$

Fig.5.94



5.5.5.3 Unioni sollecitate a torsione con cordoni paralleli e ortogonali al taglio



Facciamo riferimento all'esempio schematico riportato nelle figure Fig.5.95, Fig.5.96
 Si supponga che i cordoni paralleli allo sforzo di taglio abbiano, tra loro, la stessa sezione e lunghezza; così pure quelli ortogonali, ma con sezione e lunghezza diverse dai cordoni paralleli.
 Si indica con:

- a_1 altezza di gola dei due cordoni ortogonali allo sforzo di taglio;
- L_1 lunghezza dei due cordoni ortogonali allo sforzo di taglio
- a_2 altezza di gola dei due cordoni paralleli allo sforzo di taglio;
- L_2 lunghezza dei due cordoni paralleli allo sforzo di taglio
- F_{Ed} lo sforzo di progetto determinante gli sforzi di taglio sulle sezioni dei cordoni;
- T_{Ed} il momento torcente applicato all'insieme delle sezioni dei cordoni;
- V_1 sforzo di reazione alla forza di progetto F_{Ed} e di taglio totale sulle due sezioni dei cordoni, ortogonali a detta forza F_{Ed}
- $V_{Ed,1}$ sforzo di taglio di progetto sulla singola sezione ribaltata del cordone ortogonale alla forza di progetto F_{Ed}
- V_2 sforzo di reazione alla forza di progetto F_{Ed} e di taglio totale sulle due sezioni dei cordoni, parallele a detta forza F_{Ed} ;
- $V_{Ed,1}$ sforzo di taglio di progetto sulla singola sezione ribaltata del cordone parallela alla forza di progetto F_{Ed}
- H_1 sforzo di taglio su ciascuna sezione "1", ortogonale alla forza di progetto F_{Ed} , determinante la coppia di reazione al momento torcente T_{Ed}

- H_2 sforzo di taglio su ciascuna sezione “2”, parallela alla forza di progetto F_{Ed} , determinante la coppia di reazione al momento torcente T_{Ed}
- $H_{1,max}$ forza massima di resistenza al taglio della singola sezione “1”, ortogonale allo sforzo di taglio F_{Ed}
- $H_{2,max}$ forza massima di resistenza al taglio della singola sezione “2”, parallela allo sforzo di taglio F_{Ed}

La forza di progetto F_{Ed} si può portare sul baricentro delle sezioni dei cordoni con l'aggiunta della coppia di trasporto:

$$T_{Ed} = F_{Ed} \cdot e \quad (5.55)$$

Convien considerare le sezioni dei cordoni ribaltate sullo stesso piano della piastra di attacco.

Su tali superfici occorre ripartire la forza tagliante F_{Ed} e il momento torcente T_{Ed} ed eseguire, poi, la sovrapposizione degli effetti per determinare gli sforzi di taglio totali su dette superfici.

Ripartizione della forza tagliante F_{Ed} sulle sezioni ribaltate dei cordoni

È lo stesso problema già risolto nel punto 5.5.3.

La forza F_{Ed} è equilibrata da sforzi di reazione di taglio, proporzionali alle rispettive superfici dei cordoni.

La forza F_i sulla superficie i^{ma} S_i :

$$F_i = F_{Ed} \cdot \frac{S_i}{\sum S_i}$$

Sia A_{w1} la superficie ribaltata di un cordone ortogonale a F_{Ed}

$$A_{w1} = a_1 \cdot L_1 \quad (5.56)$$

Sia A_{w2} la superficie ribaltata di un cordone parallelo a F_{Ed}

$$A_{w2} = a_2 \cdot L_2 \quad (5.57)$$

Lo sforzo di reazione di taglio V_1 sui due cordoni normali a F_{Ed} è:

$$V_1 = F_{Ed} \cdot \frac{2 \cdot A_{w1}}{2 \cdot A_{w1} + 2 \cdot A_{w2}} \quad V_1 = F_{Ed} \cdot \frac{A_{w1}}{A_{w1} + A_{w2}}$$

Su un solo cordone “1”, ortogonale a F_{Ed} , lo sforzo di taglio di progetto è quindi:

$$V_{Ed,1} = \frac{V_1}{2}$$

$$V_{Ed,1} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{A_{w1}}{A_{w1} + A_{w2}}$$

$$V_{Ed,1} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1}{a_1 \cdot L_1 + a_1 \cdot L_2} \quad (5.58)$$

