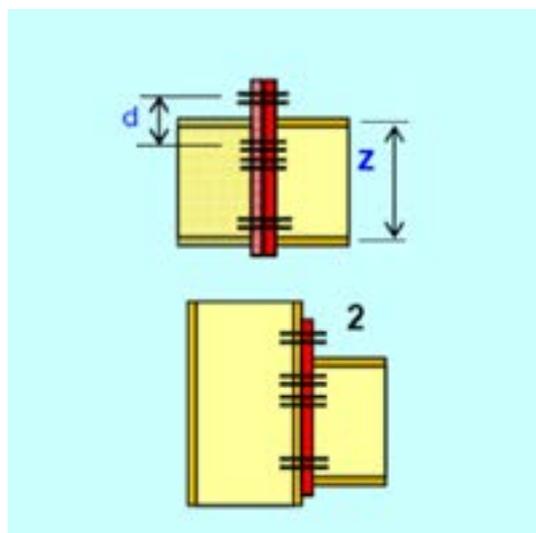


Domenico Leone

GIUNTO TRAVE-COLONNA IN ALLUMINIO CON FLANGIA BULLONATA

Parte 2



GIUNTO TRAVE-COLONNA IN ALLUMINIO 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.

É 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

GIUNTO TRAVE-COLONNA IN ALLUMINIO CON FLANGIA BULLONATA

Parte 2

Verifica del nodo trave-colonna nel suo complesso.

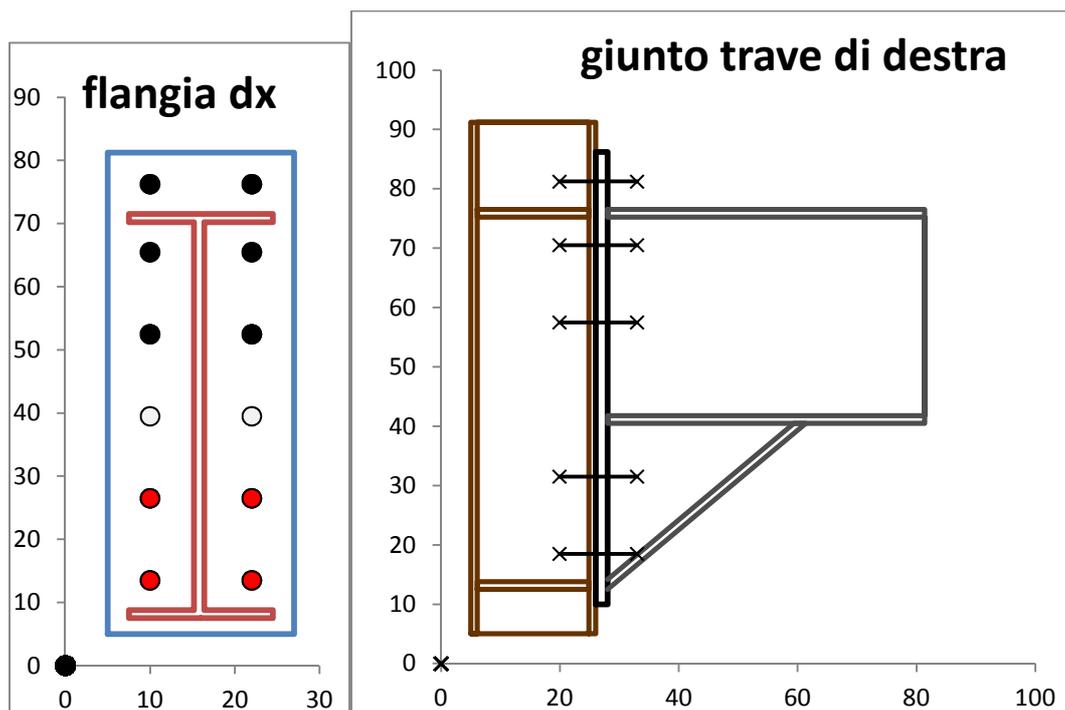
Se si vuole garantire la resistenza delle parti che costituiscono il nodo nel suo complesso devono essere eseguite anche le seguenti verifiche appena citate al punto 8.1.3 della norma EN 1999-1-1: *“La resistenza di un giunto dovrebbe essere determinata sulla base delle resistenze dei singoli bulloni, delle saldature e delle altre componenti del giunto”*

- 1 – resistenza a taglio del pannello d’anima della colonna
- 2 – resistenza a compressione dell’anima della colonna
- 3 – resistenza a trazione dell’anima della colonna
- 4 – resistenza a flessione della piattabanda della colonna (T-stub in tension)
- 5 – resistenza a compressione della piattabanda della trave
- 6 – resistenza a trazione dell’anima della trave

e, per travi con estensione dell’altezza sull’appoggio, anche la verifica a compressione locale dell’anima della trave nella zona di fine rastremazione.

Di seguito viene presentato il calcolo del nodo nel rispetto delle sopracitate verifiche eseguito con l’uso del programma “FlangiaBullAl”

L’altezza della trave sulla flangia viene posta pari a 640 mm mantenendo l’altezza corrente di 360 mm. La rastremazione è effettuata con una inclinazione di 40° e lo schema è di seguito rappresentato :



In questo caso, data la maggior altezza della trave sul giunto, è stata aggiunta una fila di bulloni mantenendo la stessa distanza tra le 2 file superiori come nel caso di trave ad altezza costante precedentemente trattata.

La geometria è descritta nella seguente parte del foglio di calcolo iniziale del programma “FlangiaBullAI”

