# Progetto di elementi strutturali per solaio: trave secondaria, trave principale, giunto trave secondaria-principale, giunto trave-trave (continua da lezioni 7-8)

## *Giunto trave secondaria-trave principale: soluzione saldata*

Dallo schema statico scelto, si è considerato che il vincolo tra le travi sia una cerniera e pertanto il collegamento sarà soggetto al solo sforzo di taglio (e momento parassita). La progettazione della soluzione saldata consiste nel saldare le squadrette all'anima della trave secondaria e all'anima della trave principale, tramite saldatura a cordoni d'angolo a lati uguali.

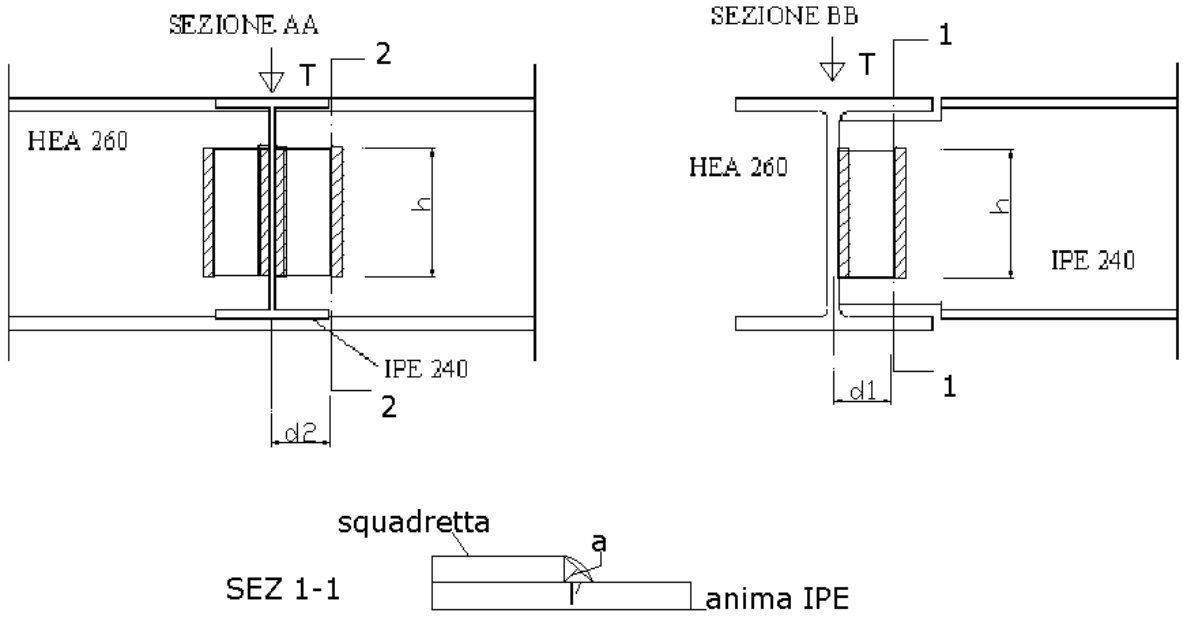
Tale soluzione comporta una maggiore snellezza dei calcoli, anche se richiede una maggiore attenzione nell'individuazione delle componenti di tensione.

In sede di esercitazione si conduce la verifica della sola saldatura nella sezione 1-1 evidenziando che analogamente saranno da effettuare le verifiche nella sezione 2-2. Si omettono inoltre le verifiche sulle travi già ampiamente discusse per il caso della soluzione bullonata (in questo caso le sezioni resistenti non saranno ovviamente indebolite dai fori di alloggio dei bulloni).

### Sezione 1-1

- **Verifiche della saldatura**

Si scelgono in questo caso due squadrette 60x6 (di spessore 6mm) e lunghezza h = 120mm. I cordoni d'angolo di ella saldatura avranno lato l pari allo spessore della squadretta (le norme prevedono limitazioni per il lato del cordone tra t/2 e t , ove t è lo spessore della lamiera collegata – vedi punto 9.2.9 della CNR 10011) e la sezione di gola a della saldatura sarà quindi di circa 4,24mm come da disegno.