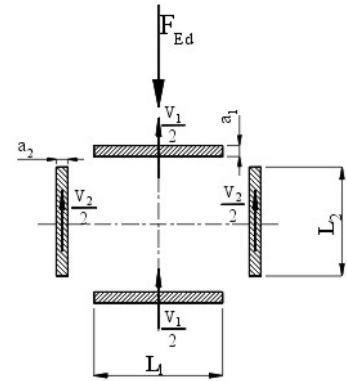
Così, similmente, su un solo cordone "2", parallelo a F_{Ed} , lo sforzo di taglio di progetto è:

$$V_{Ed,2} = \frac{V_2}{2}$$

$$V_{Ed,2} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{A_{w2}}{A_{w1} + A_{w2}}$$

$$V_{Ed,2} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2}{a_1 \cdot L_1 + a_1 \cdot L_2} \quad (5.59)$$

Fig.5.97



Tensioni sulle sezioni ribaltate per effetto dello sforzo tagliante F_{Ed}

Cordoni trasversali "1"

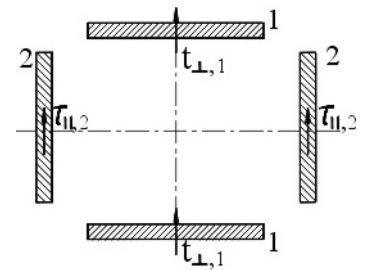
Sui cordoni trasversali "1" la distribuzione dello sforzo di taglio $V_{Ed,1}$ determina una tensione tangenziale $t_{\perp,1}$, ortogonale all'asse della sezione ribaltata:

$$t_{\perp,1} = \frac{V_{Ed,1}}{A_{w,1}}$$

$$t_{\perp,1} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a_1 \cdot L_1} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1}{a_1 \cdot L_2 + a_2 \cdot L_2}$$

$$t_{\perp,1} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{l}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} \quad (5.60)$$

Fig.97.a



Sui cordoni trasversali "2" la distribuzione dello sforzo di taglio $V_{Ed,2}$ determina una tensione tangenziale $t_{\parallel,2}$, parallela all'asse della sezione ribaltata:

$$\tau_{\parallel,2} = \frac{V_{Ed,2}}{A_{w,2}}$$

$$\tau_{\parallel,2} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot a_2 \cdot L_2} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2}{a_1 \cdot L_2 + a_2 \cdot L_2}$$

$$\tau_{\parallel,2} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{l}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} \quad (5.61)$$

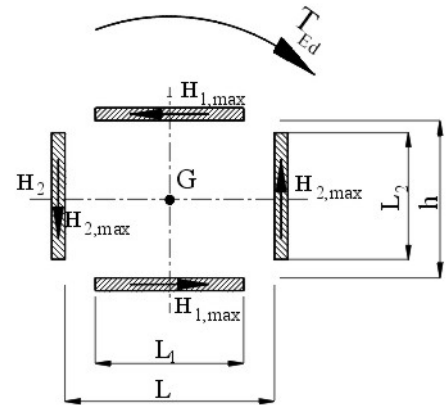
Si osservi che le espressioni (5.60) e (5.61) sono identiche. Ciò proviene dall'ipotesi, secondo la normativa NTC 4.2.8.2.4, che, allo stato limite ultimo, le azioni di calcolo sui cordoni d'angolo si distribuiscono uniformemente sulla sezione di gola.

Ripartizione del momento T_{Ed} sulle sezioni ribaltate dei cordoni

Fig.5.97.b

Il momento torcente T_{Ed} è equilibrato dalle due coppie di forze T_1, T_2 , ottenute, rispettivamente, dalle due forze H_1 di senso opposto, agenti sulle due sezioni "1" (fig.5.96) e dalla coppia di forze H_2 agenti sulle sezioni "2".

Si ipotizza che le due coppie T_1, T_2 , che equilibrano il momento torcente, siano proporzionali, rispettivamente, alle coppie resistenti $T_{1,max}, T_{2,max}$ fornite dalle sezioni dei cordoni, longitudinali e trasversali allo sforzo di taglio Fig.5.97.b.



Siano:

$H_{1,max}$ lo sforzo resistente al taglio della singola sezione "1" del cordone ortogonale allo sforzo di taglio;

$H_{2,max}$ lo sforzo resistente al taglio della singola sezione "2" del cordone parallelo allo sforzo di taglio;

Le coppie resistenti torsionali sono:

$T_{1,max}$ coppia resistente torsionale, fornita dalle sezioni "1" dei cordoni ortogonali allo sforzo di taglio:

$$T_{1,max} = H_{1,max} \cdot h \quad (5.62)$$

$T_{2,max}$ coppia resistente torsionale fornita dalle sezioni "2" dei cordoni paralleli allo sforzo di taglio:

$$T_{2,max} = H_{2,max} \cdot L \quad (5.63)$$

I momenti T_1, T_2 , di ripartizione ed equilibrio del momento torcente T_{Ed} , si considerano proporzionali, rispettivamente, ai momenti resistenti $T_{1,max}, T_{2,max}$, forniti dalle coppie di sezioni dei cordoni ortogonali e paralleli allo sforzo di taglio.

