



# **GIUNTO DI CONTINUITA' DI UNA COLONNA IN CONDIZIONI SISMICHE**

**Domenico Leone**



# GIUNTO DI CONTINUITA' DI UNA COLONNA IN CONDIZIONI SISMICHE

---

**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 Italmont 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>Giunto di continuità di una colonna in condizioni sismiche</b>	<b>4</b>
1	Progetto in condizioni sismiche di elemento dissipativo .....	5
2	Verifica dei piatti di coprigiunto delle piattabande e dell'anima a compressione .....	8
3	Verifica di resistenza dei bulloni di giunto delle piattabande e dell'anima .....	9
	Verifica a rifollamento dei piatti di coprigiunto .....	12
4	Verifica a rifollamento dell'anima e della piattabanda della colonna .....	12
5	Verifica di resistenza allo scorrimento per lo S.L.S. ....	13

## 1 Giunto di continuità di una colonna in condizioni sismiche

Nel seguito viene presentato un esempio applicativo di progetto di un giunto di continuità di una colonna presso-flessa eseguito in base alla norma EN 1993-1-8 e NTC 2008. Si farà riferimento ad un calcolo manuale eseguito da Access Steel proponendo allo stesso tempo i risultati di un calcolo automatico eseguito col programma “GiuntoCont” realizzato dal Prof. Domenico Leone, esperto in progettazione di strutture metalliche, ed edito da S.T.A. DATA srl. Il giunto di continuità, le cui caratteristiche sono di seguito riportate, unisce due tratti di colonna; il primo costituito da un profilo HEB 300 ed il secondo da un profilo HEA 260. I due profili sono fisicamente collegati da piatti di coprigiunto bullonati e imbottiture senza funzione portante (non-bearing splice).

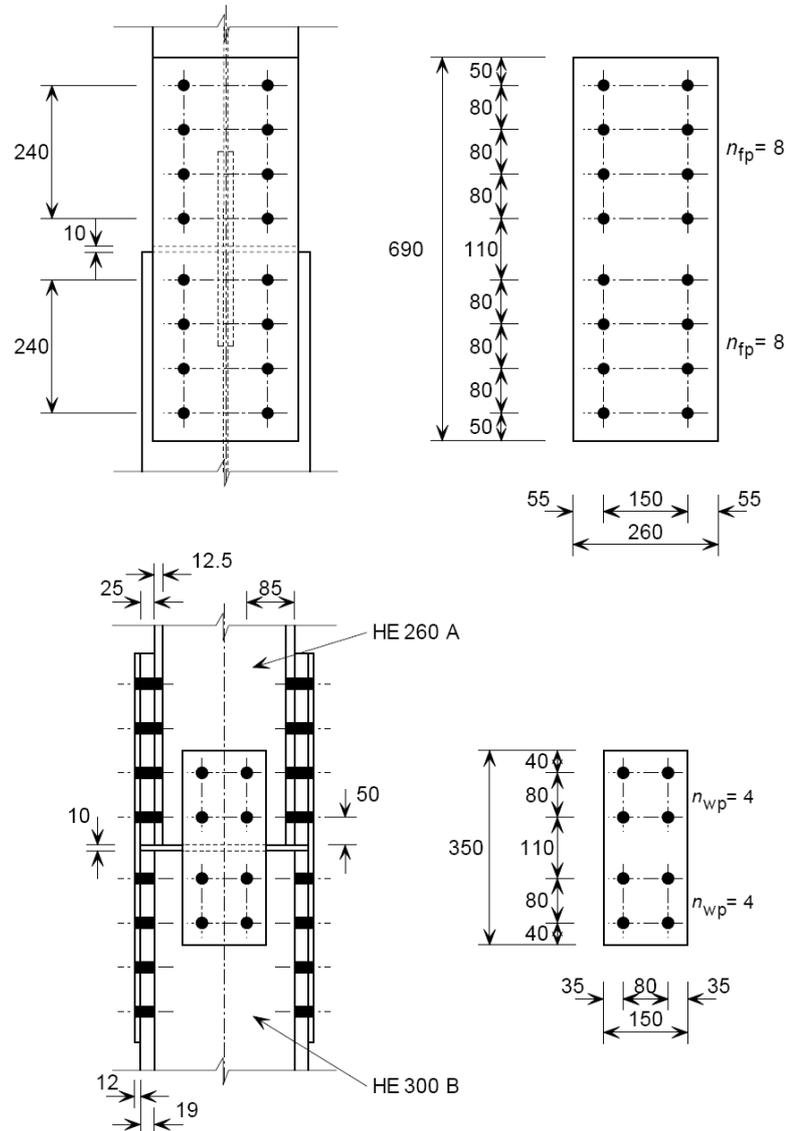
Il materiale delle colonne e dei coprigiunti è acciaio S355 - EN 10025; i bulloni sono M24 8.8 ed il giunto è di categoria “A” (resistente a taglio).

Sono previsti 8 bulloni di giunto piattabande e 4 bulloni di giunto anime.

Lo spessore dei coprigiunti delle piattabande è 12 mm; i piatti sono applicati esclusivamente all'esterno dei profili mentre per la giunzione delle anime sono previsti 2 piatti di spessore 8 mm. Per la continuità delle piattabande sono previsti due piatti di imbottitura esterni alla parte di colonna superiore di spessore 25 mm mentre per la continuità delle anime sono previsti 2 piatti di imbottitura di spessore 2 mm. Come già detto, i piatti di imbottitura non hanno funzione portante. Le sollecitazioni per lo S.L.U. provengono da un calcolo sismico della struttura cui appartiene la colonna; sono indicate anche sollecitazioni per lo S.L.S. allo scopo di evidenziare nel seguito la resistenza del giunto di categoria “B” allo scorrimento.

## 1.1 Progetto in condizioni sismiche di elemento dissipativo

La seguente figura riporta le caratteristiche geometriche del giunto di continuità in esame.



