Collegamenti (giunti)

Gli elementi che realizzano la giunzione tra le membrature sono detti collegamenti. Si può usare solo la saldatura, solo la bullonatura o entrambe per dare vita a un giunto. Pertanto le unioni sono ciò che permette di ottenere i collegamenti. Per questi ultimi, analogamente alle unioni, non vale la teoria di De Saint Venant.

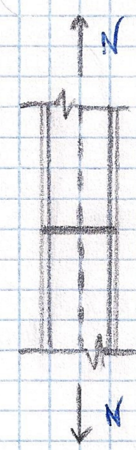
Sono un aspetto variabile e in continua evoluzione: cambiano con l'evolversi delle macchine e delle tecniche, dipendendo strettamente da esse. I vincoli schematizzati semplicemente dalla Scienza delle Costruzioni possono essere tecnicamente tradotti in molti modi, anche complessi.

Esistono articolazioni (che permettono spostamenti relativi e costituiscono cinematismi), giunti tesi, compressi, inflessi e giunti trave-colonna.

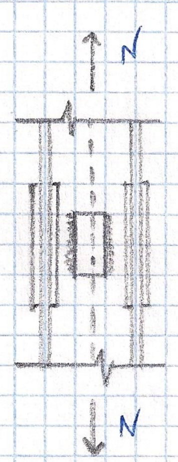
I giunti possono essere a completo o a parziale ripristino. Sono del primo tipo se trasferiscono i valori massimi delle sollecitazioni che possono essere sopportati dall'elemento più debole, del secondo se ne trasmettono solo una parte. Vi sono infine le articolazioni, che determinano semplici cinematismi.

Giunti tesi

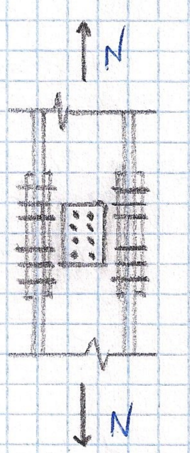
I collegamenti sono tesi se alle membrature che vengono unite sono applicati prevalentemente sforzi di trazione. Possono essere realizzati, ad esempio, tra funi, tondi metallici, ecc. Venendo alle classiche IPE possiamo usare:



SALDATURA DIRETTA



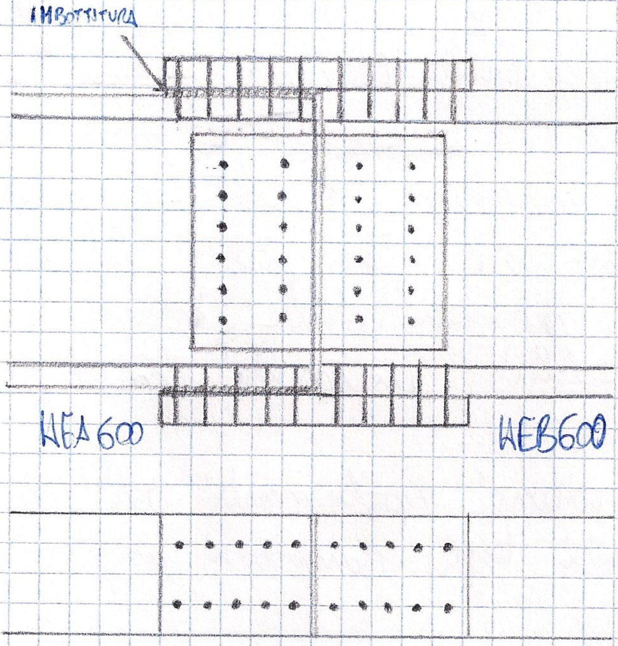
COPRIGIUNTI SALDATI



COPRIGIUNTI BULLONATI

Per unire gli elementi si possono usare anche flange bullonate.