GIUNTO A FLANGIA CON BULLONI - STATO LIMITE ULTIMO - EN 1999-1-1 ; DM 14/01/08 e O.P.C.M. n°3274																																																																
VERIFICA DELLA SALDATURA TRAVE-FLANGIA																																																																
materiale	lamiere, nastri e piatti	per profili estrusi definire da input le caratteristiche del materiale					fattore di riduz. per HAZ	$e = [250/f_u]^{0.5}$																																																								
TRAVE :	EN AW-5049-H14<=25	$f_o =$	$f_u =$	$f_o = 19,0$	$f_u = 24,0$	kN/cm ²	$\beta_{w,dx} = 1$	$\beta_{w,dx} =$	$\epsilon = 1,15$																																																							
COLONNA :	EN AW-5083-H14<=25	$f_o =$	$f_u =$	$f_o = 28,0$	$f_u = 34,0$	kN/cm ²	$\beta_{w,sx} = 1$	$\beta_{w,sx} =$	$\epsilon = 0,94$																																																							
IRRIGIDIMENTI	EN AW-5049-H14<=25	$f_o =$	$f_u =$	$f_o = 19,0$	$f_u = 24,0$	kN/cm ²	$\beta_{w,s} = 1$	$\beta_{w,s} =$	$\epsilon = 1,15$																																																							
tipologia nodo	2	nodo non irrigidito			nodo con irrigidimenti trasversali			nodo con piatti di rinforzo anima																																																								
coeff. secur. saldat.	1,25	1			2			3 + 2																																																								
coeff. secur. mater.	1,1	1			2			3 + 2																																																								
TR.DX.	a cordoni d'angolo																																																															
TR.SX.	a cordoni d'angolo																																																															
IRRIG.	a cordoni d'angolo																																																															
ELEMENTO	ALT. MIN	ALT. MAX	LARGHEZZA	IRRIGIDIMENTI ANIMA COLONNA			TIPO																																																									
COLONNA CL. EC9	2	mm 210	mm 210	mm 220	1			2																																																								
TRAVE DI DESTRA (DX.)		mm 360	mm 640	mm 170	2			3																																																								
TRAVE DI SINISTRA (SX.)		mm	mm	mm	1			2																																																								
SALDATURA TR. DX.	MIG	1	$l_w = mm$	$l_w = mm$	6,0																																																											
SALDATURA TR. SX.	MIG		$l_w = mm$	$l_w = mm$																																																												
SALDATURA IRRIG.	MIG	1	$l_w = mm$	$l_w = mm$	6,0																																																											
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO :																																																																
CARATTERISTICHE DEL GIUNTO :																																																																
				<table border="1"> <tr> <td>TRAVE DX</td> <td>$V_{b1,Ed} = 150$</td> <td>kN</td> <td>$V_{b2,Ed} =$</td> <td></td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$M_{b1,Ed} = 5710$</td> <td>kNcm</td> <td>$M_{b2,Ed} =$</td> <td></td> <td>kNcm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$N_{b1,Ed} = 50$</td> <td>kN</td> <td>$N_{b2,Ed} =$</td> <td></td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">$< 5\% N_{pl,Rd,b1} = 82$ kN</td> <td colspan="2">$< 5\% N_{pl,Rd,b2} = 0$ kN</td> </tr> </table>						TRAVE DX	$V_{b1,Ed} = 150$	kN	$V_{b2,Ed} =$		kN		$M_{b1,Ed} = 5710$	kNcm	$M_{b2,Ed} =$		kNcm		$N_{b1,Ed} = 50$	kN	$N_{b2,Ed} =$		kN			$< 5\% N_{pl,Rd,b1} = 82$ kN		$< 5\% N_{pl,Rd,b2} = 0$ kN																																
TRAVE DX	$V_{b1,Ed} = 150$	kN	$V_{b2,Ed} =$		kN																																																											
	$M_{b1,Ed} = 5710$	kNcm	$M_{b2,Ed} =$		kNcm																																																											
	$N_{b1,Ed} = 50$	kN	$N_{b2,Ed} =$		kN																																																											
		$< 5\% N_{pl,Rd,b1} = 82$ kN		$< 5\% N_{pl,Rd,b2} = 0$ kN																																																												
				<table border="1"> <tr> <td>COLONNA</td> <td>spessore piattabanda</td> <td>(t_{fc})</td> <td>cm</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>spessore anima</td> <td>(t_{wc})</td> <td>cm</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>sald.MIG</td> <td>raccordo anima-piattab.</td> <td>(r_c)</td> <td>cm</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>TRAVE DI DESTRA</td> <td>spessore piattabanda</td> <td>(t_{fb1})</td> <td>cm</td> <td>1,27</td> </tr> <tr> <td></td> <td>spessore anima</td> <td>(t_{wb1})</td> <td>cm</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>sald.MIG</td> <td>raccordo anima-piattab.</td> <td>(r_{b1})</td> <td>cm</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>TRAVE DI SINISTRA</td> <td>spessore piattabanda</td> <td>(t_{fb2})</td> <td>cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>spessore anima</td> <td>(t_{wb2})</td> <td>cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>sald.MIG</td> <td>raccordo anima-piattab.</td> <td>(r_{b2})</td> <td>cm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IRRIGIDIM.</td> <td>trasversali : spessore</td> <td>$(t_{sc} \geq t_{fb})$</td> <td>cm</td> <td>1,27</td> </tr> <tr> <td></td> <td>d'anima : spessore</td> <td>$(t_{sc} \geq t_{wc})$</td> <td>cm</td> <td></td> </tr> </table>						COLONNA	spessore piattabanda	(t_{fc})	cm	1,1		spessore anima	(t_{wc})	cm	0,7	sald.MIG	raccordo anima-piattab.	(r_c)	cm	1,8	TRAVE DI DESTRA	spessore piattabanda	(t_{fb1})	cm	1,27		spessore anima	(t_{wb1})	cm	0,8	sald.MIG	raccordo anima-piattab.	(r_{b1})	cm	1,8	TRAVE DI SINISTRA	spessore piattabanda	(t_{fb2})	cm			spessore anima	(t_{wb2})	cm		sald.MIG	raccordo anima-piattab.	(r_{b2})	cm		IRRIGIDIM.	trasversali : spessore	$(t_{sc} \geq t_{fb})$	cm	1,27		d'anima : spessore	$(t_{sc} \geq t_{wc})$	cm	
COLONNA	spessore piattabanda	(t_{fc})	cm	1,1																																																												
	spessore anima	(t_{wc})	cm	0,7																																																												
sald.MIG	raccordo anima-piattab.	(r_c)	cm	1,8																																																												
TRAVE DI DESTRA	spessore piattabanda	(t_{fb1})	cm	1,27																																																												
	spessore anima	(t_{wb1})	cm	0,8																																																												
sald.MIG	raccordo anima-piattab.	(r_{b1})	cm	1,8																																																												
TRAVE DI SINISTRA	spessore piattabanda	(t_{fb2})	cm																																																													
	spessore anima	(t_{wb2})	cm																																																													
sald.MIG	raccordo anima-piattab.	(r_{b2})	cm																																																													
IRRIGIDIM.	trasversali : spessore	$(t_{sc} \geq t_{fb})$	cm	1,27																																																												
	d'anima : spessore	$(t_{sc} \geq t_{wc})$	cm																																																													
				<table border="1"> <tr> <td>VERTICE CIANFRINO</td> <td>$C_{b1} =$</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>$C_{b2} =$</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>$C_s =$</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>$\alpha = 45$</td> <td>°</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						VERTICE CIANFRINO	$C_{b1} =$	mm				$C_{b2} =$	mm				$C_s =$	mm				$\alpha = 45$	°																																					
VERTICE CIANFRINO	$C_{b1} =$	mm																																																														
	$C_{b2} =$	mm																																																														
	$C_s =$	mm																																																														
	$\alpha = 45$	°																																																														
				<table border="1"> <tr> <td>SEZIONI DI GOLIA SALDATURE</td> <td>TRAVE DI DESTRA</td> <td>piattabande</td> <td>(a_{fb1})</td> <td>cm</td> <td>0,49</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>anima</td> <td>(a_{wb1})</td> <td>cm</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TRAVE DI SINISTRA</td> <td>piattabande</td> <td>(a_{fb2})</td> <td>cm</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>anima</td> <td>(a_{wb2})</td> <td>cm</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>IRRIGIDIM.</td> <td>trasversali</td> <td>(a_{sc})</td> <td>cm</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>d'anima</td> <td>(a_{sc})</td> <td>cm</td> <td>0,00</td> </tr> </table>						SEZIONI DI GOLIA SALDATURE	TRAVE DI DESTRA	piattabande	(a_{fb1})	cm	0,49			anima	(a_{wb1})	cm	0,42		TRAVE DI SINISTRA	piattabande	(a_{fb2})	cm	0,00			anima	(a_{wb2})	cm	0,00		IRRIGIDIM.	trasversali	(a_{sc})	cm	0,42			d'anima	(a_{sc})	cm	0,00																			
SEZIONI DI GOLIA SALDATURE	TRAVE DI DESTRA	piattabande	(a_{fb1})	cm	0,49																																																											
		anima	(a_{wb1})	cm	0,42																																																											
	TRAVE DI SINISTRA	piattabande	(a_{fb2})	cm	0,00																																																											
		anima	(a_{wb2})	cm	0,00																																																											
	IRRIGIDIM.	trasversali	(a_{sc})	cm	0,42																																																											
		d'anima	(a_{sc})	cm	0,00																																																											
				<table border="1"> <tr> <td>PARAMETRI TRASFORM.</td> <td>giunto di destra</td> <td>β_1</td> <td></td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>giunto di sinistra</td> <td>β_2</td> <td></td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>LARGHEZZA</td> <td>giunto di destra</td> <td>$b_{eff,b1}$</td> <td>cm</td> <td>17,00</td> </tr> <tr> <td>EFFICACE</td> <td>giunto di sinistra</td> <td>$b_{eff,b2}$</td> <td>cm</td> <td>0,00</td> </tr> </table>						PARAMETRI TRASFORM.	giunto di destra	β_1		1,00		giunto di sinistra	β_2		0,00	LARGHEZZA	giunto di destra	$b_{eff,b1}$	cm	17,00	EFFICACE	giunto di sinistra	$b_{eff,b2}$	cm	0,00																																			
PARAMETRI TRASFORM.	giunto di destra	β_1		1,00																																																												
	giunto di sinistra	β_2		0,00																																																												
LARGHEZZA	giunto di destra	$b_{eff,b1}$	cm	17,00																																																												
EFFICACE	giunto di sinistra	$b_{eff,b2}$	cm	0,00																																																												
<p>saldatura trave-flangia</p> <p>item 4.7.3 EN 1993-1-8 per $2 \cdot a_{nom} \geq t$ e per $c \leq t/5$ o 3mm la saldatura è a piena penetrazione</p>																																																																

La verifica di resistenza della saldatura è ovviamente soddisfatta avendo mantenuto le stesse caratteristiche su una sezione di maggiore altezza e quindi non viene qui riproposta.

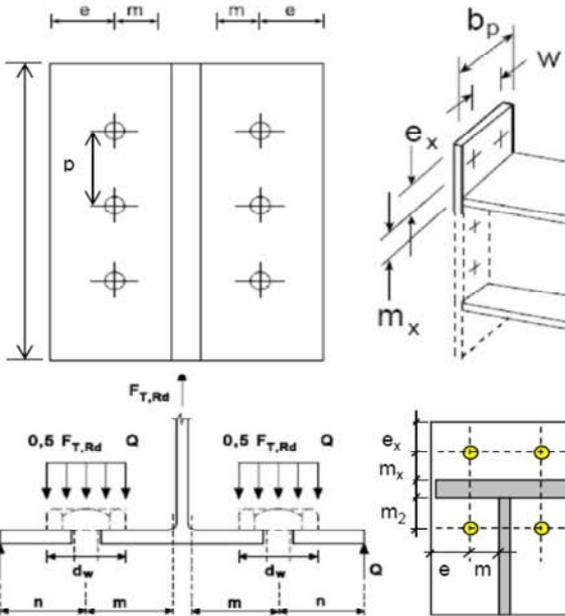
Osserviamo invece la verifica della flangia bullonata in cui la resistenza dei bulloni in gruppo (considerando sempre inizialmente due file attive a trazione) viene limitata dalla resistenza delle parti nodali precedentemente citate :

VERIFICA DEL COLLEGAMENTO BULLONATO (equivalent T-stub flange method - EN 1999-1-1 & B1 e EN 1993-1-8 & 6.2.6.5)

materiale lamiere, nastri e piatti		fatt. rid. HAZ per le flange	
FLANGIA:	EN AW-5049-H14 <= 25	$f_o =$	$f_u =$
CONTROPIATTO:	assente	$f_o = 19,0$	$f_u = 24,0$ kN/cm ²
BULLONI:	tipo M 20	$f_o = 0,0$	$f_u = 0,0$ kN/cm ²
giunto con bulloni interni	giunto con bulloni esterni	$f_{yb} = 90,0$ kN/cm ²	$f_{ub} = 100$ kN/cm ²
tipo di giunto	2	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	
giunto trave-trave ?	N	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	
nodo terminale ?	N	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	
interasse file bulloni	12 cm	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	
passo min. bull. int.	6,00 cm	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	
n° file vertic. bulloni	2	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	
coeff. secur. bulloni	1,25	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	
coeff. secur. mater.	1,1	SEZ. SUL FILETTO: $A_b = 2,45$ cm ²	

VINCOLI DI PROGETTO :

- equidistanza bulloni da piattabanda tesa ($m_{xb} = m_{yb}$)
- numero minimo bulloni / fila interni = 2



COLONNA	distanza bull.-raccordo	(m_c)	cm	4,21
	distanza bull.-bordo est.	(e_c)	cm	5,00
	distanza anima-raccor.	(d_c)	cm	1,44
TRAVE DI DESTRA	larghezza flangia	(l_{fb1})	cm	22
	distanza bull.-raccordo	(m_{b1})	cm	5,12
	distanza bull.-raccordo	(m_{xb1}=m_{yb1})	cm	4,17
	distanza bull.-bordo est.	(e_{b1})	cm	5,00
	distanza bull.-bordo est.	(e_{x,b1})	cm	5,00
	passo bull.	(e_{min}=l_{b1})	cm	5,00
	dist. min. bull.-bordo est.	(n_{b1})	n°	5
	n° max. bull./fila interni	(z_{b1})	cm	62,73
	braccio di leva	(l_{fb2})	cm	
TRAVE DI SINISTRA	larghezza flangia	(l_{fb2})	cm	0,00
	distanza bull.-raccordo	(m_{b2})	cm	0,00
	distanza bull.-raccordo	(m_{xb2}=m_{yb2})	cm	0,00
	distanza bull.-bordo est.	(e_{b2})	cm	0,00
	distanza bull.-bordo est.	(e_{x,b2})	cm	
	passo bull.	(e_{min}=l_{b2})	cm	0,00
	dist. min. bull.-bordo est.	(n_{b2})	n°	
	n° max. bull./fila interni	(z_{b2})	cm	0,00
	braccio di leva	(z_{b2})	cm	0,00
DATI PER CALCOLO LUNGHEZZE EFFICACI	TRAVE DI DESTRA	(\alpha_{b1})	cm	6,01
	TRAVE DI SINISTRA	(\alpha_{b2})	cm	0,00
	TRAVE DI SINISTRA	(\lambda_{1,b2})		0,00
	TRAVE DI SINISTRA	(\lambda_{2,b2})		0,00
BULLONI	diametro rondella	(d_w)	mm	37
SPESORE FLANGE	TRAVE DI DESTRA	(t_{f,b1})	mm	20,00
	TRAVE DI SINISTRA	(t_{f,b2})	mm	
	CONTROPIATTO	(t_{bp})	mm	

