



**NODO TRAVE COLONNA  
ANTISISMICO  
CON FLANGIA BULLONATA  
PROGETTO IN ACCORDO CON NTC  
2008, EN 1993-1-1, EN 1993-1-8**

**Domenico Leone**





# **NODO TRAVE COLONNA ANTISISMICO CON FLANGIA BULLONATA PROGETTO IN ACCORDO CON NTC 2008, EN 1993-1-1, EN 1993-1-8**

---

**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](http://www.stadata.com)



---

# Indice

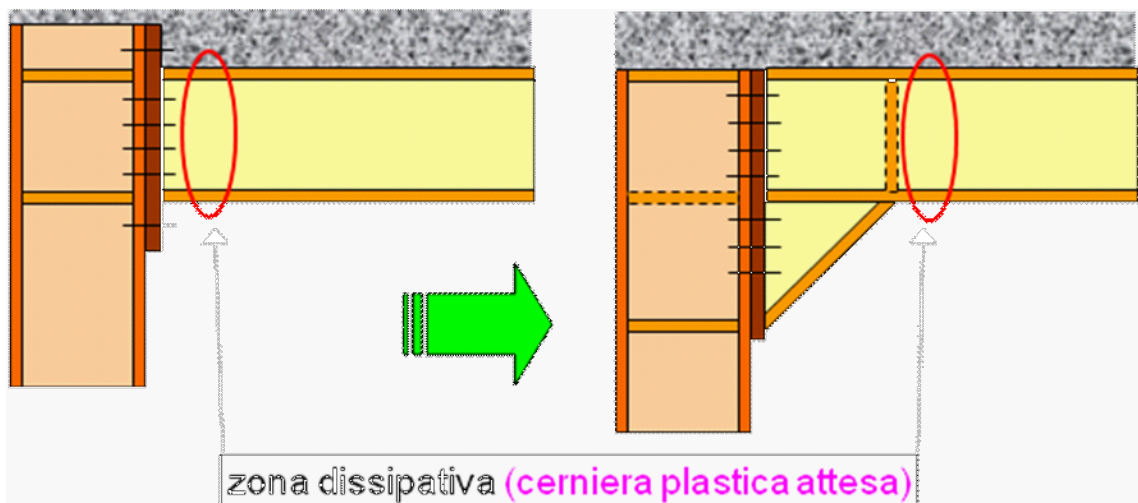
<b>Parte I</b>	<b>Premessa</b>	<b>6</b>
<b>Parte II</b>	<b>Esempio di progettazione completa del nodo</b>	<b>8</b>
1	Rispetto della gerarchia trave-colonna .....	8
2	Verifica della saldatura trave-flangia .....	10
3	Verifica della flangia e dei bulloni di giunto .....	12
4	Verifica delle componenti del nodo per trave ad altezza costante .....	15
	Anima della colonna soggetta a forza di taglio (& 6.2.6.1) .....	15
	Verifica dell'anima della colonna soggetta a compressione locale (& 6.2.6.2) .....	17
	Verifica dell'anima della colonna soggetta a trazione locale (& 6.2.6.3) .....	18
	Verifica della trave soggetta a compressione locale (& 6.2.6.7) .....	19
	Verifica della trave soggetta a trazione locale (& 6.2.6.8) .....	21
5	Considerazioni finali .....	26

## 1 Premessa

Il nodo strutturale (**all'estremità della colonna**) fa parte di un telaio a nodi rigidi calcolato in condizioni sismiche in zona ad alta sismicità.

La struttura è **dissipativa ad alta duttilità** con fattore di struttura  $q > 4$

Il nodo è progettato in base al seguente schema che prevede una ipotesi iniziale di collegamento diretto e una situazione finale con estensione dell'altezza della trave.



Le caratteristiche geometriche **iniziali** degli elementi trave e colonna che soddisfano le verifiche di resistenza e stabilità sono elencate nella seguente tabella:

	COLONNE				TRAVE			
	H	B	tf	tw	H	B	tf	tw
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
estremità	650	350	35	15	800	320	35	15
campata	650	350	35	15	800	320	35	15
	MATERIALE		S 275		MATERIALE		S 275	

Il progetto si svolge attraverso le seguenti fasi .

1 – **controllo del rispetto della gerarchia trave-colonna** per trave ad altezza costante      Ciò comporta :

- Aumento dello spessore della piattabanda della colonna da **35** mm a **40** mm
- Cambio della qualità dell'acciaio della trave da S275 a **S235**

2 – controllo del giunto nel suo complesso con trave ad **altezza costante** pari a 800 mm e **previsione di bulloni esterni**. In questa ipotesi sono previste 2 file di bulloni con 7 bulloni M30-10.9 ciascuna e **3 x 2 bulloni attivi a trazione**. Lo spessore risultante della flangia è di **44** mm per giunto a parziale resistenza o **53** mm per giunto a piena resistenza come richiesto per zona dissipativa localizzata nella trave.

3 – **incremento dello spessore dell'anima della colonna** da **15** mm a **22** mm per il rispetto della verifica di resistenza a taglio, compressione locale e trazione locale del pannello d'anima irrigidito.

4 – **incremento dell'altezza della trave sul giunto** da **800** mm a **1300** mm per il rispetto della verifica di resistenza in zona tesa della trave collegata e della resistenza minima di progetto del giunto. In questa ipotesi sono previste 2 file di bulloni con 13 bulloni M30-10.9 ciascuna e 3 x 2 bulloni attivi a trazione.

5 – **riduzione delle dimensioni delle piattabande della trave nella zona dissipativa** per il rispetto della gerarchia delle resistenze da **320 x 35** mm a **300 x 30** mm

6 – **ottimizzazione del progetto** con **riduzione** dello spessore della flangia a **48** mm, della saldatura a **14** mm e dello spessore dell'anima della colonna a **20** mm

Le caratteristiche geometriche **finali** degli elementi convergenti nel nodo sono riassunte nella seguente tabella .

	COLONNE				TRAVE			
	H	B	tf	tw	H	B	tf	tw
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
estremità	650	350	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>1300</b>	<b>300</b>	<b>30</b>	15
campata	650	350	<b>40</b>	15	800	<b>300</b>	<b>30</b>	15
	MATERIALE		<b>S 275</b>		MATERIALE		<b>S 235</b>	

Le sollecitazioni sismiche di progetto sul nodo sono le seguenti :

$$M = 138000 \text{ kNcm}$$

$$N = 246 \text{ kN (compressione)}$$

$$V = 480 \text{ kN}$$

## 2 Esempio di progettazione completa del nodo

### 2.1 Rispetto della gerarchia trave-colonna

Durante il progetto si deve assicurare **per ogni nodo trave-colonna del telaio che**

$$\Sigma M_{C,pl,Rd} \geq \gamma_{RD} \cdot \Sigma M_{b,pl,Rd}$$

dove  $\gamma_{RD} = 1,3$  **per strutture in classe di duttilità CD"A" e 1,1 per**

**CD"B"**,  $M_{C,pl,Rd}$  è il momento resistente della colonna calcolato

per i livelli di sollecitazione assiale presenti nella colonna nelle

combinazioni sismiche delle azioni e  $M_{b,pl,Rd}$  è il momento

resistente delle travi che convergono nel nodo trave-colonna.