Si ha la proporzione:

$$\begin{cases} T_1 : T_2 = T_{1,max} : T_{2,max} & (a) \\ \text{con } T_1 + T_2 = T_{Ed} & (b) \end{cases}$$

Eseguendo il componendo della proporzione (a):

$$(T_1 + T_2) : T_1 = (T_{1,max} + T_{2,max}) : T_{1,max}$$

con

$$T_1 + T_2 = T_{Ed}$$

sostituendo e ricavando T_1 si ha:

$$T_{Ed} : T_1 = (T_{1,max} + T_{2,max}) : T_{1,max}$$

$$T_1 = T_{Ed} \cdot \frac{T_{1,max}}{T_{1,max} + T_{2,max}} \quad (5.64)$$

così, allo stesso modo, si ha:

$$T_2 = T_{Ed} \cdot \frac{T_{2,max}}{T_{1,max} + T_{2,max}} \quad (5.65)$$

Sostituendo le (5.62) e (5.63) si ottiene:

$$T_1 = T_{Ed} \cdot \frac{H_{1,max} \cdot h}{H_{1,max} \cdot h + H_{2,max} \cdot L} \quad (5.66)$$

$$T_2 = T_{Ed} \cdot \frac{H_{2,max} \cdot L}{H_{1,max} \cdot h + H_{2,max} \cdot L} \quad (5.67)$$

Espressione delle forze resistenti al taglio $H_{1,max}$, $H_{2,max}$

Indichiamo con τ_{max} la tensione di taglio massima sopportata del materiale.

Sarà:

$$\tau_{\perp,max} = \tau_{\parallel,max} = \tau_{max}$$

si avrà:

$$H_{1,max} = a_1 \cdot L_1 \cdot \tau_{max} \quad (5.68)$$

$$H_{2,max} = a_2 \cdot L_2 \cdot \tau_{max} \quad (5.69)$$

Sostituendo nelle (5.66), (5.67) si ottiene:

$$T_1 = T_{Ed} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1 \cdot \tau_{max} \cdot h}{a_1 \cdot L_1 \cdot \tau_{max} \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot \tau_{max} \cdot L}$$

$$T_1 = T_{Ed} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1 \cdot h}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L} \quad (5.70)$$

$$T_2 = T_{Ed} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2 \cdot \tau_{max} \cdot L}{a_1 \cdot L_1 \cdot \tau_{max} \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot \tau_{max} \cdot L}$$

$$T_2 = T_{Ed} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2 \cdot L}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L} \quad (5.71)$$

Sforzi di taglio H_1, H_2 , sulle sezioni ribaltate, di reazione al momento torcente di progetto T_{Ed}

Occorre non confondere gli sforzi di taglio H_1, H_2 con $H_{1,max}, H_{2,max}$.

Gli sforzi di taglio H_1, H_2 sono quelli effettivi sulle sezioni ribaltate, dovuti al momento torcente T_{Ed} ; mentre $H_{1,max}, H_{2,max}$ sono gli sforzi di taglio massimi che le sezioni possono sopportare.

Dai momenti delle coppie effettive T_1, T_2 di ripartizione del momento torcente T_{Ed} si possono determinare gli sforzi di taglio effettivi di reazione H_1, H_2

Cordoni ortogonali alla forza F_{Ed}

Fi.5.99

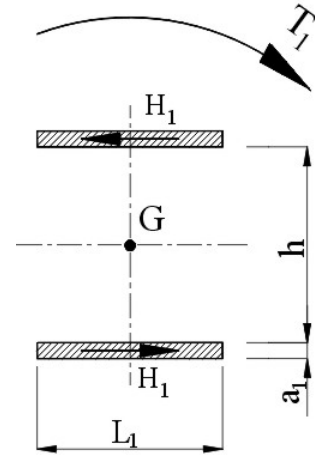
da cui:

$$H_1 = \frac{T_1}{h}$$

sostituendo la (5.68)

$$H_1 = \frac{T_{Ed}}{h} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1 \cdot h}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

$$H_1 = T_{Ed} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L} \quad (5.72)$$



Tensioni tangenziali sulle sezioni ribaltate dei cordoni "1", ortogonali alla forza F_{Ed}

$$\tau'_{\parallel,1} = \frac{H_1}{a_1 \cdot L_1}$$

sostituendo la (5.72)

$$\tau'_{\parallel,1} = \frac{T_{Ed}}{a_1 \cdot L_1} \cdot \frac{a_1 \cdot L_1}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

$$\tau'_{\parallel,1} = T_{Ed} \cdot \frac{1}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L} \quad (5.73)$$