Prendiamo ad esempio una HEA600 e una HEB600 collegate nel modo seguente:



Coprigiunti piattabande 840·300·25

bulloni piattabande: $d = 24\ mm$

$A = 452\ mm^2$ $A_{res} = 353\ mm^2$

classe 10.9 $f_{tb} = 1000\ N/mm^2$

$f_{yb} = 900\ N/mm^2$

fori: $\phi = 26\ mm$

Coprigiunti anima: 370·475·14

bulloni anima: $d = 20\ mm$

$A = 314\ mm^2$ $A_{res} = 245\ mm^2$

classe 10.9

fori: $\phi = 22\ mm$

S355

$f_{yk} = 355\ N/mm^2$ $f_{tk} = 510\ N/mm^2$

Campo elastico lineare con $N = 2000\ kN$ (condizione di carico 1), $\sigma_{amm} = 240\ N/mm^2$ (equiparando l'acciaio S355 all'acciaio Fe 510). Verifica sulla trave di minori prestazioni statiche, la HEA600:

$$\sigma_S = \frac{2000000}{22600} = 88,5\ N/mm^2 < 240\ N/mm^2$$

Ripartizione dello sforzo su anima e piattabande:

$$A_p = 300 \cdot 25 = 7500\ mm^2 \Rightarrow N_p = 88,5 \cdot 7500 = 663750\ N$$

$$A_A = 22600 - 2 \cdot 7500 = 7600\ mm^2 \Rightarrow N_A = 88,5 \cdot 7600 = 672600\ N$$

Verifica sui coprigiunti:

$$\sigma_{Sp} = \frac{663750}{(300 - 2 \cdot 26) \cdot 25} = 107,1\ N/mm^2 < 240\ N/mm^2$$

$$\sigma_{SA} = \frac{672600}{(475 - 6 \cdot 22) \cdot 14 \cdot 2} = 70,0\ N/mm^2 < 240\ N/mm^2$$

Verifiche sui bulloni delle piattabande:

tg) $V_{bp} = \frac{663750}{10} = 66375\ N \Rightarrow \tau_b = \frac{66375}{1 \cdot 452} = 146,8\ N/mm^2$

$$\Rightarrow \sigma_{id_p} = \sqrt{2}\ 146,8 = 207,7\ N/mm^2$$

$$\sigma_{amm} = \frac{1}{1,5} \cdot \min\{0,7 \cdot 1000; 900\} = 466,7\ N/mm^2 > 207,7\ N/mm^2 = \sigma_{id}$$

r) $\sigma_{rp} = \frac{66375}{24 \cdot 25} = 110{,}6\ N/mm^2 < 600{,}0\ N/mm^2 = \frac{60}{24} \cdot 240 = \sigma_{rp,amm}$

Verifiche sui bulloni dell'anima:

(g) $V_{bA} = \frac{672600}{12} = 56050\ N \Rightarrow \tau_{bA} = \frac{56050}{2 \cdot 314} = 89{,}3\ N/mm^2$

$\Rightarrow \sigma_{id} = \sqrt{2} \cdot 89{,}3 = 126{,}2\ N/mm^2 < 466{,}7\ N/mm^2 = \sigma_{amm}$

r) $\sigma_{rA} = \frac{56050}{20 \cdot 13} = 215{,}6\ N/mm^2 < 600\ N/mm^2 = \frac{50}{20} \cdot 240 = \sigma_{rA,amm}$

Verifica sulla trave depurata dai fori:

$A_n = 22600 - 6 \cdot 22 \cdot 13 - 2 \cdot 26 \cdot 25 = 18284\ mm$

$\Rightarrow \sigma_z = \frac{2000000}{18284} = 109{,}4\ N/mm^2 < 240\ N/mm^2$

Analisi a rottura con $N_{Ed} = 3000\ kN$. Verifica sulla HEA600:

$N_{u,Rd} = \min\left\{\frac{22600 \cdot 355}{1{,}05} ; \frac{0{,}9 \cdot 18284 \cdot 510}{1{,}25}\right\} = 6713885\ N$

$\Rightarrow \frac{3000000}{6713885} = 0{,}45 < 1$

Ripartizione sforzo:

$N_{Ed,p} = 7500 \cdot \frac{3000000}{22600} = 995575\ N \quad N_{Ed,A} = 7600 \cdot \frac{3000000}{22600} = 1008850\ N$

Sui bulloni:

$V_{bp} = \frac{995575}{10} = 99557{,}5\ N \quad V_{bA} = \frac{1008850}{12} = 84070{,}8\ N$

Verifiche di resistenza a taglio:

$F_{V,Rd_p} = \frac{0{,}6 \cdot 1000 \cdot 452}{1{,}25} = 216960\ N > 99557{,}5\ N$

$F_{V,Rd_A} = \frac{0{,}6 \cdot 1000 \cdot 314}{1{,}25} = 150720\ N > 84070{,}8\ N$

Verifiche a rifollamento:

$\alpha_p = \min\left\{\frac{60}{3 \cdot 26} ; \frac{1000}{510} ; 1\right\} = 0{,}77 \quad k_p = \min\left\{\frac{2{,}8 \cdot 75}{26} - 1{,}7 ; 2{,}5\right\} = 2{,}5$

$\Rightarrow F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot 0{,}77 \cdot 510 \cdot 24 \cdot 25}{1{,}25} = 471240\ N > 99557{,}5\ N$

$\alpha_A = \min\left\{\frac{50}{3 \cdot 26} ; \frac{1000}{510} ; 1\right\} = 0{,}64 \quad k_A = \min\left\{\frac{2{,}8 \cdot 50}{26} - 1{,}7 ; 2{,}5\right\} = 2{,}5$

$\Rightarrow F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot 0{,}64 \cdot 510 \cdot 14 \cdot 20}{1{,}25} = 182784\ N > 84070{,}8\ N$

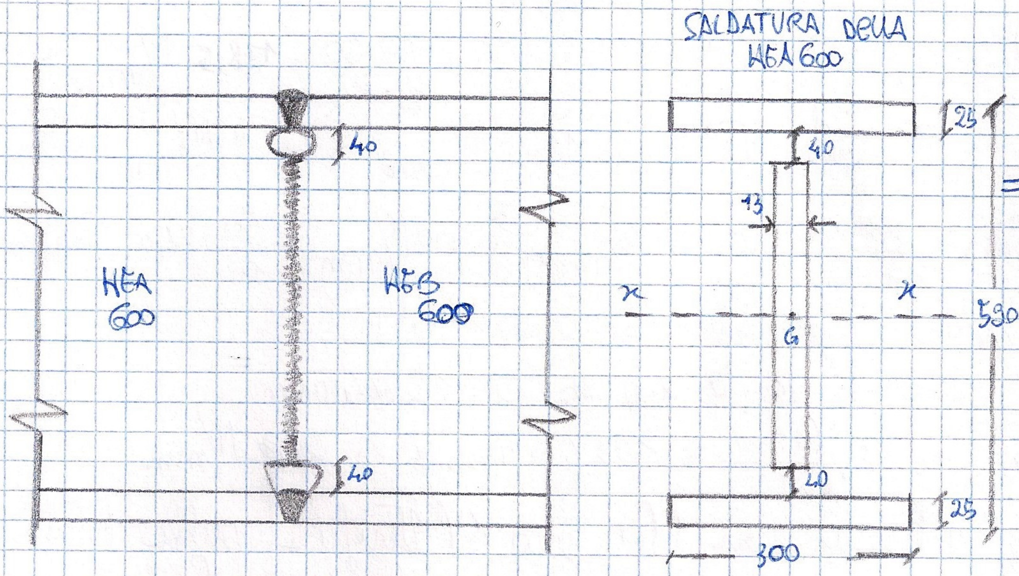
Completiamo le verifiche di resistenza a trazione:

$N_{u,Rd,p} = \min\left\{\frac{300 \cdot 25 \cdot 355}{1{,}05} ; \frac{0{,}9 \cdot (300 \cdot 25 - 2 \cdot 26 \cdot 25) \cdot 510}{1{,}25}\right\} = 2276640\ N > 995575\ N$

$N_{u,Rd,A} = \min\left\{\frac{475 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 355}{1{,}05} ; \frac{0{,}9 (475 \cdot 14 - 6 \cdot 22 \cdot 14) 2 \cdot 510}{1{,}25}\right\} = 3526589\ N > 1008850\ N$

Tutte le verifiche che abbiamo fatto sono risultate soddisfatte.