$l = 6\text{mm}$

$$a = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot l = 4.24\text{mm}$$

Le caratteristiche di sollecitazione nel giunto, considerando un solo appoggio di una trave, saranno pari a:

$$V'_1 = T = 54400\text{N}$$

$$M'_1 = T \cdot d_1 \cong 3468000\text{Nmm} \qquad \text{(momento parassita)}$$

Con $d_1 = 60 + e/2 = 60 + 7.5/2 = 63.75\text{mm}$

Considerando una sola squadretta:

$$V_1 = \frac{V'_1}{2} = 27700\text{N}$$

$$M_1 = \frac{M'_1}{2} \cong 1734000\text{Nmm}$$

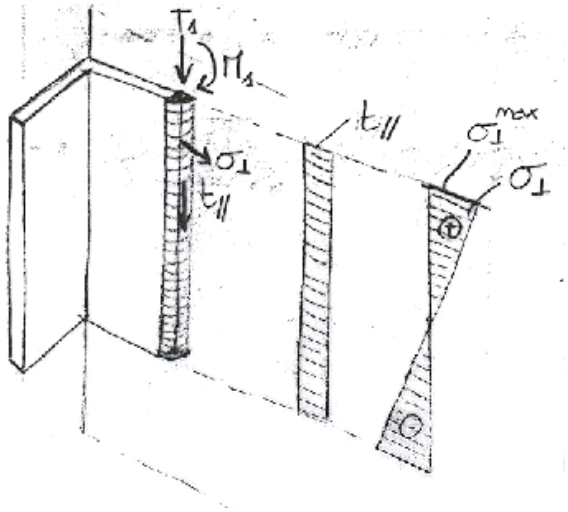
Da cui come riportato nella figura sottostante, indicando con $l_c$ = h =120 mm la lunghezza del cordone, le componenti di tensione saranno $\tau_{\parallel}$ e $\sigma_{\perp}$ con:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_1}{a \cdot l_c} = \frac{27700}{4,24 \cdot 120} = 54,4\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{M_1}{W_{\text{saldatura}}} = \frac{1734000}{10176} \cong 171\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Con:

$$W_{saldatura} = \frac{\frac{1}{12}\cdot a \cdot l_c^{\,3}}{\frac{l_c}{2}} = \frac{\frac{1}{12}\cdot 4,24\cdot 120^3}{\frac{120}{2}} \cong 10176 mm^3$$




Considerando le Norme C.N.R.:

5.1.2.3. Il calcolo convenzionale delle tensioni deve essere eseguito ribaltando su uno dei lati del cordone la sezione di gola (vedere figura 5-3). La tensione risultante dalle azioni esterne sulla sezione di gola deve essere scomposta secondo tre direzioni ortogonali nelle componenti di modulo $\tau_\perp$, $\sigma_\perp$ e $\tau_{//}$, come indicato nella figura 5-3.

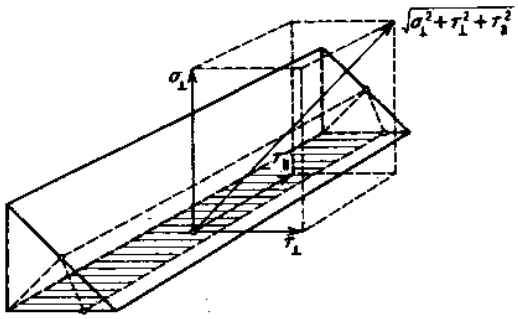



Fig. 5-3

Per la verifica i valori assoluti delle componenti di tensione $|\tau_\perp|$, $|\sigma_\perp|$ e $|\tau_{//}|$ devono soddisfare le limitazioni di cui al punto seguente.

