

fare sismica  **APPUNTI**

Come calcolare un giunto trave-colonna con flangia bullonata

Domenico Leone



Come calcolare un giunto trave-colonna con flangia bullonata

Domenico Leone

Il prof. Domenico Leone vanta un'esperienza più che trentennale nel campo della progettazione e realizzazione di strutture metalliche sia in campo industriale che infrastrutturale e civile ed è titolare del laboratorio di "Costruzione dell'Architettura" presso la facoltà di Architettura di Genova in qualità di professore a contratto.

E' consulente di azienda avendo occupato in precedenza il ruolo di Responsabile del settore di progettazione di opere in carpenteria metallica prima presso la Società Italimpianti S.p.A. e successivamente presso le Società SMSDemag e Paul-Wurth S.p.A.

Ha partecipato alla progettazione di grandi impianti industriali di produzione e trasformazione dell'acciaio e ne ha seguito la realizzazione con le imprese costruttrici e di montaggio acquisendo ampia esperienza in tutti i settori del ciclo di esecuzione delle opere metalliche.

Per il suo impegno in campo internazionale vanta ampia conoscenza delle norme di settore utilizzate in varie nazioni con particolare riguardo agli Eurocodici.

Ha esercitato ed esercita tuttora attività formativa in ambito Aziendale, Universitario, Pubblico, Privato e dell'Ordine Professionale.

È autore del libro "Eurocodice 3" edito da Sistemi Editoriali nonché di numerosi programmi di calcolo automatico dedicati sia alla progettazione di strutture in acciaio di impianti industriali che alla progettazione di componenti strutturali e di dettaglio proprie degli edifici civili e delle infrastrutture (pacchetto SAITU edito da STA DATA S.r.l.) in base agli Eurocodici ed alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

La presente pubblicazione è tutelata dalla legge sul diritto d'autore e non può essere divulgata senza il permesso scritto dell'autore.

S.T.A. DATA srl
Corso Raffaello, 12 - 10126 Torino
tel. 011 6699345 www.stadata.com

Indice

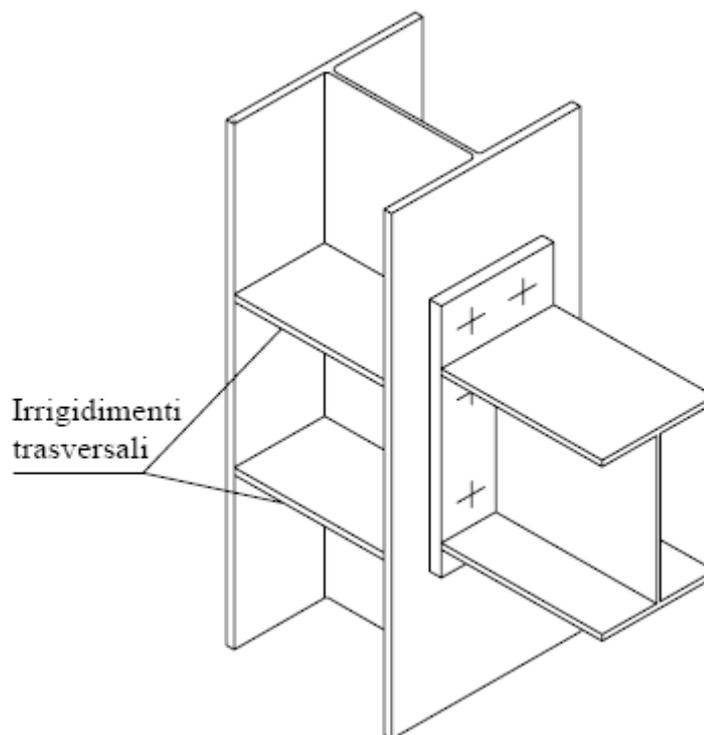
Parte I	Come calcolare un giunto trave - colonna con flangia bullonata	4
1	Giunto trave - colonna con flangia bullonata	4
2	Confronto tra vecchia e nuova normativa col programma "FlangiaBull"	6
3	Considerazioni	15
4	Calcolo automatico del giunto con il programma "FlangiaBull"	16

1 Come calcolare un giunto trave - colonna con flangia bullonata

1.1 Giunto trave - colonna con flangia bullonata

Analisi critica di un caso reale

In questo articolo si vuole analizzare nel dettaglio il progetto di un giunto trave- colonna con flangia bullonata eseguito manualmente sia col criterio della norma sperimentale ENV 1993-1-1 – Appendice J che col criterio della norma attualmente in vigore EN 1993-1-8. Sono messi a diretto confronto tutti i passi del calcolo con i relativi algoritmi indicati dalle rispettive norme di riferimento. Successivamente viene presentato il calcolo dello stesso giunto così come eseguito in modo automatico dal programma “FlangiaBull” da me realizzato ed edito da Stadata s.r.l. Lo schema del nodo è illustrato nella seguente figura nella quale gli irrigidimenti trasversali vengono tenuti in conto dopo aver analizzato il giunto senza irrigidimenti e con lo scopo di poter valutare la loro efficienza.

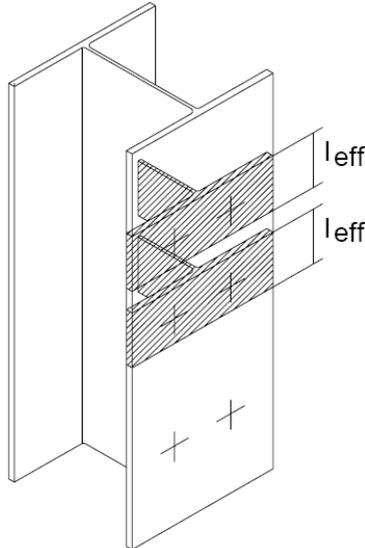


Per quanto riguarda l'ala della colonna e la flangia di attacco, il calcolo è eseguito col “T-stub method” già introdotto dalla norma sperimentale ENV e poi perfezionato dalla norma EN ovvero in base alla individuazione della larghezza efficace delle zone tese con sezione a “T” equivalente. In presenza di più file di bulloni tesi, l'elemento a “T” equivalente deve essere modellato sia per

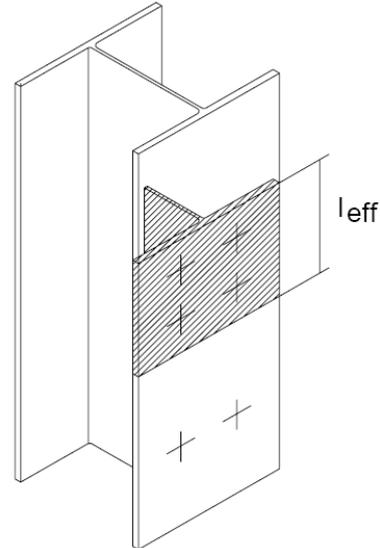
ogni fila presa singolarmente che per gruppi di file considerate efficienti a trazione contemporaneamente. Una regola fondamentale del comportamento di gruppo delle file è che la somma delle resistenze di ciascuna fila del gruppo considerata singolarmente non superi la resistenza globale del gruppo.

Il seguente schema illustra il comportamento a "T" equivalente delle file singole e del gruppo di file; la larghezza efficace è diversamente calcolata per la fila esterna e interna prese singolarmente come anche la larghezza efficace delle file in gruppo.

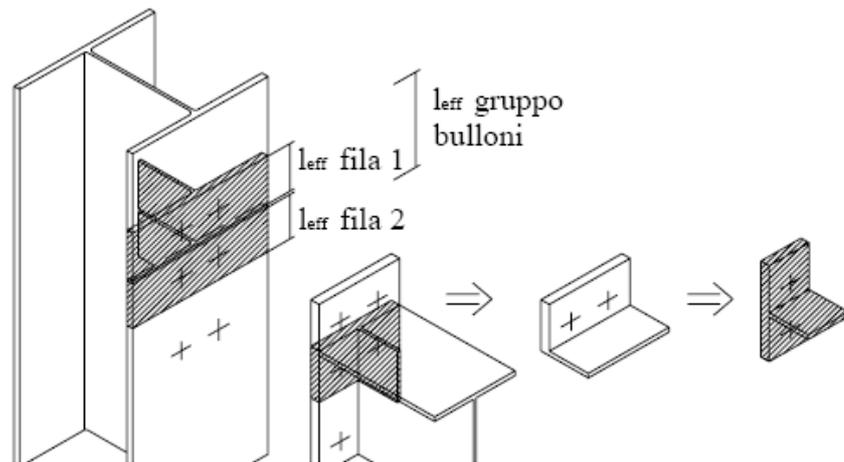
file di bulloni considerate individualmente



file di bulloni considerate come gruppo



Per flange estese le parti esterna e interna sono considerate come file indipendenti ovvero sono modellate come elementi a "T" equivalenti separati.



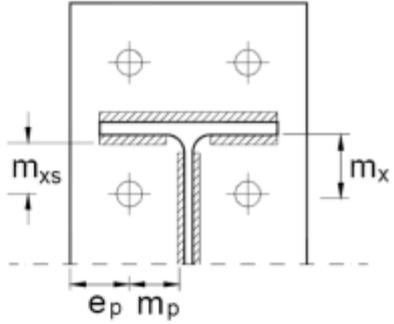
1.2 Confronto tra vecchia e nuova normativa col programma "FlangiaBull"

Verifica di un giunto a flangia bullonato trave-colonna.