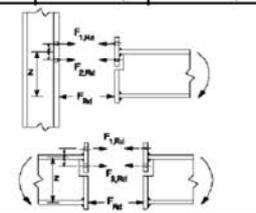
$M_{j,Rd,b1} = 6253$ kNm	$M_{j,Rd,b2} = 0$ kNm	$M_{j,Rd,bi} \geq \delta \cdot M_{pl,Rd,c}$	$M_{j,Rd,bi} \geq M_{pl,Rd,bi}$	GIUNTO A PARZIALE RESISTENZA	$M_{pl,Rd,b1} = 17594$ kNm	$M_{pl,Rd,b2} = 0$ kNm
--------------------------	-----------------------	---	---------------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------

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	26,20	0,00	22,93	0,00				
liv. 1 esterno piattabanda tesa	25,10	0,00	16,47	0,00				
liv. 2 1° fila sotto la piattab. tesa	23,10	0,00	11,00	0,00				
liv. 3 altre file orizz. interne			17,47	0,00				
liv. 4 altre file di estremità	23,10	0,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
modo di collasso 1	32,17	0,00	30,78	0,00	29,08	0,00	23,91	0,00
modo di collasso 2	32,17	0,00	26,73	0,00	26,00	0,00	13,00	0,00
file interne	32,17	0,00	26,73	0,00	29,08	0,00	19,87	0,00
modo di collasso 1	$\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} < l_{eff,op}$		11,00	0,00	$\Sigma l_{eff,1} = \Sigma l_{eff,nc} < \Sigma l_{eff,op}$		23,91	0,00
modo di collasso 2	$\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		11,00	0,00	$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc}$		23,91	0,00
file interne	$l_{eff,i} =$		26,73	0,00				

RESISTENZA A TRAZIONE DEI BULLONI : $F_{t,Rd,b} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2} = 176,43$ kN

RESISTENZA EFFETTIVA SINGOLA FILA	Trave di Destra		Trave di Sinistra	
	Tr. Destra	Tr. Sinistra	fila singola	gruppo file
modo 3				
liv. 1	91,82	0,00	45,51	91,03
liv. 2	0,00	0,00	0,00	0,00
liv. 3	0,00	0,00	0,00	0,00
liv. 4	0,00	0,00	0,00	0,00

MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO	$M'_{j,Rd} = 6253$ kNm	0 kNm	limite resit. gruppo Dx	91,82
resistenza del gruppo di bulloni limitata alla resistenza minima delle componenti nodali :	Y	limite resit. gruppo Sx	0,00	



Si può notare che il giunto è ancora a **parziale resistenza** poiché il suo momento resistente minimo (**6253 kNcm**) risulta inferiore al momento resistente plastico della trave (17594 kNcm) e della colonna (14456 kNcm) .

La resistenza dei bulloni in gruppo (ma in questo caso anche su singola fila) viene limitata dalla **resistenza a compressione dell'anima della colonna irrigidita** come di seguito riportato :

RESISTENZA DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA

anima della colonna in compressione trasversale (item 6.2.6.2 EN 1993-1-8)

zona termicamente alterata per colonna composta saldata

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
- $\sigma_{com,Ed} = 0,000 \text{ kN/cm}^2$
- $\rho_{o,haz} = 1,00$ per verifica di stabilità anima
- $\rho_{o,haz} = 0,55$ per verifica di resistenza locale

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

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

$F_{c.wc.Ed.b1} = 91,03 \text{ kN}$
 $F_{c.wc.Ed.b2} = 0,00 \text{ kN}$

FORZA DI COMPRESSIONE AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :	$F_{c.wc.Ed} =$ kN	91
$F_{c.wc.Ed} =$ Forza massima trasmessa dalle piattabande delle travi collegate		
RESISTENZA DI PROGETTO A COMPRESSIONE DEL PANNELLO D'ANIMA :	$F_{c.wc.Rd} =$ kN	92
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO		
	$M_{j,Rd} =$ kNcm	5760
pannello non irrigidito :	$F_{c.wc.Rd} = (\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wc}) / \gamma_{M1}$	82
con la seguente limitazione	$F_{c.wc.Rd} \leq (\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{wc} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wc}) / \gamma_{M1} =$	131 kN
$\gamma_{M1} = 1,1$ coeff. parziale di sicurezza per l'instabilità		
$b_{eff.c.wc} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p$	$b_{eff.c.wc} = 21,17 \text{ cm}$	
$\omega_1 = 0,39377$	$\omega_{b1} = 0,39377$	
$\omega_2 = 0,209439$	$\omega_{b2} = 1$	$\omega = 0,39377$
$k_{wc} = 1$		
$\lambda_p = 0,872106$	$\rho = 0,883688$	
		5125
irrigidimenti trasversali :	$F_{c.wc.Rd} = F_{c.wc.Rd.(non \text{ irrig.})} + F_{c.wc.add.Rd}$	92
	$F_{c.wc.add.Rd} = 4 \cdot M_{pl.fc.Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl.fc.Rd} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd}) / d_s$	10
$M_{pl.fc.Rd} = 169 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna	
$M_{pl.st.Rd} = 148 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima	
$d_s = 62,73 \text{ cm}$	distanza tra gli assi degli irrigidimenti	5760
	$\rho = 1$	$M_{j,Rd} =$

Le verifiche delle altre parti nodali risultano soddisfatte come di seguito riportato nei fogli di calcolo automatico.

RESISTENZA DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA
anima della colonna soggetta a forza di taglio (item 6.2.6.1 EN 1993-1-8)

INPUT SOLLECITAZIONI ESTREMITA' COLONNA

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

$V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$

braccio di leva : $z = 62,73$ cm
 $\rho_{o,haz} = 0,55$

FORZA DI TAGLIO AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :		$V_{wp,Ed} =$ kN	91
$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$	$d / t_w = 22$	$< 69 \cdot \epsilon = 65$	↕
RESISTENZA DI PROGETTO A TAGLIO DEL PANNELLO D'ANIMA :		$V_{wp,Rd} =$ kN	117
pannello non irrigidito :		$V_{wp,Rd} =$ kN	106
$A_{vc} = [h_w - 2 \cdot (1 - \rho_{o,haz}) \cdot b_{haz}] \cdot t_w$	$b_{haz} =$ cm <input type="text" value="9,40"/>	$A_{vc} = 7,24$ cm ²	↗
irrigidimenti trasversali :		$V_{wp,Rd} =$ kN	117
$V_{wp,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$		$V_{wp,add,Rd} =$ kN	10
$M_{pl,fc,Rd} = 169$ kNcm	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna		
$M_{pl,st,Rd} = 148$ kNcm	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima		
$d_s = 62,73$ cm	distanza tra gli assi degli irrigidimenti		

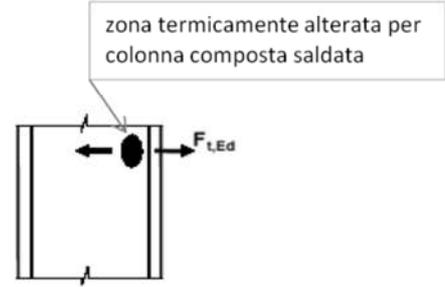
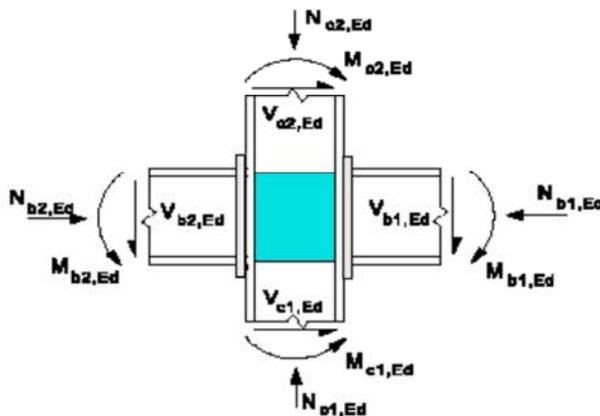
L'area resistente a taglio della colonna è data dalla seguente espressione (& 6.1.6.3 EN 1999-1-1)

$$A_{vc} = [h_w - 2 \cdot (1 - \rho_{o,haz}) \cdot b_{haz}] \cdot t_w$$

in cui b_{haz} si assume pari a metà altezza dell'anima ($h_w/2$) per la presenza dei piatti di irrigidimento saldati alla stessa [& 6.2.6 (2) a)] che generano una zona HAZ continua.

RESISTENZA DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA

anima della colonna in trazione trasversale (item 6.2.6.3 EN 1993-1-8)



$$\rho_{o,haz} = 0,55$$

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

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

$$F_{t,wc,Ed,b1} = 91,03 \text{ kN}$$

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

FORZA DI TRAZIONE AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :	F _{t,wc,Ed} = kN	91
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	93
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO M _{j,Rd} = kNcm 6308		
pannello non irrigidito :	F _{t,wc,Rd} = kN	83

irrigidimenti trasversali :		F _{t,wc,Rd} = kN	93
F _{t,wc,add,Rd} = 4 · M _{pl,fc,Rd} / d _s < (2 · M _{pl,fc,Rd} + 2 · M _{pl,st,Rd}) / d _s		F _{t,wc,add,Rd} = kN	10
M _{pl,fc,Rd} = 169 kNcm	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna		
M _{pl,st,Rd} = 148 kNcm	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima		
d _s = 62,73 cm	interasse irrigidimenti		
	b _{eff,t,wc,e} = 25,71 cm	F _{t,wc,Rd,e} = 84	
	ω = 0,332702	M _{j,Rd} = 6308	

La resistenza a trazione è data dalla seguente espressione (& 6.2.6.3 EN 1993-1-8)

$$F_{t,wc,Rd} = (\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wc}) / \gamma_{M1}$$

Incrementata della resistenza offerta dagli irrigidimenti trasversali pari a :

$$F_{t,wc,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$$

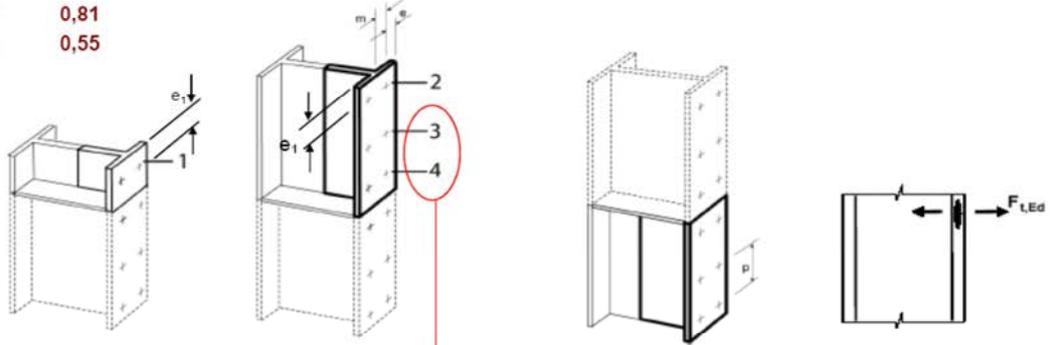
Il significato dei simboli è riportato nel soprastante foglio di calcolo.