5.1.2.4. Verifiche stati limite

Nel caso siano presenti tutte e tre le componenti di tensione $\tau_{\parallel}$, $\sigma_{\perp}$ e $\tau_{\perp}$ devono essere verificate le seguenti limitazioni:

$$\sqrt{\tau_{\perp}^2 + \sigma_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \begin{cases} 0{,}85\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0{,}70\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510;} \end{cases} \quad [1]$$

$$|\tau_{\perp}| + |\sigma_{\perp}| \leq \begin{cases} f_d \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0{,}85\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510.} \end{cases} \quad [2]$$

Nel caso in cui siano presenti le sole componenti di tensione $\tau_{\perp}$ e $\sigma_{\parallel}$ è sufficiente verificare l'espressione [2] e nel contempo accertare che sia:

$$|\tau_{\perp}| \leq \begin{cases} 0{,}85\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0{,}70\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510;} \end{cases}$$

$$|\sigma_{\perp}| \leq \begin{cases} 0{,}85\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0{,}70\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510.} \end{cases}$$

Nel caso in cui siano presenti le sole componenti di tensione $\tau_{\perp}$ e $\tau_{\parallel}$ ovvero $\sigma_{\perp}$ e $\tau_{\parallel}$ è sufficiente verificare l'espressione [1]. Ove sia presente solo una delle componenti di tensione $\tau_{\perp}$, $\sigma_{\perp}$ o $\tau_{\parallel}$ basta ovviamente verificare che sia:

$$|\tau_{\perp}|, |\sigma_{\perp}|, |\tau_{\parallel}| \leq \begin{cases} 0{,}85\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 360} \\ 0{,}70\, f_d \text{ per l'acciaio Fe 430 ed Fe 510.} \end{cases}$$

Considerando un acciaio Fe 360, si perviene a:

$$\sqrt{\tau\|^2 + \sigma_{\perp}{}^2} = \sqrt{54{,}4^2 + 171^2} \cong 179 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 0{,}85 \cdot f_d \cong 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \textbf{verificato}$$

**N.B.:** si risolve in modo analogo la saldatura per la sezione 2-2. La principale differenza consiste nella determinazione delle azioni e nel fatto che ci sia un solo cordone di saldatura a trasmettere queste azioni. Le caratteristiche di sollecitazione nel giunto, considerando un solo appoggio di una trave, saranno pari a:

$V_2 = T/2 = 27700\text{N}$

$M_2 = T/2 \cdot d_2 \cong 1747870\text{Nmm}$ (momento parassita)

Con $d_2 = 60 + e/2 = 60 + 6.2/2 = 63.1\text{mm}$

## *Collegamento di testa trave-trave: soluzione saldata*

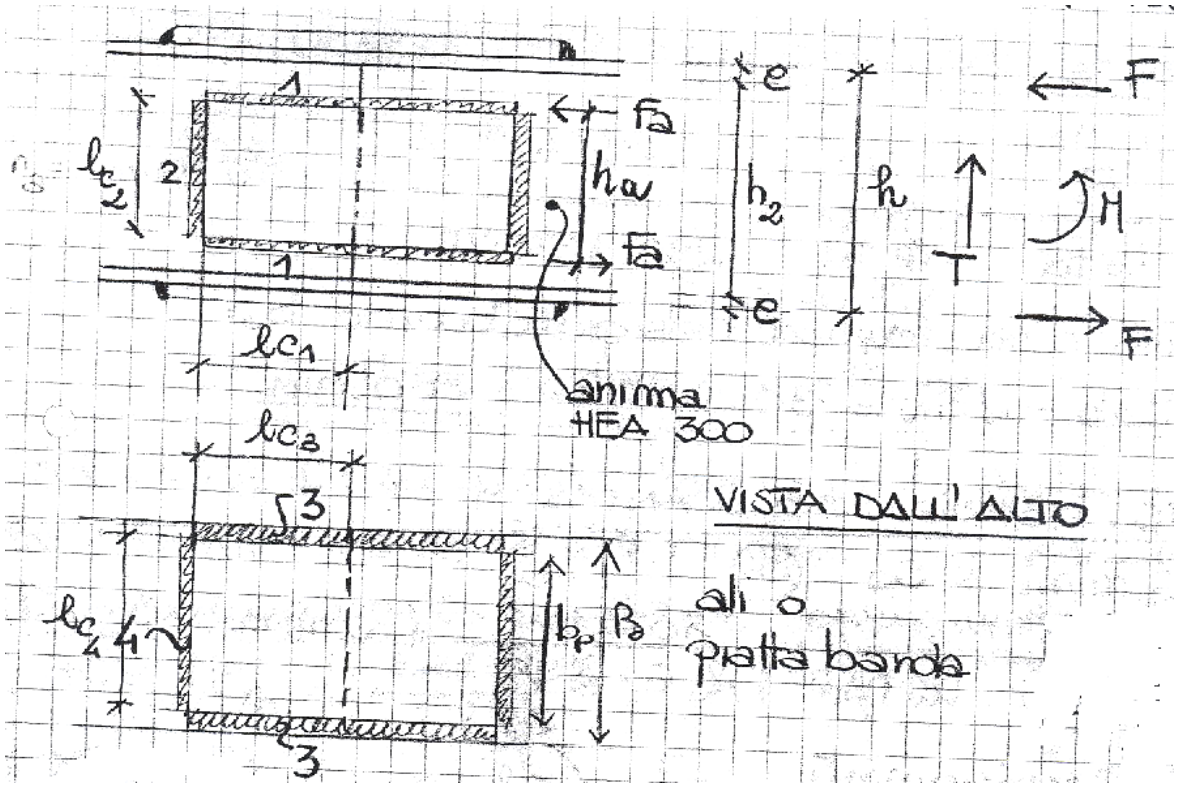
Tenendo presente che si tratta di una soluzione di giunto a parziale ripristino, si progetta la soluzione saldata, con piatti coprigiunti d'ala e d'anima saldati tramite cordoni d'angolo a lati uguali.