Nella situazione originaria la resistenza della trave (opportunamente maggiorata) è superiore alla resistenza della colonna per cui è necessario incrementare lo spessore delle piattabande della colonna da 35 mm a **40** mm e ridurre la classe di resistenza della trave da S 275 a **S 235**.



- Fase iniziale :

<b>resistenza colonna &gt;</b> $\Sigma M_{c\cdot pl.Rd} = 231793 \text{ kNcm}$ $\rightarrow 0,835$	<b>resistenza trave collegata</b> $\gamma_{RD} \cdot \Sigma M_{b\cdot pl.Rd} = 246847 \text{ kNcm}$ $\rightarrow 1,00$
--	--

- Rispetto gerarchia trave-colonna :

<b>resistenza colonna &gt;</b> $\Sigma M_{c\cdot pl.Rd} = 256993 \text{ kNcm}$ $\rightarrow 1,084$	<b>resistenza trave collegata</b> $\gamma_{RD} \cdot \Sigma M_{b\cdot pl.Rd} = 246847 \text{ kNcm}$ $\rightarrow 1,00$
--	--

Il momento resistente plastico di progetto è assunto pari al minimo valore tra quello della trave e quello del giunto. Nel caso specifico  $M_{b,pl,Rd}$  coincide con il momento resistente del giunto come sarà illustrato più avanti.

Le condizioni iniziali di progetto sono quindi riassunte nella seguente schermata :

TRAVE :	mat. tipo	1	S235 EN 10027-1 - fy = 23,5 kN/cm <sup>2</sup> fu = 36 kN/cm <sup>2</sup>	$\beta_w = 0,8$ $\epsilon = 1,00$
COLONNA :	mat. tipo	2	S275 EN 10027-1 - fy = 27,5 kN/cm <sup>2</sup> fu = 43 kN/cm <sup>2</sup>	$\beta_w = 0,85$ $\epsilon = 0,92$
IRRIGIDIMENTI :	mat. tipo	2	S275 EN 10027-1 - fy = 27,5 kN/cm <sup>2</sup> fu = 43 kN/cm <sup>2</sup>	$\beta_w = 0,85$ $\epsilon = 0,92$
tipologia nodo	2	nodo non irrigidito		giunto con irrigidimenti trasversali
coeff. secur. saldat.	1,25	1		3 + 2
coeff. secur. mater.	1,05	1		
TR.DX.	a parziale penetrazione			
TR.SX.				
IRRIG.	a cordoni d'angolo			
ELEMENTO	ALT. MIN	ALT. MAX	LARGHEZZA	IRRIGIDIMENTI ANIMA COLONNA
COLONNA CL. EC3	1	mm 650	mm 650	mm 350
TRAVE DI DESTRA		mm 800	mm 800	mm 320
TRAVE DI SINISTRA		mm	mm	mm
SALDATURA TRAVE DI DESTRA	3	l <sub>w</sub> = mm 15,0	l <sub>w</sub> = mm 5,0	
SALDATURA TRAVE DI SINISTRA		l <sub>w</sub> = mm	l <sub>w</sub> = mm	
SALDATURA IRRIGIDIMENTI	1	l <sub>w</sub> = mm 12,0	l <sub>w</sub> = mm	

In cui si notano le caratteristiche della saldatura trave-flangia da verificare.

## 2.2 Verifica della saldatura trave-flangia

Devono essere definite tutte le caratteristiche geometriche del giunto nonché la tipologia dell'unione saldata ovvero, se d'angolo oppure a parziale penetrazione compresa la finitura del cianfrino se richiesto.

saldatura trave-flangia  
item 4.7.3  
per  $2 \cdot a_{nom} \geq t$  e  
per  $c \leq t/5$  o 3mm  
la saldatura è a  
piena penetrazione

BRACCI DI LEVA  
 $z_{b1} = 76,50$  cm  
 $z_{b2} = 0,00$  cm  
 $z_c = 76,50$  cm

VERTICE CIANFRINO  
 $c_{b1} = 5,00$  mm  
 $c_{b2} =$  mm  
 $c_s =$  mm  
 $\alpha = 50^\circ$

COLONNA	spessore piattabanda	$(t_{fc})$	cm	4	
	spessore anima	$(t_{wc})$	cm	1,5	
	raccordo anima-piattab.	$(r_c)$	cm	1,5	
TRAVE DI DESTRA	spessore piattabanda	$(t_{fb1})$	cm	3,5	
	spessore anima	$(t_{wb1})$	cm	1,5	
	raccordo anima-piattab.	$(r_{b1})$	cm	1	
TRAVE DI SINISTRA	spessore piattabanda	$(t_{fb2})$	cm		
	spessore anima	$(t_{wb2})$	cm		
	raccordo anima-piattab.	$(r_{b2})$	cm		
IRRIGIDIM.	trasversali : spessore	$(t_{sc} \geq t_b)$	cm	3,5	
	d'anima : spessore	$(t_{sc} \geq t_{wc})$	cm		
SEZIONI DI GOLA SALDATURE	TRAVE DI DESTRA	piattabande	$(a_{fb1})$	cm	1,73
		anima	$(a_{wb1})$	cm	0,44
	TRAVE DI SINISTRA	piattabande	$(a_{fb2})$	cm	0,00
		anima	$(a_{wb2})$	cm	0,00
IRRIGIDIM.	trasversali	$(a_{sc})$	cm	0,77	
	d'anima	$(a_{sc})$	cm	0,00	
PARAMETRI TRASFORM.	giunto di destra	$\beta_1$		1,00	
	giunto di sinistra	$\beta_2$		0,00	
LARGHEZZA EFFICACE	giunto di destra	$b_{eff.b1}$	cm	32,00	
	giunto di sinistra	$b_{eff.b2}$	cm	0,00	

In partenza si decide di realizzare un giunto trave-flangia a parziale penetrazione con vertice del cianfrino pari a 5 mm e inclinazione di  $50^\circ$ , mentre per l'irrigidimento dell'anima della colonna si ipotizza una saldatura d'angolo di lato 12 mm.

Viene calcolata la larghezza efficace della flangia tesa della trave con la seguente espressione (item 4.10 EN 1993-1-8) :

$$b_{eff} = t_w + 2 \cdot r + 7 \cdot k \cdot t_f$$

La verifica del giunto saldato non è soddisfatta come risulta dalla seguente schermata in cui vengono evidenziate in rosso le condizioni da modificare.

**In particolare non è soddisfatto il criterio gerarchico di sovreresistenza della saldatura della piattabanda tesa della trave rispetto alla sezione della piattabanda stessa.**