Cordoni paralleli alla forza F_{Ed}

da cui:

$$T_2 = H_2 \cdot L$$

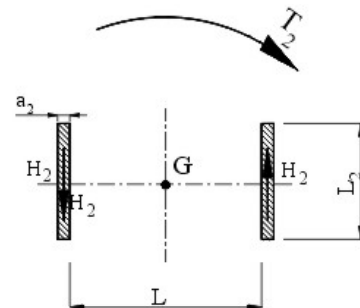
$$H_2 = \frac{T_2}{L}$$

sostituendo la (5.69)

$$H_2 = \frac{T_{Ed}}{L} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2 \cdot L}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

$$H_2 = T_{Ed} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L} \quad (5.74)$$

Fig.5.100



Tensioni tangenziali sulle sezioni ribaltate dei cordoni "1", ortogonali alla forza F_{Ed}

$$\tau'_{||,2} = \frac{H_1}{a_2 \cdot L_2}$$

sostituendo la (5.70)

$$\tau'_{||,2} = \frac{T_{Ed}}{a_2 \cdot L_2} \cdot \frac{a_2 \cdot L_2}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

$$\tau'_{||,2} = T_{Ed} \cdot \frac{1}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L} \quad (5.75)$$

Si osservi che le espressioni delle tensioni tangenziali sulle sezioni ribaltate sono le stesse, sia sui cordoni trasversali (5.74). sia su quelli longitudinali (5.75)

Sovrapposizione degli effetti per la determinazione delle tensioni di taglio totali sulle superfici ribaltate e verifiche

Si determinano le tensioni di taglio totali sulle superfici ribaltate dei cordoni, sovrapponendo quelle provocate dalla forza F_{Ed} e dal momento torcente T_{Ed} ; ciò, sia sui cordoni tangenziali sia su quelli trasversali rispetto ad F_{Ed} .

Si esegue poi la verifica sul cordone più sollecitato.

Cordoni "1" trasversali allo sforzo F_{Ed}

Fig.5.101

Effetto della forza tagliante F_{Ed}

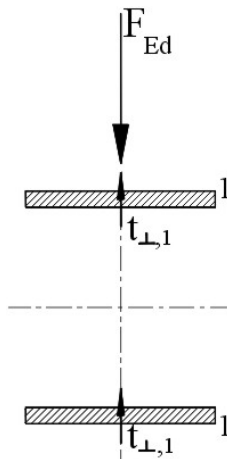
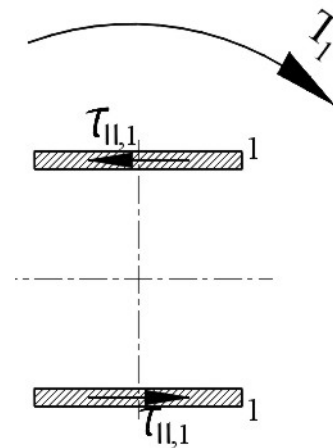


Fig.5.102

Effetto momento del torcente T_1 , quota parte di T_{Ed}



Sulle sezioni dei due cordoni trasversali "1" si esercitano due tensioni di taglio:

$t_{\perp,1}$ tensione di taglio ortogonale all'asse del cordone, dovuto alla ripartizione dello sforzo tagliante F_{Ed} (5.60)

$$t_{\perp,1} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{1}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2}$$

$\tau'_{\parallel,1}$ tensione di taglio parallelo all'asse del cordone, dovuto al momento torcente T_1 , componente della ripartizione del totale T_{Ed} (5.75)

$$\tau'_{\parallel,1} = T_{Ed} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

Nell'esempio schematico di Fig.5.95:

$$T_{Ed} = F_{Ed} \cdot e$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp,1}^2 + t_{\perp,1}^2 + \tau_{\parallel,1}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp,1}| + |t_{\perp,1}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$n_{\perp,1} = 0$$

deve verificarsi:

$$\begin{cases} \sqrt{t_{\perp,1}^2 + \tau_{\parallel,1}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp,1}| = \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases}$$

Cordoni paralleli allo sforzo F_{Ed} "2"

Fig.5.103
Effetto della forza tagliente F_{Ed}

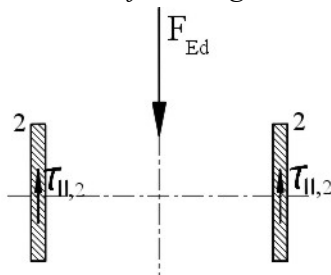
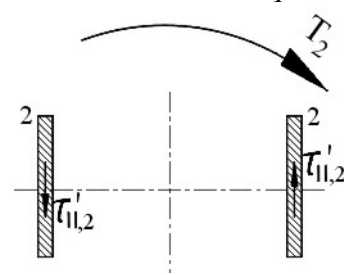


Fig.5.104
Effetto momento del torcente T_2 , quota parte di T_{Ed}



Sulle sezioni dei due cordoni paralleli alla forza tagliente F_{Ed} "2" si esercitano due tensioni di taglio:

$\tau_{\parallel,2}$ tensioni di taglio parallele all'asse dei cordoni, dovute alla ripartizione dello sforzo tagliente F_{Ed} (5.60). Le tensioni, nei due cordoni, hanno lo stesso senso.

$$\tau_{\parallel,2} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2}$$

$\tau'_{||,2}$ tensioni di taglio parallele all'asse dei cordone, dovuto al momento torcente T_2 , componente della ripartizione del totale T_{Ed} (5.73)

Le tensioni, nei due cordoni, hanno senso opposto.

$$\tau'_{||,2} = T_{Ed} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

In un cordone le due tensioni $t_{||,2}$, $\tau'_{||,2}$ si sommano, rappresentando, così, il cordone più sollecitato.

La tensione totale è:

$$\tau_{||,2\text{Tot}} = t_{||,2} + \tau'_{||,2}$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp,2}^2 + t_{\perp,2}^2 + \tau_{||,2}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp,2}| + |t_{\perp,2}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$n_{\perp,2} = 0$$

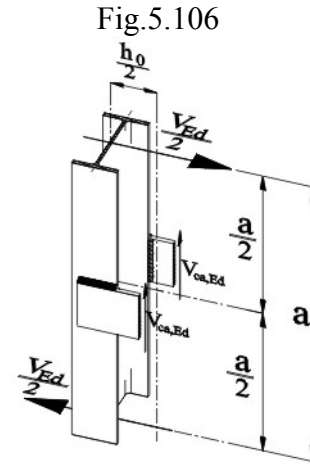
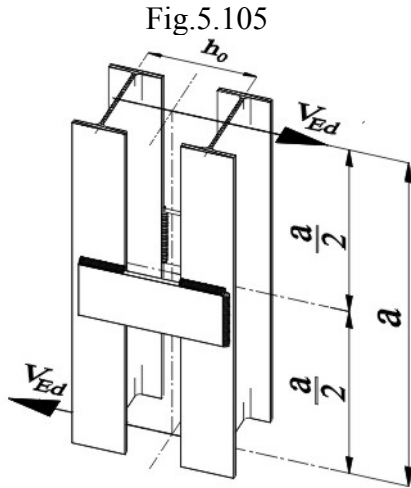
$$t_{\perp,2} = 0$$

deve verificarsi:

$$\sqrt{\tau_{||,2\text{Tot}}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

Esempio 7

Unioni sollecitate a torsione con cordoni paralleli e ortogonali al taglio



Si supponga che, in un'asta composta calastrellata tra due profilati IPE 140, lo sforzo di taglio calcolato in un campo estremo sia:

$$V_{Ed} = 40 \text{ kN}$$

Dati di progetto

distanza baricentrica dei due correnti $h_0 = 150 \text{ mm}$

distanza tra gli assi di due calastrelli $a = 500 \text{ mm}$

numero di piani di calastrellatura $n = 2$

dimensioni calastrello piatto $200 \times 80 \times 8$

lo sforzo di taglio di progetto $V_{ca,Ed}$ alla mezzeria di un calastrello (vedi IV parte – ASTE COMPOSTE) è:

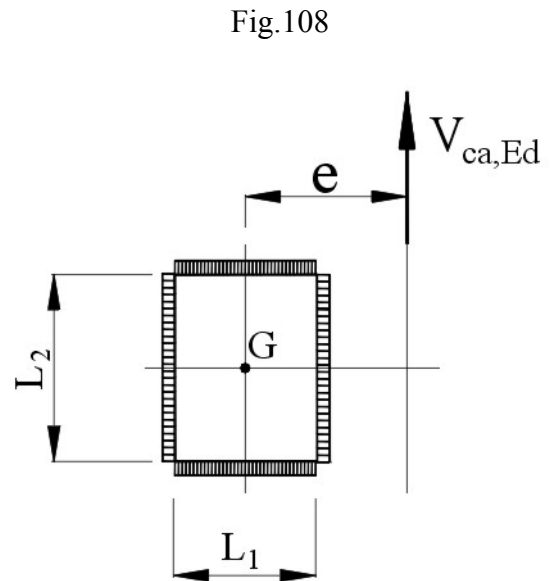
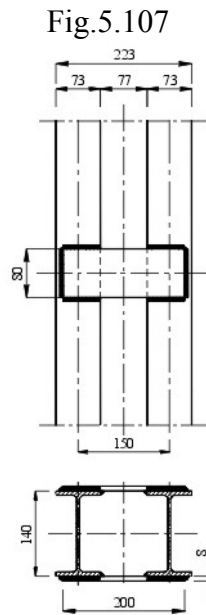
$$V_{ca,Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot a}{n \cdot h_0} \qquad V_{ca,Ed} = \frac{40 \cdot 50}{2 \cdot 15}$$

$$V_{ca,Ed} = 66,7 \text{ kN}$$

Si supponga, ai fini dell'esempio, che il calastrello venga saldato al corrente con quattro cordoni come rappresentato in figura Fig. 5.107, di cui due sono paralleli e gli altri ortogonali allo sforzo di taglio $V_{ca,Ed}$.