Riferimento: il riferimento è un calcolo manuale eseguito in base alla norma sperimentale ENV 1993 nella quale i giunti con flangia bullonata erano trattati nell'appendice J. Oggi è in vigore l'Eurocodice EN 1993-1-8 dedicato alle giunzioni in genere ed in particolare ai giunti con flangia bullonata trattati negli items 6.2.4 e 6.2.6 per i quali continua ad applicarsi il "T stub method"

Dati di progetto e risultati a confronto:

calcolo manuale (Internet)-ENV 1993-1-1		Calcolo col programma "FlangiaBull"
COLONNA SENZA IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI		
DATI DI PROGETTO		
Schema di calcolo :		
colonna	HEA 220	stessi dati di progetto
trave collegata	IPE 300	
Materiale colonna	S 275 EN 10025	
Materiale trave	S 275 EN 10025	

<p>Materiale flangia S 275 EN 10025 Bulloni M20 10.9 Spessore flangia $t_p = 20$ mm Larghezza flangia $b_p = 200$ mm Altezza flangia $h_p = 420$ mm Saldature a cordone d'angolo : altezza gola saldatura anima $a_w = 4$ mm altezza gola saldatura ali $a_f = 6$ mm distanza file vert. bulloni $w = 100$ mm N° bulloni attivi a trazione : 4 N° bulloni attivi a taglio : 2 Dist. bull.-bordo est. flangia : $e_x = 50$ mm Dist. bull.-piattab. esterna : $m_x = 50$ mm</p>	
<p>Caratteristiche geometriche derivate : distanza bulloni tesi : $p = 110,7$ mm distanza bulloni-raccordo anima : $m_p = 41,92$ mm $e_c = (b_{fc} - b_p) / 2 + e_p = 60$ mm $m_{xs} = m_x - a_f \cdot 0.8 \cdot \sqrt{2} = 43.21$ mm $m_c = (b_{fc} - t_{wc}) / 2 - e_c - 0.8 \cdot r_c =$ $m_c = 32,1$ mm</p>	<p>Caratteristiche geometriche derivate : distanza bulloni tesi : $p = 110,7$ mm distanza bulloni-raccordo anima : $m_p = 41,92$ mm $e_c = 60$ mm $m_{xs} = m_{x,b1} = 43,2$ mm $m_c = 32,1$ mm</p>
<p>Momento S.L.U. : 7143 kNcm Taglio S.L.U. : 150 kN Coeff. di sicurezza : $\gamma_{M0} = 1,1$</p>	<p>Momento S.L.U. : 7143 kNcm Taglio S.L.U. : 150 kN Coeff. di sicurezza : $\gamma_{M0} = 1,1$</p>
<p>Resistenza anima colonna a taglio : $V_{pl,Rd} = \frac{f_{yc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}}$ $V_{wp,Rd} = 298,3$ kN La formula non contiene il fattore di riduzione 0,9</p>	<p>Resist. anima colonna a taglio : (pag 2) $V_{wp,Rd} = \frac{0,9 f_{y,wc} A_{vc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$ $V_{wp,Rd} = 269$ kN</p>
<p>Resistenza anima colonna compressa : $F_{c,Rd} = f_{yc} t_{wc} [1.25 - 0.5 \gamma_{M0} \sigma_{n,Ed} / f_{yc}] b_{eff} / \gamma_{M0}$ ma: $F_{c,Rd} \leq f_{yc} t_{wc} b_{eff} / \gamma_{M0}$ Per anima non irrigidita :</p>	<p>Resist. anima colonna compr. : (pag 3) $F_{c,wc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$</p>

$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{\chi \cdot t_{wc} \cdot b_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$ <p>L'espressione della norma ENV è diversa da quella della norma vigente EN e non viene tenuta in conto l'interazione con il taglio (fattore ω); la larghezza efficace compressa è data da :</p> $b_{eff} = t_{fb} + \sqrt{2} a_f + 5(t_{fc} + r_c) + t_p + u$ <p>In cui manca il fattore 2 davanti alla radice quadrata</p> <p>$b_{eff} = 204,2$ mm $F_{c,Rd} = N_{b,Rd} = 313,9$ kN</p>	<p>but $F_{c,wc,Rd} \leq \frac{\omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M1}}$</p> <p>$\omega = 0,773$ (tab. 6.3 - EN 1993-1-8) $\rho = 0,888$</p> <p>In base alla norma EN in vigore si ha :</p> $b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2\sqrt{2} a_p + 5(t_{fc} + s) + s_p$ <p>$b_{eff} = 212,7$ mm $F_{c,wc,Rd} = 255,38$ kN</p>
<p>Resistenza anima colonna tesa :</p> $F_{t,wc,Rd} = f_{yc} t_{wc} b_{eff} / \gamma_{M0}$ <p>non viene tenuta in conto l'interazione con il taglio (fattore ω)</p> <p>$b_{eff} = 2 \cdot 157,1 = 314,2$ mm $F_{t,wc,Rd} = 549,9$ kN</p>	<p>Resistenza anima colonna tesa : (pag 4)</p> $F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ <p>$\omega = 0,636$ (tab. 6.3 - EN 1993-1-8) $b_{eff} = 314,1$ mm $F_{t,wc,Rd} = 349,7$ kN > 255,38 kN</p>
<p>Resistenza piattabanda colonna :</p> <p>larghezze efficaci :</p> <p>fila singola non circ. : $l_{eff,nc} = 203,4$ mm fila singola circolare : $l_{eff,cp} = 201,7$ mm gruppo file non circ. : $l_{eff,nc} = 157,1$ mm modo di collasso <u>1</u> (gruppo di 4 bulloni) :</p> $F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m}$ $M_{pl,Rd} = 0,25 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2 f_y / \gamma_{M0}$ <p>$F_{t1,Rd} = 296$ kN</p>	<p>Resistenza piattabanda colonna : (pag 5)</p> <p>larghezze efficaci :</p> <p>fila singola non circ. : $l_{eff,nc} = 203,4$ mm fila singola circolare : $l_{eff,cp} = 201,7$ mm gruppo file non circ. : $l_{eff,nc} = 157,1$ mm modo di collasso <u>1</u> (gruppo di 4 bulloni) :</p> $F_{T1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_f^2 f_y / \gamma_{M0}$ <p>$F_{T1,Rd} = 296$ kN</p> <p>Tale valore viene limitato alla resistenza a taglio e compressione dell'anima della colonna e a compressione della flangia della trave (6.2.7.2 (7) - EN 1993-1-8)</p> <p>$F_{T1,Rd} = 255,38$ kN (resistenza a compressione dell'anima della colonna)</p>

modo di collasso 2 (gruppo di 4 bulloni) :

$$F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{t2,Rd} = 457 \text{ kN}$$

$$n = \min\{1.25m_e; e_p; e_c\} = \min\{40; 50; 60\} = 40 \text{ mm}$$

Senza limitazione rispetto alla resistenza a taglio e compressione dell'anima della colonna e a compressione della flangia della trave

$$B_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_z}{\gamma_{Mb}} = 176.4 \text{ kN}$$

modo di collasso 3 (rottura di 4 bulloni) :

$$F_{t3,Rd} = \sum B_{t,Rd} = 705.6 \text{ kN}$$

Resistenza fila singola esterna :

modo di collasso 1 :

$$F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = 190.1 \text{ kN}$$

Resistenza fila interna :

è data dalla differenza tra la resistenza totale del gruppo di bulloni e la resistenza della fila esterna per la stessa modalità di collasso

$$F_{t,fc,Rd}^{int} = 296 - 190.1 = 105.9 \text{ kN}$$

Momento resistente di progetto :

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r F_{tr,Rd}$$

$$= 190.1 \cdot 0.34465 + 105.9 \cdot 0.23395 = 90.3 \text{ kNm}$$

modo di collasso 2 (gruppo di 4 bulloni) :

$$F_{T2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T2,Rd} = 457,85 \text{ kN}$$

$$n = e_{min} = 40,1 \text{ mm}$$

limitata alla resistenza a compressione dell'anima della colonna

$$F_{T2,Rd} = 255,38 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = 176,43 \text{ kN}$$

modo di collasso 3 (rottura di 4 bulloni) :

$$F_{T3,Rd} = 705,73 \text{ kN} \text{ (pag 1.1 del progr.)}$$

limitata alla resistenza a compressione dell'anima della colonna

$$F_{T2,Rd} = 255,38 \text{ kN}$$

Resistenza fila singola esterna :

modo di collasso 1 :

$$F_{T1,Rd} = 190,07 \text{ kN}$$

Resistenza fila interna :

è data dalla differenza tra la resistenza **limitata** totale del gruppo di bulloni e la resistenza della fila esterna per la stessa modalità di collasso

$$F_{T1,Rd,int} = 255,38 - 190,07 = 65,31 \text{ kN}$$

Momento resistente di progetto :

$$M_{j,Rd} = \sum_r h_r F_{tr,Rd}$$

$$= 190,07 \cdot 34,5 + 65,31 \cdot 23,4 = 80,8 \text{ kNm}$$

La differenza è dovuta alla limitazione delle resistenze delle singole file in accordo con (6.2.7.2 (7) - EN 1993-1-8)