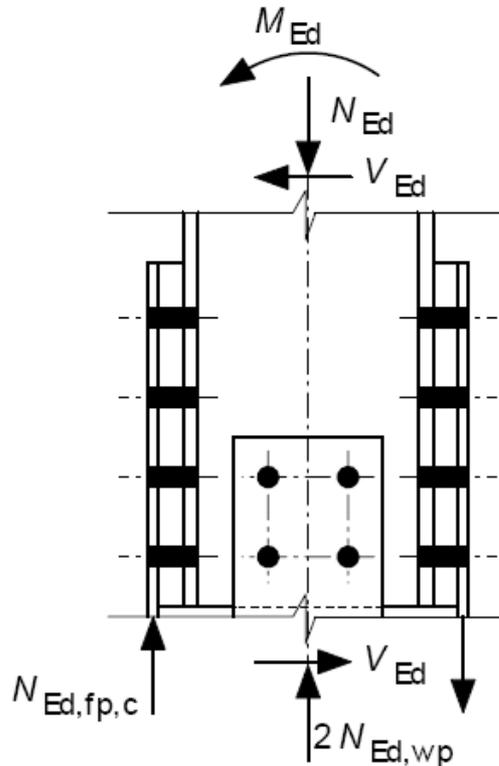
Le sollecitazioni di progetto per lo **S.L.U** sono:

- taglio:  $V_{Ed} = 8 \text{ kN}$
- momento:  $M_{Ed} = 1500 \text{ kNcm}$
- forza assiale di compressione:  $N_{Ed} = 1767 \text{ kN}$

Le sollecitazioni di progetto per lo **S.L.S** sono:

- taglio:  $V_{Ed} = 6 \text{ kN}$
- momento:  $M_{Ed} = 1000 \text{ kNcm}$
- forza assiale di compressione:  $N_{Ed} = 1200 \text{ kN}$

Lo schema di calcolo è il seguente:



I dati di progetto nel calcolo automatico sono riassunti nella seguente parte del foglio di calcolo del programma “GiuntoCont”:

VERIFICA UNIONE BULLONATA DI CONTINUITA' - STATI LIMITE				DISTRIBUZIONE PLASTICA DELLE FORZE			
ELEMENTI DEL GIUNTO :				in accordo con EN 1993-1-8 e NTC 2008			
TRAVE : tipo : (1,2,3,4,5)	3	S 355 EN 10025	$f_y = 35,50$ kN/cm <sup>2</sup>	$f_u = 51,00$ kN/cm <sup>2</sup>			
giunto tipo	senza imbottiture semplice o doppio	con imbottiture di sp.	anima : cm 0,2	senza coprigiunto piattab. momento e taglio su coprigiunto anima			
2	coprigiunto piattab.	piattab. cm 2,5					
PIATTI : (1,2,3,4,5)	3	S 355 EN 10025	$f_y = 35,50$ kN/cm <sup>2</sup>	$f_u = 51,00$ kN/cm <sup>2</sup>			
BULLONI : (A,B,C)	B	RESIST. ATTRITO S.L.S.	DIAM. BULL. - FORI (mm)	24	26		
in fila semplice	allineati su più file	sfalsati	CLASSE BULLONI	CL.	8.8		
n° bull.	n° bull.	n° bull.	AREA SEZIONE (cm <sup>2</sup> )	gambo	4,52		
				filetto	3,53		
			RESIST. A ROTTURA	$f_{ub}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	80,00		
			FORZA DI PRECARICO	$F_{p,Cd}$ (kN)	197,60		
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO		$V_{Ed,ult.} =$	8	kN	$V_{Ed,serv.} =$	6	kN
sezione scatolare ? (S,N)	N	$M_{Ed,ult.} =$	1500	kNcm	$M_{Ed,serv.} =$	1000	kNcm
n° piatti di giunto anima	2	$N_{Ed,ult.} =$	1767	kN	$N_{Ed,serv.} =$	1200	kN

La schermata sopra riportata contiene alcune informazioni aggiuntive che sono:

- Scelta della distribuzione delle forze sui bulloni dell'anima. Nel caso in esame si è scelta una distribuzione plastica con forze equamente distribuite tra i bulloni. La distribuzione

plastica delle forze tra piattabande e anima può essere liberamente scelta purchè vi sia equilibrio tra forze interne ed esterne.

- Per il caso in esame è stata scelta una distribuzione che prevede parte dell'azione assiale  $N_{Ed}$  attribuita all'anima e parte alle piattabande mentre l'intero momento flettente  $M_{Ed}$  è attribuito alle sole piattabande.
- Nel programma automatico la scelta è fatta tramite un pulsante a tendina.

parte di N e 100% M su flange

**Coeff. di distrib. lineare delle forze : f =** **1,000**

Ripartizione delle sollecitazioni tra anima e piattabande:

$$N_w = 444 \text{ kN} \quad N_r = 1323 \text{ kN}$$

$$M_w = 0 \text{ kNcm} \quad M_r = 1500 \text{ kNcm}$$

parte di N e 100% M su flange

**Coeff. di distrib. lineare delle forze : f =** **1,000**

Altre distribuzioni prevedono il 100% della forza assiale e del momento attribuiti alle piattabande mentre all'anima viene attribuita la sola resistenza al taglio, o ancora il 100 % della forza assiale sulle piattabande insieme a parte di  $M_{Ed}$  mentre all'anima, oltre al taglio, è attribuita la parte restante del momento flettente.

- Il calcolo automatico prevede anche il caso di giunti di continuità di elementi scatolari.
- Per la giunzione delle anime può essere scelta una particolare distribuzione dei bulloni (allineati su 1 o più file o sfalsati)
- Il giunto può essere scelto tra 3 tipologie: continuità di uguali profili senza imbottiture, con semplice o doppio coprigiunto; continuità di profili differenti con imbottiture di spessore definito e con semplice o doppio coprigiunto; continuità di profili uguali senza coprigiunti sulle piattabande (momento taglio e forza assiale sono attribuiti alla sola anima).

Di seguito si riporta la schermata del programma relativa alla geometria del giunto:

CARATTERISTICHE DEL GIUNTO :

$\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_p}$  Packing plates

	anima	piattabanda
N° file trasversali bulloni	N° file = 2	4
N° bulloni su 1 fila trasv.	n (>= 2) = 2	2
Bulloni allineati ?	(S,N) S	S
Largh. piatto di giunto	h = cm 15	26
Dist. 1 fila bull.- asse	a <sub>2</sub> = cm 5,5	5,5
Passo trasv. bulloni	p <sub>2</sub> = cm 8	15
Passo longit. bulloni	p <sub>1</sub> = cm 8	8
Dist. long. da bordo est.	e <sub>1</sub> = cm 4	5
Dist. tras. da bordo est.	e <sub>2</sub> = cm 3,50	5,50
Interspazio elementi	i = cm 1,00	1,00
Dist. trasv. bull. estremi	d = cm 8,00	15,00
Area della sezione minima	A = cm <sup>2</sup>	86,8
Spessore piatti di giunto anima	t <sub>f,w</sub> = cm	0,8
Spessore piatti di giunto piattab.	t <sub>f,f</sub> = cm	1,2
Spessore anima elem. collegato	t <sub>w</sub> = cm	0,75

altezza sezione H = 25 cm  
 larghezza piattab. b = 26 cm  
 spessore piattab. t<sub>f</sub> = 1,25 cm