FORZA AGENTE SULLA SALDATURA DELLE PIATTABANDE :	trave di destra	$F_{w,Ed,b1} =$ kN	1804
$F_{w,Ed,bi} \leq F_{w,Rd,bi}$	trave di sinistra	$F_{w,Ed,b2} =$ kN	
FORZA AGENTE SULLA SALDATURA DELL'ANIMA :	trave di destra	$V_{w,Ed,b1} =$ kN	480
$V_{w,Ed,bi} \leq V_{w,Rd,bi}$	trave di sinistra	$V_{w,Ed,b2} =$ kN	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA PIATTABANDE :	$N_{b1,Rd} =$ kN 4598	$M_{b1,Rd} =$ kNcm 175881	
$F_{w,Rd,bi} = 2 \cdot f_{t,d} / [3]^{0,5} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{t,bi} \cdot b_{eff,bi}$ o $2 \cdot f_{t,d} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{t,bi} \cdot b_{eff,bi}$	trave di destra	$F_{w,Rd,b1} =$ kN	2299
	trave di sinistra	$F_{w,Rd,b2} =$ kN	
	$N_{b2,Rd} =$ kN	$M_{b2,Rd} =$ kNcm	
CRITERIO DI SOVRARESISTENZA DELLA SALDATURA PIATTABANDE :	trave di destra	$F_{w,Rd,f1} =$ kN	2507
$F_{w,Rd,bi} \geq F_{w,Rd,fi} \geq F_{w,Ed,bi}$ $F_{w,Rd,fi} = b_{fi} \cdot t_{fi} \cdot f_{yfi} / \gamma_{M0}$	trave di sinistra	$F_{w,Rd,f2} =$ kN	
VERIFICA DI RESISTENZA :	trave dx.	$M_{b1,Ed} / M_{b1,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{b1,Rd} =$	0,78
	trave sx.	$M_{b2,Ed} / M_{b2,Rd} + N_{b2,Ed} / N_{b2,Rd} =$	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA DELL'ANIMA :	trave di destra	$V_{w,Rd,b1} =$ kN	1307
$V_{w,Rd,bi} = 2 \cdot f_{t,d} / [3]^{0,5} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{w,bi} \cdot h_{w,bi}$ o $2 \cdot f_{t,d} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{w,bi} \cdot h_{w,bi}$	trave di sinistra	$V_{w,Rd,b2} =$ kN	
RES. DI PROGETTO DELLA SALDATURA IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI :	trave di destra	$F_{w,Rd,s1} =$ kN	991
$F_{w,Rd,si} \geq F_{w,Ed,bi}$	trave di sinistra	$F_{w,Rd,s2} =$ kN	

Anche la saldatura d'angolo dell'irrigidimento dell'anima della colonna non risulta verificata per cui si decide di ridurre il vertice del cianfrino da 5 mm a 3 mm ed eseguire una saldatura a parziale penetrazione per l'irrigidimento dell'anima della colonna sempre con vertice del cianfrino pari a 3 mm. La seguente schermata illustra il calcolo corretto.

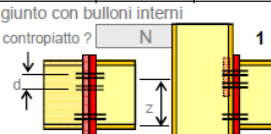
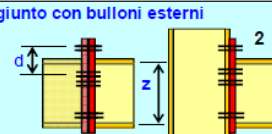
FORZA AGENTE SULLA SALDATURA DELLE PIATTABANDE :	trave di destra	$F_{w,Ed,b1} =$ kN	1804
$F_{w,Ed,bi} \leq F_{w,Rd,bi}$	trave di sinistra	$F_{w,Ed,b2} =$ kN	
FORZA AGENTE SULLA SALDATURA DELL'ANIMA :	trave di destra	$V_{w,Ed,b1} =$ kN	480
$V_{w,Ed,bi} \leq V_{w,Rd,bi}$	trave di sinistra	$V_{w,Ed,b2} =$ kN	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA PIATTABANDE :	$N_{b1,Rd} =$ kN 8886	$M_{b1,Rd} =$ kNcm 339886	
$F_{w,Rd,bi} = 2 \cdot f_{t,d} / [3]^{0,5} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{t,bi} \cdot b_{eff,bi}$ o $2 \cdot f_{t,d} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{t,bi} \cdot b_{eff,bi}$	trave di destra	$F_{w,Rd,b1} =$ kN	4443
	trave di sinistra	$F_{w,Rd,b2} =$ kN	
	$N_{b2,Rd} =$ kN	$M_{b2,Rd} =$ kNcm	
CRITERIO DI SOVRARESISTENZA DELLA SALDATURA PIATTABANDE :	trave di destra	$F_{w,Rd,f1} =$ kN	2507
$F_{w,Rd,bi} \geq F_{w,Rd,fi} \geq F_{w,Ed,bi}$ $F_{w,Rd,fi} = b_{fi} \cdot t_{fi} \cdot f_{yfi} / \gamma_{M0}$	trave di sinistra	$F_{w,Rd,f2} =$ kN	
VERIFICA DI RESISTENZA :	trave dx.	$M_{b1,Ed} / M_{b1,Rd} + N_{b1,Ed} / N_{b1,Rd} =$	0,41
	trave sx.	$M_{b2,Ed} / M_{b2,Rd} + N_{b2,Ed} / N_{b2,Rd} =$	
RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA DELL'ANIMA :	trave di destra	$V_{w,Rd,b1} =$ kN	1897
$V_{w,Rd,bi} = 2 \cdot f_{t,d} / [3]^{0,5} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{w,bi} \cdot h_{w,bi}$ o $2 \cdot f_{t,d} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot a_{w,bi} \cdot h_{w,bi}$	trave di sinistra	$V_{w,Rd,b2} =$ kN	
RES. DI PROGETTO DELLA SALDATURA IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI :	trave di destra	$F_{w,Rd,s1} =$ kN	1983
$F_{w,Rd,si} \geq F_{w,Ed,bi}$	trave di sinistra	$F_{w,Rd,s2} =$ kN	

Si noti il rispetto della gerarchia saldatura-piattabanda tesa ( $F_{w,Rd,b1} > F_{w,Rd,f1}$ ) e la resistenza della saldatura dell'irrigidimento d'anima della colonna che, con la parziale penetrazione e vertice cianfrino di 3 mm, è maggiore della forza di progetto ( $F_{w,Rd,s1} > F_{w,Ed,b1}$ )

## 2.3 Verifica della flangia e dei bulloni di giunto

Il calcolo è eseguito in base all' *equivalent T stub method* della EN 1993-1-8 item 6.2.4 dopo aver definito la tipologia del giunto (bulloni interni, interni ed esterni con o senza piatto di rinforzo della piattabanda della colonna), se il giunto è tra due travi o tra trave e colonna e, in quest'ultimo caso, **se la colonna è passante o interrotta**.

In questa fase del calcolo devono essere definiti il materiale della flangia e dell'eventuale contropiatto di rinforzo della piattabanda della colonna nonché il diametro e la classe dei bulloni e il **numero di bulloni considerarti attivi a trazione** come rappresentato nella schermata seguente :

FLANGIA :	mat. tipo	2	S275 EN 10027-1 - $f_y = 25,5$ kN/cm <sup>2</sup> $f_u = 41$ kN/cm <sup>2</sup>	$\beta_w = 0,85$ $\epsilon = 0,96$
CONTROPIATTO :	mat. tipo		input materiale $0$ kN/cm <sup>2</sup> $f_u = 0$ kN/cm <sup>2</sup>	$\beta_w = 1$ $\epsilon = 0,00$
BULLONI :	tipo M	30	10.9 $f_{yb} = 90,0$ kN/cm <sup>2</sup> $f_{ub} = 100$ kN/cm <sup>2</sup>	SEZ. SUL FILETTO : $A_s = 5,51$ cm <sup>2</sup>
tipo di giunto	2 →	giunto con bulloni interni		giunto con bulloni esterni
giunto trave-trave ?	N	contropiatto ? N		giunto con bulloni esterni irrigidito
nodo terminale ?	Y			
interasse file bulloni	20 cm	$d$ $z$		$d$ $z$
passo min. bull. int.	9,00 cm			
n° file vertic. bulloni	2			
coeff. secur. bulloni	1,25	n° file di bulloni attivi a trazione (<=2)		n° file di bulloni attivi a trazione (2;3)
coeff. secur. mater.	1,05	n = 2	d = cm 10,25	n = 3
				d = cm 18,46

Devono inoltre essere definiti la larghezza della flangia , il numero di bulloni per fila interna, la distanza del bullone esterno dall'estremità superiore della flangia e il diametro della rondella.