Per il calcolo di progetto e verifica dei cordoni di saldatura conviene considerare la loro sezione resistente, ribaltata nel piano di attacco frontale con il corrente.

Lo sforzo di taglio $V_{ca,Ed}$ ha un'eccentricità "e" rispetto al baricentro G delle sezioni ribaltate dei cordoni, come rappresentato nella figura schematica Fig. 5.18.



Dalla figura Fig.5.107 risulta:

Lunghezza cordone trasversale L_1 :

$$L_1 = \frac{200 - 77}{2}$$

$$L_1 = 61,5 \text{ mm} = 6,15 \text{ cm}$$

Lunghezza cordone longitudinale L_2 :

$$L_2 = 8 \text{ cm}$$

Eccentricità e :

$$e = \frac{77}{2} + \frac{L_1}{2} \quad e = \frac{77}{2} + \frac{61,5}{2}$$

$$e = 69,25 \text{ mm}$$

$$e = 6,93 \text{ cm}$$

Fig.5.109

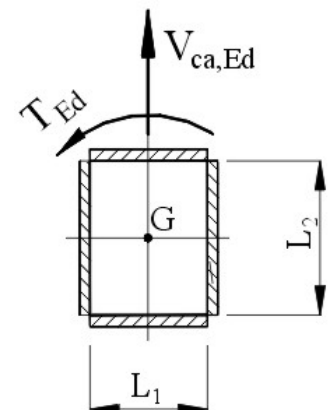
Si può trasportare lo sforzo $V_{ca,Ed}$ al baricentro G delle sezioni dei cordoni aggiungendo la coppia di trasporto.

Le quattro sezioni dei cordoni sono sollecitate da uno sforzo di taglio $V_{ca,Ed}$ e un momento torcente T_{Ed} :

$$T_{Ed} = V_{ca,Ed} \cdot e \quad T_{Ed} = 66,7 \cdot 6,93$$

$$T_{Ed} = 464 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

(7e.1)



Tensioni e verifiche nelle sezioni ribaltate dei cordoni

Si applicano direttamente le espressioni ricavate nella parte teorica (5.60), (5.61), (5.73), (5.75), considerate nella sovrapposizione degli effetti.

Cordoni "1", trasversali allo sforzo $F_{Ed} = V_{ca,Ed}$

Nell'applicazione delle formule determinate, si considera nel caso proposto nell'esempio, che le saldature nei quattro tratti siano eseguite per tutta la lunghezza disponibile:

$$h = L_2$$

$$L = L_1$$

Lo sforzo di taglio, indicato con F_{Ed} corrisponde a $V_{ca,Ed}$ applicato alla mezzeria del calastro

$$F_{Ed} = V_{ca,Ed}$$

Riferendoci allo schema statico considerato, si ha:

Fig.5.101

Effetto della forza tagliante F_{Ed}

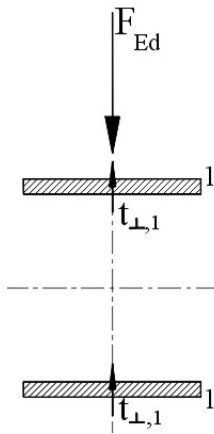
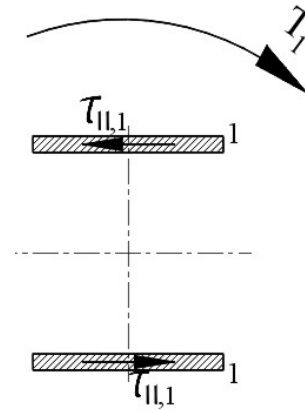


Fig.5.102

Effetto momento del torcente T_1 , quota parte di T_{Ed}



Sulle sezioni dei due cordoni trasversali "1" si esercitano due tensioni di taglio:

$t_{\perp,1}$ tensione di taglio ortogonale all'asse del cordone, dovuto alla ripartizione dello sforzo tagliante $F_{Ed} = V_{ca,Ed}$ (5.60)

$$t_{\perp,1} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{l}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2}$$

$$t_{\perp,1} = \frac{V_{ca,Ed}}{2} \cdot \frac{l}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} \quad (7e.2)$$