## 1.2 Verifica dei piatti di coprigiunto delle piattabande e dell'anima a compressione

la forza di compressione sul piatto di **coprigiunto singolo delle piattabande** è data da:

$$N_{Ed,fp,c} = \frac{M_{Ed}}{h_{uc}} + (N_{Ed,G} + N_{Ed,Q}) \left( \frac{A_{f,uc}}{A_{uc}} \right)$$

In cui:  $N_{Ed,G} + N_{Ed,Q} = N_{Ed}$  precedentemente definito  
 $A_{f,uc}$  = area della flangia della parte di colonna superiore (HEA 260)  
 $A_{uc}$  = area della sezione della parte di colonna superiore (HEA 260)

Dal calcolo automatico si evidenziano di seguito le forze agenti sul giunto delle piattabande e dell'anima individuate dalla parola "gruppo" e le forze massime sul singolo bullone individuate dalla parola "singolo"

		singolo	gruppo
<b>FORZA RISULTANTE TOTALE SUI BULLONI :</b>	<b>ANIMA : <math>F_{v,Ed,w} =</math> kN</b>	<b>111,0</b>	<b>443,8</b>
<b>PIATTABANDE CON SEMPLICE COPRIGIUNTO</b>	<b>PIATTABANDA : <math>F_{v,Ed,f} =</math> kN</b>	<b>90,2</b>	<b>721,6</b>

La forza totale sul giunto della piattabanda è quindi  $N_{Ed,fp,c} = F_{v,Ed,f} = 721,6$  kN

La forza resistente è data dalla norma EN 1993-1-1 & 6.2.4 (2) e & 6.3.1.1 (3):

$$N_{Rd,fp,c} = \frac{A_{fp} f_{y,p}}{\gamma_{M0}} \quad \text{if } p_{1,fp,j} / t_{fp} \leq 9\epsilon \quad (\text{see note 2 in Table 3.3 of EN1993-1-8})$$

$$N_{Rd,fp,c} = N_{b,Rd,fp} = \frac{\chi A_{fp} f_{y,p}}{\gamma_{M1}} \quad \text{if } p_{1,fp,j} / t_{fp} > 9\epsilon$$

In cui:  $A_{fp}$  = area del piatto di giunto della piattabanda  
 $f_{y,p}$  = tensione di snervamento del piatto di giunto  
 $p_{1,fp,j}$  = passo dei bulloni in direzione parallela alla forza NEd  
 $t_{fp}$  = spessore del piatto di giunto delle piattabande  
 $\chi$  = coefficiente di riduzione per la stabilità (EN 1993-1-1) calcolato per una lunghezza critica pari alla distanza tra i bulloni a "cavallo" del giunto e per un fattore di forma corrispondente alla curva di instabilità "c" ( $\alpha = 0,49$ )

Identico ragionamento si fa per i piatti di **coprigiunto dell'anima** (coppia di piatti) per i quali valgono le stesse formule soprariportate ma con i parametri riferiti alle anime

$$N_{Rd,wp,c} = \frac{A_{wp} f_{y,p}}{\gamma_{M0}} \quad \text{if } p_{1,wp,j}/t_{wp} \leq 9\varepsilon \quad (\text{see note 2, Table 3.3 of EN1993-1-8})$$

$$N_{Rd,wp,c} = N_{b,Rd,wp} = \frac{\chi A_{wp} f_{y,p}}{\gamma_{M1}} \quad \text{if } p_{1,wp,j}/t_{wp} > 9\varepsilon$$

La verifica a compressione dei piatti di giunto è riportata nella seguente schermata che è parte del foglio di calcolo automatico:

EN 1993-1-1 6.3.1.2 - 6.2.3	<b>RESISTENZA A COMPRESSIONE DEI PIATTI DI GIUNTO :</b>				$p_{1w}/t_{1w} =$	13,75	$p_{1f}/t_{1f} =$	9,17	
	$N_{b,Rd,fp} = \frac{\chi A_{fp} f_{y,p}}{\gamma_{M1}}$	$L_{cr} = 0,6 \cdot P'$	$\gamma_{M1} =$	1	$\chi_w =$	0,91	$\chi_f =$	0,97	
	ANIMA :		$N_{b,Ed,w} =$	221,9	kN	$N_{b,Rd,w} =$		388,1	kN
	PIATTAB. :		$N_{b,Ed,f} =$	721,6	kN	$N_{b,Rd,f} =$		1079,8	kN

La verifica è soddisfatta risultando:

per l'anima:  $N_{b,Rd,w} > N_{b,Ed,w}$  ovvero  $388,1 > 221,9$  kN

per le piattabande:  $N_{b,Rd,f} > N_{b,Ed,f}$  ovvero  $1079,8 > 721,6$  kN

### 1.3 Verifica di resistenza dei bulloni di giunto delle piattabande e dell'anima

La forza agente sul giunto della piattabanda precedentemente calcolata è:

$$N_{Ed,fp,c} = F_{v,Ed,f} = 721,6 \text{ kN}$$

Per bulloni di categoria "A" la resistenza del gruppo di bulloni è data da:

$$\begin{aligned} V_{Rd,fp} &= \sum F_{b,Rd} && \text{if } F_{v,Rd} \geq (F_{b,Rd})_{\max} \\ &= n_{fp} (F_{b,Rd})_{\min} && \text{if } (F_{b,Rd})_{\min} \leq F_{v,Rd} < (F_{b,Rd})_{\max} \\ &= n_{fp} F_{v,Rd} && \text{if } (F_{b,Rd})_{\min} > F_{v,Rd} \end{aligned}$$