Il calcolo è eseguito nella zona HAZ (colonna composta saldata) con fattore di riduzione della resistenza caratteristica pari a $\rho_{o,haz} = 0,55$.

RESISTENZA DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA

piattabanda della colonna soggetta a flessione (item 6.2.6.4 EN 1993-1-8)

$\rho_{u,haz} = 0,81$
 $\rho_{o,haz} = 0,55$



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

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

$\lambda_{1,c} = 0,4571118$ $\lambda_{2,c} = 0,4527687$

	Trave di Destra		Trave di Sinistra	
	fila singola	gruppo file	fila singola	gruppo file
$F_{t,Ed} = \text{kN}$	45,51	91,03	0,00	0,00
$n_{b,t,stub} =$	2	4	0	0

FORZA MASSIMA AGENTE SULLA PIATTABANDA NON IRRIGIDITA :	$F_{t,Ed} = \text{kN}$	46
$F_{t,Ed} =$ Forza massima sulle file di bulloni reagenti		

RESISTENZA DI PROGETTO DELLA PIATTABANDA DELLA COLONNA :	$F_{t,Rd,f} = \text{kN}$	92
pannello non irrigidito :	$F_{t,Rd,f} \geq F_{t,Ed}$	92

estremi
interni
eff.ri

resistenza singola fila		limite : kN		Trave di Destra		Trave di Sinistra		
Tr. Destra	Tr. Sinistra			fila singola	gruppo file	fila singola	gruppo file	
modo 3	modo 2	$F_{t,Rd,f}$						
91,82	0,00	modo 1		91,82	91,82	0,00	0,00	collasso piattabanda
0,00	0,00	modo 2a		91,82	91,82	0,00	0,00	collasso piattab. e snervam. bulloni
0,00	0,00	modo 2b		91,82	91,82	0,00	0,00	collasso piattab. e rottura bulloni
23,09	0,00	modo 3		91,82	91,82	0,00	0,00	rottura bulloni
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO				6253	kNcm	0	kNcm	$M_{j,Rd} =$ 6253
pannello con irrig. trasversali :		$F_{t,Rd,f} \geq F_{t,Ed}$		Trave di Destra		Trave di Sinistra		$F_{t,Rd,f} = \text{kN}$
resistenza singola fila								92
Tr. Destra	Tr. Sinistra	$F_{t,Rd,f}$		fila singola	gruppo file	fila singola	gruppo file	
modo 3	modo 2							
91,82	0,00	modo 1		91,82	91,82	0,00	0,00	collasso piattabanda
91,82	0,00	modo 2a		91,82	91,82	0,00	0,00	collasso piattab. e snervam. bulloni
0,00	0,00	modo 2b		91,82	91,82	0,00	0,00	collasso piattab. e rottura bulloni
23,09	0,00	modo 3		91,82	91,82	0,00	0,00	rottura bulloni
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO				6253	kNcm	0	kNcm	$M_{j,Rd} =$ 6253

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

interni
estremi

POSIZIONE FILA	FILE DI BULLONI SINGOLA				FILE DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO			
	DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE		DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE	
	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$
file orizzontali interne	26,45	0,00	23,09	0,00	26,00	0,00	13,00	0,00
file orizzontali di estremità	26,45	0,00	23,09	0,00	23,96	0,00	16,91	0,00
modo di collasso 1	$\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,op}$		23,09	0,00	$\Sigma l_{eff,1} = \Sigma l_{eff,nc} \leq \Sigma l_{eff,op}$		33,82	0,00
modo di collasso 2	$\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		23,09	0,00	$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc}$		33,82	0,00
	fila estrema	$l_{eff,re} =$	23,09	0,00	47,91	0,00	33,82	0,00

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

interni
estremi

POSIZIONE FILA	FILE DI BULLONI SINGOLA				FILE DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO			
	DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE		DISTRIB. CIRCOLARE		DISTRIB. NON CIRCOLARE	
	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$	$l_{eff,op}$	$l_{eff,nc}$
file orizzontali interne	26,45	0,00	23,09	0,00	26,00	0,00	13,00	0,00
file orizzontali adiacenti all'irrigidimento	26,45	0,00	25,71	0,00	23,96	0,00	19,53	0,00
modo di collasso 1	$\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,op}$		25,71	0,00	$\Sigma l_{eff,1} = \Sigma l_{eff,nc} \leq \Sigma l_{eff,op}$		39,05	0,00
modo di collasso 2	$\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		25,71	0,00	$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc}$		39,05	0,00
	$\alpha_c =$ 6,11	fila estrema	$l_{eff,re} =$	25,71	0,00	47,91	0,00	39,05

La verifica a compressione della piattabanda della trave viene omessa poiché già soddisfatta per la trave di altezza costante. Viene invece presentata di seguito la verifica della trave nella zona di rastremazione in cui non è previsto alcun irrigidimento aggiuntivo.

RESISTENZA DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA

ESTREMITA' DELLA TRAVE RINFORZATA CON ESTENSIONE DELL'ALTEZZA ? (Y;N) Y

anima della trave in compressione trasversale (item 6.2.6.2 EN 1993-1-8)

TIPO DI IRRIGIDIMENTO ANIMA TRAVE

TIPO 1 :
anima non irrigidita

TIPO 2 :
irrigidimenti trasversali
spessore cm

TIPO 3 :
irrigidimenti d'anima doppi
spessore cm (*)

TIPO ? :

$t_s = t_b$
 $\alpha \leq 45^\circ$

CARATTERISTICHE DELLE TRAVI :

	TRAVE DI DESTRA	TRAVE DI SINISTRA
$h_b =$	36 cm	0 cm
$\alpha_b =$	40°	0°
$A_b =$	73 cm ²	0 cm ²
$W_{wb} =$	1019 cm ³	0 cm ³
$\sigma_{com,Ed} =$	6,293 kN/cm ²	0,000 kN/cm ²

TRAVE DI DESTRA		TRAVE DI SINISTRA	
$V_{b1,Ed} =$	150 kN	$V_{b2,Ed} =$	0 kN
$M_{b1,Ed} =$	5710 kNcm	$M_{b2,Ed} =$	0 kNcm
$N_{b1,Ed} =$	50 kN	$N_{b2,Ed} =$	0 kN

$F_{c,wb1,Rd} \geq F_{c,wb1,Ed}$ $\rho_{o,haz} = 0,53$

$F_{c,wb2,Rd} \geq F_{c,wb2,Ed}$ $\rho_{o,haz} = 0,53$

$F_{c,wb1,Ed} = 76,38$ kN

$F_{c,wb2,Ed} = 0,00$ kN

FORZA DI COMPRESSIONE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :			
	Tr. Dx.	$F_{c,wb1,Ed} =$ kN	76
$F_{c,wb,Ed} =$ Forza massima trasmessa dalla piattabanda di raccordo	Tr. Sx.	$F_{c,wb2,Ed} =$ kN	0

RESISTENZA DI PROGETTO A COMPRESSIONE DELL'ANIMA :			
	Tr. Dx.	$F_{c,wb1,Rd} =$ kN	131
	Tr. Sx.	$F_{c,wb2,Rd} =$ kN	0

anima non irrigidita : $F_{c,wb,Rd} = (\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wb} \cdot t_{wb} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wb}) / \gamma_{M1}$

con la seguente limitazione $F_{c,wb,Rd} \leq (\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wb} \cdot t_{wb} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wb}) / \gamma_{M1}$

$\gamma_{M1} =$ coeff. parziale di sicurezza per l'instabilità

$b_{eff,c,wb} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fb} + s)$ $b_{eff,c,wb,dx} = 18,02$ cm
 $b_{eff,c,wb,sx} = 0,00$ cm

$k_{wc,dx} = 1$ $\omega_1 = 0,992137$ $\omega_2 = 0,969615$ $\omega_{dx} = 0,992137$
 $k_{wc,sx} = 1$ $\omega_1 = 0$ $\omega_2 = 0$ $\omega_{sx} = 1$

$\lambda_p,dx = 0,812859$ $\rho_{dx} = 0,927534$
 $\lambda_p,sx = 0$ $\rho_{sx} = 1$

La resistenza a compressione è data dalla seguente espressione (& 6.2.6.2 EN 1993-1-8):

$$F_{c,wb,Rd} = (\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wb} \cdot t_{wb} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wb}) / \gamma_{M1}$$

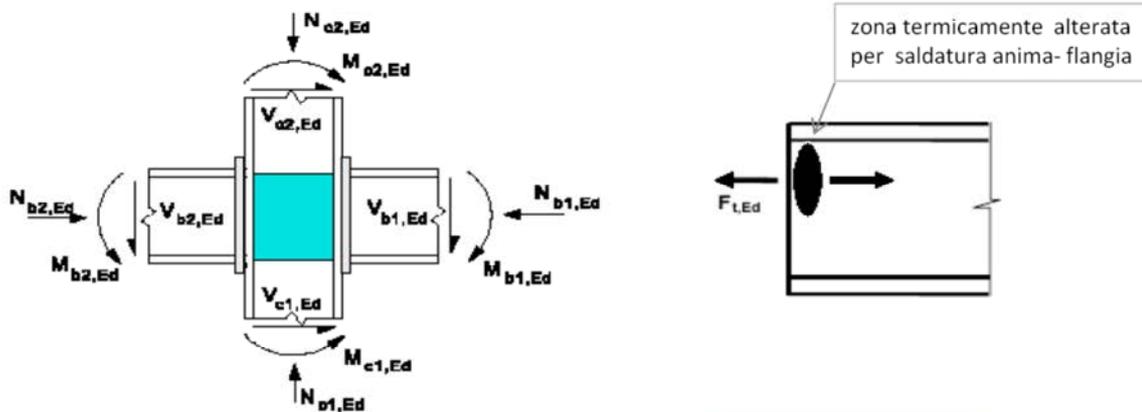
con la seguente limitazione :

$$F_{c,wb,Rd} \leq (\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wb} \cdot t_{wb} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wb}) / \gamma_{M1}$$

In cui ρ è il fattore di instabilità dell'anima della trave compressa che vale 0,928

RESISTENZA DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA

anima delle travi soggetta a trazione (item 6.2.6.8 EN 1993-1-8)



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

N

trave di sinistra :