$\tau'_{\parallel,1}$ tensione di taglio parallelo all'asse del cordone, dovuto al momento torcente T_1 , componente della ripartizione del totale T_{Ed} (5.75)

$$\tau'_{||,1} = T_{Ed} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

con:

$$h = L_2$$

$$L = L_1$$

$$\begin{aligned} \tau'_{||,1} &= T_{Ed} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 \cdot L_2 + a_2 \cdot L_2 \cdot L_1} \\ \tau_{||,1} &= T_{Ed} \cdot \frac{I}{L_1 \cdot L_2 \cdot (a_1 + a_2)} \end{aligned} \quad (7e.3)$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp,1}^2 + t_{\perp,1}^2 + \tau_{||,1}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp,1}| + |t_{\perp,1}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

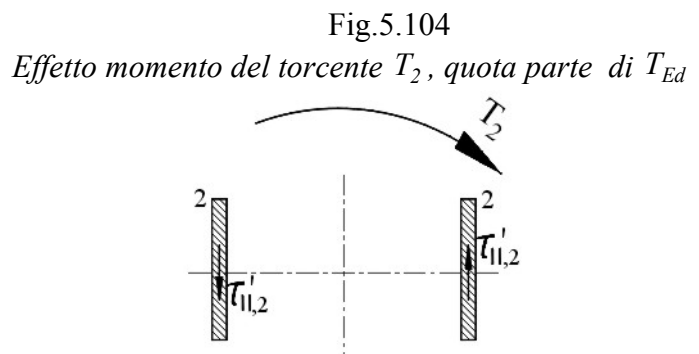
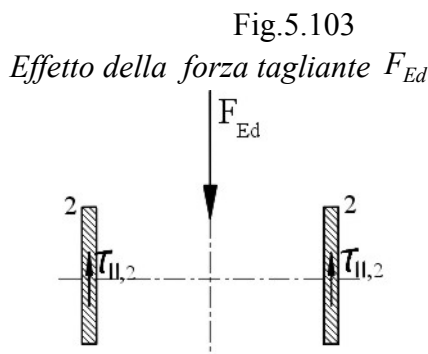
per:

$$n_{\perp,1} = 0$$

deve verificarsi:

$$\begin{cases} \sqrt{t_{\perp,1}^2 + \tau_{||,1}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp,1}| = \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases} \quad (7e.4)$$

Cordoni "2" paralleli allo sforzo $F_{Ed} = V_{ca,Ed}$



Sulle sezioni dei due cordoni paralleli alla forza tagliante F_{Ed} "2" si esercitano due tensioni di taglio:

$\tau_{||,2}$ tensioni di taglio parallele all'asse dei cordoni, dovute alla ripartizione dello sforzo tagliante $F_{Ed} = V_{ca,Ed}$ (5.60).

Le tensioni, nei due cordoni, hanno lo stesso senso.

$$\tau_{||,2} = \frac{F_{Ed}}{2} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2}$$

$$\tau_{\parallel,2} = \frac{V_{ca,Ed}}{2} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} \quad (6e.5)$$

$\tau'_{\parallel,2}$ tensioni di taglio parallele all'asse dei cordone, dovuto al momento torcente T_2 , componente della ripartizione del totale T_{Ed} (5.73) T_{Ed} (5.73)

$$\tau'_{\parallel,2} = T_{Ed} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 \cdot h + a_2 \cdot L_2 \cdot L}$$

con:

$$h = L_2$$

$$L = L_1$$

$$\tau'_{\parallel,2} = T_{Ed} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 \cdot L_2 + a_2 \cdot L_2 \cdot L_1}$$

$$\tau_{\parallel,2} = T_{Ed} \cdot \frac{I}{L_1 \cdot L_2 \cdot (a_1 + a_2)} \quad (7e.6)$$

Le tensioni, nei due cordoni, hanno senso opposto.

In un cordone le due tensioni $t_{\parallel,2}$, $\tau'_{\parallel,2}$ si sommano, rappresentando, così, il cordone più sollecitato.

La tensione totale è:

$$\tau_{\parallel,2\text{Tot}} = t_{\parallel,2} + \tau'_{\parallel,2} \quad (7e.7)$$

Verifica delle condizioni di resistenza

$$\begin{cases} \sqrt{n_{\perp,2}^2 + t_{\perp,2}^2 + \tau_{\parallel,2}^2} = \beta_1 \cdot f_{yk} & \text{condizione 1} \\ |n_{\perp,2}| + |t_{\perp,2}| = \beta_2 \cdot f_{yk} & \text{condizione 2} \end{cases}$$

per:

$$n_{\perp,2} = 0$$

$$t_{\perp,2} = 0$$

deve verificarsi:

$$\sqrt{\tau_{\parallel,2\text{Tot}}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

$$|\tau_{\parallel,2\text{Tot}}| \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \quad (7e.8)$$