In cui:  $F_{b,Rd}$  = resistenza a rifollamento del singolo bullone

$n_{fp}$  = numero bulloni di giunto piattabanda

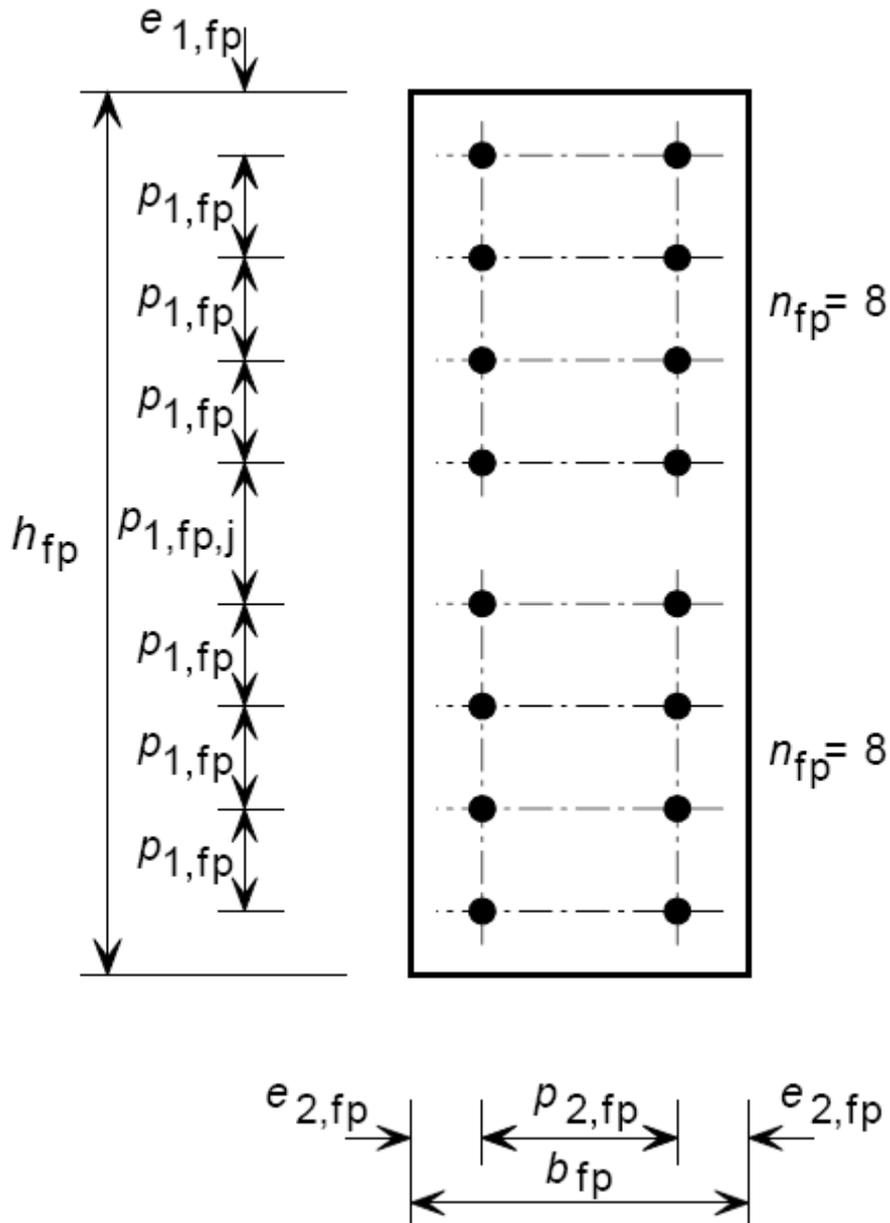
$F_{v,Rd}$  = resistenza a taglio del singolo bullone

La resistenza a rifollamento è data dalla seguente espressione ricavata dalla tab. 3.4 della EN 1993-1-8.

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_{fp}}{\gamma_{M2}}$$

In cui:

$$k_1 = \min \left( 2,8 \frac{e_{2,fp}}{d_0} - 1,7; \quad 1,4 \frac{p_{2,fp}}{d_0} - 1,7; \quad 2,5 \right)$$



$$\alpha_b = \left( \alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0 \right)$$

Per i bulloni esterni:

$$\alpha_d = \frac{e_{1,fp}}{3d_0}$$

Per i bulloni interni:

$$\alpha_d = \frac{p_{1,fp}}{3d_0} - \frac{1}{4}$$

La resistenza a taglio del bullone per ciascuna sezione sollecitata è calcolata in base alle indicazioni della tabella 3.4 della EN 1993-1-8 e vale:

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

In cui:  $\beta_p$  è un parametro di riduzione che tiene conto della presenza delle imbottiture:

$$\beta_p = \frac{9d}{8d + 3t_{pa}}$$

$d$  = diametro del bullone

$t_{pa}$  = spessore dell'imbottitura

$\alpha_v$  = coefficiente dipendente dal tipo di bulloni (0,6 per classe 8.8)

$f_{ub}$  = resistenza a rottura del bullone

$A_s$  = area della sezione del bullone

$\gamma_{M2}$  = coefficiente di sicurezza = 1,25

La resistenza a taglio dei bulloni singoli e in gruppo è automaticamente calcolata sia per i bulloni di giunto anima che per quelli di giunto piattabande:

EN 1993-1-8 - Item 3.6.1 (12) - coeff. di riduz. per imbottiture $\beta_p =$		anima 1,00	piattab. 0,81	singolo	gruppo	
3.6.1	<b>RESISTENZA A TAGLIO DEI BULLONI :</b>	$\gamma_{M2} =$	1,25	ANIMA : $F_{v,Rd,w} = \text{kN}$	271,0	1084,0
	$F_{v,Ed,i} \leq F_{v,Rd,i}$	n° piatti giunto flange =	1	PIATTAB. : $F_{v,Rd,f} = \text{kN}$	109,6	876,9

La verifica a taglio dei bulloni è soddisfatta perché sia la resistenza del bullone singolo che quella dei bulloni in gruppo sono maggiori della sollecitazione di progetto.