<p>Resistenza flangia di estremità : larghezze efficaci : fila esterna : valore minimo tra i seguenti</p> <p>$l_{\text{eff,nc}} = 0,5 \cdot b_p = 100 \text{ mm}$ $l_{\text{eff,nc}} = 0,5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x = 167,7 \text{ mm}$ $l_{\text{eff,nc}} = 4 \cdot m_x + 1,25 \cdot e_x = 234,5 \text{ mm}$</p> <p>modo di collasso 1 :</p> $F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m}$ $M_{pl,Rd} = \frac{t_p^2 \cdot l_{\text{eff}}}{4} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2,5 \text{ kNm}$ <p>$F_{T1,Rd} = 232 \text{ kN}$</p> <p>modo di collasso 2 :</p> $F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n}$ <p>$F_{T2,Rd} = 243 \text{ kN}$</p> <p>modo di collasso 3 :</p> $F_{T3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$ <p>$F_{T2,Rd} = 352,8 \text{ kN}$ senza limitazione</p> <p>fila interna : larghezza efficace</p> <p>$l_{\text{eff,nc}} = \alpha \cdot m_p = 258 \text{ mm}$ $\alpha = 6,14$ ricavato a mano dall'abaco per : $\lambda_1 = 0,46$; $\lambda_2 = 0,47$</p> <p>modo di collasso 1 :</p> $F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m}$ <p>$F_{T1,Rd} = 614 \text{ kN}$ senza limitazione</p>	<p>Resistenza flangia di estremità : (pg.1.1) larghezze efficaci : fila esterna : valore minimo tra i seguenti</p> <p>$l_{\text{eff,nc}} = 0,5 \cdot b_p = 100 \text{ mm}$ $l_{\text{eff,nc}} = 0,5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x = 167,7 \text{ mm}$ $l_{\text{eff,nc}} = 4 \cdot m_x + 1,25 \cdot e_x = 235,3 \text{ mm}$</p> <p>modo di collasso 1 :</p> $F_{T1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum \ell_{\text{eff},1} t_f^2 f_y / \gamma_{M0}$ <p>$F_{T1,Rd} = 231,42 \text{ kN}$</p> <p>modo di collasso 2 :</p> $F_{T2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$ <p>$F_{T2,Rd} = 242,92 \text{ kN}$</p> <p>modo di collasso 3 :</p> $F_{T3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$ <p>$F_{T2,Rd} = 352,86 \text{ kN}$ limitata alla resistenza a compressione dell'anima della colonna $F_{T2,Rd} = 255,38 \text{ kN}$</p> <p>fila interna : larghezza efficace</p> <p>$l_{\text{eff,nc}} = \alpha \cdot m_p = 254 \text{ mm}$ $\alpha = 6,06$ interpolazione dall'abaco per : $\lambda_1 = 0,46$; $\lambda_2 = 0,47$</p> <p>modo di collasso 1 :</p> $F_{t1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m}$ <p>$F_{T1,Rd} = 605,7 \text{ kN}$ limitata alla resistenza a compressione dell'anima della colonna $F_{T2,Rd} = 255,38 \text{ kN}$</p>
---	--

<p><u>modo di collasso 2 :</u></p> $F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n}$ <p>$F_{T2,Rd} = 332$ kN senza limitazione</p> <p><u>modo di collasso 3 :</u></p> $F_{T3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$ <p>$F_{T2,Rd} = 352,8$ kN senza limitazione</p> <p><u>Momento resistente di progetto :</u></p> $M_{j,Rd} = \sum h_r F_{tr,Rd}$ <p>Definito dalla flangia della colonna che offre una resistenza globale minore</p>	<p><u>modo di collasso 2 :</u></p> $F_{t2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n}$ <p>$F_{T2,Rd} = 330$ kN limitata alla resistenza a compressione dell'anima della colonna $F_{T2,Rd} = 255,38$ kN</p> <p><u>modo di collasso 3 :</u></p> $F_{T3,Rd} = \sum F_{t,Rd}$ <p>$F_{T2,Rd} = 352,86$ kN limitata alla resistenza a compressione dell'anima della colonna $F_{T2,Rd} = 255,38$ kN</p> <p>Valore residuo della resistenza per la fila interna limitato dalla resistenza a compressione dell'anima della colonna : $F_{T1,Rd} = 255,38 - 231,42 = 23,96$ kN</p> <p><u>Momento resistente di progetto :</u></p> $M_{j,Rd} = \sum h_r F_{tr,Rd}$ <p>$= 231,42 \cdot 34,5 + 23,96 \cdot 23,4 = 85,4$ kNm maggiore di quello della flangia della colonna quindi non dimensionante</p>
<p>Resistenza ala compressa della trave: non eseguita</p>	<p>Resistenza ala compressa della trave:</p> $F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ $M_{c,Rd} = [W_{pl} - \rho \cdot A_w^2 / 4 \cdot t_w] \cdot f_y / \gamma_{M0}$ <p>$F_{c,fb,Rd} = 543$ kN > 231,42 kN Non influente per la verifica</p>
<p>Resistenza anima tesa della trave : non eseguita</p>	<p>Resistenza anima tesa della trave :</p> $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$

	$b_{\text{eff,t,wb}}$ = larghezza efficace della flangia di estremità = 22,81 cm $F_{\text{t,wb,Rd}} = 405 \text{ kN} > 231,42 \text{ kN}$ Non influente per la verifica
COLONNA CON IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI	
Resistenza a taglio anima colonna : assunta uguale alla resistenza calcolata in assenza di irrigidimenti $V_{\text{pl,Rd}} = \frac{f_{yc} \cdot A_{vc}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 298,3 \text{ kN}$ Senza il fattore di riduzione 0,9	Resistenza a taglio anima colonna : $V_{\text{wp,irr,Rd}} = V_{\text{wp,Rd}} + V_{\text{wp,add,Rd}}$ $V_{\text{wp,Rd}} = \frac{0,9 f_{y,wc} A_{vc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$ $V_{\text{wp,add,Rd}} = \frac{4M_{\text{pl,fc,Rd}}}{d_s}$ $V_{\text{wp,add,Rd}} \leq \frac{2M_{\text{pl,fc,Rd}} + 2M_{\text{pl,st,Rd}}}{d_s}$ <p> d_s is the distance between the centrelines of the stiffeners; $M_{\text{pl,fc,Rd}}$ is the design plastic moment resistance of a column flange $M_{\text{pl,st,Rd}}$ is the design plastic moment resistance of a stiffener. </p> $M_{\text{pl,fc,Rd}} = 166 \text{ kNcm}$ $M_{\text{pl,st,Rd}} = 152 \text{ kNcm}$ $d_s = 28,93 \text{ cm}$ $V_{\text{wp,add,Rd}} = 22 \text{ kN}$
	$V_{\text{wp,irr,Rd}} = 268,53 + 22,04 = 290,57 \text{ kN}$ Resistenza minima
Resistenza anima colonna compressa : ritenuta non necessaria perché la compressione sull'anima è assorbita dalle nervature senza alcun incremento della resistenza !! In base alla norma vigente (& 6.2.6.2 (5) "deve essere preso in considerazione l'incremento di resistenza dovuto alla presenza di irrigidimenti trasversali....."	Resist. anima colonna compr. : (pag 3) $F_{\text{c,wc,Rd}} = \frac{\omega k_{wc} b_{\text{eff,c,wc}} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ but $F_{\text{c,wc,Rd}} \leq \frac{\omega k_{wc} \rho b_{\text{eff,c,wc}} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M1}}$ $\omega = 0,773$ (tab. 6.3 EN 1993-1-8) $\rho = 1$ (instabilità locale impedita dagli irrigidimenti ; non detto dalla norma !!) In base alla norma EN in vigore si ha : $b_{\text{eff,c,wc}} = t_{fb} + 2\sqrt{2} a_p + 5(t_{fc} + s) + s_p$

	<p>$b_{\text{eff}} = 212,7$ mm</p> <p>$F_{c,wc,Rd} = 287,63$</p> <p>L'incremento di resistenza dovuto agli irrigidimenti non è definito dalla norma ma l'interazione con il taglio attraverso il coefficiente α suggerisce di utilizzare lo stesso incremento calcolato per la resistenza al taglio mediante la seguente espressione :</p> $\frac{4M_{pl,fc,Rd}}{d_s}$ <p>non maggiore di :</p> $\frac{2M_{pl,fc,Rd} + 2M_{pl,st,Rd}}{d_s}$ <p>$F_{c,wc,irrig,Rd} = F_{c,wc,Rd} + F_{c,wc,add,Rd}$</p> <p>$F_{c,wc,Rd} = 287,63 + 22,04^{(*)} = 309,67$ kN</p> <p>(*) calcolata precedentemente</p>
<p>Resistenza piattabanda colonna :</p> <p>larghezze efficaci :</p> <p>distribuzione circolare :</p> <p>$l_{\text{eff,cp}} = 2 \cdot \pi \cdot m_c = 201,7$ mm</p> <p>distribuzione non circolare :</p> <p>$l_{\text{eff,cp}} = \alpha \cdot m_c = 224$ mm</p> <p>$\alpha = 7$ per :</p> $\lambda_1 = \frac{m_c}{m_c + e_c} = \frac{32.1}{32.1 + 60} = 0.348$ $\lambda_2 = \frac{m_{xz}}{m_c + e_c} = \frac{43.21}{32.1 + 60} = 0.469$ <p><u>modo di collasso 1</u> (singola fila) :</p> $F_{T1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,Rd}}{m} = 190.1 \text{ kN}$	<p>Resistenza piattabanda colonna :</p> <p>larghezze efficaci :</p> <p>distribuzione circolare :</p> <p>$l_{\text{eff,cp}} = 2 \cdot \pi \cdot m_c = 201,7$ mm</p> <p>distribuzione non circolare :</p> <p>$l_{\text{eff,cp}} = \alpha \cdot m_c = 216,3$ mm</p> <p>$\alpha = 6,74$ per :</p> <p>$\lambda_1 = 0,35$</p> <p>$\lambda_2 = 0,47$</p> <p><u>modo di collasso 1</u> (singola fila) :</p> <p>$F_{T1,Rd} = 190,07$ kN</p>