Usando gli stessi due profilati saldiamo a completa penetrazione:



Acciaio S355 (Fe 510)

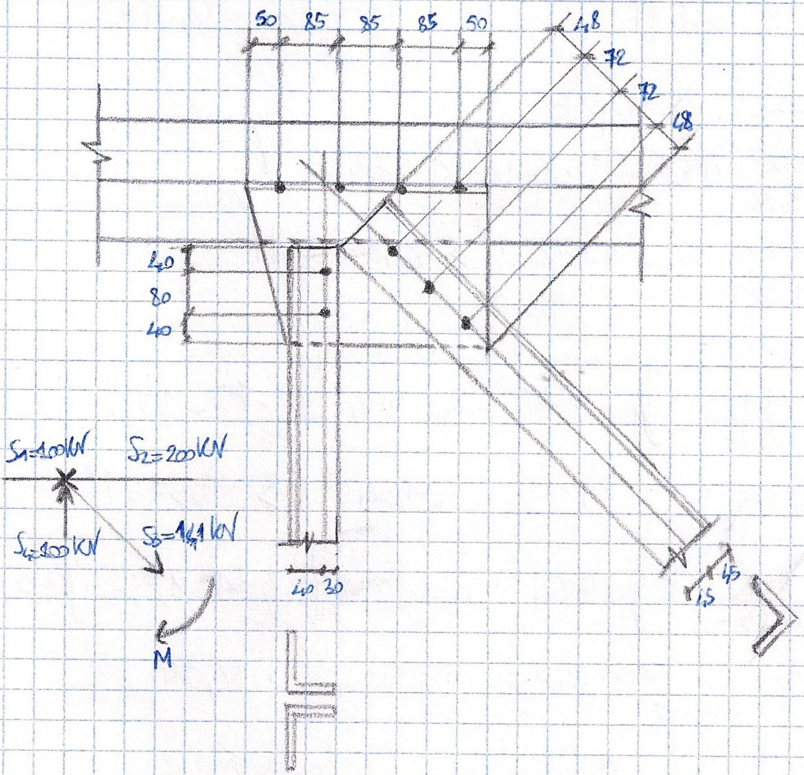
$\Rightarrow \sigma_{amm} = 240\ N/mm^2$

In campo elastico lineare assumiamo $N = 2000\ kN$:

$\sigma_A = \dfrac{2000000}{22600} = 88,5\ N/mm^2$ $\qquad \sigma_{sm} = \dfrac{2000000}{300 \cdot 25 \cdot 2 + 460 \cdot 13} = 95,3\ N/mm^2$

Entrambi i valori sono minori di quello ammissibile e la verifica è però soddisfatta.

Passiamo a un altro esempio, un nodo di travatura reticolare:



L 90×9 S275 (Fe 430)

$f_{yk} = 275\ N/mm^2$ $\quad f_{tk} = 430\ N/mm^2$

piastra ricavata da IPE 500

S275, $s = 10,2\ mm$

bulloni classe 5.6

$f_{yb} = 300\ N/mm^2$ $\quad f_{tb} = 500\ N/mm^2$

fori $\phi = 26\ mm$

$\sigma_{amm} = 190\ N/mm^2$

In campo elastico lineare assumiamo $N = S_3 = 141\ kN$:

$e = 45 - 25,4 = 19,6\ mm \Rightarrow M = 141 \cdot 19,6 = 2,764\ kNm$

Sul bullone più sollecitato:

$S_V = \dfrac{141}{3} = 47000\ N$ $\qquad S_{H,max} = \dfrac{2763600 \cdot 72}{2 \cdot 72^2} = 19192\ N$

$\Rightarrow V_{b,max} = \sqrt{47000^2 + 19192^2} = 50767\ N$

La tensione tangenziale è:

$$\tau_b = \frac{50767}{1 \cdot 452} = 112{,}3\ N/mm^2 \Rightarrow \tau_{id} = \sqrt{2} \cdot 112{,}3 = 158{,}8\ N/mm^2$$

$$\sigma_{b,amm} = \frac{1}{1{,}5} \left\{ 0{,}7 \cdot 500 ; 300 \right\} = 200\ N/mm^2 > 158{,}8\ N/mm^2$$

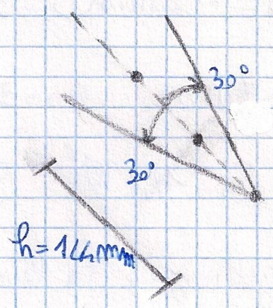
Verifica a rifollamento dell'asta:

$$\sigma_r = \frac{50767}{24 \cdot 9} = 235\ N/mm^2 < 380\ N/mm^2 = \frac{48}{24} \cdot 190 = \sigma_{r,amm}$$