Bullone singolo:  $F_{w,Rd,f} = 109,6 \text{ kN} > F_{v,Ed,f} = 90,2 \text{ kN}$

Gruppo bulloni:  $F_{w,Rd,f} = 876,9 \text{ kN} > F_{v,Ed,f} = 721,6 \text{ kN}$

### 1.3.1 Verifica a rifollamento dei piatti di coprigiunto

La resistenza al rifollamento del piatto di giunto della flangia e dell'anima è calcolata automaticamente sia per l'azione del singolo bullone (espressa in valore minimo per bulloni esterni ed in valore massimo per bulloni interni) sia per l'azione dei bulloni in gruppo. La seguente parte del foglio di calcolo riassume i suddetti valori:

$k_{1,wp} =$	2,069	$k_{1,fp} =$	2,500	$\alpha_{wp} =$	0,513	0,776	$\alpha_{fp} =$	0,641	0,776
3.6.1 RIFOLLAMENTO PIATTI DI GIUNTO :		$V_{Rd,wp,gr} = \text{kN}$	835,4	ANIMA : $F_{b,Rd,w} = \text{kN}$	est	166,3	int	251,5	
$F_{v,Ed,i} \leq F_{b,Rd,i}$		$V_{Rd,fp,gr} = \text{kN}$	876,9	PIATTAB. : $F_{b,Rd,f} = \text{kN}$	est	188,3	int	227,9	

La verifica a rifollamento del bullone singolo è soddisfatta perché risulta:

Bullone singolo piattabanda:  $F_{b,Rd,f} = 188,3 \text{ kN} > F_{v,Ed,f} = 90,2 \text{ kN}$

Bullone singolo anima:  $F_{b,Rd,f} = 166,3 \text{ kN} > F_{v,Ed,f} = 111 \text{ kN}$

Per la verifica globale della **giunzione delle piattabande**, poiché risulta che la resistenza a taglio del singolo bullone ( $F_{v,Rd,f} = 109,6 \text{ kN}$ ) è minore della resistenza minima a rifollamento ( $F_{b,Rd,f} = 188,3 \text{ kN}$ ), l'azione dei bulloni in gruppo è calcolata con l'espressione:

$$F_{Rd,fp} = V_{Rd,fp,gr} = n_{fp} \cdot F_{v,Rd,f} = 8 \cdot 109,6 = 876,9 \text{ kN} > 721,6 \text{ kN} \quad (\text{forza sulle piattabande})$$

Analogia verifica viene eseguita per la **giunzione dell'anima**;

poiché risulta che la resistenza a taglio del singolo bullone ( $F_{v,Rd,w} = 271 \text{ kN}$ ) per taglio su 2 sezioni) è maggiore della massima resistenza a rifollamento ( $F_{b,Rd,w} = 251,5 \text{ kN}$ ), l'azione dei bulloni in gruppo è calcolata con l'espressione:

$$F_{Rd,wp} = V_{Rd,wp,gr} = S F_{b,Rd,w} = n_{wp,est} \cdot F_{b,Rd,w,min} + n_{wp,int} \cdot F_{b,Rd,w,max}$$

$$F_{Rd,wp} = V_{Rd,wp,gr} = 2 \cdot 166,3 + 2 \cdot 251,5 = 835,4 \text{ kN} > 444 \text{ kN} \quad (\text{forza sull'anima})$$

### 1.4 Verifica a rifollamento dell'anima e della piattabanda della colonna

Si segue lo stesso criterio illustrato per i piatti di coprigiunto ottenendo i seguenti risultati calcolati automaticamente:

$k_{1,w} =$	2,500	$k_{1,f} =$	2,500	$\alpha_w =$	0,641	0,776	$\alpha_f =$	0,641	0,776
3.6.1	RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO :			$V_{Rd,w,gr} =$ kN	520,2	ANIMA :	$F_{b,Rd,w} =$ kN	est 117,7	int 142,4
	$F_{v,Ed,i} \leq F_{b,Rd,i}$			$V_{Rd,f,gr} =$ kN	876,9	PIATTAB. :	$F_{b,Rd,f} =$ kN	est 196,2	int 237,3

La verifica a rifollamento del bullone singolo è soddisfatta perché risulta:

$$\text{Bullone singolo piattabanda: } F_{b,Rd,f} = 196,2 \text{ kN} > F_{v,Ed,f} = 90,2 \text{ kN}$$

$$\text{Bullone singolo anima: } F_{b,Rd,f} = 117,7 \text{ kN} > F_{v,Ed,f} = 111 \text{ kN}$$

La verifica a **rifollamento dei bulloni dell'anima in gruppo** è di seguito riportata;

poiché risulta che la resistenza a taglio del singolo bullone ( $F_{v,Rd,w} = 271 \text{ kN}$ ) per taglio su 2 sezioni) è maggiore della massima resistenza a rifollamento ( $F_{b,Rd,w} = 142,4 \text{ kN}$ ), l'azione dei bulloni in gruppo è calcolata con l'espressione:

$$F_{Rd,wp} = V_{Rd,wp,gr} = S F_{b,Rd,w} = n_{wp,est} \cdot F_{b,Rd,w,min} + n_{wp,int} \cdot F_{b,Rd,w,max}$$

$$F_{Rd,wp} = V_{Rd,wp,gr} = 2 \cdot 117,7 + 2 \cdot 142,4 = 520,2 \text{ kN} > 444 \text{ kN} \quad (\text{forza sull'anima})$$

La verifica a **rifollamento dei bulloni delle piattabande in gruppo** è di seguito riportata;

poiché risulta che la resistenza a taglio del singolo bullone ( $F_{v,Rd,f} = 109,6 \text{ kN}$ ) per taglio su 1 sezione) è minore della minima resistenza a rifollamento ( $F_{b,Rd,f} = 196,2 \text{ kN}$ ), l'azione dei bulloni in gruppo è calcolata con l'espressione:

$$F_{Rd,fp} = V_{Rd,fp,gr} = n_{fp} \cdot F_{v,Rd,f} = 8 \cdot 109,6 = 876,9 \text{ kN} > 721,6 \text{ kN} \quad (\text{forza sulle piattabande})$$

## 1.5 Verifica di resistenza allo scorrimento per lo S.L.S.

tale verifica è richiesta per bulloni di classe "B" ad alta resistenza 8.8 o 10.9. Di seguito è riportata la verifica di resistenza allo scorrimento per lo S.L.S. così come eseguita dal programma "GiuntoCont":

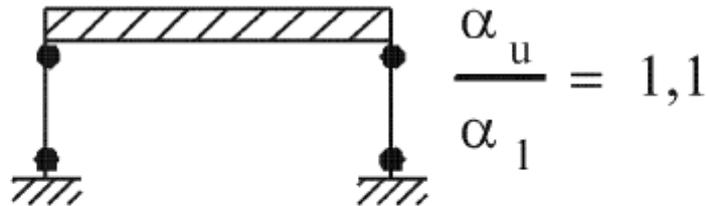
VERIFICA AD ATTRITO ALLO S.L.S.				$\gamma_{M3} =$	1,1	$\mu =$ coeff. attr.	0,5	
3.9.1	$N_f =$ kN	899	ANIMA :	$F_{v,Ed,w} =$	75,4	kN	$F_{s,Rd,w} =$ kN	179,6
	$M_f =$ kNcm	1000	PIATTAB. :	$F_{v,Ed,f} =$	76,2	kN	$F_{s,Rd,f} =$ kN	89,8

Per una superficie trattata in modo da garantire un coefficiente di attrito  $\mu = 0,5$  la resistenza allo scorrimento del singolo bullone delle piattabande è di **89,8 kN**, maggiore della forza agente sulla piattabanda allo S.L.S. pari a **76,2 kN**.