<p><u>modo di collasso 2</u> (singola fila) :</p> $F_{T2,Rd} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum B_{t,Rd}}{m + n} = 243 \text{ kN}$ <p><u>modo di collasso 3</u> (singola fila) :</p> $F_{T3,Rd} = \sum B_{T,Rd} = 2 B_{T,Rd} = 352,8 \text{ kN}$ <p>Resistenza a trazione (gruppo bulloni) :</p> $F_{t,fc,Rd} = 2 \cdot F_{T,Rd} = 2 \cdot 190,1 = \boxed{380,2 \text{ kN}}$ <p>Valore non calcolato a norma come resistenza effettiva del gruppo.</p> <p>Resistenza della fila interna :</p> <p>è data dalla differenza tra la resistenza totale del gruppo di bulloni e la resistenza della fila esterna per la stessa modalità di collasso</p> $F_{T1,Rd,int} = 298,3 - 190,1 = 108,2 \text{ kN}$	<p><u>modo di collasso 2</u> (singola fila) :</p> $F_{T2,Rd} = \mathbf{241,33 \text{ kN}}$ <p><u>modo di collasso 3</u> (singola fila) :</p> $F_{T2,Rd} = \mathbf{352,86 \text{ kN}}$ <p>Resistenza a trazione (gruppo bulloni) :</p> $F_{t,fc,Rd} = \mathbf{320,3 \text{ kN}}$ <p>Limitata alla resistenza a taglio dell'anima della colonna = 290,57 kN</p> <p>Resistenza della fila interna :</p> <p>è data dalla differenza tra la resistenza limitata totale del gruppo di bulloni e la resistenza della fila esterna per la stessa modalità di collasso</p> $F_{T1,Rd,int} = 290,57 - 190,07 = 100,5 \text{ kN}$
<p>Momento resistente di progetto :</p> $M_{j,Rd} = \sum_r h_r F_{tr,Rd}$ $= 190,1 \cdot 34,5 + 108,2 \cdot 23,4 = \mathbf{90,85 \text{ kNm}}$ <p>di poco maggiore di quello della colonna senza irrigidimenti = 90,3 kNm</p>	<p>Momento resistente di progetto :</p> $M_{j,Rd} = \sum_r h_r F_{tr,Rd}$ $= 190,07 \cdot 34,5 + 100,5 \cdot 23,4 = \mathbf{89,0 \text{ kNm}}$ <p>maggiore di quello della colonna senza irrigidimenti = 80,8 kNm</p>

1.3 Considerazioni

- a) Il calcolo manuale è eseguito in base alla versione sperimentale dell'eurocodice 3 (ENV 1993-1-1) senza l'applicazione degli aggiornamenti della norma definitiva (EN 1993-1-8 / 2005). In particolare non sono applicate le limitazioni alle resistenze delle file e dei raggruppamenti di file rispetto alla resistenza a taglio del pannello d'anima della colonna e della resistenza delle parti compresse della colonna e della trave collegata (item 6.2.7.2 (7) EN 1993-1-8)
- (6) The effective design tension resistance $F_{tr,Rd}$ of bolt-row r , taken as an individual bolt-row, should be taken as the smallest value of the design tension resistance for an individual bolt-row of the following basic components:
- | | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|
| - the column web in tension | $F_{t,wc,Rd}$ | - see 6.2.6.3; |
| - the column flange in bending | $F_{t,fc,Rd}$ | - see 6.2.6.4; |
| - the end-plate in bending | $F_{t,ep,Rd}$ | - see 6.2.6.5; |
| - the beam web in tension | $F_{t,wb,Rd}$ | - see 6.2.6.8. |
- (7) The effective design tension resistance $F_{tr,Rd}$ of bolt-row r should, if necessary, be reduced below the value of $F_{t,Rd}$ given by 6.2.7.2(6) to ensure that, when account is taken of all bolt-rows up to and including bolt-row r the following conditions are satisfied:
- | | |
|---|----------------|
| - the total design resistance $\sum F_{t,Rd} \leq V_{wp,Rd}/\beta$ - with β from 5.3(7) | - see 6.2.6.1; |
| - the total design resistance $\sum F_{t,Rd}$ does not exceed the smaller of: | |
| - the design resistance of the column web in compression $F_{c,wc,Rd}$ | - see 6.2.6.2; |
| - the design resistance of the beam flange and web in compression $F_{c,fb,Rd}$ | - see 6.2.6.7. |
- (8) The effective design tension resistance $F_{tr,Rd}$ of bolt-row r should, if necessary, be reduced below the value of $F_{t,Rd}$ given by 6.2.7.2(6), to ensure that the sum of the design resistances taken for the bolt-rows up to and including bolt-row r that form part of the same group of bolt-rows, does not exceed the design resistance of that group as a whole. This should be checked for the following basic components:
- | | | |
|--------------------------------|---------------|----------------|
| - the column web in tension | $F_{t,wc,Rd}$ | - see 6.2.6.3; |
| - the column flange in bending | $F_{t,fc,Rd}$ | - see 6.2.6.4; |
| - the end-plate in bending | $F_{t,ep,Rd}$ | - see 6.2.6.5; |
| - the beam web in tension | $F_{t,wb,Rd}$ | - see 6.2.6.8. |
- b) Nella verifica delle parti tese e compresse della colonna il calcolo manuale non tiene conto dell'interazione con il taglio (fattore \boldsymbol{w})
- c) Il giunto non rispetta la gerarchia trave-colonna ovvero la saldatura della piattabanda tesa non è sovrar resistente alla piattabanda stessa e la trave ha una resistenza flessionale maggiore del momento resistente minimo del nodo. Non è quindi ammessa l'esecuzione della giunzione in condizioni sismiche di struttura dissipativa in cui sia richiesta la formazione della cerniera plastica nella trave.
- d) Dal calcolo manuale eseguito in base alle indicazioni della norma ENV 1993-1-1 Appendice J si evince che l'aggiunta di irrigidimenti trasversali sull'anima della colonna è praticamente ininfluenza sulla resistenza del nodo mentre in base al calcolo eseguito in conformità alla norma EN 1993-1-8 si avrebbe un incremento di resistenza del 10% che è perlomeno intuitivo.

1.4 Calcolo automatico del giunto con il programma "FlangiaBull"

Il calcolo automatico del giunto oggetto di studio è riportato nei seguenti fogli Excel che fanno parte del programma "FlangiaBull": il calcolo si riferisce al caso di colonna con anima irrigidita da piatti trasversali.

In questa area del foglio di calcolo sono riportati i dati principali del nodo (materiali e geometria), le caratteristiche della saldatura trave-flangia e le sollecitazioni di progetto.

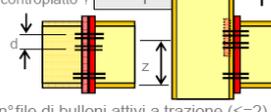
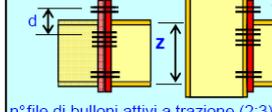
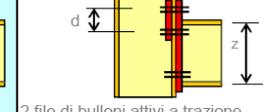
GIUNTO A FLANGIA CON BULLONI - STATO LIMITE ULTIMO - EN 1993-1-8 ; DM 14/01/08 e O.P.C.M. n°3274			
VERIFICA DELLA SALDATURA TRAVE-FLANGIA			
TRAVE :	mat. tipo	2	S275 EN 10027-1 - fy = 27,5 kN/cm ² fu = 43 kN/cm ² β _w = 0,85 ε = 0,92
COLONNA :	mat. tipo	2	S275 EN 10027-1 - fy = 27,5 kN/cm ² fu = 43 kN/cm ² β _w = 0,85 ε = 0,92
IRRIGIDIMENTI :	mat. tipo	2	S275 EN 10027-1 - fy = 27,5 kN/cm ² fu = 43 kN/cm ² β _w = 0,85 ε = 0,92
tipologia nodo	2	nodo non irrigidito	
coeff. secur. saldat.	1,25	giunto con irrigidimenti trasversali	
coeff. secur. mater.	1,1	nodo con piatti di rinforzo anima	
TR.DX. a cordoni d'angolo			
TR.SX.			
IRRIG. a cordoni d'angolo			
ELEMENTO	ALT. MIN	ALT. MAX	LARGHEZZA
COLONNA CL. EC3	1	mm 210	mm 210
TRAVE DI DESTRA		mm 300	mm 300
TRAVE DI SINISTRA		mm	mm
SALDATURA TRAVE DI DESTRA		l _w = mm 8,5	l _w = mm 5,7
SALDATURA TRAVE DI SINISTRA		l _w = mm	l _w = mm
SALDATURA IRRIGIDIMENTI		l _w = mm 8,5	l _w = mm
IRRIGIDIMENTI ANIMA COLONNA			
TIPO			
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO :			
CARATTERISTICHE DEL GIUNTO :			
		BRACCI DI LEVA	
		z _{b1} = 28,93 cm	
		z _{b2} = 0,00 cm	
		z _c = 28,93 cm	
		VERTICE CIANFRINO	
		c _{b1} = mm	
		c _{b2} = mm	
		c _s = mm	
		α = 45°	
		SEZIONI DI GOLA SALDATURE	
		TRAVE DI DESTRA	
		piattabande (a _{f,b1}) cm 0,60	
		anima (a _{w,b1}) cm 0,40	
		TRAVE DI SINISTRA	
		piattabande (a _{f,b2}) cm 0,00	
		anima (a _{w,b2}) cm 0,00	
		IRRIGIDIM. trasversali : spessore (t _{sc} >= t _{fb}) cm 1,07	
		d'anima : spessore (t _{sc} >= t _{wc}) cm	
		PARAMETRI	
		giunto di destra β ₁ 1,00	
		TRASFORM. giunto di sinistra β ₂ 0,00	
		LARGHEZZA giunto di destra b _{eff,b1} cm 15,00	
		EFFICACE giunto di sinistra b _{eff,b2} cm 0,00	

La saldatura trave-flangia è a cordoni d'angolo con lato di altezza 8,5 mm per le ali e 5,7 mm per l'anima ; a questi valori corrisponde una sezione di gola rispettivamente di 6 mm per le ali e 4 mm per l'anima.