N

 $F_{t,Rd,bi} \geq F_{t,Ed,bi}$ $\rho_{o,haz} = 0,53$
 $\rho_{o,haz} = 0,53$

FORZA MASSIMA NELLA ZONA TESA :	trave di destra : $F_{t,Ed,b1} =$ kN	91		
	trave di sinistra : $F_{t,Ed,b2} =$ kN	0		

RESISTENZA DI PROGETTO PER LA ZONA TESA :	trave di destra : $F_{t,Rd,b1} =$ kN	175		
	trave di sinistra : $F_{t,Rd,b2} =$ kN	0		
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO $M_{j,Rd} =$ kNcm		10047		

$b_{eff,t,wbi}$ = lunghezza efficace dell'anima tesa : items 6.2.6.8 (2) e 6.2.6.5	trave di destra : cm	23,91		
	trave si sinistra : cm	0,00		
→ per una sola fila di bulloni interni :	trave di destra : cm	26,73	$F_{t,Rd,b1} =$	0
	trave si sinistra : cm	0,00	$F_{t,Rd,b2} =$	0
→ per una sola fila di bulloni vicina alla piattabanda tesa :	trave di destra : cm	30,78	$F_{t,Rd,b1} =$	175
	trave si sinistra : cm	0,00	$F_{t,Rd,b2} =$	0
$W_{pl,b1} =$	max h 2194 cm ³	min h 1019 cm ³	$M_{pl,Rd,b1} =$	max h 37890 kNcm
$W_{pl,b2} =$	0 cm ³	0 cm ³	$M_{pl,Rd,b2} =$	min h 17594 kNcm
				max h 0 kNcm
				min h 0 kNcm

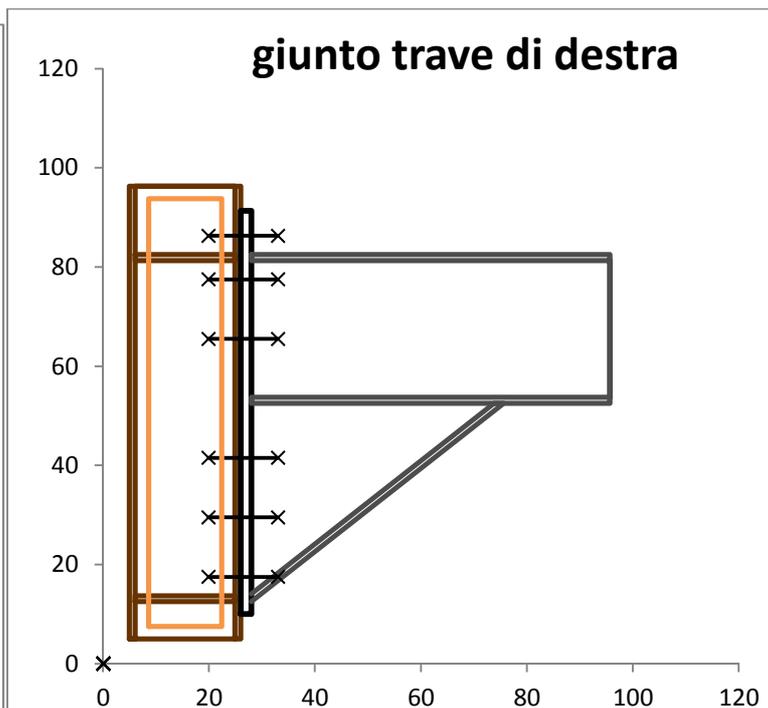
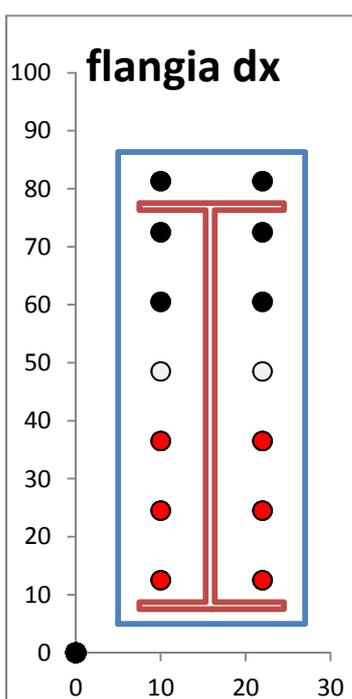
La verifica di resistenza del nodo è di seguito riassunta :

RESISTENZA DI PROGETTO MINIMA DEL COLLEGAMENTO : (item 6.2.7.2 EN 1993-1-8)				
momento resistente minimo del nodo :	trave di destra :	$M_{b1,Rd,min} =$	5760 kNcm >	5710
	trave si sinistra :	$M_{b2,Rd,min} =$	0 kNcm >	0
$M_{bi,Rd,min} \geq M_{bi,Ed}$				
criterio di sovraresistenza trave-nodo :	trave di destra :	$M_{pl,Rd,b1} =$	5760 kNcm <	5760
	trave si sinistra :	$M_{pl,Rd,b2} =$	0 kNcm <	0
$M_{pl,Rd,bi} \leq M_{j,Rd,bi,min}$				
MOMENTO RESISTENTE DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO :			$M_{b1,Rd} =$ kNcm	6253
MOMENTO RESISTENTE DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO :			$M_{b2,Rd} =$ kNcm	0

Come già accennato precedentemente, il giunto che soddisfa tutte le verifiche di resistenza delle parti che lo compongono non è a completa resistenza ovvero la trave ha un momento resistente plastico maggiore del momento resistente minimo del giunto. Se si vuole raggiungere questo risultato, come richiesto nel caso di sollecitazioni dovute ad azioni particolarmente gravose o cicliche come l'azione sismica, è necessario ridurre la resistenza plastica della trave (cambiando materiale o riducendo la sezione) ed incrementare la resistenza del nodo controllando il rispetto della gerarchia nodo-colonna-trave.

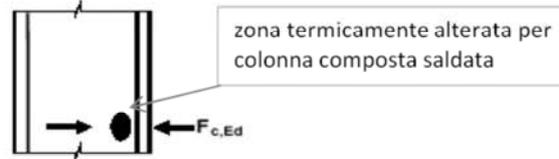
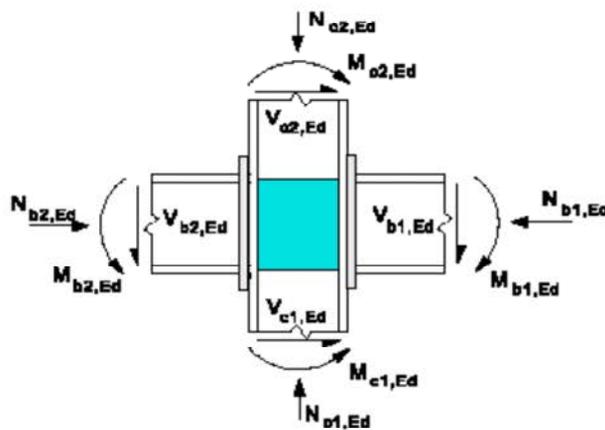
Nel caso in esame è necessario aumentare la sezione della trave sulla flangia da 640 mm a **700 mm** e ridurre la sezione corrente da 360 mm a **300 mm**. Inoltre è necessario incrementare la resistenza della colonna aggiungendo un piatto di rinforzo dell'anima oltre ai già previsti irrigidimenti trasversali. La nuova geometria è di seguito riportata nel foglio di calcolo automatico e nelle figure :

GIUNTO A FLANGIA CON BULLONI - STATO LIMITE ULTIMO - EN 1999-1-1 ; DM 14/01/08 e O.P.C.M. n°3274												
VERIFICA DELLA SALDATURA TRAVE-FLANGIA												
materiale		lamiere, nastri e piatti				per profili estrusi definire da input le caratteristiche del materiale				fattore di riduz. per HAZ		$\epsilon = [250/f_o]^{0.5}$
TRAVE :	EN AW-5049-H14<=25	$f_o =$	$f_u =$	$f_o = 19,0$	$f_u = 24,0$	kN/cm ²		$\beta_{w,dx} = 1$	$\beta_{w,dx} = 1$	$\epsilon = 1,15$		
COLONNA :	EN AW-5083-H14<=25	$f_o =$	$f_u =$	$f_o = 28,0$	$f_u = 34,0$	kN/cm ²		$\beta_{w,sx} = 1$	$\beta_{w,sx} = 1$	$\epsilon = 0,94$		
IRRIGIDIMENTI	EN AW-5049-H14<=25	$f_o =$	$f_u =$	$f_o = 19,0$	$f_u = 24,0$	kN/cm ²		$\beta_{w,s} = 1$	$\beta_{w,s} = 1$	$\epsilon = 1,15$		
tipologia nodo	3	→ nodo non irrigidito		nodo con irrigidimenti trasversali		nodo con piatti di rinforzo anima						
coeff. secur. saldat.	1,25	1		2		3 + 2						
coeff. secur. mater.	1,1	1		2		3 + 2						
TR.DX.	a cordoni d'angolo											
TR.SX.												
IRRIG.	a cordoni d'angolo											
ELEMENTO	ALT. MIN	ALT. MAX	LARGHEZZA	IRRIGIDIM. D'ANIMA + TRASVERSALI ?		Y	TIPO	3				
COLONNA CL. EC9	2	mm 210	mm 210	mm 220	1		2					
TRAVE DI DESTRA (DX.)		mm 300	mm 700	mm 170	1		2					
TRAVE DI SINISTRA (SX.)		mm	mm	mm	1		2					
SALDATURA TR. DX.	MIG	1	$l_w =$ mm 7,0	$l_w =$ mm 6,0	1		2					
SALDATURA TR. SX.	MIG		$l_w =$ mm	$l_w =$ mm	1		2					
SALDATURA IRRIG.	MIG	1	$l_w =$ mm 6,0	$l_w =$ mm 7,0	1		2					



RESISTENZA DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA

anima della colonna in compressione trasversale (item 6.2.6.2 EN 1993-1-8)



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
- $\sigma_{com,Ed} = 0,000 \text{ kN/cm}^2$
- $\rho_{o,haz} = 1,00$ per verifica di stabilità anima
- $\rho_{o,haz} = 0,55$ per verifica di resistenza locale

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

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

$$F_{c,wc,Ed,b1} = 83,08 \text{ kN}$$

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

FORZA DI COMPRESSIONE AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :	$F_{c,wc,Ed} =$ kN	83
$F_{c,wc,Ed} =$ Forza massima trasmessa dalle piattabande delle travi collegate		