Tutti gli altri parametri geometrici sono calcolati automaticamente.

TRAVE DI DESTRA	<b>larghezza flangia</b>	$(l_{fb1})$	cm	<b>35</b>
	distanza bull.-raccordo	$(m_{b1})$	cm	8,91
	distanza bull.-raccordo	$(m_{x,b1}=m_{2,b1})$	cm	4,75
	distanza bull.-bordo est.	$(e_{b1})$	cm	7,50
	<b>distanza bull.-bordo est.</b>	<b><math>(e_{x,b1})</math></b>	cm	<b>3,50</b>
	dist. min. bull.-bordo est.	$(e_{min}=n_{b1})$	cm	7,50
passo bull.	<b>n° max. bull./fila interni</b>	$(n_{i,b1})$	n°	<b>6</b>
<b>12,30 cm</b>	braccio di leva	$(Z_{b1})$	cm	76,50

DATI PER CALCOLO LUNGHEZZE EFFICACI	TRAVE DI DESTRA	$(\alpha_{.b1})$	cm	<b>6,14</b>
		$\lambda_{1.b1} =$	<b>0,54</b>	$\lambda_{2.b1} =$
	TRAVE DI SINISTRA	$(\alpha_{.b2})$	cm	<b>0,00</b>
		$\lambda_{1.b2} =$	<b>0,00</b>	$\lambda_{2.b2} =$
BULLONI	diámetro rondella	$(d_w)$	mm	<b>55,5</b>
SPESSORE FLANGE	TRAVE DI DESTRA	$t_{f.b1}$	mm	<b>44,00</b>
	TRAVE DI SINISTRA	$t_{f.b2}$	mm	
	CONTROPIATTO	$t_{bp}$	mm	

Nell'esempio si ipotizza una flangia di spessore **44** mm che soddisfa le condizioni di un **giunto a parziale resistenza**.

Dal calcolo delle larghezze efficaci, per due diverse distribuzioni di deformazione plastica, viene calcolato il modo di collasso del giunto sia per singola fila di bulloni che per gruppo di file ; **nel caso in esame il modo di collasso prevede lo snervamento della flangia e la rottura dei bulloni (modo 2) sia per fila singola che per gruppo di file** . Per tale condizione viene calcolato il momento resistente minimo del giunto in base all'item 6.2.6.5 (2) della EN 1993-1-8 e confrontato col momento resistente plastico della colonna **o** della trave.

Item 5.2.3.3 EN 1993-1-8

$M_{j,Rd,b1} = 189882$  kNcm  
 $M_{j,Rd,b2} = 0$  kNcm

$M_{j,Rd,b1} \geq \delta \cdot M_{pl,Rd,c}$   
 $M_{j,Rd,b1} \geq M_{pl,Rd,b1}$

**GIUNTO A PARZIALE RESISTENZA**

$M_{pl,Rd,b1} =$  kNcm **237180**  
 $M_{pl,Rd,b2} =$  kNcm **0**

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	29,86	0,00	23,38	0,00				
liv. 1 esterno piattabanda tesa	34,93	0,00	19,19	0,00				
liv. 2 1*fila sotto la piattab. tesa	29,93	0,00	17,50	0,00				
liv. 3 altre file orizz. interne			21,69	0,00				
liv. 4 altre file di estremità								
modo di collasso 1	$\Sigma l_{eff,1} =$	$l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,op}$	17,50	0,00	$\Sigma l_{eff,1} = \Sigma l_{eff,nc} \leq \Sigma l_{eff,op}$	50,66	0,00	
modo di collasso 2	$\Sigma l_{eff,2} =$	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	17,50	0,00	$\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc}$	50,66	0,00	
	file interne	$l_{eff,ri} =$	45,03	0,00				

RESISTENZA A TRAZIONE DEI BULLONI :  $F_{t,Rd,b} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} =$  **396,97** kN

RESISTENZA EFFETTIVA SINGOLA FILA	Trave di Destra		Trave di Sinistra	
	Tr. Destra	Tr. Sinistra	fila singola	gruppo file
	modo 2	modo 2		
liv. 1	613,40	0,00	923,01	2672,02
liv. 2	1146,64	0,00	1061,04	3071,60
liv. 3	1007,72	0,00	613,40	1813,86
liv. 4	1007,72	0,00	793,94	2381,83

$F_{t,Rdf} =$  { modo 1: 923,01 / 2672,02; modo 2: 613,40 / 1813,86; modo 3: 793,94 / 2381,83

MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO  $M'_{j,Rd} =$  **189882** kNcm **0** kNcm

Per un giunto a **piena resistenza** il momento resistente del giunto deve risultare maggiore del momento resistente plastico di progetto della colonna (moltiplicato per 2 nel caso di colonna passante) **oppure** maggiore del momento resistente plastico di progetto della trave

$$(M_{j,Rd,b1} > 2 \cdot M_{pl,Rd,c} \quad \text{oppure} \quad M_{j,Rd,b1} > M_{pl,Rd,b1})$$

Nel caso in esame la **maggior resistenza del giunto rispetto alla trave** si ottiene aumentando lo spessore della flangia da **44 mm** a **53 mm** dipendendo dalla flangia (oltre che dai bulloni) il modo di collasso dominante. Con questo intervento il momento resistente minimo da prendere in considerazione per il rispetto della gerarchia trave-colonna **non è più quello del giunto ma quello della trave collegata** ovvero, nel caso specifico  $M_{pl,Rd,b1}$  che richiede quindi **o un ulteriore incremento delle dimensioni della colonna o una riduzione della sezione della trave nella zona dissipativa** non essendo più rispettato il criterio gerarchico.

<p>resistenza colonna &gt;</p> <p><math>\Sigma M_{c \cdot pl.Rd} = 256993 \text{ kNcm}</math></p> <p>→ 1,084</p>	<p>resistenza trave collegata</p> <p><math>\gamma_{RD} \cdot \Sigma M_{b \cdot pl.Rd} = 308334 \text{ kNcm}</math></p> <p>→ 1,00</p>
--	--

SPESSORE FLANGE TRAVE DI DESTRA TRAVE DI SINISTRA CONTROPIATTO		$t_{f,b1}$ mm	<b>53,00</b>
		$t_{f,b2}$ mm	
		$t_{bp}$ mm	

$M_{j,Rd,b1} = 240640 \text{ kNcm}$ $M_{j,Rd,b2} = 0 \text{ kNcm}$		$\left. \begin{matrix} M_{j,Rd,bi} \geq \delta \cdot M_{pl,Rd,oi} \\ M_{j,Rd,bi} \geq M_{pl,Rd,bi} \end{matrix} \right\} \text{GIUNTO A PIENA RESISTENZA}$	$M_{pl,Rd,b1} =$ kNcm	237180
			$M_{pl,Rd,b2} =$ kNcm	0

