

COMMITTENTE: DIREZIONE TECNICA - INGEGNERIA CIVILE

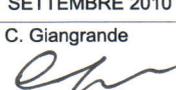
PROGETTAZIONE: S.O. AMBIENTE

PROGETTO ESECUTIVO

BARRIERE ANTIRUMORE STANDARD PER IMPIEGHI FERROVIARI TIPO "HS"

RELAZIONE DI CALCOLO PER TIPOLOGIA DI BARRIERA SU IMPALCATI - BARRIERA H4

Codice Progetto	Documento		Elaborato di Progetto N°	Scala:
	Tipo	Progressivo		
RFI DTC ICI AM ST 01 2010	REL.	01/01	10/17	-

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato
A	Emissione esecutiva	SETTEMBRE 2010 ITALFERR 	SETTEMBRE 2010 A. Rinaldi 	SETTEMBRE 2010 C. Giangrande 	SETTEMBRE 2010 P. Firmi 

Barriera antirumore standard tipo "HS" su impalcati.

Relazione di calcolo per tipologia di barriera H4 (4.44 m sul p.f.).

Relazione sui materiali

Relazione di calcolo (comprensiva di analisi dinamica per velocità fino a 300 km/h)

-INDICE-

1	RELAZIONE SUI MATERIALI	4
1.1	Calcestruzzo	4
1.1.1	Calcestruzzo Cordolo di Base della Barriera	4
1.1.2	Acciaio da C.A.	4
1.2	Acciaio	4
1.2.1	Acciaio per Carpenteria Metallica	4
1.2.2	Saldature	5
1.2.3	Bulloni	5
1.2.4	Collaudi materiali, saldature e lavorazioni	6
1.2.5	Verniciatura e zincatura	6
2	RELAZIONE DI CALCOLO	7
2.1	Premessa	7
2.2	Normative di Riferimento	12
2.3	Descrizione del modello	13
2.3.1	Condizioni di vincolo	14
2.3.2	Materiali	14
2.3.3	Caratteristiche inerziali	15
2.3.4	Carichi	16
2.3.5	Effetti dinamici dovuti alla pressione aerodinamica	21
2.3.6	Condizioni di carico elementari e Combinazioni di carico	25
2.4	Verifiche del montante in acciaio	27
2.4.1	Sezione 1V - Sezione Profilo 2T - Incastro	30
2.4.2	Sezione 2V - Sezione Profilo 2T - Fine irrigidenti.	32
2.4.3	Sezione 3V - Sezione Profilo 2T - 0.3m sul p.f.	34
2.4.4	Sezione 1 - Sezione Profilo 2T - 1.00m sul p.f.	36
2.4.5	Sezione 2 – Profilo 2T forata sulle ali - 2.5 m sul p.f.	38
2.4.6	Sezione 3 - Sezione comp. Tubo+T – 3.00 m sul p.f.	40
2.4.7	Sezione 4 - Sezione comp. Tubo+T – 3.25 m sul p.f.	44
2.4.8	Verifica del collegamento bullonato a quota 2.5 m sul p.f.	48

2.5	Verifica globale di deformabilità	55
2.6	VERIFICA DEI TIRAFONDI E DELLE PIASTRE DI BASE	56
2.6.1	Sollecitazioni	56
2.6.2	Verifica VH2 – V200	59
2.6.3	Verifica VH2 – V300	63
2.6.4	Verifica VH4 – V200	67
2.6.5	Verifica VH4 – V300	71

1 RELAZIONE SUI MATERIALI

1.1 Calcestruzzo

1.1.1 Calcestruzzo Cordolo di Base della Barriera

Si è assunto nelle verifiche un calcestruzzo di classe $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Questo in accordo alle indicazioni di normativa presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

Peso proprio $\gamma_c = 25000 \text{ N/m}^3$

Modulo elastico $E_c = 33722 \text{ N/mm}^2$ dalla formula $E_c = 5700 (R_{ck})^{0.5}$

Tensione ammissibile normale di compressione: $\sigma_{camm} = 6 + (R_{ck} - 15) / 4 = 11 \text{ N/mm}^2$

Tensione ammissibile tangenziale senza armature di taglio: $\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15) / 75 = 0.67 \text{ N/mm}^2$

Tensione ammissibile tangenziale con armature di taglio: $\tau_{c1} = 1.4 + (R_{ck} - 15) / 35 = 1.97 \text{ N/mm}^2$

1.1.2 Acciaio da C.A.

Si è assunto nelle verifiche un acciaio **B450C c.s.**

Modulo elastico $E_s = 2.06E+11 \text{ N/m}^2$

Tensione ammissibile a compressione e trazione: $\sigma_{samm} = 255 \text{ N/mm}^2$