RESISTENZA DI PROGETTO A COMPRESSIONE DEL PANNELLO D'ANIMA :	$F_{c,wc,Rd} =$ kN	203
---	--------------------	-----

MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO		$M_{j,Rd} =$ kNm	13972
pannello non irrigidito : $F_{c,wc,Rd} = (\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wc}) / \gamma_{M1}$			
con la seguente limitazione		$F_{c,wc,Rd} \leq (\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wc}) / \gamma_{M1} = 131 \text{ kN}$	
$\gamma_{M1} = 1,1$	coeff. parziale di sicurezza per l'instabilità		
$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p$	$b_{eff,c,wc} = 21,17 \text{ cm}$		
$\omega_1 = 0,39377$	$\omega_{b1} = 0,39377$	$\omega = 0,39377$	
$\omega_2 = 0,209439$	$\omega_{b2} = 1$		
$k_{wc} = 1$	$\rho = 0,883688$		
$\bar{\lambda}_p = 0,872106$	5615		

irrigidimenti trasversali :		$F_{c,wc,Rd} = F_{c,wc,Rd}(\text{non irrig.}) + F_{c,wc,add,Rd}$	$F_{c,wc,Rd} =$ kN	0
$F_{c,wc,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$		$F_{c,wc,add,Rd} =$ kN		
$M_{pl,fc,Rd} = 169 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna			
$M_{pl,st,Rd} = 148 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima			
$d_s = 68,73 \text{ cm}$	distanza tra gli assi degli irrigidimenti			
		$\rho = 1$	$M_{j,Rd} =$	0

irrigidimenti d'anima :	$F_{c,wc,Rd} = (\omega' \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc,eff} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wc}) / \gamma_{M1}$	$F_{c,wc,Rd} =$ kN	203
con la seguente limitazione		$F_{c,wc,Rd} \leq (\omega' \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc,eff} \cdot \rho_{o,haz} \cdot f_{o,wc}) / \gamma_{M1} = 353 \text{ kN}$	

irrigidimenti trasversali aggiunti :		$F_{c,wc,add,Rd} =$ kN	9
$b_s = 15,20 \text{ cm} < 40 \cdot \epsilon \cdot t_s = 32,12 \text{ cm}$	$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p = 21,17 \text{ cm}$		
$l_s = 89,90 \text{ cm}$	$a_s = 0,70 \text{ cm}$		
per 2 piatti aggiunti		$t_{wc,eff} = 1,40 \text{ cm}$	$M_{j,Rd} = 13972$
$\bar{\lambda}_p = 0,44$	$A'_{vc} = A_{vc,non irrig.} + b_s \cdot t_{wc}$	$\rho = 1,00$	
$\omega' = \min(\omega_{b1}; \omega_{b2})$	$\omega' = 0,467639$	$A'_{vc} = 17,88 \text{ cm}^2$	$\omega_{b1} = 0,467639$
			$\omega_{b2} = 1$

classe piattabanda colonna		
$c/t_f = 8,045$	2	$\eta = 0,4$
classe anima colonna		
$d/t_w = 21,714$	2	$\psi = -1$
BC = A		

Il risultato della verifica del giunto a flangia è di seguito riportato :

$M_{j,Rd,b1} = 14923 \text{ kNcm}$ $M_{j,Rd,b2} = 0 \text{ kNcm}$		$M_{j,Rd,bi} \geq \delta \cdot M_{pl,Rd,c}$ $M_{j,Rd,bi} \geq M_{pl,Rd,bi}$		GIUNTO A PIENA RESISTENZA		$M_{pl,Rd,b1} =$ kNcm 13950 $M_{pl,Rd,b2} =$ kNcm 0																		
item 5.2.3.3 EN 1993-1-8	LUNGHEZZE EFFICACI DELLE FLANGE POSIZIONE FILA TAB. 6.6 - item 6.2.6.5		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">FILE DI BULLONI SINGOLA</th> <th colspan="2">FILE DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO</th> </tr> <tr> <th>DISTRIB. CIRCOLARE</th> <th>DISTRIB. NON CIRCOLARE</th> <th>DISTRIB. CIRCOLARE</th> <th>DISTRIB. NON CIRCOLARE</th> </tr> <tr> <td>$l_{eff,op}$ (cm)</td> <td>$l_{eff,nc}$ (cm)</td> <td>$l_{eff,op}$ (cm)</td> <td>$l_{eff,nc}$ (cm)</td> </tr> <tr> <td>Tr. DX</td> <td>Tr. SX</td> <td>Tr. DX</td> <td>Tr. SX</td> </tr> </table>				FILE DI BULLONI SINGOLA		FILE DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO		DISTRIB. CIRCOLARE	DISTRIB. NON CIRCOLARE	DISTRIB. CIRCOLARE	DISTRIB. NON CIRCOLARE	$l_{eff,op}$ (cm)	$l_{eff,nc}$ (cm)	$l_{eff,op}$ (cm)	$l_{eff,nc}$ (cm)	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX		
	FILE DI BULLONI SINGOLA		FILE DI BULLONI COME PARTE DI UN GRUPPO																					
	DISTRIB. CIRCOLARE	DISTRIB. NON CIRCOLARE	DISTRIB. CIRCOLARE	DISTRIB. NON CIRCOLARE																				
	$l_{eff,op}$ (cm)	$l_{eff,nc}$ (cm)	$l_{eff,op}$ (cm)	$l_{eff,nc}$ (cm)																				
	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX																				
	esterno piattabanda tesa		26,20	0,00	22,93	0,00																		
	liv. 1 esterno piattabanda tesa		25,10	0,00	16,47	0,00																		
	liv. 2 1° fila sotto la piattab. tesa		23,10	0,00	11,00	0,00																		
	liv. 3 altre file orizz. interne				17,47	0,00																		
	liv. 4 altre file di estremità		32,17	0,00	30,78	0,00																		
modo di collasso 1		$\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,op}$	11,00	0,00	0,00	0,00																		
modo di collasso 2		$\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	11,00	0,00	0,00	34,81																		
		file interne	$l_{eff,n} =$	26,73	0,00																			
RESISTENZA A TRAZIONE DEI BULLONI :		$F_{t,Rd,b} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} =$				176,43 kN																		
RESISTENZA EFFETTIVA SINGOLA FILA		Trave di Destra		Trave di Sinistra																				
Tr. Destra		Tr. Sinistra																						
modo 1		modo 2																						
liv. 1	190,31	0,00																						
liv. 2	12,97	0,00																						
liv. 3	0,00	0,00																						
liv. 4	0,00	0,00																						
$F_{t,Rd,f} =$		<table border="1"> <tr> <th>Trave di Destra</th> <th>Trave di Sinistra</th> </tr> <tr> <td>fila singola</td> <td>gruppo file</td> </tr> <tr> <td>fila singola</td> <td>gruppo file</td> </tr> </table>		Trave di Destra	Trave di Sinistra	fila singola	gruppo file	fila singola	gruppo file															
Trave di Destra	Trave di Sinistra																							
fila singola	gruppo file																							
fila singola	gruppo file																							
		$F_{t,Ed} = \text{kN}$																						
		27,69		83,08																				
		0,00		0,00																				
		2		6																				
		0		0																				
		modo 1		modo 2																				
		190,31		203,28		collasso flangia																		
		203,28		203,28		collasso flangia e snervam. bulloni																		
		203,28		203,28		collasso flangia e rottura bulloni																		
		203,28		203,28		rottura bulloni																		
MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO		$M_{j,Rd} =$																						
		14923		0		limite resit. gruppo Dx 203,28																		
resistenza del gruppo di bulloni limitata alla resistenza minima delle componenti nodali :		Y				limite resit. gruppo Sx 0,00																		

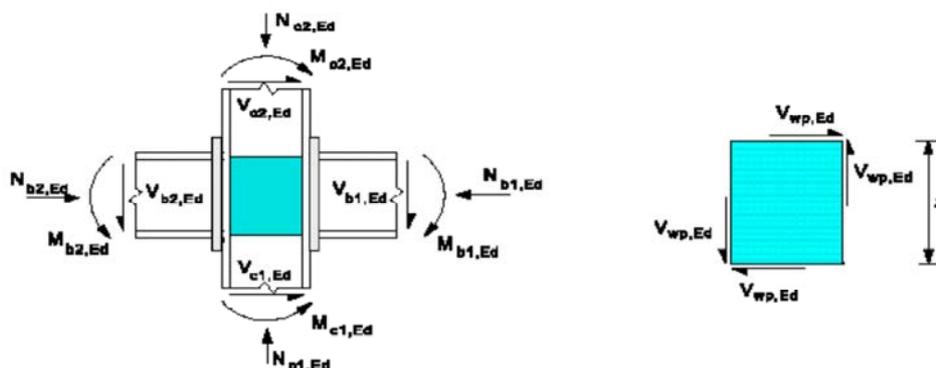
Si noti come il giunto così dimensionato sia diventato a completa resistenza essendo il momento resistente minimo del giunto maggiore del momento resistente plastico della colonna e della trave (rispetto della gerarchia **nodo-colonna-trave**) :

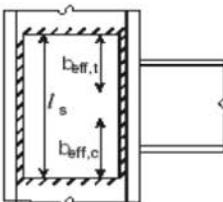
$$M_{j,Rd} = 14923 \text{ kNcm} > M_{pl,Rd,c} = 14456 \text{ kNcm} > M_{pl,Rd,b1} = 13950 \text{ kNcm}$$

Avendo aumentato le dimensioni del nodo e quindi la sua resistenza, le verifiche delle altre parti nodali risultano ridondanti e sicuramente soddisfatte per cui non vengono qui integralmente riportate.

A titolo informativo si riporta solo la verifica di resistenza a taglio e compressione dell'anima della colonna rinforzata con piatti aggiuntivi.

anima della colonna soggetta a forza di taglio (item 6.2.6.1 EN 1993-1-8)



irrigidimenti d'anima :	$V_{wp,Rd} = A_{vc}' \cdot (f_{o,wc} / 3^{0,5}) / \gamma_{M1} + V_{wp,add,Rd}$	$V_{wp,Rd} =$ kN	272
irrigidimenti trasversali aggiunti :		$V_{wp,add,Rd} =$ kN	9
	$b_s = 15,20$ cm < $40 \cdot \epsilon \cdot t_s = 32,12$ cm		
	$b_{eff} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p = 21,17$ cm		
	$l_s = 89,90$ cm	$a_s = 0,49$ cm	
	$A_{vc}' = A_{vc,non\ irrig.} + b_s \cdot t_{wc}$	$A_{vc}' = 17,88$ cm ²	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA TRASVERSALE			
	$F_{w,Rd,s} = 236$ kN > $V_{wp,Ed} = 83$ 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 $b_s t_{wc}$. 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>			

La verifica di resistenza è eseguita in base alla seguente espressione (& 6.2.6.1 EN 1993-1-8)

$$V_{wp,Rd} = A_{vc}' \cdot (f_{o,wc} / 3^{0,5}) / \gamma_{M1} + V_{wp,add,Rd} \quad \text{in cui :}$$

$$V_{wp,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$$

che tiene conto della resistenza aggiuntiva degli irrigidimenti trasversali

Che il nodo offra una maggior resistenza rispetto a quella della trave collegata è condizione necessaria ma non sufficiente per garantire la formazione di una cerniera plastica nella parte più debole della trave e lo si può notare dai seguenti confronti .