LUNGHEZZE EFFICACI DELLE FLANGE POSIZIONE FILA TAB. 6.6 - item 6.2.6.5	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	Tr. DX	Tr. SX	Tr. DX	Tr. SX
esterno piattabanda tesa	29,86	0,00	23,38	0,00				
liv. 1 esterno piattabanda tesa	29,86	0,00	17,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
liv. 2 1° fila sotto la piattab. tesa	56,01	0,00	54,73	0,00	40,30	0,00	38,36	0,00
liv. 3 altre file orizz. interne	56,01	0,00	45,03	0,00	24,59	0,00	12,30	0,00
liv. 4 altre file di estremità	56,01	0,00	45,03	0,00	40,30	0,00	28,66	0,00
modo di collasso 1	$\sum l_{eff,1} = l_{eff,nc}$ ma $l_{eff,1} \leq l_{eff,op}$		17,50	0,00	$\sum l_{eff,1} = \sum l_{eff,nc} \leq \sum l_{eff,op}$		50,66	0,00
modo di collasso 2	$\sum l_{eff,2} = l_{eff,nc}$		17,50	0,00	$\sum l_{eff,2} = \sum l_{eff,nc}$		50,66	0,00
	file interne $l_{eff,ri} =$		45,03	0,00				

RESISTENZA A TRAZIONE DEI BULLONI :  $F_{t,Rd,b} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} =$  **396,97** kN

RESISTENZA EFFETTIVA SINGOLA FILA	Trave di Destra		Trave di Sinistra		$F_{t,Rd,f} =$ kN	modo 1 modo 2 modo 3	metodo base - collasso flangia metodo altern. - collasso flangia collasso flangia e rottura bulloni rottura bulloni	
	Tr. Destra	Tr. Sinistra	fila singola	gruppo file				
	modo 2	modo 2	fila singola	gruppo file				
liv. 1	726,42	0,00	601,31	1803,92	2	6	0	0
liv. 2	1500,11	0,00	1339,22	3876,91	2	6	0	0
liv. 3	1298,55	0,00	1539,49	4456,68	2	6	0	0
liv. 4	1298,55	0,00	726,42	2141,04	2	6	0	0
			793,94	2381,83	2	6	0	0

MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO  $M'_{j,Rd} =$  **240640** kNcm

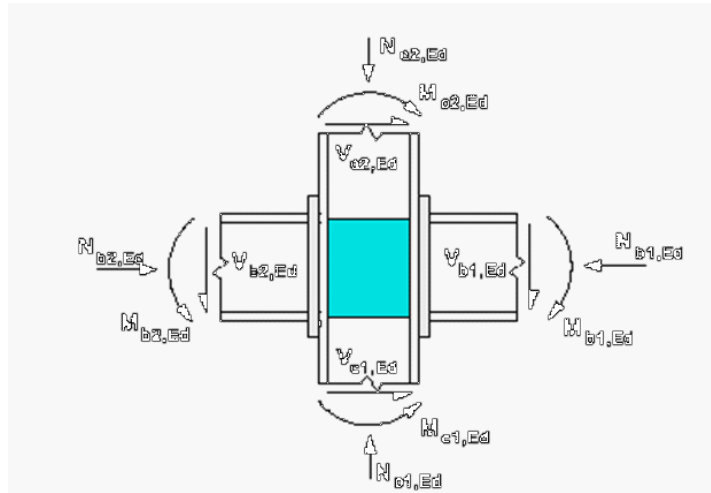
## 2.4 Verifica delle componenti del nodo per trave ad altezza costante

Le componenti nodali che devono essere verificate sono:

- 1 – il pannello d'anima della colonna sotto l'azione del taglio
- 2 – la zona compressa dell'anima della colonna
- 3 – la zona tesa dell'anima della colonna
- 4 – la piattabanda della colonna in zona tesa
- 5 – la zona compressa della trave
- 6 – la zona tesa della trave

### 2.4.1 Anima della colonna soggetta a forza di taglio (& 6.2.6.1)

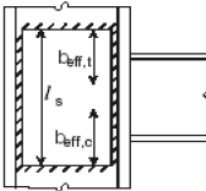
Devono essere fornite le sollecitazioni alle estremità della colonna convergenti nel nodo secondo il seguente schema



Si calcola la forza di taglio agente sul pannello d'anima della colonna secondo l'espressione di seguito riportata

<b>FORZA DI TAGLIO AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :</b>		$V_{wp,Ed} =$ kN	<b>1804</b>
$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$	$d / t_w = 36$	$< 69 \cdot \epsilon = 64$	↑

Quindi si calcola la resistenza di progetto a taglio del pannello nella condizione di rinforzo prevista. Nel caso specifico sono stati previsti due piatti di irrigidimento alle estremità del pannello d'anima.

<b>RESISTENZA DI PROGETTO A TAGLIO DEL PANNELLO D'ANIMA :</b>		$V_{wp,Rd} =$ kN	<b>1401</b>
<b>pannello non irrigidito :</b>	$V_{wp,Rd} = 0,9 \cdot A_{vc} \cdot (f_{y,wc} / 3^{0,5}) / \gamma_{M0}$	$V_{wp,Rd} =$ kN	<b>1226</b>
$A_{vc} = \max (A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f ; \eta \cdot t_w \cdot h_w)$	$\eta = 1,00$	$A_{vc} = 105,43 \text{ cm}^2$	
<b>irrigidimenti trasversali :</b>	$V_{wp,Rd} = V_{wp,Rd,(\text{non irrig.})} + V_{wp,add,Rd}$	$V_{wp,Rd} =$ kN	<b>1401</b>
$V_{wp,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$		$V_{wp,add,Rd} =$ kN	<b>174</b>
$M_{pl,fc,Rd} = 3850 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna		
$M_{pl,st,Rd} = 2821 \text{ kNcm}$	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima		
$d_s = 76,50 \text{ cm}$	distanza tra gli assi degli irrigidimenti		
<b>irrigidimenti d'anima :</b>	$V_{wp,Rd} = 0,9 \cdot A_{vc}' \cdot (f_{y,wc} / 3^{0,5}) / \gamma_{M0} + V_{wp,add,Rd}$	$V_{wp,Rd} =$ kN	<b>0</b>
<b>irrigidimenti trasversali aggiunti :</b>		$V_{wp,add,Rd} =$ kN	<b>174</b>
	$b_s = 54,00 \text{ cm} < 40 \cdot \epsilon \cdot t_s = 0,00 \text{ cm}$ $b_{eff} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p = 47,05 \text{ cm}$ $l_s = 123,55 \text{ cm}$ $a_s = 0,00 \text{ cm}$ $A_{vc}' = A_{vc,non \text{ irrig.}} + b_s \cdot t_{wc}$ $A_{vc}' = 186,43 \text{ cm}^2$		
<b>RESISTENZA DI PROGETTO DELLA SALDATURA TRASVERSALE</b>			
$F_{w,Rd,s} = 0 \text{ kN}$	$>$	$V_{wp,Ed} = 1804 \text{ kN}$	

Come si nota la verifica di resistenza a taglio del pannello d'anima della colonna non è soddisfatta. Si aumenta quindi lo spessore dell'anima della colonna da **15 mm** a **22 mm** controllando sempre il rispetto della gerarchia trave-colonna.



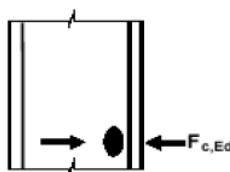
COLONNA	spessore piattabanda	$(t_{fc})$	cm	4
	spessore anima	$(t_{wc})$	cm	2,2
	raccordo anima-piattab.	$(r_c)$	cm	1,5

In queste condizioni la verifica di resistenza a taglio del pannello d'anima della colonna è soddisfatta come risulta dalla seguente schermata.