Copriferro: 3.5 cm, sovrapposizioni $\geq 50 \phi$

1.2 Acciaio

1.2.1 Acciaio per Carpenteria Metallica

ACCIAIO S275J0	(Ex Fe430 C)	UNI EN 10025/05	per profili e lamiere non saldate
ACCIAIO S275J2	(Ex Fe430 D)	UNI EN 10025/05	per travi ed elementi saldati, tirafondi e tubi della sella

Si è quindi assunto nelle verifiche un acciaio Fe430 che in accordo alle indicazioni di normativa presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

Modulo elastico $E_s = 2.06E+11 \text{ N/m}^2$

Le tensioni ammissibili sono riportate nelle tabelle seguenti:

Fe430	CC1		CC2	
	t ≤ 40 mm	t > 40 mm	t ≤ 40 mm	t > 40 mm
$\sigma_{AMM} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	190	170	213.8	191.3
$\tau_{AMM} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	109.7	98.1	123.4	110.4

1.2.2 Saldature

Saldature di prima classe: secondo CNR 10011, secondo Istruzioni FS 44/S “Specifiche di istruzione tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari” e Istruzione FS 44/M “Specifiche tecniche relative al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travi metalliche e miste acciaio-calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia”.

Le WPS relative alle saldature dovranno essere esaminate da un Istituto regolarmente autorizzato avente le caratteristiche indicate nelle Istruzioni 44/S e 44/M e definitivamente approvate da RFI.

1.2.3 Bulloni

Con tolleranza h11(+0 -0.13 DM 9.1.96 p.7.3.2 – Istruzione FS 44/M)

Viti	UNI 5712	8.8	UNI3740	(Classe 8.8 EN 20898 PARTE 1 [^])
Dadi	UNI 5713	6S	UNI3740	(Classe 8 EN 20898 PARTE 2 [^])
Rosette	UNI 5714			(Acciaio C50 UNI 7845 EN 10083)
Rosette	UNI 5715/5716			(Acciaio C50 UNI 7845)

Viti a testa svasata piana con cava esagonale UNI5933

Bulloni ad alta resistenza di classe 8.8:

$$\sigma_{AMMB} = 317.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{AMMB} = 224.4 \text{ N/mm}^2$$

1.2.4 Collaudi materiali, saldature e lavorazioni

Secondo Istruzione FS 44/M “Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio-calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia” e Istruzione FS 44/S “Specificazione di istruzione tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari”.

1.2.5 Verniciatura e zincatura

Secondo Istruzione FS 44/V “Specificazione di istruzione tecnica dei cicli di verniciatura per la protezione della corrosione di opere metalliche nuove per la manutenzione di quelle esistenti” e Discipinare Tecnico delle barriere antirumore per impieghi ferroviari.

2 RELAZIONE DI CALCOLO

2.1 Premessa

Nel presente elaborato si riportano le analisi e le verifiche delle strutture di sostegno delle barriere VH4A (4.04 m sul p.f.) da utilizzare sia sulle linee standard che sulle linee AV con velocità fino a 300 km/h, disposte lungo linea con interasse 3.00m.

Si procede alla verifica dei montanti delle barriere VH4A in quanto, tra tutti i montanti a mensola da utilizzare su viadotto (da VH0 a VH4) sono quelli maggiormente sollecitati in quanto le barriere VH4 sono le più alte che si possono montare su viadotto con una struttura a mensola (vedi elaborato 11/17) ed essendo dotate di aggetto sono le più vicine al binario.

La struttura che sostiene i pannelli è composta da un montante metallico inferiore, inclinato di 12° sulla verticale sul p.f. e da un montante superiore collegato tramite un giunto bullonato. Il montante metallico superiore è costituito da un tubolare $\phi 88.9 \times 6.3$ mm e da un profilo reggipannello in composizione saldata caratterizzato da un'ala 240x10 mm ed un'anima di spessore 10 mm; la distanza fra profilo in composizione saldata e tubo è fissata in 135 mm. Gli archetti posteriori sono realizzati con tondi $\phi 30$.