La verifica di resistenza della saldatura è riportata nella seguente parte del foglio di calcolo in cui si evidenzia che è soddisfatto anche il criterio di sovrarresistenza della saldatura dell'ala tesa della trave rispetto alla sezione della stessa ala.

FORZA AGENTE SULLA SALDATURA DELLE PIATTABANDE : $F_{w,Ed,bi} \leq F_{w,Rd,bi}$	trave di destra	$F_{w,Ed,b1} =$ kN	247
	trave di sinistra	$F_{w,Ed,b2} =$ kN	
FORZA AGENTE SULLA SALDATURA DELL'ANIMA : $V_{w,Ed,bi} \leq V_{w,Rd,bi}$	trave di destra	$V_{w,Ed,b1} =$ kN	150
	trave di sinistra	$V_{w,Ed,b2} =$ kN	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA PIATTABANDE : $F_{w,Rd,bi} = 2 \cdot f_u / [3]^{0.5} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{f,bi} \cdot b_{eff,bi}$ o $2 \cdot f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{f,bi} \cdot b_{eff,bi}$	trave di destra	$F_{w,Rd,b1} =$ kN	421
	trave di sinistra	$F_{w,Rd,b2} =$ kN	
CRITERIO DI SOVRARESISTENZA DELLA SALDATURA PIATTABANDE : $F_{w,Rd,bi} \geq F_{w,Rd,fi} \geq F_{w,Ed,bi}$ $F_{w,Rd,fi} = b_{fi} \cdot t_{fi} \cdot f_{yfi} / \gamma_{M0}$	trave di destra	$F_{w,Rd,fi} =$ kN	401
	trave di sinistra	$F_{w,Rd,fi} =$ kN	
VERIFICA DI RESISTENZA :	trave dx.	$M_{b1,Ed} / M_{b1,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{b1,Rd} =$	0,59
	trave sx.	$M_{b2,Ed} / M_{b2,Rd} + N_{b2,Ed} / N_{b2,Rd} =$	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA DELL'ANIMA : $V_{w,Rd,bi} = 2 \cdot f_u / [3]^{0.5} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{w,bi} \cdot h_{w,bi}$ o $2 \cdot f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{w,bi} \cdot h_{w,bi}$	trave di destra	$V_{w,Rd,b1} =$ kN	465
	trave di sinistra	$V_{w,Rd,b2} =$ kN	
RES. DI PROGETTO DELLA SALDATURA IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI : $F_{w,Rd,si} \geq F_{w,Ed,bi}$	trave di destra	$F_{w,Rd,s1} =$ kN	301
	trave di sinistra	$F_{w,Rd,s2} =$ kN	

Nel foglio successivo sono riportate le caratteristiche del giunto che può essere scelto tra 3 tipologie. Il caso in esame rientra nella tipologia 2 con due file di bulloni reagenti a trazione: una fila esterna sull'estensione della flangia ed una fila interna al di sotto dell'ala tesa della trave.

VERIFICA DEL COLLEGAMENTO BULLONATO (equivalent T-stub flange method - EN 1993-1-8- item 6.2.4)			
FLANGIA :	mat. tipo	2	S275 EN 10027-1 - $f_y = 27,5$ kN/cm ² $f_u = 43$ kN/cm ² $\beta_w = 0,85$ $\epsilon = 0,92$
CONTROPIATTO :	mat. tipo	input materiale	0 kN/cm ² $f_u = 0$ kN/cm ² $\beta_w = 1$ $\epsilon = 0,00$
BULLONI :	tipo M	20 10.9	$f_y = 90,0$ kN/cm ² $f_u = 100$ kN/cm ² SEZ. SUL FILETTO : $A_s = 2,45$ cm ²
tipo di giunto	2 →	giunto con bulloni interni	
giunto trave-trave ?	N	contropiatto ? <input type="checkbox"/> Y	
nodo terminale ?	N		
interasse file bulloni	10 cm		
passo min. bull. int.	6,00 cm		
n° file vertic. bulloni	2		
coeff. secur. bulloni	1,25	n° file di bulloni attivi a trazione (<=2)	
coeff. secur. mater.	1,1	n° = 1 d = cm 17,86	
		n° = 2 d = cm 11,07	
		2 file di bulloni attivi a trazione	
		distanza d = cm 11,07	

E' stato scelto un nodo intermedio di colonna ovvero la colonna è estesa oltre il nodo. Ciò consente di definire in modo coerente con lo schema statico il valore del momento resistente di progetto.

Segue l'illustrazione dei dati geometrici delle parti componenti il nodo ed il calcolo delle larghezze efficaci con la definizione delle resistenze della flangia per i 3 modi di collasso previsti dalla norma.

VINCOLI DI PROGETTO :
 - equidistanza bulloni da piattabanda tesa ($m_{xb} = m_{2b}$)
 - numero minimo bulloni / fila interni = 2

	$\delta = 2$	$M_{pl,Rd,c} =$	kNcm	14198	
COLONNA	distanza bull.-raccordo	(m_c)	cm	3,21	
	distanza bull.-bordo est.	(e_c)	cm	6,00	
	distanza anima-raccor.	(d_c)	cm	1,44	
TRAVE DI DESTRA	larghezza flangia	(l_{fb1})	cm	20	
	distanza bull.-raccordo	(m_{b1})	cm	4,19	
	distanza bull.-raccordo	($m_{xb1}=m_{2b1}$)	cm	4,32	
	distanza bull.-bordo est.	(e_{b1})	cm	5,00	
	distanza bull.-bordo est.	($e_{x,b1}$)	cm	5,00	
	dist. min. bull.-bordo est.	($e_{min}=n_{b1}$)	cm	5,00	
passo bull.					
17,86 cm	n° max. bull./fila interni	($n_{1,b1}$)	n°	2	
17,86 cm	braccio di leva	(Z_{b1})	cm	28,93	
TRAVE DI SINISTRA	larghezza flangia	(l_{fb2})	cm		
	distanza bull.-raccordo	(m_{b2})	cm	0,00	
	distanza bull.-raccordo	($m_{xb2}=m_{2b2}$)	cm	0,00	
	distanza bull.-bordo est.	(e_{b2})	cm	0,00	
	distanza bull.-bordo est.	($e_{x,b2}$)	cm		
	dist. min. bull.-bordo est.	($e_{min}=n_{b2}$)	cm	0,00	
passo bull.					
cm	n° max. bull./fila interni	($n_{1,b2}$)	n°		
cm	braccio di leva	(Z_{b2})	cm	0,00	
DATI PER CALCOLO LUNGHEZZE EFFICACI	TRAVE DI DESTRA	$\lambda_{1,b1} =$	0,46	$\lambda_{2,b1} =$	0,47
	TRAVE DI SINISTRA	$\lambda_{1,b2} =$	0,00	$\lambda_{2,b2} =$	0,00
BULLONI	diametro rondella	(d_w)	mm	37	
	SPESSORE FLANGE	TRAVE DI DESTRA	$t_{r,b1}$	mm	20,00
		TRAVE DI SINISTRA	$t_{r,b2}$	mm	
	CONTROPIATTO	t_{bp}	mm		

GIUNTO A PARZIALE RESISTENZA $M_{pl,Rd,b1} =$ kNcm 15701
 $M_{pl,Rd,b2} =$ kNcm 0

$M_{j,Rd,b1} = 9360$ kNcm
 $M_{j,Rd,b2} = 0$ kNcm

LUNGHEZZE EFFICACI DELLE FLANGE POSIZIONE FILA TAB. 6.6 - item 6.2.6.5	FILA DI BULLONI SINGOLA				FILA DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO			
	DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE		DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE	
	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX
esterno piattabanda tesa	27,15	0,00	23,53	0,00				
liv. 1	23,58	0,00	16,77	0,00				
liv. 2	23,58	0,00	10,00	0,00				
liv. 3			16,77	0,00				
liv. 4	23,58	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1° fila sotto la piattab. tesa	26,34	0,00	25,39	0,00	31,03	0,00	22,81	0,00
altre file orizz. interne	26,34	0,00	23,02	0,00	35,72	0,00	17,86	0,00
altre file di estremità	26,34	0,00	23,02	0,00	31,03	0,00	20,44	0,00
modo di collasso 1	$\sum l_{eff,1} =$	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,op}$	10,00	0,00	$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc} \leq \sum l_{eff,op}$		22,81	0,00
modo di collasso 2	$\sum l_{eff,2} =$	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	10,00	0,00	$\sum l_{eff,2} = \sum l_{eff,nc}$		22,81	0,00
		file interne	$l_{eff,ri} =$	23,02	0,00			

RESISTENZA A TRAZIONE DEI BULLONI : $F_{t,Rd,b} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} =$ **176,43** kN
 limite : **290,57** limite : **0,00**

RESISTENZA EFFETTIVA SINGOLA FILA	Trave di Destra		Trave di Sinistra	
	Tr. Destra	Tr. Sinistra	Tr. Destra	Tr. Sinistra
modo 1	231,42	0,00	231,42	290,57
modo 2	59,15	0,00	275,73	290,57
modo 3	0,00	0,00	242,92	290,57
modo 4	0,00	0,00	352,86	290,57

$F_{t,Rd,f} =$ **231,42** kN (modo 1)
59,15 kN (modo 2)
0,00 kN (modo 3)
0,00 kN (modo 4)

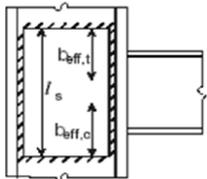
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO $M'_{j,Rd} =$ **9360** kNcm

Si noti come le resistenze dei bulloni in gruppo siano limitate dalla resistenza a taglio dell'anima della colonna (290,57 kN) calcolata nel foglio successivo.