<b>FORZA DI TAGLIO AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :</b>		$V_{wp.Ed} =$	kN	1804
$V_{wp.Ed} = (M_{b1.Ed} - M_{b2.Ed}) / z - (V_{c1.Ed} - V_{c2.Ed}) / 2$		$d / t_w = 25$	$< 69 \cdot \epsilon = 64$	
<b>RESISTENZA DI PROGETTO A TAGLIO DEL PANNELLO D'ANIMA :</b>		$V_{wp.Rd} =$	kN	1896
pannello non irrigidito :		$V_{wp.Rd} = 0,9 \cdot A_{vc} \cdot (f_{y,wc} / 3^{0,5}) / \gamma_{M0}$	$V_{wp.Rd} =$	kN
$A_{vc} = \max (A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f ; \eta \cdot t_w \cdot h_w)$		$\eta = 1,00$	$A_{vc} = 148,13$	cm <sup>2</sup>
<b>irrigidimenti trasversali :</b>		$V_{wp.Rd} = V_{wp.Rd,(non\ irrig.)} + V_{wp.add.Rd}$	$V_{wp.Rd} =$	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	173
$M_{pl.fc.Rd} = 3850$	kNcm	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna		
$M_{pl.st.Rd} = 2762$	kNcm	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima		
$d_s = 76,50$	cm	distanza tra gli assi degli irrigidimenti		

## 2.4.2 Verifica dell'anima della colonna soggetta a compressione locale (& 6.2.6.2)

Lo schema e i dati di riferimento per questa verifica sono di seguito riportati



### CARATTERISTICHE DELLA COLONNA :

$A_c$	=	Area della sezione
$W_{wc}$	=	modulo di resistenza di progetto riferito al piede del raccordo anima-piattabanda
$A_c$	=	407 cm <sup>2</sup>
$W_{wc}$	=	10381 cm <sup>3</sup> <b>W plastico</b>
$\sigma_{com.Ed}$	=	0,000 kN/cm <sup>2</sup>

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

$$F_{c.wc.Ed.b1} = 1803,92 \text{ kN}$$

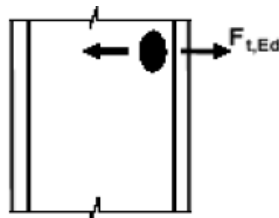
$$F_{c.wc.Ed.b2} = 0,00 \text{ kN}$$

L' aumento dello spessore dell' anima della colonna per la verifica di resistenza al taglio è sufficiente a garantire anche questa verifica come risulta dalla seguente schermata :

<b>FORZA DI COMPRESSIONE AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :</b>		$F_{c,wc,Ed} =$ kN	1804
$F_{c,wc,Ed} =$ Forza massima trasmessa dalle piattabande delle travi collegate			
<b>RESISTENZA DI PROGETTO A COMPRESSIONE DEL PANNELLO D'ANIMA :</b>		$F_{c,wc,Rd} =$ kN	2207
		<b>MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO</b>	$M_{j,Rd} =$ 168809
<b>pannello non irrigidito :</b>		$F_{c,wc,Rd} = (\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0}$	$F_{c,wc,Rd} =$ kN 2034
con la seguente limitazione		$F_{c,wc,Rd} \leq (\omega \cdot k_{wc} \cdot \rho \cdot b_{eff,c,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M1} =$	2034 kN
$\gamma_{M1} =$	1,05	coeff. parziale di sicurezza per l'instabilità	
$b_{eff,c,wc} =$	$t_{fb} + 2 \cdot 2^{0,5} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s) + s_p$	$b_{eff,c,wc} =$	47,05 cm
$\omega_1 =$	0,782091		
$\omega_2 =$	1	$\omega = \min(\omega_1; \omega_2) =$	0,782091
$k_{wc} =$	1		
$\lambda_p =$	0,772763	$\rho =$	0,959141
		$M_{j,Rd} =$	155584
<b>irrigidimenti trasversali :</b>		$F_{c,wc,Rd} = F_{c,wc,Rd,(non\ irrig.)} + F_{c,wc,add,Rd}$	$F_{c,wc,Rd} =$ kN 2207
$F_{c,wc,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$		$F_{c,wc,add,Rd} =$ kN	173
$M_{pl,fc,Rd} =$	3850 kNcm	momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna	
$M_{pl,st,Rd} =$	2762 kNcm	momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima	
$d_s =$	76,50 cm	distanza tra gli assi degli irrigidimenti	
		$M_{j,Rd} =$	168809

### 2.4.3 Verifica dell'anima della colonna soggetta a trazione locale (& 6.2.6.3)

Lo schema e i dati di riferimento per questa verifica sono di seguito riportati



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

$$F_{t,wc,Ed,b1} = 1803,92 \text{ kN}$$

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

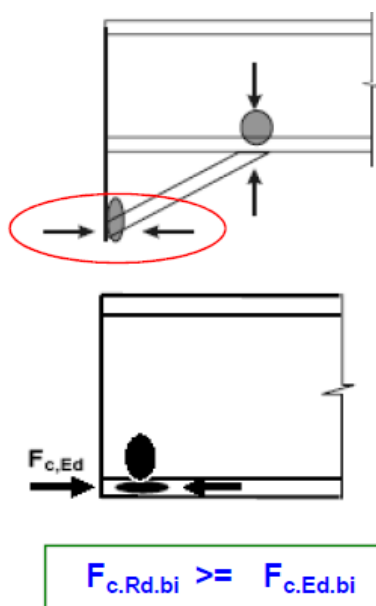
L' aumento dello spessore dell' anima della colonna per la verifica di resistenza

al taglio è sufficiente a garantire anche questa verifica come risulta dalla seguente schermata :

<b>FORZA DI TRAZIONE AGENTE SUL PANNELLO D'ANIMA NON IRRIGIDITO :</b>		$F_{t,wc,Ed} =$ kN	<b>1804</b>
$F_{t,wc,Ed} =$ Forza massima trasmessa dalle piattabande delle travi collegate			
<b>RESISTENZA DI PROGETTO A TRAZIONE DEL PANNELLO D'ANIMA :</b>		$F_{t,wc,Rd} =$ kN	<b>2898</b>
<b>MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO</b>		$M_{j,Rd} =$	<b>439909</b>
<b>pannello non irrigidito :</b>		$F_{t,wc,Rd} = (\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0}$	$F_{t,wc,Rd} =$ kN
$\gamma_{M0} =$ <b>1,05</b> coeff. parziale di sicurezza per la resistenza		per una sola fila di bulloni :	
$b_{eff,t,wc} = \Sigma l_{eff} =$ lungh. efficace piattab. $b_{eff,t,wc} =$ <b>78,97</b> cm		$b_{eff,t,wc,i} =$ <b>40,18</b> cm	
$\omega_1 =$ 0,598872		$\omega =$ 0,82681	
$\omega_2 =$ 1		$b_{eff,t,wc,e} =$ <b>40,18</b> cm	
$\lambda_p =$ 1,001107		$\omega =$ 0,82681	$M_{j,Rd} =$ <b>406739</b>
<b>irrigidimenti trasversali :</b>		$F_{t,wc,Rd} = F_{t,wc,Rd,(non\ irrig.)} + F_{t,wc,add,Rd}$	$F_{t,wc,Rd} =$ kN
$F_{t,wc,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_s < (2 \cdot M_{pl,fc,Rd} + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}) / d_s$		$F_{t,wc,add,Rd} =$ kN	<b>173</b>
$M_{pl,fc,Rd} =$ 3850 kNcm momento resistente plastico di progetto della piattabanda della colonna			
$M_{pl,st,Rd} =$ 2762 kNcm momento resistente plastico di progetto degli irrigidimenti dell'anima			
$d_s =$ 76,50 cm distanza tra gli assi degli irrigidimenti			
		$b_{eff,t,wc,e} =$ <b>47,28</b> cm	
		$\omega =$ 0,780657	$M_{j,Rd} =$ <b>439909</b>