La piastra di base è quadrata di dimensioni 700 x 700 mm e spessore 40 mm, con 4 + 4 fori per l'inserimento di tirafondi di diametro variabile in funzione dell'altezza di barriera e della velocità della linea secondo il seguente schema:

	V200	V300
VH2	4+4 ϕ 20	4+4 ϕ 30
VH4	4+4 ϕ 30	4+4 ϕ 40

Gli elementi strutturali ed i collegamenti sono stati progettati eseguendo:

- verifiche a fatica a tempo infinito, per le quali si è fatto riferimento alle sollecitazioni dovute dalla sovrappressione dinamica indotta dal passaggio di convogli di forma aerodinamica per velocità comprese nell'intervallo 200-300 km/h;

- verifiche di resistenza e di deformabilità, per le quali si è fatto riferimento alle combinazioni di carico che comprendono tutti i pesi propri e i carichi permanenti portati nonché una spinta totale dovuta al vento + sovrappressione dinamica indotta dal passaggio dei convogli.

Tutte le verifiche di sicurezza sono state effettuate con il metodo delle Tensioni Ammissibili.

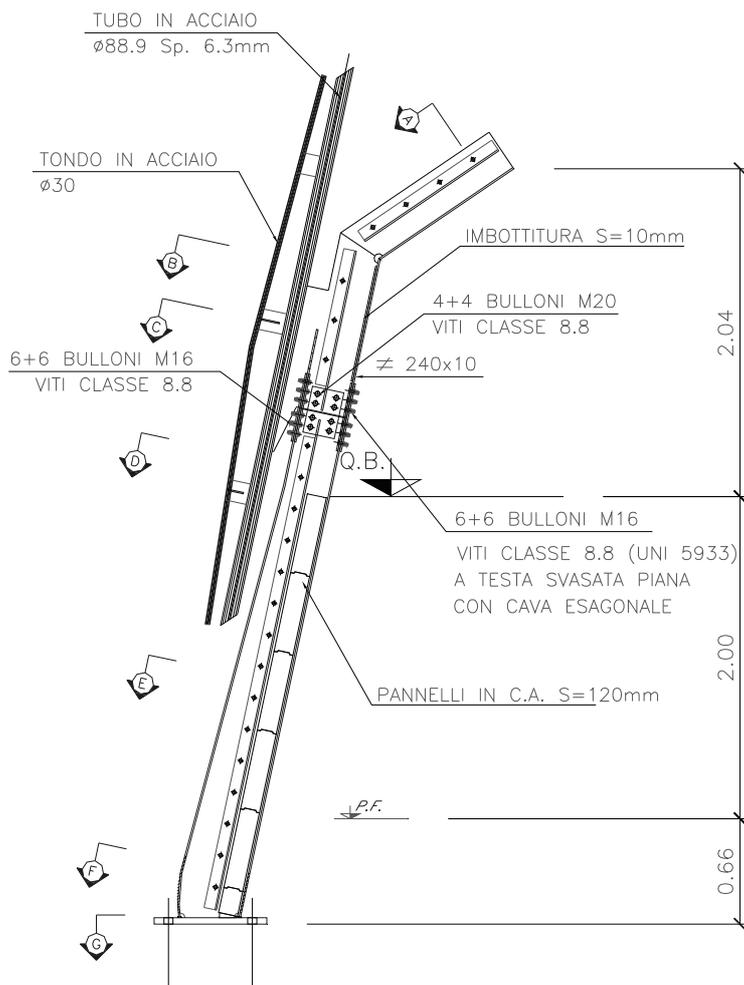


Figura 2-1 – Sezione trasversale della barriera VH4A.