Si assumono a titolo esemplificativo le seguenti sollecitazioni agli SLU che esulano dall'esempio precedente:

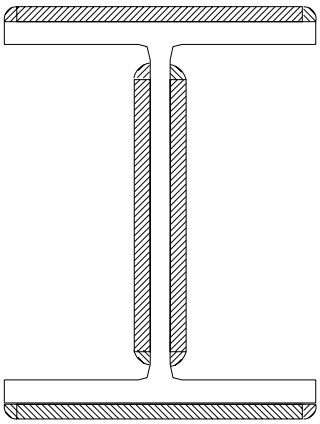
T = 10000N

M = 130000Nm

Si considera una sezione HEA 300 di acciaio Fe 430 con le caratteristiche riportate nel grafico.




Vista frontale



Si scompone, come fatto al caso precedente, il contributo di momento flettente associata all'anima e all'ala (o piattabanda):

$$M_{anima} = M \cdot \frac{J_{anima}}{J} = M \cdot \frac{\frac{1}{12} \cdot a \cdot (h - 2e)^3}{J} = 130000000 \cdot \frac{12700000}{182630000} \cong 9040000 \text{Nmm}$$

$$M_{ali} = M - M_{anima} = 130000000 - 90400000 \cong 121000000 \text{Nmm}$$

- **Dimensionamento e verifica del coprigiunto d'ala**

Fissato lo spessore del coprigiunto $t_p$ = 10mm si ricava la larghezza necessaria dello stesso per sopperire alla tensione dovuta al momento flettente; automaticamente pertanto il coprigiunto risulta verificato se la sua larghezza $b_p$ è assunta maggiore di:

$$b_{p,nec} = \frac{\frac{M_{ali}}{h}}{t_p \cdot f_d} = \frac{\frac{121000000}{290}}{10 \cdot 275} \cong 152mm$$

- **Predimensionamento coprigiunto d'anima**

Assunto lo spessore del coprigiunto d'anima $t_a$ = 6mm si può determinare una altezza del coprigiunto come:

$$h_{a,nec} = \frac{T}{2 \cdot t_a \cdot f_d} = \frac{10000}{2 \cdot 6 \cdot 275} \cong 3mm$$

Dove il 2 rappresenta il numero di piatti da porre.

Si assume in realtà, vista la presenza anche del momento flettente e per motivi costruttivi, $h_a$ = 180mm.