#### 2.4.4 Verifica della trave soggetta a compressione locale (& 6.2.6.7)

Lo schema e i dati di riferimento per questa verifica sono di seguito riportati



La resistenza di progetto alla compressione locale risulta maggiore della forza di compressione applicata come risulta dal calcolo riassunto nella seguente schermata :

<b>FORZA MASSIMA NELLA ZONA COMPRESSA :</b>		trave di destra : $F_{c.Ed.b1} =$ kN	1804
		trave di sinistra : $F_{c.Ed.b2} =$ kN	0
<b>RESISTENZA DI PROGETTO PER LA ZONA COMPRESSA :</b>		trave di destra : $F_{c.Rd.b1} =$ kN	2633
$F_{c.Rd.bi} = M_{c.Rd.bi} / (h_i - t_{fb_i}) :$		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	201400
		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	1584
		trave si sinistra : kN	0
altezza trave di destra > 600 mm - item 6.2.6.7(1)		$\alpha_d =$ 0,20	limitazione del contributo dell'anima
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 <sup>2</sup>
			123
		trave si sinistra : cm <sup>2</sup>	0
$W_{pl.b1} =$	max h 8999 cm <sup>3</sup>	min h 10597 cm <sup>3</sup>	$M_{pl.Rd.b1} =$ 201400 kNcm
$W_{pl.b2} =$	0 cm <sup>3</sup>	0 cm <sup>3</sup>	237180 kNcm
		$M_{pl.Rd.b2} =$ 0 kNcm	0 kNcm

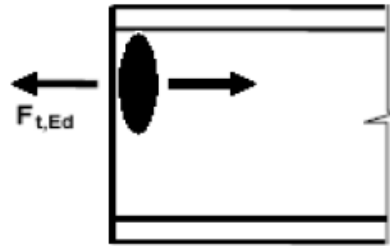
In questa fase del calcolo si controlla il momento resistente minimo del nodo che deve risultare superiore alla sollecitazione di progetto nonché la resistenza di progetto minima della saldatura trave-flangia che deve risultare maggiore o uguale alla resistenza della trave (& 6.2.3 (5) EN 1993-1-8).

La seguente schermata evidenzia che il momento resistente minimo del giunto (minima resistenza tra quelle calcolate per ciascuna parte nodale) è inferiore al momento di progetto e che quindi sarà necessario modificare le caratteristiche del nodo.

<b>RESISTENZA DI PROGETTO MINIMA DELLA SALDATURA DEL GIUNTO : (item 6.2.3(5) EN 1993-1-8)</b>			
coeff. di sic. $\alpha$ per analisi del primo ordine (item 5.2.1(3)-EN 1993-1-1)	1,4	I° ordine	$\alpha = 1,4$
coefficiente di sicurezza $\alpha$ da usarsi in tutti gli altri casi	1,7		
<b>momento resistente minimo del nodo :</b>	trave di destra :	$M_{b1.Rd.min} =$ 130108 kNcm	> 138000
$M_{bi.Rd.min} \geq M_{bi.Ed}$	trave si sinistra :	$M_{b2.Rd.min} =$ 0 kNcm	> 0
<b>criterio di sovraresistenza trave-nodo :</b>	trave di destra :	$M_{b1.Rd} =$ 182151 kNcm	< 339886
$\min (M_{pl.Rd.bi.min} ; \alpha \cdot M_{bi.Rd.min}) \leq M_{bi.Rd}$	trave si sinistra :	$M_{b2.Rd} =$ 0 kNcm	< 0
<b>MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DELLA SALDATURA :</b>		$M_{b1.Rd} =$ kNcm	182151
<b>MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DELLA SALDATURA :</b>		$M_{b2.Rd} =$ kNcm	0

### 2.4.5 Verifica della trave soggetta a trazione locale (& 6.2.6.8)

Lo schema e i dati di riferimento per questa verifica sono di seguito riportati



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

Come risulta dalla seguente schermata la verifica non risulta soddisfatta per cui sarà necessario modificare le caratteristiche del nodo.

<b>FORZA MASSIMA NELLA ZONA TESA :</b>		trave di destra : $F_{t,Ed,b1} =$ kN	1804
		trave di sinistra : $F_{t,Ed,b2} =$ kN	0
<b>RESISTENZA DI PROGETTO PER LA ZONA TESA :</b>		trave di destra : $F_{t,Rd,b1} =$ kN	1701
$F_{t,Rd,bi} = b_{eff,t,wbi} \cdot t_{wbi} \cdot f_{y,wbi} / \gamma_{M0}$		trave di sinistra : $F_{t,Rd,b2} =$ kN	0
<b>MOMENTO RESISTENTE DEL GIUNTO</b> $M_{j,Rd} =$ kNcm			211786
$b_{eff,t,wbi} =$ lunghezza efficace della flangia tesa : items 6.2.6.8 (2) e 6.2.6.5)		trave di destra : cm	50,66
		trave si sinistra : cm	0,00
→ per una sola fila di bulloni interni :		trave di destra : cm	45,03
		trave si sinistra : cm	0,00
→ per una sola fila di bulloni vicina alla piattabanda tesa :		trave di destra : cm	54,73
		trave si sinistra : cm	0,00
$W_{pl,b1} =$	max h 10597 cm <sup>3</sup>	min h 10597 cm <sup>3</sup>	$M_{pl,Rd,b1} =$ 237180 kNcm
$W_{pl,b2} =$	0 cm <sup>3</sup>	0 cm <sup>3</sup>	237180 kNcm
			$M_{pl,Rd,b2} =$ 0 kNcm
			0 kNcm

In questa fase del calcolo si controlla la resistenza di progetto minima del collegamento che deve risultare superiore alla sollecitazione di progetto

nonché la resistenza di progetto minima del nodo nel suo complesso che deve risultare maggiore o uguale alla resistenza plastica della trave (& 6.2.3 (5) EN 1993-1-8).

La seguente schermata evidenzia che il momento resistente minimo del collegamento (minima resistenza tra quelle calcolate per ciascuna parte nodale) è inferiore al momento resistente plastico di progetto della trave e che quindi sarà necessario modificare le caratteristiche del giunto con riferimento al valore del momento resistente minimo di progetto evidenziato in rosso.