Ipotizzando che la colonna nella sua parte superiore sia **elemento dissipativo** dell'effetto

sismico e che le stesse azioni di progetto per lo S.L.U. siano conseguenti all'azione sismica, il tipo di giunto di continuità prima progettato non risulta idoneo a garantire il criterio di sovrarresistenza del giunto stesso rispetto alla colonna.

La seguente schermata illustra la verifica eseguita dal programma di calcolo automatico per **elemento dissipativo a bassa duttilità** appartenente a struttura del tipo indicato nello schema seguente (pendolo inverso):



b)

coefficienti di sicurezza del materiale :  $\gamma_{ov} = 1,2$  per S 235  
 valore di  $\gamma_{ov}$  raccomandato dall'EC8 ?  $\gamma_{ov} = 1,15$  per S 275  
 struttura a bassa o media duttilità  $\gamma_{RD} = 1,1$   $\gamma_{ov} = 1,1$  per S 355 , 420 , 460 } **1,1**

1 : RESISTENZA DELL'UNIONE BULLONATA : n° bulloni anima 4

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

$R_{j,Rd.f}$ = resistenza di progetto del collegamento delle piattabande	877 kN	
$R_{j,Rd.w}$ = resistenza di progetto del collegamento dell'anima	1084 kN	
$R_{pl,Rd.f}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata	1154 kN	
$R_{pl,Rd.w}$ = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata	300 kN	
PIATTABANDE $R_{j,Rd.f} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd.f} =$	1396 kN	
ANIMA $R_{j,Rd.w} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd.w} =$	362 kN	

2 : RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO DELLA SEZIONE :

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

$R_{j,Rd.f}$ = resistenza di progetto al rifollamento delle piattabande	877 kN	
$R_{j,Rd.w}$ = resistenza di progetto al rifollamento dell'anima	520 kN	
$R_{pl,Rd.f}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata	1154 kN	
$R_{pl,Rd.w}$ = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata	300 kN	
PIATTABANDE $R_{j,Rd.f} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd.f} =$	1396 kN	
ANIMA $R_{j,Rd.w} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd.w} =$	362 kN	

3 : RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO DEI PIATTI DI COPRIGIUNTO :

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

$R_{j,Rd.f}$ = resistenza di progetto al rifollamento coprighiunto piattabande	877 kN	
$R_{j,Rd.w}$ = resistenza di progetto al rifollamento coprighiunto dell'anima	835 kN	
$R_{pl,Rd.f}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata	1154 kN	
$R_{pl,Rd.w}$ = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata	300 kN	
PIATTABANDE $R_{j,Rd.f} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd.f} =$	1396 kN	
ANIMA $R_{j,Rd.w} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd.w} =$	362 kN	

In particolare non è soddisfatto il criterio di **sovraresistenza delle piattabande** dovuto principalmente al fatto che è stato previsto un solo piatto esterno di coprigiunto. Considerando **due piatti di coprigiunto** per ciascuna piattabanda (aggiungendo i necessari spessoramenti) si ha il seguente risultato:

1 : **RESISTENZA DELL'UNIONE BULLONATA** : n° bulloni anima 4

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

$R_{j,Rd,f}$ = resistenza di progetto del collegamento delle piattabande	1754 kN	
$R_{j,Rd,w}$ = resistenza di progetto del collegamento dell'anima	1084 kN	
$R_{pl,Rd,f}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata	1154 kN	
$R_{pl,Rd,w}$ = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata	300 kN	
PIATTABANDE $R_{j,Rd,f} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd,f} =$	1396 kN	
ANIMA $R_{j,Rd,w} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd,w} =$	362 kN	

2 : **RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO DELLA SEZIONE :**

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

$R_{j,Rd,f}$ = resistenza di progetto al rifollamento delle piattabande	1569 kN	
$R_{j,Rd,w}$ = resistenza di progetto al rifollamento dell'anima	520 kN	
$R_{pl,Rd,f}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata	1154 kN	
$R_{pl,Rd,w}$ = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata	300 kN	
PIATTABANDE $R_{j,Rd,f} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd,f} =$	1396 kN	
ANIMA $R_{j,Rd,w} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd,w} =$	362 kN	

3 : **RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO DEI PIATTI DI COPRIGIUNTO :**

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

$R_{j,Rd,f}$ = resistenza di progetto al rifollamento coprigiunto piattabande	1754 kN	
$R_{j,Rd,w}$ = resistenza di progetto al rifollamento coprigiunto dell'anima	835 kN	
$R_{pl,Rd,f}$ = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata	1154 kN	
$R_{pl,Rd,w}$ = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata	300 kN	
PIATTABANDE $R_{j,Rd,f} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd,f} =$	1396 kN	
ANIMA $R_{j,Rd,w} \geq \gamma_{ov} \cdot S \cdot R_{pl,Rd,w} =$	362 kN	

gerarchia interna al nodo non richiesta per classe di duttilità CD bassa o media		<b>gerarchia delle resistenze</b>	
resistenza a rifollamento >	resistenza bulloni >	resistenza trave collegata	
coprigiunti sezione	$M_{j,Rd} = 37269 \text{ kNcm}$	$\gamma_{RD} \cdot M_{b,pl,Rd} = 33848 \text{ kNcm}$	
1,256 1,124	1,256	1,00	<b>VERIFICA NO !</b>

Si nota che non è soddisfatto il criterio della **gerarchia delle resistenze** nel caso di **elemento dissipativo ad alta duttilità**; se anche questo criterio deve essere soddisfatto è necessario ridurre la resistenza dei bulloni e/o incrementare la resistenza della sezione. Ciò è possibile riducendo semplicemente il diametro dei bulloni **da 24 a 22 mm** aumentandone il numero sulle piattabande **da 8 a 10**. Il risultato finale è di seguito riportato.

coefficienti di sicurezza del materiale :