- **Verifica del coprigiunto d'anima**

Per la verifica del coprigiunto si vanno a determinare le tensioni normali e tangenziali come:

$$\sigma = \frac{M_{anima}}{2 \cdot J} \cdot \frac{h_a}{2} = \frac{M_{anima}}{2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot h_a^3 \cdot t_a \right)} \cdot \frac{h_a}{2} = \frac{9040000}{2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot 180^3 \cdot 10 \right)} \cdot \frac{180}{2} \cong 139 \frac{N}{mm^2}$$

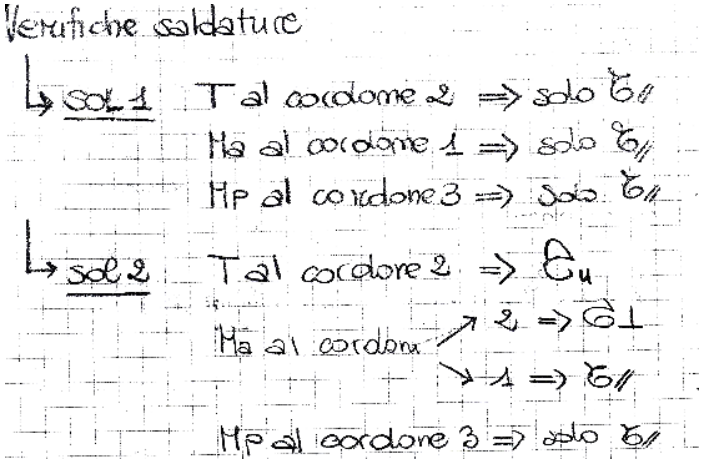
$$\tau = \frac{T_c}{2 \cdot t_a \cdot h_a} = \frac{10000}{2 \cdot 10 \cdot 180} \cong 4{,}6 \frac{N}{mm^2}$$

La verifica consterà come indicato in Normativa (stati pluriassiali):

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{139^2 + 3 \cdot 4{,}6^2} \cong 140 \frac{N}{mm^2} \leq f_d = 275 \frac{N}{mm^2} \quad \textbf{verificato}$$

- **Verifica delle saldature**

Per la verifica dei cordoni di saldatura si possono pensare 2 soluzioni alternative che di seguito sono elencate e di facile intuizione:




SOLUZIONE 1:

Nei cordoni è presente solo la componente tangenziale $\tau_{\parallel}$.

La verifica sarà quindi:

$$\left|\tau_{\parallel}\right| \le 0,7 f_d \qquad \text{Fe430}$$

- Per il coprigiunto d'ala si adotta un lato l di saldatura pari a 10mm e quindi ad una sezione di gola a di circa 7mm; si può ricavare la lunghezza necessaria di saldatura che soddisfi la verifica uguagliando la tensione tangenziale con quella di progetto:

$$\tau_{\parallel} = 0,7 f_d = \frac{\frac{M_{ali}}{h}}{2 \cdot a \cdot l_{c3}} \Rightarrow l_{c3} = \frac{\frac{M_{ali}}{h}}{2 \cdot a \cdot 0,7 \cdot f_d} = \frac{\frac{121000000}{290}}{2 \cdot 7 \cdot 0,7 \cdot 275} \cong 155mm$$

Si aggiunge anche il cordone n°4 per creare una saldatura completa: tale cordone non è soggetto a verifiche.

- Per il coprigiunto d'anima si adotta un lato l di saldatura pari a 6mm e quindi ad una sezione di gola a di circa 4,24mm; analogamente la lunghezza necessaria di saldatura è data da:

$$\tau_{\parallel} = 0,7 f_d = \frac{\frac{M_{animi}}{h_a}}{2 \cdot a \cdot l_{c1}} \Rightarrow l_{c1} = \frac{\frac{M_{anima}}{h_a}}{2 \cdot a \cdot 0,7 \cdot f_d} = \frac{\frac{9040000}{180}}{2 \cdot 4,24 \cdot 0,7 \cdot 275} \cong 35mm$$

Il cordone n°2 dovrà sopportare lo sforzo di taglio pertanto esso dovrà avere una lunghezza necessaria pari ad almeno:

$$l_{c2} = \frac{T}{2 \cdot a \cdot 0,7 \cdot f_d} = \frac{10000}{2 \cdot 4,24 \cdot 0,7 \cdot 275} \cong 6,12mm$$

Data l'eventuale non perfetta esecuzione dei cordoni si può pensare di realizzare una lunghezza pari all'altezza del coprigiunto ($l_c$ =180 mm).