RESISTENZA DI PROGETTO MINIMA DEL COLLEGAMENTO : (item 6.2.3(5) EN 1993-1-8)			
momento resistente minimo del nodo :	trave di destra :	$M_{b1,Rd,min} = 130108$ kNcm >	138000
$M_{bi,Rd,min} \geq M_{bi,Ed}$	trave si sinistra :	$M_{b2,Rd,min} = 0$ kNcm >	0
critério di sovraresistenza trave-nodo :	trave di destra :	$M_{pl,Rd,b1} = 237180$ kNcm <	211786
$M_{pl,Rd,bi} \leq M_{j,Rd,bi,min}$	trave si sinistra :	$M_{pl,Rd,b2} = 0$ kNcm <	0
<b>MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO :</b>		$M_{b1,Rd} =$ kNcm	<b>237180</b>
<b>MOMENTO RESISTENTE MINIMO DI PROGETTO DEL COLLEGAMENTO :</b>		$M_{b2,Rd} =$ kNcm	<b>0</b>

La verifica in zona dissipativa evidenzia inoltre il NON-soddisfacimento del criterio della gerarchia delle resistenze oltre che per insufficienza del momento resistente minimo del giunto anche per “debolezza” del pannello d’anima della colonna.

altezza della trave nella zona dissipativa  $h_b = \boxed{\text{cm } 80}$   
 per le parti tese :  $s_t = s_c$  NTC 2008 ed EC8  $\left\{ \begin{array}{l} s_c = 1,1 \\ s_t = 1,1 \end{array} \right.$

fattori di sovreresistenza del materiale :  $\gamma_{ov} = 1,2$  per S 235  
 valore di  $\gamma_{ov}$  raccomandato dall'EC8 ?  $\gamma_{ov} = 1,15$  per S 275  
 struttura ad alta duttilità  $\gamma_{RD} = \boxed{1,3}$   $\gamma_{ov} = 1,1$  per S 355 , 420 , 460 } **1,2**

- 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 **4443 kN**  
 $R_{pl,Rd}$  = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata **2507 kN**  
 $R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot s_t \cdot R_{pl,Rd} = \boxed{3309 \text{ kN}}$

- 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 **211786 kNcm**  
 $M_{b,pl,Rd}$  = resistenza flessionale plastica di progetto della trave collegata **237180 kNcm** **in zona dissipativa**  
 $M_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot s_c \cdot M_{b,pl,Rd} = \boxed{313078 \text{ kNcm}}$  [ridimensionare il giunto](#)

- 3 : **PANNELLO NODALE DELLA COLONNA** : (item C7.5.4.5 - NTC) altezza colonna =  $\boxed{560 \text{ cm}}$

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

$V_{wp,Rd}$  = resistenza di progetto a taglio del pannello nodale **1896 kN**  
 $\beta \cdot M_{b,pl,Rd}$  = resistenza a taglio plastica di progetto della trave collegata **2606 kN** **in zona dissipativa**  
 $V_{wp,Rd} \geq \beta \cdot M_{b,pl,Rd} = \boxed{2606 \text{ kN}}$  [rinforzare il pannello nodale](#)

nervatura aggiuntiva diagonale (Y;N) :  $\boxed{N}$  altezza pannello :  $z = \boxed{\text{mm}}$

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

dimensioni irrigidimenti :  $b_s = \text{mm } \boxed{\phantom{000}}$   $t_s = \text{mm } \boxed{\phantom{000}}$   $A_{ds} = 0,00 \text{ cm}^2$

incremento resistenza pannello nodale :  $\Delta V_{wp,Rd} = \boxed{0 \text{ kN}}$

### gerarchia delle resistenze

resistenza elementi del nodo >			resistenza colonna >	resistenza trave collegata
pannello	saldatura	minimo	$\Sigma M_{c,pl,Rd} = 271884 \text{ kNcm}$	$\gamma_{RD} \cdot \Sigma M_{b,pl,Rd} = 308334 \text{ kNcm}$
<b>0,727</b>	<b>1,343</b>	<b>0,676</b>	<b>1,146</b>	<b>1,00</b>

Il giunto viene **ridimensionato** aumentando l'altezza all'appoggio da **800 mm** a **1300 mm** e riducendo le dimensioni delle piattabande della trave da **320 x 35 mm** a **300 x 30 mm**

Il numero dei bulloni di giunto aumenta a 13 su due file con coppia di bulloni esterni.





altezza della trave nella zona dissipativa  $h_b =$   cm  
 per le parti tese :  $s_t = s_c$  NTC 2008 ed EC8  $\left\{ \begin{array}{l} s_c = 1,1 \\ s_t = 1,1 \end{array} \right.$

fattori di sovreresistenza del materiale :  $\gamma_{ov} = 1,2$  per S 235  
 valore di  $\gamma_{ov}$  raccomandato dall'EC8 ?   $\gamma_{ov} = 1,15$  per S 275  
 struttura ad alta duttilità  $\gamma_{RD} =$    $\gamma_{ov} = 1,1$  per S 355 , 420 , 460 } 1,2

- 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 **4165** kN

$R_{pl,Rd}$  = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata **2014** kN

$$R_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot s_t \cdot R_{pl,Rd} = \mathbf{2659} \text{ kN}$$

- 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 **372978** kNcm

$M_{b,pl,Rd}$  = resistenza flessionale plastica di progetto della trave collegata **201764** kNcm **in zona dissipativa**

$$M_{j,Rd} \geq \gamma_{ov} \cdot s_c \cdot M_{b,pl,Rd} = \mathbf{266328} \text{ kNcm}$$

- 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 **1827** kN

$\beta \cdot M_{b,pl,Rd}$  = resistenza a taglio plastica di progetto della trave collegata **1119** kN **in zona dissipativa**

$$V_{wp,Rd} \geq \beta \cdot M_{b,pl,Rd} = \mathbf{1119} \text{ kN}$$

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

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

dimensioni irrigidimenti :  $b_s =$  mm   $t_s =$  mm   $A_{ds} = 0,00$  cm<sup>2</sup>

incremento resistenza pannello nodale :  $\Delta V_{wp,Rd} =$  **0** kN

### gerarchia delle resistenze

resistenza elementi del nodo >			resistenza colonna >	resistenza trave collegata
pannello	saldatura	minimo	$\Sigma M_{c-pl,Rd} =$ <b>271884</b> kNcm	$\gamma_{RD} \cdot \Sigma M_{b-pl,Rd} =$ <b>262293</b> kNcm
<b>1,632</b>	<b>1,567</b>	<b>1,400</b>	<b>1,348</b>	<b>1,00</b>

Il progetto del giunto può essere affinato ulteriormente modificando le caratteristiche che offrono una resistenza troppo alta MA **CONTROLLANDO SEMPRE IL RISPETTO DELLA "GERARCHIA DELLE RESISTENZE"**

L'ottimizzazione del calcolo porta ai seguenti valori finali :

- SPESSORE FLANGIA : **48** mm

- SPESSORE ANIMA COLONNA : **20** mm
- ALTEZZA SALDATURA TRAVE-FLANGIA : **14** mm

Con la seguente scala gerarchica delle resistenze :



## 2.5 Considerazioni finali

Nel caso di giunto in zona dissipativa di struttura a bassa duttilità non è necessario rispettare la gerarchia delle resistenze interne al nodo ma è sufficiente il rispetto gerarchico colonna-trave.

- l' utilizzo di materiali con diversa resistenza meccanica è consigliato per strutture dissipative poiché agevola la formazione delle cerniere plastiche nelle sezioni più deboli.
- l' esecuzione delle saldature deve essere congruente con le indicazioni di progetto
- il taglio sulla sezione del giunto viene attribuito ai bulloni non resistenti a trazione
- il maggior spessore dell' anima della colonna per la resistenza al taglio può essere ottenuto con piatti saldati aggiuntivi.