Il modo di collasso del giunto è il modo 1 (collasso della flangia) per la singola fila esterna che offre una resistenza di 231,42 kN. La resistenza attribuita alla seconda fila (interna) è pari alla differenza tra la resistenza delle file raggruppate (limitata nel caso specifico dalla resistenza a taglio dell'anima della colonna) e la resistenza della fila esterna: $290,57 - 231,42 = 59,15$ kN.

Il momento resistente minimo del giunto (somma dei prodotti della resistenza di ciascuna fila per la distanza tra l'asse dei bulloni ed il centro di compressione) vale 9360 kNcm che risulta minore del momento resistente plastico della trave (15701 kNcm) portando alla prima importante conclusione che il giunto è a parziale resistenza quindi non compatibile con struttura dissipativa nel caso di sollecitazioni sismiche.

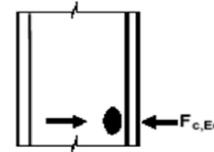
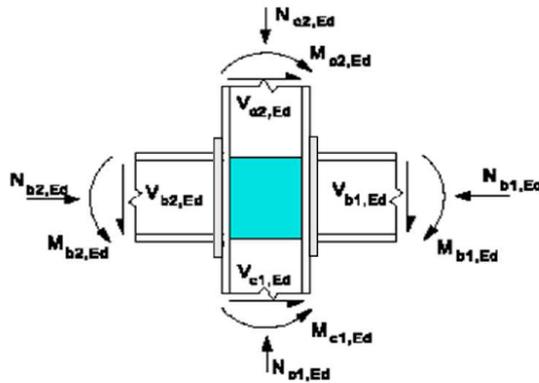
Nella parte di foglio che segue è riportato il calcolo della resistenza a taglio del pannello d'anima della colonna nel caso in cui non vengano prese in considerazione le sollecitazioni alle due estremità della colonna collegate al nodo:

FORZA DI TAGLIO AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :		$V_{wp.Ed} =$ kN	247
$V_{wp.Ed} = (M_{b1.Ed} - M_{b2.Ed}) / z - (V_{c1.Ed} - V_{c2.Ed}) / 2$		$d / t_w = 22 < 69 \cdot \epsilon = 64$	
RESISTENZA DI PROGETTO A TAGLIO DEL PANNELLO D'ANIMA :		$V_{wp.Rd} =$ kN	290,57
pannello non irrigidito :		$V_{wp.Rd} =$ kN	268,53
$A_{vc} = \max (A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f ; \eta \cdot t_w \cdot h_w)$		$\eta = 1,00$	$A_{vc} = 20,67 \text{ cm}^2$
irrigidimenti trasversali :		$V_{wp.Rd} = V_{wp.Rd(non\ irrig.)} + V_{wp.add.Rd}$	$V_{wp.Rd} =$ kN
$V_{wp.add.Rd} = 4 \cdot M_{pl.fc.Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl.fc.Rd} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd}) / d_s$		$V_{wp.add.Rd} =$ kN	22
$M_{pl.fc.Rd} = 166 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna		
$M_{pl.st.Rd} = 152 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima		
$d_s = 28,93 \text{ cm}$	distanza tra gli assi degli irrigidimenti		
irrigidimenti d'anima :		$V_{wp.Rd} = 0,9 \cdot A_{vc}' \cdot (f_{y,wc} / 3^{0,5}) / \gamma_{M0} + V_{wp.add.Rd}$	$V_{wp.Rd} =$ kN
irrigidimenti trasversali aggiunti :		$V_{wp.add.Rd} =$ kN	22,04
		$b_s = 15,20 \text{ cm} < 40 \cdot \epsilon \cdot t_s = 0,00 \text{ cm}$ $b_{eff} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p = 21,27 \text{ cm}$ $l_s = 50,20 \text{ cm}$ $a_s = 0,00 \text{ cm}$ $A_{vc}' = A_{vc,non\ irrig.} + b_s \cdot t_{wc}$ $A_{vc}' = 31,31 \text{ cm}^2$	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA TRASVERSALE			
$F_{w.Rd,s} = 0 \text{ kN} > V_{wp.Ed} = 247 \text{ kN}$			
<p>(6) Where a column web is reinforced by adding a supplementary web plate, see Figure 6.5, the shear area A_{vc} may be increased by $b_s \cdot t_{wc}$. If a further supplementary web plate is added on the other side of the web, no further increase of the shear area should be made.</p>			

Per il pannello irrigidito la resistenza a taglio è di 290,57 kN maggiore della resistenza offerta dal pannello non irrigidito (268,53 kN) e maggiore del taglio di progetto generato dal momento (247 kN).

Il foglio che segue illustra il calcolo della resistenza a compressione dell'anima della colonna.

anima della colonna in compressione trasversale (item 6.2.6.2)



CARATTERISTICHE DELLA COLONNA :
 A_c = Area della sezione
 W_{wc} = modulo di resistenza di progetto riferito al piede del raccordo anima-piattabanda
 $A_c = 64 \text{ cm}^2$
 $W_{wc} = 568 \text{ cm}^3$ **W plastico**
 $\sigma_{com.Ed} = 0,000 \text{ kN/cm}^2$

PARTE INFERIORE COLONNA		PARTE SUPERIORE COLONNA	
$V_{c1,Ed}$	= 0 kN	$V_{c2,Ed}$	= 0 kN
$M_{c1,Ed}$	= 0 kNcm	$M_{c2,Ed}$	= 0 kNcm
$N_{c1,Ed}$	= 0 kN	$N_{c2,Ed}$	= 0 kN

$F_{c.wc.Rd} \geq F_{c.wc.Ed}$

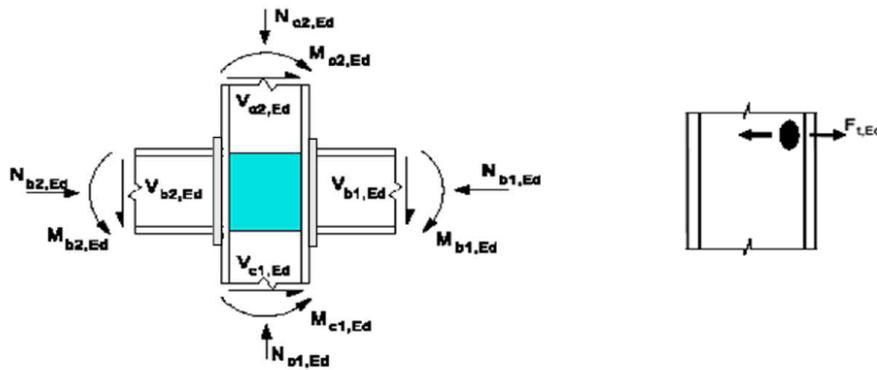
$F_{c.wc.Ed.b1} = 246,91 \text{ kN}$
 $F_{c.wc.Ed.b2} = 0,00 \text{ kN}$

FORZA DI COMPRESSIONE AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :		$F_{c.wc.Ed} =$ kN	247
$F_{c.wc.Ed}$ = Forza massima trasmessa dalle piattabande delle travi collegate			
RESISTENZA DI PROGETTO A COMPRESSIONE DEL PANNELLO D'ANIMA :		$F_{c.wc.Rd} =$ kN	310
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO		$M_{j,Rd} =$ kNcm	8959
pannello non irrigidito :		$F_{c.wc.Rd} = (\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y.wc}) / \gamma_{M0}$	$F_{c.wc.Rd} =$ kN
con la seguente limitazione		$F_{c.wc.Rd} \leq (\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y.wc}) / \gamma_{M1} =$	255,38 kN
$\gamma_{M1} =$	1,1	coeff. parziale di sicurezza per l'instabilità	
$b_{eff.c.wc} =$	$t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p$	$b_{eff.c.wc} =$	21,27 cm
$\omega_1 =$	0,772841	$\omega_{b1} =$	0,772841
$\omega_2 =$	0,520087	$\omega_{b2} =$	1
$k_{wc} =$	1	$\omega =$	0,772841
$\lambda \cdot \rho =$	0,866262	$\rho =$	0,887864
irrigidimenti trasversali :		$F_{c.wc.Rd} = F_{c.wc.Rd(non\ irrig.)} + F_{c.wc.add.Rd}$	$F_{c.wc.Rd} =$ kN
$F_{c.wc.add.Rd} = 4 \cdot M_{pl.fc.Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl.fc.Rd} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd}) / d_s$		$F_{c.wc.add.Rd} =$ kN	22
$M_{pl.fc.Rd} =$	166 kNcm	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna	
$M_{pl.st.Rd} =$	152 kNcm	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima	
$d_s =$	28,93 cm	distanza tra gli assi degli irrigidimenti	$\rho = 1$
irrigidimenti d'anima :		$F_{c.wc.Rd} = (\omega' \cdot k_{wc} \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc,eff} \cdot f_{y.wc}) / \gamma_{M0}$	$F_{c.wc.Rd} =$ kN
con la seguente limitazione		$F_{c.wc.Rd} \leq (\omega' \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc,eff} \cdot f_{y.wc}) / \gamma_{M1} =$	433 kN
irrigidimenti trasversali aggiunti :		$F_{c.wc.add.Rd} =$ kN	22
		$b_s = 15,20 \text{ cm} < 40 \cdot \epsilon \cdot t_s = 0,00 \text{ cm}$	
		$b_{eff.c.wc} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p = 21,27 \text{ cm}$	
		$l_s = 50,20 \text{ cm}$	
		per 1 piatto aggiunto	$t_{wc,eff} = 1,05 \text{ cm}$
		$\lambda \cdot \rho = 0,58$	$\rho = 1,00$
		$A'_{vc} = A_{vc,non\ irrig.} + b_s \cdot t_{wc}$	$A'_{vc} = 31,31 \text{ cm}^2$
		$\omega' = \min(\omega_{b1}; \omega_{b2})$	$\omega' = 0,77587$
			$\omega_{b1} = 0,77587$
			$\omega_{b2} = 1$

Si noti la maggior resistenza offerta dalla presenza degli irrigidimenti trasversali (309,67 kN > 255,38 kN) dovuta anche al fatto che gli irrigidimenti impediscono l'instabilità locale dell'anima della colonna (fattore di riduzione $r = 1$; concetto non esplicitamente indicato dalla norma).