 $\gamma_{ov} = 1,2$  per S 235valore di  $\gamma_{ov}$  raccomandato dall'EC8 ? $\gamma_{ov} = 1,15$  per S 275

struttura ad alta duttilità

 $\gamma_{RD} = 1,3$  $\gamma_{ov} = 1,1$  per S 355 , 420 , 460

1,1

1 : RESISTENZA DELL'UNIONE BULLONATA : n° bulloni anima 4

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

 $R_{j,Rd,f}$  = resistenza di progetto del collegamento delle piattabande

1796 kN

 $R_{j,Rd,w}$  = resistenza di progetto del collegamento dell'anima

911 kN

 $R_{pl,Rd,f}$  = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata

1154 kN

 $R_{pl,Rd,w}$  = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata

300 kN

PIATTABANDE

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

1396 kN

ANIMA

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

362 kN

2 : RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO DELLA SEZIONE :

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

 $R_{j,Rd,f}$  = resistenza di progetto al rifollamento delle piattabande

1796 kN

 $R_{j,Rd,w}$  = resistenza di progetto al rifollamento dell'anima

524 kN

 $R_{pl,Rd,f}$  = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata

1154 kN

 $R_{pl,Rd,w}$  = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata

300 kN

PIATTABANDE

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

1396 kN

ANIMA

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

362 kN

3 : RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO DEI PIATTI DI COPRIGIUNTO :

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

 $R_{j,Rd,f}$  = resistenza di progetto al rifollamento coprighiunto piattabande

1796 kN

 $R_{j,Rd,w}$  = resistenza di progetto al rifollamento coprighiunto dell'anima

761 kN

 $R_{pl,Rd,f}$  = resistenza plastica di progetto della piattabanda collegata

1154 kN

 $R_{pl,Rd,w}$  = resistenza plastica di progetto dell'anima collegata

300 kN

PIATTABANDE

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

1396 kN

ANIMA

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

362 kN

### gerarchia delle resistenze

resistenza a rifollamento &gt;

resistenza bulloni &gt;

resistenza trave collegata

coprighiunti

sezione

 $M_{j,Rd} = 42662$  kNcm $\gamma_{RD} \cdot M_{b,pl,Rd} = 40003$  kNcm

1,287

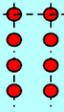
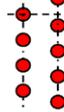
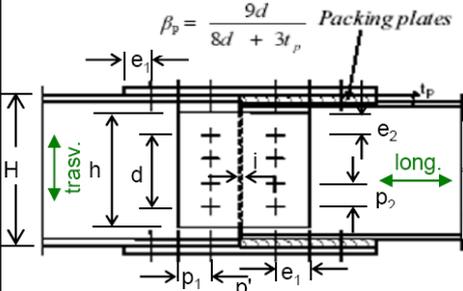
1,287

1,287

1,00

VERIFICA OK !

Per completezza si riporta di seguito la verifica del giunto con le modifiche apportate per il soddisfacimento delle esigenze antisismiche.