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	<input type="text" value="1° 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 :	$M_{b1,Rd,min} = 13972$ kNcm >	5710
$M_{bi,Rd,min} \geq M_{bi,Ed}$	trave si sinistra :	$M_{b2,Rd,min} = 0$ kNcm >	0
criterio di sovraresistenza trave-nodo :	trave di destra :	$M_{b1,Rd} = 19560$ kNcm <	22555
$\min(M_{pl,Rd,bi,min} ; \alpha \cdot M_{bi,Rd,min}) \leq M_{bi,Rd}$	trave si sinistra :	$M_{b2,Rd} = 0$ kNcm <	0
MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DELLA SALDATURA :		$M_{b1,Rd} =$ kNcm	19560
MOMENTO RESISTENTE DI PROGETTO DELLA SALDATURA :		$M_{b2,Rd} =$ kNcm	0

Il momento resistente plastico della trave collegata nella sezione di giunto deve essere inferiore alla resistenza offerta dalla saldatura anche nella zona HAZ. Infatti :

$$\min(M_{pl,Rd,bi,min} ; \alpha \cdot M_{bi,Rd,min}) = \min(30366 ; 1,4 \cdot 13972) = 19560 \text{ kNcm in cui :}$$

30366 kNcm è il momento resistente plastico della sezione della trave nel piano della saldatura alla flangia

13972 kNcm è il momento resistente minimo del nodo riferito (nel caso in esame) alla resistenza a compressione dell'anima della colonna

$$\alpha \cdot M_{bi,Rd,min} = 1,4 \cdot 13972 = 19560 \text{ kNcm}$$

Il valore così calcolato deve risultare inferiore al momento resistente della saldatura delle piattabande o della sezione HAZ della trave nella sua sezione maggiore :

$$M_{b1,Rd} = 22555 \text{ kNcm}$$

Inoltre risulta soddisfatta la resistenza globale del nodo con il rispetto della gerarchia nodo-trave.

VERIFICA DI RESISTENZA GLOBALE DEL NODO				
RESISTENZA DI PROGETTO MINIMA DEL COLLEGAMENTO : (item 6.2.7.2 EN 1993-1-8)				
momento resistente minimo del nodo :	trave di destra :	$M_{b1,Rd,min} =$	13972 kNcm >	5710
$M_{bi,Rd,min} \geq M_{bi,Ed}$	trave si sinistra :	$M_{b2,Rd,min} =$	0 kNcm >	0
criterio di sovraresistenza trave-nodo :	trave di destra :	$M_{pl,Rd,b1} =$	13950 kNcm <	13972
$M_{pl,Rd,bi} \leq M_{j,Rd,bi,min}$	trave si sinistra :	$M_{pl,Rd,b2} =$	0 kNcm <	0
MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO :		$M_{b1,Rd} =$	kNcm	13950
MOMENTO RESISTENTE DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO :		$M_{b2,Rd} =$	kNcm	0

In cui :

13950 kNcm è il momento resistente plastico della trave nella sua sezione minore (zona di formazione della cerniera plastica)

13972 kNcm è il momento resistente minimo del nodo riferito (nel caso in esame) alla resistenza a compressione dell'anima della colonna

Un'ultima considerazione sul calcolo sismico del giunto in **zona dissipativa**.

Attualmente le norme europee sulle strutture in alluminio non prevedono una verifica specifica delle componenti in alluminio. Utilizzando gli stessi criteri delle strutture in acciaio resterebbe da definire solo il fattore di sovraresistenza per il materiale.

Si nota però che il criterio di sovraresistenza della piattabanda tesa rispetto alla saldatura va applicato considerando la zona HAZ della piattabanda essendo questa meno resistente della zona laminata.

Se si assume come resistenza minima della piattabanda tesa quella della zona HAZ è sufficiente garantire la sovraresistenza della saldatura (quando realizzata con cordoni d'angolo) in accordo con l'item 7.5.3.3 delle NTC 2008.

Di seguito si riporta la verifica del nodo in condizioni sismiche per struttura dissipativa a bassa duttilità da cui si evidenzia che per garantire la sovraresistenza del "nodo" rispetto agli elementi collegati sarebbe necessario eseguire ulteriori interventi di "rinforzo".

Nel calcolo di verifica si è assunto un fattore di sovraresistenza del materiale funzione della resistenza caratteristica dello stesso (NTC 2008) ovvero :

$$\gamma_{ov} = 1,2 \quad \text{per } f_o \leq 250 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{ov} = 1,1 \quad \text{per } f_o > 250 \text{ N/mm}^2$$

essendo 250 N/mm^2 il limite di resistenza per la determinazione del fattore $\epsilon = [250 / f_o]^{0,5}$

Secondo la norma EN 1998-1-1 il fattore di sovraresistenza per tutti i materiali dovrebbe essere posto pari a

$$\gamma_{ov} = 1,25$$

mentre il coefficiente di sicurezza rimane $s = 1,1$

Le verifiche che seguono sono state effettuate assumendo $\gamma_{ov} = 1,2$

Controllando la verifica di sovraresistenza della saldatura tesa si nota che questa non è garantita dai cordoni d'angolo :

altezza della trave nella zona dissipativa $h_b =$ EC8 e NTC 2008 $\left\{ \begin{array}{l} s_c = 1,1 \\ s_t = 1,1 \end{array} \right.$

per le parti tese : $S_t = S_c$

fattori di sovraresistenza del materiale :

valore di γ_{ov} raccomandato dall'EC8 ? $\gamma_{ov} = 1,2$ per $f_o \leq 250$ $\gamma_{ov} = 1,2$

$\gamma_{RD} =$ $\gamma_{ov} = 1,1$ per $f_o > 250$

- 1 : **SALDATURA PIATTABANDA TRAVE - FLANGIA** (item 7.5.3.3 - NTC)
Per saldatura d'angolo o a parziale penetrazione il seguente requisito deve essere soddisfatto

$$R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd}$$

PIATTABANDA TESA :

$R_{j,Rd}$ = resistenza di progetto del collegamento piattabanda-flangia 423 kN

$R_{pl,Rd}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata 328 kN zona HAZ

$R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S_t \cdot R_{pl,Rd} =$ 433 kN [ridimensionare saldatura](#)

Si esegue quindi una saldatura a piena penetrazione con il seguente risultato :

- 1 : **SALDATURA PIATTABANDA TRAVE - FLANGIA** (item 7.5.3.3 - NTC)
Il requisito di sovraresistenza è soddisfatto per saldatura a piena penetrazione di prima classe

$$R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd}$$

PIATTABANDA TESA :

$R_{j,Rd}$ = resistenza di progetto del collegamento piattabanda-flangia 462 kN

$R_{pl,Rd}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata 328 kN zona HAZ

$R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S_t \cdot R_{pl,Rd} =$ 433 kN

Le ulteriori verifiche di sovraresistenza del nodo presentano, in questa situazione, i seguenti risultati :

2 : **COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA (momento resistente minimo del giunto) :** (item 7.5.4.4 - NTC)

$$M_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot M_{b,pl,Rd}$$

$M_{j,Rd}$ = resistenza flessionale minima di progetto del collegamento **14618** kNcm

$M_{b,pl,Rd}$ = resistenza flessionale plastica di progetto della trave collegata **13950** kNcm **in zona dissipativa**

$$M_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S_c \cdot M_{b,pl,Rd} =$$

18413 kNcm [ridimensionare il giunto](#)

3 : **PANNELLO NODALE DELLA COLONNA :** (item C7.5.4.5 - NTC) altezza colonna = cm

$$V_{wp,Rd} \geq \beta \cdot M_{b,pl,Rd} \quad \beta = [1 - z / (H - h_b)] / z$$

$V_{wp,Rd}$ = resistenza di progetto a taglio del pannello nodale **272** kN ←

$\beta \cdot M_{b,pl,Rd}$ = resistenza a taglio plastica di progetto della trave collegata **153** kN **in zona dissipativa**

$$V_{wp,Rd} \geq \beta \cdot M_{b,pl,Rd} =$$

153 kN

Da cui si evince che alcune componenti nodali devono essere ulteriormente rinforzate o ridimensionate .

I seguenti interventi consentono il rispetto della gerarchia delle resistenze nel caso di struttura dissipativa a bassa duttilità.

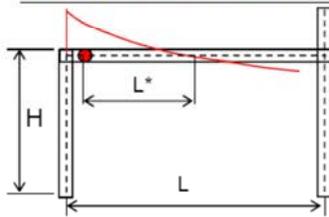
- 1 – riduzione dello spessore dell’anima della trave da 0,8 a 0,7 mm
- 2 – aumento dello spessore dell’anima della colonna e dei piatti di rinforzo da 0,7 a 0,8 mm
- 3 – riduzione dello spessore delle piattabande della trave da 1,27 a 1,20 mm con conseguente adeguamento della saldatura a piena penetrazione
- 4 – riduzione dei raggi di raccordo tra i piatti dei profili da 18 a 13 mm
- 5 – passo file di bulloni interni 120 mm ; distanza file superiori 88 mm

Si può notare come con minimi cambiamenti è possibile ottenere un nodo dissipativo; sta al progettista intuire la geometria e la resistenza delle componenti nodali in base alla finalità dell’opera. Se la struttura è concepita dissipativa ad alta o bassa duttilità si deve partire già con l’idea di una trave “debole” rispetto alla colonna scegliendo opportunamente i materiali e definendo le sezioni nel rispetto gerarchico. Le componenti nodali vanno poi rivedute e corrette fino all’ottenimento del risultato richiesto dal progetto.