Segue il calcolo della resistenza a trazione dell'anima della colonna condizionata dalla resistenza della flangia che trasmette la forza attraverso la sezione a "T" equivalente.

anima della colonna in trazione trasversale (item 6.2.6.3)



PARTE INFERIORE COLONNA		PARTE SUPERIORE COLONNA	
$V_{c1,Ed}$	= 0 kN	$V_{c2,Ed}$	= 0 kN
$M_{c1,Ed}$	= 0 kNcm	$M_{c2,Ed}$	= 0 kNcm
$N_{c1,Ed}$	= 0 kN	$N_{c2,Ed}$	= 0 kN

$$F_{t,wc,Rd} \geq F_{t,wc,Ed}$$

$$F_{t,wc,Ed,b1} = 246,91 \text{ kN}$$

$$F_{t,wc,Ed,b2} = 0,00 \text{ kN}$$

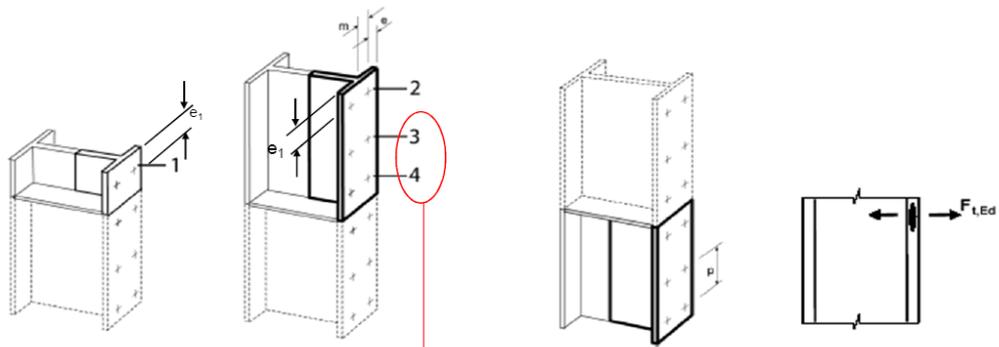
FORZA DI TRAZIONE AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :		$F_{t,wc,Ed} =$ kN	247	
$F_{t,wc,Ed} =$ Forza massima trasmessa dalle piattabande delle travi collegate				
RESISTENZA DI PROGETTO A TRAZIONE DEL PANNELLO D'ANIMA :		$F_{t,wc,Rd} =$ kN	372	
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO		$M_{j,Rd} =$ kNcm	11973	
pannello non irrigidito :		$F_{t,wc,Rd} = (\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0}$	$F_{t,wc,Rd} =$ kN 349,70	
$\gamma_{M0} =$ 1,1	coefficiente parziale di sicurezza			
$b_{eff,t,wc} = \Sigma I_{eff} =$	lunghez. efficace piattab. $b_{eff,t,wc} =$ cm	31,41		
$\omega_1 = 0,636187$	} $\omega_{b1} = 0,636187$	$\omega = 0,636187$	$b_{eff,t,wc,i} = 20,17$ cm	$F_{t,wc,Rd,i} = 71$
$\omega_2 = 0,381162$			$\omega_{b2} = 1$	$b_{eff,t,wc,e} = 20,17$ cm
			$\omega = 0,788987$	$M_{j,Rd} = 11446$
irrigidimenti trasversali :		$F_{t,wc,Rd} = F_{t,wc,Rd,(non\ irrig.)} + F_{t,wc,add,Rd}$	$F_{t,wc,Rd} =$ kN 371,73	
$F_{t,wc,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$		$F_{t,wc,add,Rd} =$ kN	22	
$M_{pl,fc,Rd} = 166$ kNcm	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna			
$M_{pl,st,Rd} = 152$ kNcm	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima			
$d_s = 28,93$ cm	distanza tra assi irrigidimenti			
	$b_{eff,t,wc,e} = 20,17$ cm	$F_{t,wc,Rd,e} = 278$		
	$\omega = 0,788987$	$M_{j,Rd} = 11973$		

Anche in questo caso la presenza degli irrigidimenti incrementa la resistenza della stessa quantità calcolata per la resistenza al taglio (371,73 kN > 349,7 kN)

Il seguente foglio riassume il calcolo della resistenza dell'ala della colonna:

piattabanda della colonna soggetta a flessione

(item 6.2.6.4)



$F_{t,Rd.f} \geq F_{t,Ed}$

piattabanda colonna compresa sempre tra 2 irrigidimenti se richiesti (file di bulloni 3 e 4)

$\lambda_{1,c} = 0,3485342$ $\lambda_{2,c} = 0,4691857$

$F_{t,Ed} = \text{kN}$	Trave di Destra		Trave di Sinistra	
	fila singola	gruppo file	fila singola	gruppo file
	123,45	246,91	0,00	0,00
$n_{b,t,stub} =$	2	4	0	0

FORZA MASSIMA AGENTE SULLA PIATTABANDA NON IRRIGIDITA :	$F_{t,Ed} =$ kN	247
$F_{t,Ed} =$ Forza massima sulle file di bulloni reagenti		

RESISTENZA DI PROGETTO DELLA PIATTABANDA DELLA COLONNA :	$F_{t,Rd.f} =$ kN	291
---	-------------------	-----

pannello non irrigidito :	$F_{t,Rd.f} \geq F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd.f} =$ kN	290,57
---------------------------	----------------------------	-------------------	--------

estremi interni $l_{eff,ri}$	resistenza singola fila		limite : 291 limite : 0,00				$F_{t,Rd.f}$	modo	metodo base - collasso flangia metodo altern. - collasso flangia collasso flangia e rottura bulloni
	Tr. Destra	Tr. Sinistra	Trave di Destra		Trave di Sinistra				
	modo 1	modo 2	fila singola	gruppo file	fila singola	gruppo file			
	190,07	0,00	190,07	290,57	0,00	0,00	modo 1		
	100,50	0,00	241,83	290,57	0,00	0,00	modo 2		
	20,17	0,00	238,63	290,57	0,00	0,00			
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO			8902	kNcm	0	kNcm		$M_{j,Rd} = 8902$	

pannello con irrig. trasversali :	$F_{t,Rd.f} \geq F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd.f} =$ kN	290,57
-----------------------------------	----------------------------	-------------------	--------

estremi interni $l_{eff,ri}$	resistenza singola fila		limite : 291 limite : 0,00				$F_{t,Rd.f}$	modo	metodo base - collasso flangia metodo altern. - collasso flangia collasso flangia e rottura bulloni
	Tr. Destra	Tr. Sinistra	Trave di Destra		Trave di Sinistra				
	modo 1	modo 2	fila singola	gruppo file	fila singola	gruppo file			
	190,07	0,00	190,07	290,57	0,00	0,00	modo 1		
	100,50	0,00	241,83	290,57	0,00	0,00	modo 2		
	20,17	0,00	241,33	290,57	0,00	0,00			
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO			8902	kNcm	0	kNcm		$M_{j,Rd} = 8902$	

CALCOLO DELLA LUNGHEZZA EFFICACE DELLE PIATTABANDE DELLA COLONNA NON IRRIGIDITA (cm) :

POSIZIONE FILA	FILE DI BULLONI SINGOLA				FILE DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO				
	DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE		DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE		
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	
	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	
interni	file orizzontali interne	20,17	0,00	20,34	0,00	35,72	0,00	17,86	0,00
estremi	file orizzontali di estremità	20,17	0,00	20,34	0,00	21,15	0,00	15,71	0,00
	modo di collasso 1	$\sum l_{eff,1} = l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		20,17	0,00	$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc} \leq \sum l_{eff,cp}$		31,41	0,00
	modo di collasso 2	$\sum l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		20,34	0,00	$\sum l_{eff,2} = \sum l_{eff,nc}$		31,41	0,00
	fila estrema	$l_{eff,re} =$		20,17	0,00	42,31	0,00	31,41	0,00

CALCOLO DELLA LUNGHEZZA EFFICACE DELLE PIATTABANDE DELLA COLONNA IRRIGIDITA (cm): 2 coppie di irrigidimenti

POSIZIONE FILA	FILE DI BULLONI SINGOLA				FILE DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO				
	DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE		DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE		
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$	
	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX	
interni	file orizzontali interne	20,17	0,00	20,34	0,00	35,72	0,00	17,86	0,00
estremi	file orizzontali adiacenti all'irrigidimento	20,17	0,00	21,63	0,00	21,15	0,00	16,99	0,00
	modo di collasso 1	$\sum l_{eff,1} = l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,cp}$		20,17	0,00	$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc} \leq \sum l_{eff,cp}$		33,99	0,00
	modo di collasso 2	$\sum l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		21,63	0,00	$\sum l_{eff,2} = \sum l_{eff,nc}$		33,99	0,00
	$\alpha_c = 6,74$	fila estrema $l_{eff,re} =$		20,17	0,00	42,31	0,00	33,99	0,00

La limitazione della resistenza flessionale dell'ala della colonna nei confronti della resistenza a taglio del pannello d'anima (290,57 kN) rende questo caso dimensionante per il giunto poiché produce il minimo valore del momento resistente (8902 kNcm).