Verifica a rifollamento della piastra:

$$\sigma_r = \frac{50767}{24 \cdot 10{,}2} = 207{,}4\ N/mm^2 < 380\ N/mm^2$$

Si assume che lo sforzo esercitato dal bullone sulla piastra si distribuisca sulla larghezza:



$$c = 2 \cdot 144 \cdot tg\,30° = 166{,}3\ mm$$

$$\sigma_e = \frac{141000}{(166{,}3 - 26) \cdot 10{,}2} = 98{,}5\ N/mm^2 < 190\ N/mm^2$$

Essendo il profilo a L, calcoliamo l'area efficace nel modo seguente:

$$\eta = \frac{3\,A_1}{3\,A_1 + A_2} = \frac{3 \cdot (90-26) \cdot 9}{3 \cdot (90-26) \cdot 9 + (90-9) \cdot 9} = 0{,}703$$

$$\Rightarrow A_n = A_1 + \eta\,A_2 = 576 + 0{,}703 \cdot 729 = 1089\ mm^2$$

$$\Rightarrow \sigma_e = \frac{141000}{1089} = 129{,}5\ N/mm^2 < 190\ N/mm^2$$

Passiamo al calcolo a rottura con $N_{Ed} = 210\ kN$:

$$S_{ri} = \frac{210}{3} = 70000\ N \qquad S_{r,max} = \frac{210000 \cdot 19{,}6 \cdot 72}{2 \cdot 72^2} = 28583\ N$$

$$\Rightarrow V_{b,max} = \sqrt{70000^2 + 28583^2} = 75611\ N$$

Resistenza di progetto a taglio:

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}6 \cdot 500 \cdot 452}{1{,}25} = 108480\ N > 75611\ N$$

Verifica a rifollamento:

$$\alpha = min\left\{ \frac{48}{3 \cdot 26} ; \frac{500}{430} ; 1 \right\} = 0{,}62 \qquad k = min\left\{ \frac{2{,}8 \cdot 45}{26} - 1{,}7 ; 2{,}5 \right\} = 2{,}5$$

$$\Rightarrow F_{b,Rd} = \frac{0{,}62 \cdot 2{,}5 \cdot 430 \cdot 24 \cdot 9}{1{,}25} = 115171\ N > 75600\ N$$

Vediamo ancora la verifica a trazione dell'asta:

$$\eta' = \frac{3 \cdot 90 \cdot 9}{3 \cdot 90 \cdot 9 + 81 \cdot 9} = 0{,}769 \Rightarrow A' = 90 \cdot 9 + 0{,}769 \cdot 81 \cdot 9 = 1371\ mm^2$$

$$\eta = 0{,}703 \qquad \Rightarrow A = 1089\ mm^2$$

Quindi:

$$N_{u,Rd} = \min\left\{ \frac{1371 \cdot 275}{1,05} ; \frac{0,9 \cdot 1089 \cdot 430}{1,25} \right\} = 337154\ N > 210000\ N$$