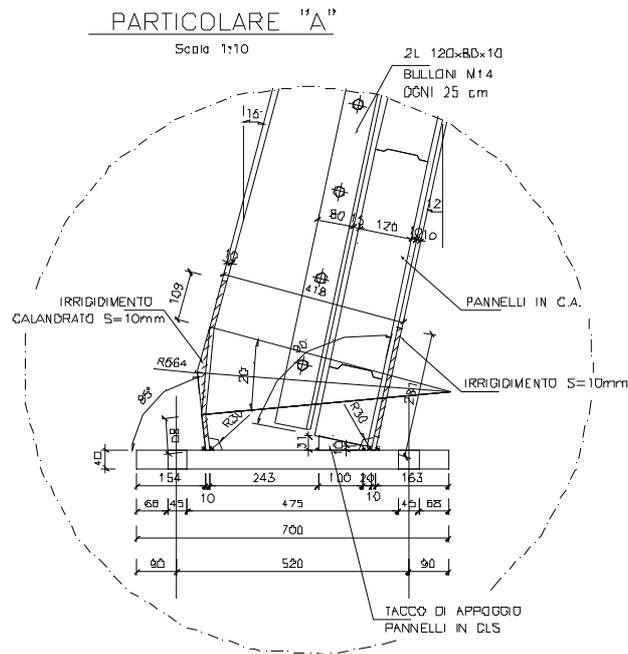
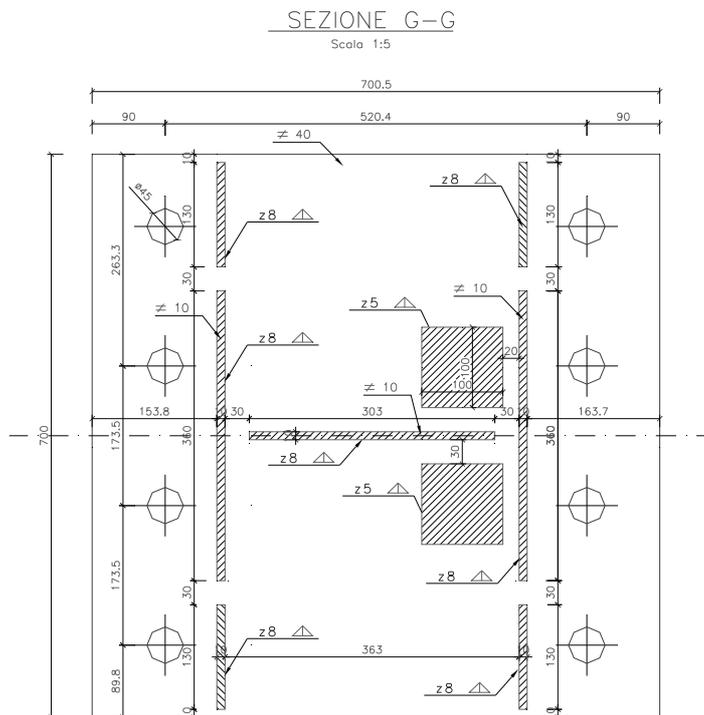
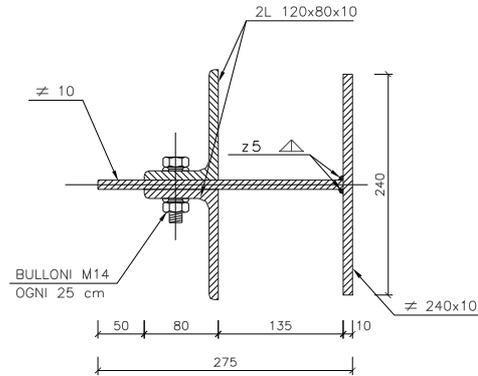


Figura 2-2 – Dettaglio piastra di attacco alla soletta.



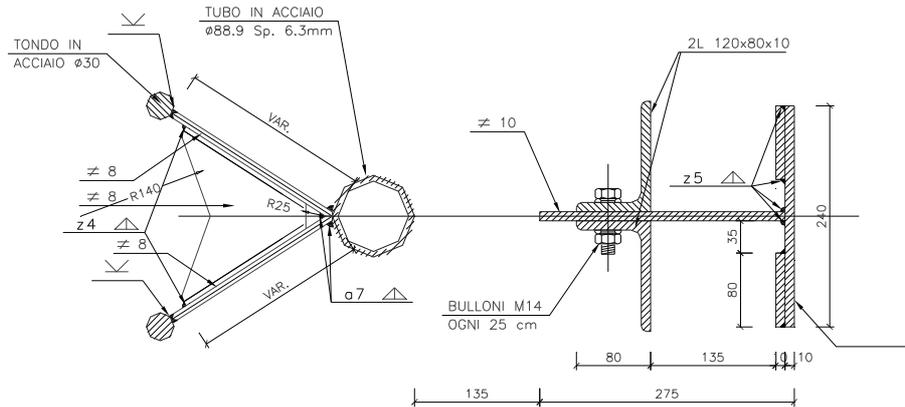
SEZIONE A-A

Scala 1:5



SEZIONE B-B

Scala 1:5



SEZIONE C-C

Scala 1:5

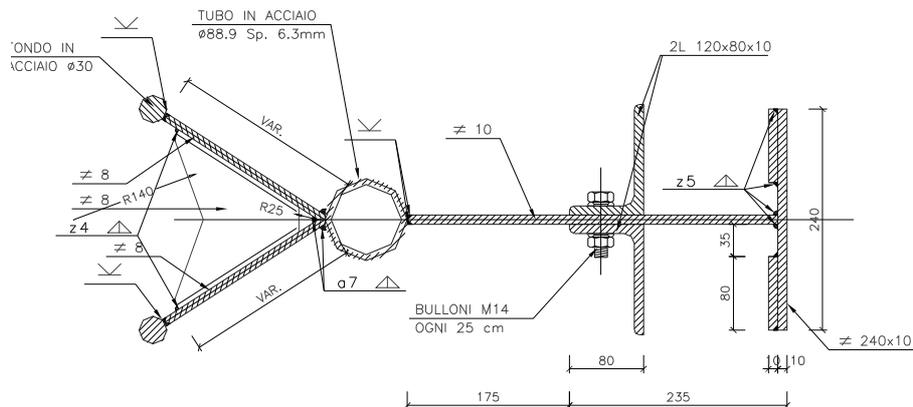


Figura 2-3 – Sezioni barriera VH4A.