Il modo di collasso dominante è il modo 1, come per la flangia, ovvero il collasso dell'ala inflessa che presenta la resistenza minima (190,07 kN); la resistenza della fila interna tesa è data dalla

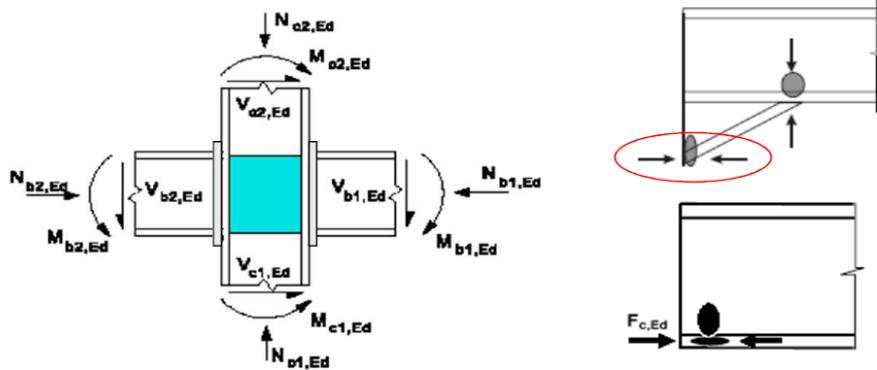
differenza tra la resistenza del gruppo di file (ridotta al valore limite della resistenza al taglio pari a 290,57 kN) e la resistenza della fila esterna: $290,57 - 190,07 = 100,5$ kN.

Nel foglio successivo è presentato il calcolo della resistenza della zona compressa della trave che non risulta dimensionante nonché la verifica dell'efficienza della saldatura trave-flangia. Questa verifica è significativa nel caso di nodo di struttura sismicamente dissipativa con formazione della cerniera plastica nella trave.

Nel programma tale situazione viene automaticamente attivata rispondendo “Y” alla domanda: “cerniera plastica nella trave di destra ?”.

Nel caso in esame tale condizione non è richiesta e pertanto non è richiesta la sovraresistenza del nodo rispetto alla trave collegata.

anima e piattabanda delle travi in compressione (item 6.2.6.7)



CERNIERA PLASTICA ? (Y,N) trave di destra :

N

 trave di sinistra :

Y

$F_{c,Rd,bi} \geq F_{c,Ed,bi}$

FORZA MASSIMA NELLA ZONA COMPRESSA :	trave di destra : $F_{c,Ed,b1} =$ kN	247
	trave di sinistra : $F_{c,Ed,b2} =$ kN	0

RESISTENZA DI PROGETTO PER LA ZONA COMPRESSA :	trave di destra : $F_{c,Rd,b1} =$ kN	543
$F_{c,Rd,bi} = M_{c,Rd,bi} / (h_i - t_{fb_i}) :$	trave di sinistra : $F_{c,Rd,b2} =$ kN	0

$M_{c,V,Rd,bi} = [W_{pl} - \rho \cdot A_w^2 / 4 \cdot t_w] \cdot f_y / \gamma_{M0} \leq M_{c,Rd,bi} = W_{pl,bi} \cdot f_{ybi} / \gamma_{M0}$	trave di destra : kNcm	15701
	trave si sinistra : kNcm	0
$\rho_{bi} = [2 \cdot V_{bi,Ed} / V_{pl,Rd,bi} - 1]^2$	trave di destra : kN	0,000
	trave si sinistra : kN	0,000
$V_{pl,Rd,bi} = A_{v,bi} \cdot (f_{ybi} / 3^{0,5}) / \gamma_{M0}$	trave di destra : kN	371
	trave si sinistra : kN	0
altezza trave di destra < 600 mm - item 6.2.6.7(1) $\alpha_d = 1,00$		
altezza trave di sinistra < 600 mm - item 6.2.6.7(1) $\alpha_s = 1,00$		
$A_{v,bi} = \max [A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f ; \eta \cdot t_w \cdot h_{w,bi}]$ $\eta = 1,00$	trave di destra : cm ²	26
	trave si sinistra : cm ²	0
$W_{pl,b1} =$ max h 628 cm ³ min h 628 cm ³	$M_{pl,Rd,b1} =$ max h 15701 kNcm min h 15701 kNcm	
$W_{pl,b2} =$ 0 cm ³ 0 cm ³	$M_{pl,Rd,b2} =$ 0 kNcm 0 kNcm	

RESISTENZA DI PROGETTO MINIMA DELLA SALDATURA DEL GIUNTO : (item 6.2.3 (5) EN 1993-1-8)			
coeff. di sic. α per analisi del primo ordine (item 5.2.1(3)-EN 1993-1-1)	1,4	I° ordine	$\alpha = 1,4$
coefficiente di sicurezza α da usarsi in tutti gli altri casi	1,7		
momento resistente minimo del nodo :	trave di destra : $M_{b1,Rd,min} =$ 8902 kNcm >	7143	
$M_{bi,Rd,min} \geq M_{bi,Ed}$	trave si sinistra : $M_{b2,Rd,min} =$ 0 kNcm >	0	
criterio di sovraresistenza trave-nodo :	trave di destra : $M_{b1,Rd} =$ 8902 kNcm <	12167	
$\min (M_{pl,Rd,bi,min} ; \alpha \cdot M_{bi,Rd,min}) \leq M_{bi,Rd}$	trave si sinistra : $M_{b2,Rd} =$ 0 kNcm <	0	
MOMENTO RESISTENTE DI PROGETTO DELLA SALDATURA :	$M_{b1,Rd} =$ kNcm	12167	
MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DELLA SALDATURA :	$M_{b2,Rd} =$ kNcm	0	

Nel caso fosse richiesta la formazione della cerniera plastica nella trave la verifica della saldatura trave flangia non sarebbe soddisfatta come di seguito riportato:

RESISTENZA DI PROGETTO MINIMA DELLA SALDATURA DEL GIUNTO : (item 6.2.3 (5) EN 1993-1-8)			
coeff. di sic. α per analisi del primo ordine (item 5.2.1(3)-EN 1993-1-1)	1,4	I° ordine	$\alpha = 1,4$
coefficiente di sicurezza α da usarsi in tutti gli altri casi	1,7		
momento resistente minimo del nodo :	trave di destra :	$M_{b1,Rd,min} = 8902$ kNcm	> 7143
$M_{bi,Rd,min} \geq M_{bi,Ed}$	trave si sinistra :	$M_{b2,Rd,min} = 0$ kNcm	> 0
criterio di sovraresistenza trave-nodo :	trave di destra :	$M_{b1,Rd} = 12463$ kNcm	< 12167
$\min(M_{pl,Rd,bi,min} ; \alpha \cdot M_{bi,Rd,min}) \leq M_{bi,Rd}$	trave si sinistra :	$M_{b2,Rd} = 0$ kNcm	< 0
MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DELLA SALDATURA :		$M_{b1,Rd} =$ kNcm	12463
MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DELLA SALDATURA :		$M_{b2,Rd} =$ kNcm	0

Tale situazione richiederebbe l'esecuzione di una saldatura a piena penetrazione.

Segue la verifica dell'anima della trave a trazione che non risulta dimensionante:

anima delle travi soggetta a trazione (item 6.2.6.8)

CERNIERA PLASTICA ? (Y,N) **trave di destra :**

Y

 $F_{t,Rd,bi} \geq F_{t,Ed,bi}$
trave di sinistra :

Y

FORZA MASSIMA NELLA ZONA TESA :	trave di destra :	$F_{t,Ed,b1} =$ kN	247
	trave di sinistra :	$F_{t,Ed,b2} =$ kN	0

RESISTENZA DI PROGETTO PER LA ZONA TESA :	trave di destra :	$F_{t,Rd,b1} =$ kN	405						
$F_{t,Rd,bi} = b_{eff,t,wbi} \cdot t_{wbi} \cdot f_{y,wbi} / \gamma_{M0}$	trave di sinistra :	$F_{t,Rd,b2} =$ kN	0						
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO $M_{i,Rd} =$ kNcm			9473						
$b_{eff,t,wbi}$ = lunghezza efficace dell'anima tesa : items 6.2.6.8 (2) e 6.2.6.5	trave di destra : cm	22,81							
	trave si sinistra : cm	0,00							
→ per una sola fila di bulloni interni :	trave di destra : cm	23,02							
	trave si sinistra : cm	0,00							
→ per una sola fila di bulloni vicina alla piattabanda tesa :	trave di destra : cm	25,39							
	trave si sinistra : cm	0,00							
$W_{pl,b1} =$	max h	628 cm ³	min h	628 cm ³	$M_{pl,Rd,b1} =$	max h	15701 kNcm	min h	15701 kNcm
$W_{pl,b2} =$		0 cm ³		0 cm ³	$M_{pl,Rd,b2} =$		0 kNcm		0 kNcm

Infine viene riportata la verifica di resistenza del nodo che, se è prevista la formazione della cerniera plastica nella trave, non risulta soddisfatta:

Il programma esegue anche la rappresentazione grafica del nodo nelle due viste; i bulloni tesi sono colorati in nero mentre i bulloni resistenti a taglio in rosso. Altri bulloni eventualmente presenti ma non attivi sono colorati in grigio.