Predimensionamento e verifiche dei cordoni

Per un dimensionamento di massima si considerino i cordoni con la stessa sezione ribaltata:

$$a_1 = a_2$$

Si prenda in considerazione la condizione limite di resistenza (7.8) sui cordoni tangenziali, paralleli allo sforzo di taglio:

$$|\tau_{\parallel,2\text{Tot}}| = \beta_1 \cdot f_{yk}$$

per la (7e.7) si ha:

$$\tau_{II,2Tot} = \tau_{II,2} + \tau'_{II,2} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

sostituendo le (7.e5), (7e.7)

$$\frac{V_{ca,Ed}}{2} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} + T_{Ed} \cdot \frac{I}{L_1 \cdot L_2 \cdot (a_1 + a_2)} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

per:

$$\begin{aligned} a_1 &= a_2 \\ V_{ca,Ed} &= 11,7 \text{ kN} \\ T_{Ed} &= 81 \text{ kN} \cdot \text{cm} \\ L_1 &= 6,15 \text{ cm} \\ L_2 &= 8 \text{ cm} \\ \text{acciaio S 275} \\ \beta_I &= 0,7 \\ \beta_2 &= 0,85 \end{aligned}$$

	S 235	S 275 S 355	S 420 S 460
β_I	0,85	0,7	0,62
β_2	1	0,85	0,75

Si ha:

$$\frac{V_{ca,Ed}}{2} \cdot \frac{I}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2} + T_{Ed} \cdot \frac{I}{L_1 \cdot L_2 \cdot (a_1 + a_2)} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

per:

$$a_1 = a_2 = a$$

$$\frac{V_{ca,Ed}}{2} \cdot \frac{I}{a \cdot (L_1 + L_2)} + T_{Ed} \cdot \frac{I}{L_1 \cdot L_2 \cdot 2 \cdot a} = \beta_I \cdot f_{yk}$$

sostituendo i valori:

$$\begin{aligned} \frac{66,7}{2} \cdot \frac{I}{a \cdot (6,15 + 8)} + 464 \cdot \frac{I}{2 \cdot a \cdot 6,15 \cdot 8} &= 0,7 \cdot 27,5 \\ \frac{2,35}{a} + \frac{4,7}{a} &= 19,25 & \frac{7,05}{a} &= 19,25 \end{aligned}$$

$$a = 0,36 \text{ cm}$$

poniamo

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$z = a \cdot \sqrt{2} \qquad z = 4 \cdot \sqrt{2}$$

$$z = 5,65 \text{ mm}$$

Il lato z del cordone non supera lo spessore $t_f = 6,3 \text{ mm}$ del profilato IPE140

Verifiche

La verifica (7e.8) dei cordoni "2", paralleli allo sforzo di taglio è sicuramente soddisfatta, avendo scelto una altezza di gola "a" superiore a quella corrispondente alla condizione limite di resistenza. A maggior ragione è soddisfatta (6e.4).

Verifichiamo con le limitazioni (7e.4) la resistenza dei cordoni trasversali "I" deve verificarsi:

$$\begin{cases} \sqrt{t_{\perp,1}^2 + \tau_{\parallel,1}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp,1}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} \end{cases} \quad (7e.4)$$

per la (7e.2)

$$t_{\perp,1} = \frac{V_{ca,Ed}}{2} \cdot \frac{l}{a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2}$$

con

$$a_1 = a_2 = a$$

$$t_{\perp,1} = \frac{V_{ca,Ed}}{2} \cdot \frac{l}{a \cdot (L_1 + L_2)}$$

$$t_{\perp,1} = \frac{66,7}{2} \cdot \frac{l}{0,4 \cdot (6,15 + 8)}$$

$$t_{\perp,1} = 5,89 \text{ kN/cm}^2$$

per la (7e.3)

$$\tau_{\parallel,1} = T_{Ed} \cdot \frac{l}{L_1 \cdot L_2 \cdot (a_1 + a_2)}$$

per

$$a_1 = a_2 = a$$

$$\tau_{\parallel,1} = T_{Ed} \cdot \frac{l}{L_1 \cdot L_2 \cdot 2 \cdot a}$$

$$\tau_{\parallel,1} = 464 \cdot \frac{l}{6,15 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,4}$$

$$\tau_{\parallel,1} = 11,8 \text{ kN/cm}^2$$

*Verifica**Risulta*

$$\beta_1 \cdot f_{yk} = 0,7 \cdot 27,5 = 19,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_2 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 27,5 =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{t_{\perp,1}^2 + \tau_{\parallel,1}^2} = \sqrt{5,89^2 + 11,8^2} = 13,2 \text{ kN/cm}^2 < \beta_1 \cdot f_{yk} \\ |t_{\perp,1}| = 5,89 \text{ kN/cm}^2 < \beta_2 \cdot f_{yk} \end{array} \right.$$

Le limitazioni sono soddisfatte

Indietro...

[Clic per la pagina precedente](#)

Indietro...

[Clic per tutti i file VI parte](#)