VERIFICA UNIONE BULLONATA DI CONTINUITA' - STATI LIMITE				DISTRIBUZIONE PLASTICA DELLE FORZE																																													
ELEMENTI DEL GIUNTO :				in accordo con EN 1993-1-8 e NTC 2008																																													
TRAVE : tipo : (1,2,3,4,5)		3	S 355 EN 10025	$f_y = 35,50$ kN/cm <sup>2</sup>	$f_u = 51,00$ kN/cm <sup>2</sup>																																												
giunto tipo	senza imbottiture semplice o doppio		con imbottiture di sp. anima : cm 0,2 piattab. cm 2,5		senza coprigiunto piattab. momento e taglio su coprigiunto anima																																												
2	coprigiunto piattab.																																																
PIATTI : (1,2,3,4,5)		3	S 355 EN 10025	$f_y = 35,50$ kN/cm <sup>2</sup>	$f_u = 51,00$ kN/cm <sup>2</sup>																																												
BULLONI : (A,B,C)		B	RESIST. ATTRITO S.L.S.	DIAM. BULL. - FORI (mm)	22 24																																												
in fila semplice	allineati su più file	sfasati	CLASSE BULLONI	CL.	8.8																																												
			AREA SEZIONE (cm <sup>2</sup> )	gambo filetto	3,80 2,97																																												
n° bull.	n° bull.	n° bull.	RESIST. A ROTTURA	$f_{ub}$ (kN/cm <sup>2</sup> )	80,00																																												
	4		FORZA DI PRECARICO	$F_{p,Cd}$ (kN)	166,04																																												
SOLLECITAZIONI DI PROGETTO →				$V_{Ed,ult.} = 8$ kN	$V_{Ed.serv.} = 6$ kN																																												
sezione scatolare ? (S,N)	N	$M_{Ed,ult.} = 1500$ kNcm	$M_{Ed.serv.} = 1000$ kNcm																																														
n° piatti di giunto anima	2	$N_{Ed,ult.} = 1767$ kN	$N_{Ed.serv.} = 1200$ kN																																														
CARATTERISTICHE DEL GIUNTO :				<table border="1"> <tr> <td>N° file trasversali bulloni</td> <td>N° file =</td> <td>anima 2</td> <td>piattabanda 5</td> </tr> <tr> <td>N° bulloni su 1 fila trasv.</td> <td>n (&gt;= 2) =</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Bulloni allineati ? (S,N)</td> <td></td> <td>S</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>Largh. piatto di giunto</td> <td>h = cm</td> <td>15</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Dist. 1 fila bull.- asse</td> <td><math>a_2</math> = cm</td> <td>5,5</td> <td>5,5</td> </tr> <tr> <td>Passo trasv. bulloni</td> <td><math>p_2</math> = cm</td> <td>8</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Passo longit. bulloni</td> <td><math>p_1</math> = cm</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Dist. long. da bordo est.</td> <td><math>e_1</math> = cm</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Dist. tras. da bordo est.</td> <td><math>e_2</math> = cm</td> <td>3,50</td> <td>5,50</td> </tr> <tr> <td>Interspazio elementi</td> <td>i = cm</td> <td>1,00</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Dist. trasv. bull. estremi</td> <td>d = cm</td> <td>8,00</td> <td>15,00</td> </tr> </table>		N° file trasversali bulloni	N° file =	anima 2	piattabanda 5	N° bulloni su 1 fila trasv.	n (>= 2) =	2	2	Bulloni allineati ? (S,N)		S	S	Largh. piatto di giunto	h = cm	15	26	Dist. 1 fila bull.- asse	$a_2$ = cm	5,5	5,5	Passo trasv. bulloni	$p_2$ = cm	8	15	Passo longit. bulloni	$p_1$ = cm	8	8	Dist. long. da bordo est.	$e_1$ = cm	4	5	Dist. tras. da bordo est.	$e_2$ = cm	3,50	5,50	Interspazio elementi	i = cm	1,00	1,00	Dist. trasv. bull. estremi	d = cm	8,00	15,00
N° file trasversali bulloni	N° file =	anima 2	piattabanda 5																																														
N° bulloni su 1 fila trasv.	n (>= 2) =	2	2																																														
Bulloni allineati ? (S,N)		S	S																																														
Largh. piatto di giunto	h = cm	15	26																																														
Dist. 1 fila bull.- asse	$a_2$ = cm	5,5	5,5																																														
Passo trasv. bulloni	$p_2$ = cm	8	15																																														
Passo longit. bulloni	$p_1$ = cm	8	8																																														
Dist. long. da bordo est.	$e_1$ = cm	4	5																																														
Dist. tras. da bordo est.	$e_2$ = cm	3,50	5,50																																														
Interspazio elementi	i = cm	1,00	1,00																																														
Dist. trasv. bull. estremi	d = cm	8,00	15,00																																														
				<p>Area della sezione minima A = cm<sup>2</sup> 86,8</p> <p>Spessore piatti di giunto anima <math>t_{f,w}</math> = cm 0,8</p> <p>Spessore piatti di giunto piattab. <math>t_{f,r}</math> = cm 1,2</p> <p>Spessore anima elem. collegato <math>t_w</math> = cm 0,75</p> <p>parte di N e 100% M su flange</p>																																													
altezza sezione	H = 25 cm	$N_w = 444$ kN	$N_f = 1323$ kN																																														
larghezza piattab.	b = 26 cm	$M_w = 0$ kNcm	$M_f = 1500$ kNcm																																														
spessore piattab.	$t_f = 1,25$ cm	Coeff. di distrib. lineare delle forze : f = 1,000																																															
FORZA RISULTANTE TOTALE SUI BULLONI :				<table border="1"> <tr> <td>ANIMA : <math>F_{v,Ed,w}</math> = kN</td> <td>111,0</td> <td>443,8</td> </tr> <tr> <td>PIATTABANDE CON DOPPIO COPRIGIUNTO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PIATTABANDA : <math>F_{v,Ed,f}</math> = kN</td> <td>72,5</td> <td>724,8</td> </tr> </table>		ANIMA : $F_{v,Ed,w}$ = kN	111,0	443,8	PIATTABANDE CON DOPPIO COPRIGIUNTO			PIATTABANDA : $F_{v,Ed,f}$ = kN	72,5	724,8																																			
ANIMA : $F_{v,Ed,w}$ = kN	111,0	443,8																																															
PIATTABANDE CON DOPPIO COPRIGIUNTO																																																	
PIATTABANDA : $F_{v,Ed,f}$ = kN	72,5	724,8																																															
EN 1993-1-8 - item 3.6.1 (12) - coeff. di riduz. per imbottiture $\beta_p$ = anima 1,00 piattab. 0,79																																																	
3.6.1 RESISTENZA A TAGLIO DEI BULLONI : $\gamma_{M2} = 1,25$				ANIMA : $F_{v,Rd,w}$ = kN 227,7 910,9																																													
$F_{v,Ed,i} \leq F_{v,Rd,i}$ n° piatti giunto flange = 2				PIATTAB. : $F_{v,Rd,f}$ = kN 179,6 1796,3																																													
$k_{1,w} = 2,500$	$k_{1,f} = 2,500$	$\alpha_w = 0,694$	0,861	$\alpha_f = 0,694$	0,861																																												
3.6.1 RESISTENZA AL RIFOLLAMENTO : $V_{Rd,w,gr.} = 523,6$ kN				ANIMA : $F_{b,Rd,w}$ = kN est 116,9 int 144,9																																													
$F_{v,Ed,i} \leq F_{b,Rd,i}$ $V_{Rd,f,gr.} = 1796,3$ kN				PIATTAB. : $F_{b,Rd,f}$ = kN est 194,8 int 241,5																																													
$k_{1,wp} = 2,383$	$k_{1,fp} = 2,500$	$\alpha_{wp} = 0,556$	0,861	$\alpha_{fp} = 0,694$	0,861																																												
3.6.1 RIFOLLAMENTO PIATTI DI GIUNTO : $V_{Rd,wp,gr.} = 760,6$ kN				ANIMA : $F_{b,Rd,w}$ = kN est 190,2 int 294,7																																													
$F_{v,Ed,i} \leq F_{b,Rd,i}$ $V_{Rd,fp,gr.} = 1796,3$ kN				PIATTAB. : $F_{b,Rd,f}$ = kN est 374,0 int 463,8																																													
EN 1993-1-1 6.3.1.2 - 6.2.3 RESISTENZA A COMPRESIONE DEI PIATTI DI GIUNTO :				<table border="1"> <tr> <td><math>p_{1w} / t_{f,w} = 13,75</math></td> <td><math>p_{1f} / t_{f,f} = 9,17</math></td> </tr> <tr> <td><math>\chi_w = 0,91</math></td> <td><math>\chi_f = 0,97</math></td> </tr> </table>		$p_{1w} / t_{f,w} = 13,75$	$p_{1f} / t_{f,f} = 9,17$	$\chi_w = 0,91$	$\chi_f = 0,97$																																								
$p_{1w} / t_{f,w} = 13,75$	$p_{1f} / t_{f,f} = 9,17$																																																
$\chi_w = 0,91$	$\chi_f = 0,97$																																																
$N_{b,Rd,fp} = \frac{\chi A_{fp} f_{y,p}}{\gamma_{M1}}$ $L_{cr} = 0,6 \cdot P'$ $\gamma_{M1} = 1$				ANIMA : $N_{b,Ed,w} = 221,9$ kN $N_{b,Rd,w} = 388,1$ kN																																													
				PIATTAB. : $N_{b,Ed,f} = 362,4$ kN $N_{b,Rd,f} = 1079,8$ kN																																													
VERIFICA AD ATTRITO ALLO S.L.S. $\gamma_{M3} = 1,1$				$\mu =$ coeff.attr. 0,5																																													
3.9.1 $N_f = 899$ kN		ANIMA : $F_{v,Ed,w} = 75,4$ kN		$F_{s,Rd,w} = 150,9$ kN																																													
$M_f = 1000$ kNcm		PIATTAB. : $F_{v,Ed,f} = 61,8$ kN		$F_{s,Rd,f} = 150,9$ kN																																													