Di seguito si riporta la verifica del nodo modificato per consentire dissipazione nella parte debole della trave al fine di una progettazione sismica del nodo quale parte di una struttura dissipativa a bassa duttilità.

fattore di sovrarresistenza s della sezione dissipativa della TRAVE DI DESTRA :

per le parti compresse :



$$s_c = 1 / [0,695 + 1,632 \cdot \lambda_f^2 + 0,062 \cdot \lambda_w^2 - 0,602 \cdot b_f / L^*] \leq \min [f_u / f_y ; 1,25]$$

b_f = larghezza piattabande	$b_f =$	0 cm
$L^* = L/2$ (distanza cerniera plastica - mom. nullo)	$L^* = L/2 =$	cm
$\lambda_f = b_f / 2 \cdot t_f \cdot [f_y / E]^{0,5}$	$\lambda_f =$	0
$\lambda_w = d_{w,e} / t_w \cdot [f_y / E]^{0,5}$	$\lambda_w =$	0
$d_{w,e} = d_w / 2 \cdot [1 + A/A_w \cdot \rho] \leq d_w$	$d_{w,e} =$	0 cm
d_w = altezza dell'anima	$d_w =$	0 cm
A/A_w = rapporto area totale / area anima	$A/A_w =$	0
$\rho = N_{Sd} / A \cdot f_y$	$\rho =$	0

altezza della trave nella zona dissipativa $h_b =$ cm

per le parti tese :

$$s_t = s_c$$

EC8 e NTC 2008 $\left\{ \begin{array}{l} s_c = 1,1 \\ s_t = 1,1 \end{array} \right.$

fattori di sovrarresistenza del materiale :

valore di γ_{ov} raccomandato dall'EC8 ?

$\gamma_{RD} =$	<input type="text" value="1,1"/>	$\gamma_{ov} =$	1,2 per $f_o \leq 250$	$\gamma_{ov} =$	<input type="text" value="1,2"/>
		$\gamma_{ov} =$	1,1 per $f_o > 250$		

1: SALDATURA PIATTABANDA TRAVE - FLANGIA (item 7.5.3.3 - NTC)

Il requisito di sovrarresistenza è soddisfatto per saldatura a piena penetrazione di prima classe

$$R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd}$$

PIATTABANDA TESA :

$R_{j,Rd}$ = resistenza di progetto del collegamento piattabanda-flangia	<input type="text" value="492"/> kN	
$R_{pl,Rd}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata	<input type="text" value="310"/> kN	zona HAZ
$R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S_t \cdot R_{pl,Rd} =$	<input type="text" value="409"/> kN	-

2: COLLEGAMENTO TRAVE-COLONNA (momento resistente minimo del giunto) : (item 7.5.4.4 - NTC)

$$M_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot M_{b,pl,Rd}$$

$M_{j,Rd}$ = resistenza flessionale minima di progetto del collegamento	<input type="text" value="16945"/> kNcm	
$M_{b,pl,Rd}$ = resistenza flessionale plastica di progetto della trave collegata	<input type="text" value="12786"/> kNcm	in zona dissipativa
$M_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot S_c \cdot M_{b,pl,Rd} =$	<input type="text" value="16877"/> kNcm	-

3: PANNELLO NODALE DELLA COLONNA : (item C7.5.4.5 - NTC) altezza colonna = cm

$$V_{wp,Rd} \geq \beta \cdot M_{b,pl,Rd} \quad \beta = [1 - z / (H - h_b)] / z$$

$V_{wp,Rd}$ = resistenza di progetto a taglio del pannello nodale	<input type="text" value="321"/> kN	←
$\beta \cdot M_{b,pl,Rd}$ = resistenza a taglio plastica di progetto della trave collegata	<input type="text" value="140"/> kN	in zona dissipativa
$V_{wp,Rd} \geq \beta \cdot M_{b,pl,Rd} =$	<input type="text" value="140"/> kN	-

nervatura addizionale diagonale (Y;N) : altezza pannello : $z =$ mm

$$\Delta V_{wp,Rd} = A_{ds} \cdot f_o \cdot [h_c - t_{fc}] / [(h_c - t_{fc})^2 + z^2]^{0,5} \cdot 1/\omega$$

dimensioni irrigidimenti : $b_s =$ mm $t_s =$ mm $A_{ds} =$ cm²

incremento resistenza pannello nodale : $\Delta V_{wp,Rd} =$ kN

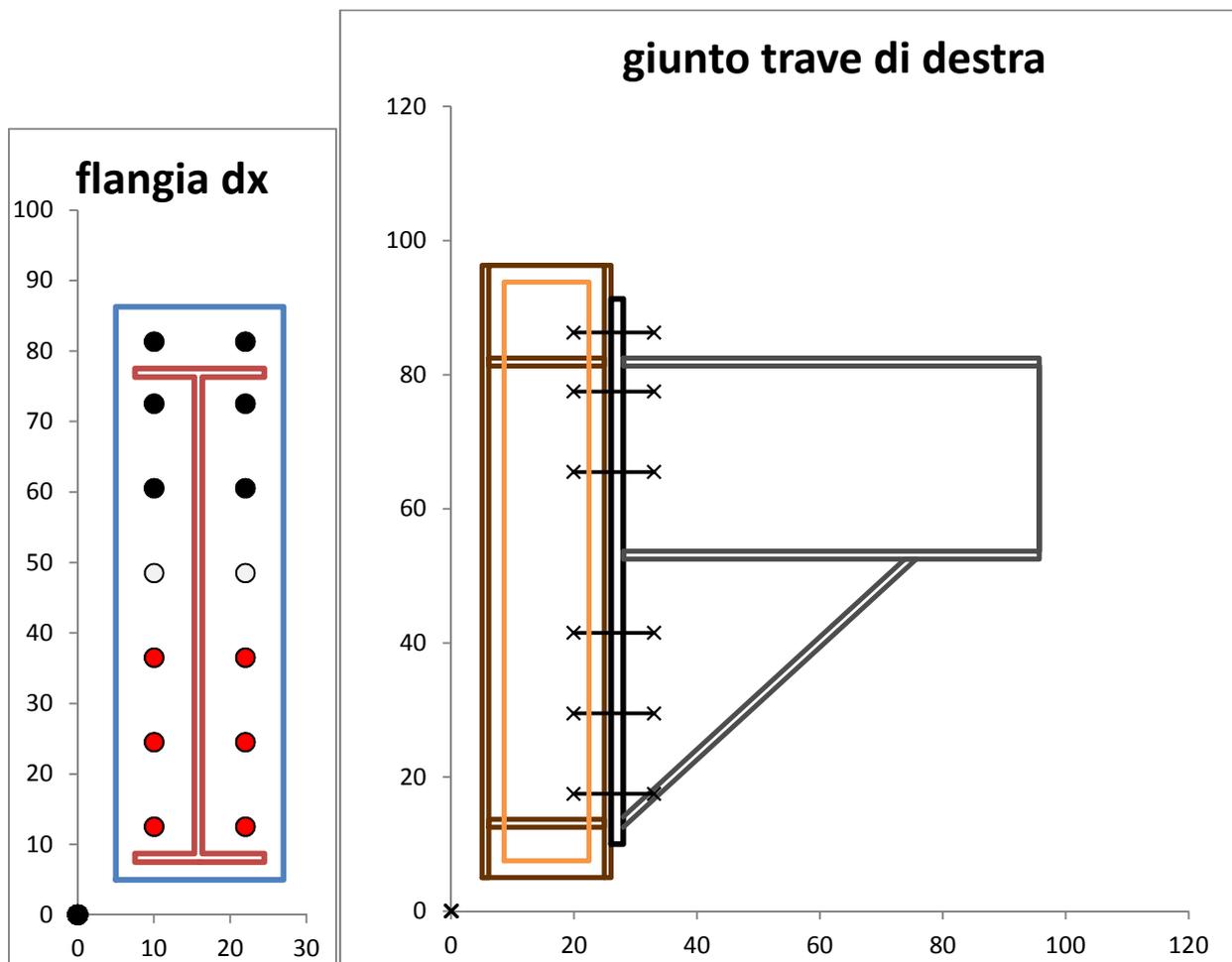
gerarchia delle resistenze

per struttura a bassa duttilità è sufficiente garantire la sovrarresistenza del nodo rispetto alla trave collegata

resistenza elementi del nodo >	resistenza colonna >	resistenza trave collegata
pannello saldatura minimo	$\Sigma M_{c,pl,Rd} =$ <input type="text" value="28778"/> kNcm	$\gamma_{RD} \cdot \Sigma M_{b,pl,Rd} =$ <input type="text" value="14064"/> kNcm
<input type="text" value="2,288"/> <input type="text" value="1,203"/> <input type="text" value="1,004"/>	<input type="text" value="1,125"/>	<input type="text" value="1,00"/> VERIFICA OK !

Si noti come sia rispettata la gerarchia nodo-colonna-trave nel caso di struttura a bassa duttilità ; per struttura ad alta duttilità dovrebbe essere rispettata anche la gerarchia delle componenti nodali nella sequenza riportata nel foglio di calcolo sopra riportato modificando opportunamente le caratteristiche resistenziali e geometriche del nodo.

Di seguito si riporta lo schema del nodo dissipativo come disegnato dal programma “FlangiaBullAI”



Per quanto riguarda la verifica a taglio dei bulloni questa viene attribuita ai bulloni non tesi tenendo però conto della resistenza residua offerta dai bulloni tesi.

Il calcolo seguente evidenzia che i bulloni dichiarati attivi al taglio sono 6 (colorazione in rosso) che offrono una resistenza di 588 kN mentre la resistenza residua a taglio dei 6 bulloni tesi è pari a 168 kN contro un taglio di progetto di 150 kN..

RESISTENZA A TAGLIO DEI BULLONI

resistenza globale dei bulloni non tesi e tesi (item 6.2.2 (2) EN 1993-1-8)

resistenza a taglio per piano di taglio : $F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0,5$

	trave dx	trave sx		conferma o modifica trave dx	trave sx
numero di bulloni resistenti a taglio :	n _{b,v} = 6	0	n _{b,v} =	6	
numero di bulloni attivi a trazione :	n _{b,t} = 6	0			
resistenza a taglio per piano di taglio :	F _{v,Rd} = 98	0	kN		
resistenza a taglio bulloni non tesi :	F _{v,Rd,nbv} = 588	0	kN		
resistenza a taglio ridotta bulloni tesi :	F _{v,Rd,nbt} = 168	0	kN		
taglio di progetto sul giunto :	F _{v,Ed} = 150	0	kN		
verifica di resistenza a taglio :	0,198	0,000	< 1		

Conclusioni

Il calcolo qui presentato è una estensione del calcolo previsto dalla norma EN 1999-1-1 che, come già detto, si limita alla verifica del giunto flangia-bulloni senza indicare criteri di verifica della resistenza di tutte le parti nodali interagenti.

I criteri di verifica delle “altre parti nodali” forniti dalla norma EN 1993-1-8 relativa alle unioni di componenti in acciaio, sono stati adattati al caso di componenti in alluminio tenendo conto delle caratteristiche resistenziali di questo materiale specie nelle zone termicamente alterate (HAZ). Il calcolo è stato esteso anche ai nodi dissipativi di strutture progettate in condizioni sismiche introducendo il concetto di “gerarchia delle resistenze” proprio delle strutture in acciaio.

Resta da definire in modo appropriato il valore dei fattori di sovrarresistenza del materiale in funzione o meno della resistenza caratteristica.