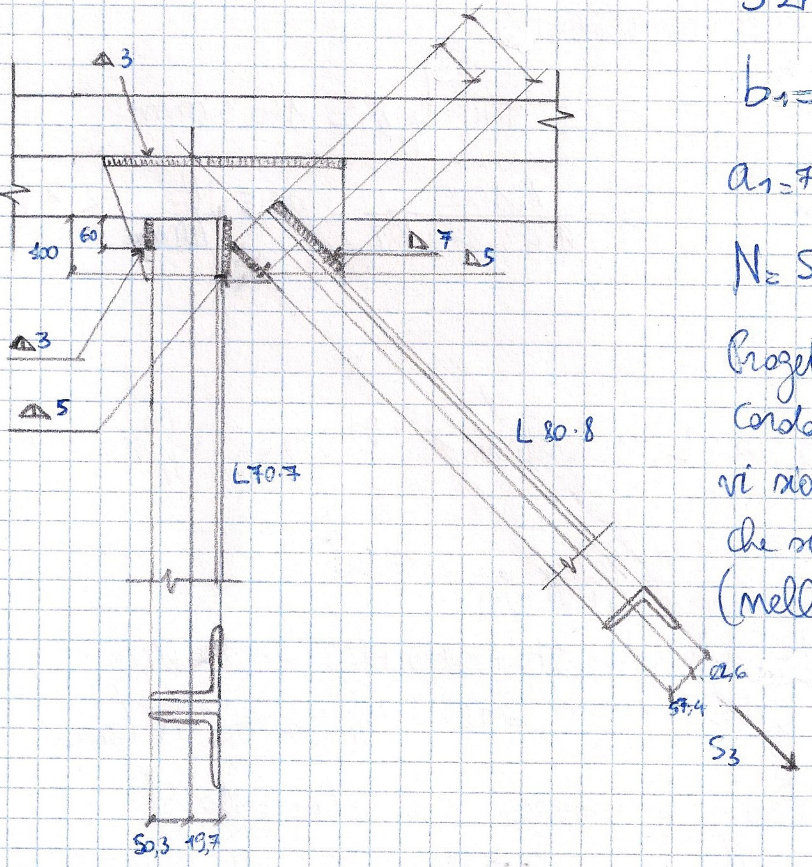
Vediamo infine la verifica a trazione sulle piastra:

$$A_c = c \cdot s = 166,3 \cdot 10,2 = 1696\ mm^2$$

$$A_n = (c - \phi) \cdot s = (166,3 - 26) \cdot 10,2 = 1431\ mm^2$$

$$\Rightarrow N_{u,Rd} = \min\left\{ \frac{1696 \cdot 275}{1,05} ; \frac{0,9 \cdot 1431 \cdot 430}{1,25} \right\} = 443038\ N > 210000\ N$$

Consideriamo lo stesso nodo di travatura reticolare, questa volta però saldato:



S 275 $\quad f_{yk} = 275\ N/mm^2 \quad f_{tk} = 430\ N/mm^2$

$b_1 = 22,6\ mm \quad b_2 = 57,4\ mm$

$a_1 = 7\ mm \quad a_2 = 5\ mm$

$N = S_3 = 141\ kN \quad S = 10,2\ mm$

Progettiamo la lunghezza dei cordoni in modo tale che non vi siano tensioni parassite e che sia $\tau_{//} = \tau_{//1} = \tau_{//2} = 150\ N/mm^2$ (nella L 80·8).

Risolviamo il semplice sistema ottenuto imponendo l'equilibrio:

$$\begin{cases} R_1: & S_3 = a_1 \cdot l_1 \tau_{//} + a_2 l_2 \tau_{//} \\ R_2: & 0 = a_1 l_1 \tau_{//} \left(b_1 + \frac{a_1}{2}\right) - a_2 l_2 \tau_{//} \left(b_2 + \frac{a_2}{2}\right) \end{cases}$$

$$\left(b_2 + \frac{a_2}{2}\right) R_1 + R_2 : \left(b_2 + \frac{a_2}{2}\right) S_3 = \left(b_1 + b_2 + \frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2}\right) a_1 l_1 \tau_{//}$$

$$\Rightarrow l_1 = \frac{S_3}{a_1 \tau_{//}} \cdot \frac{\left(b_2 + \frac{a_2}{2}\right)}{\left(b_1 + \frac{a_1}{2}\right) + \left(b_2 + \frac{a_2}{2}\right)} = \frac{141000}{7 \cdot 150} \cdot \frac{57,4 + \frac{5}{2}}{22,6 + \frac{7}{2} + 57,4 + \frac{5}{2}} = 93,5\ mm$$

$$\Rightarrow l_2 = \frac{S_3}{a_2 \tau_{//}} \left[1 - \frac{b_2 + \frac{a_2}{2}}{\left(b_1 + \frac{a_1}{2}\right) + \left(b_2 + \frac{a_2}{2}\right)} \right] = \frac{141000}{5 \cdot 150} \left(1 - \frac{57,4 + \frac{5}{2}}{22,6 + \frac{7}{2} + 57,4 + \frac{5}{2}} \right) = 57,1\ mm$$

In tutti gli esercizi abbiamo sempre trovato verifiche soddisfatte.