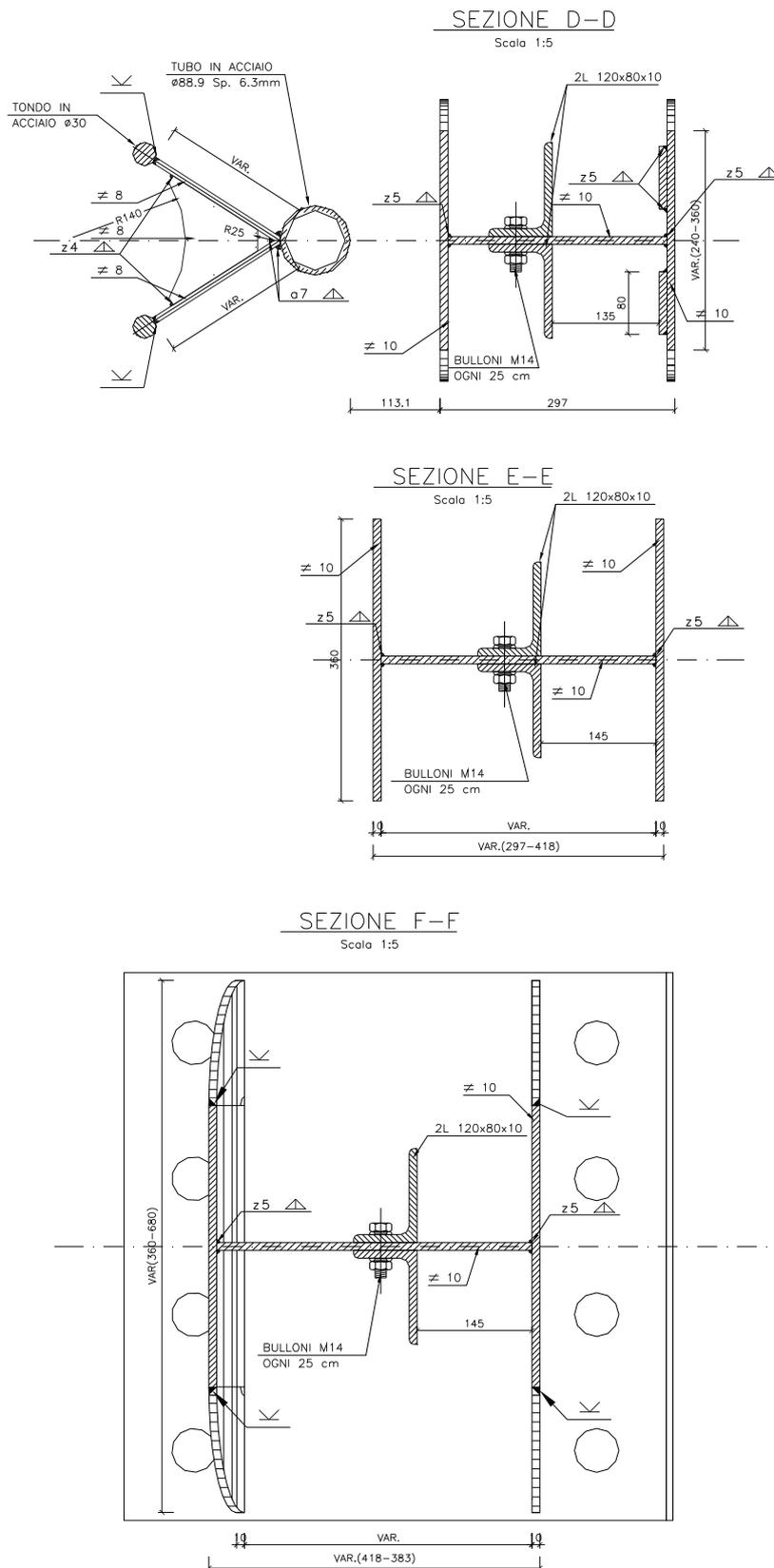


Figura 2-4 – Sezioni barriera VH4A.

2.2 Normative di Riferimento

- CNR 10011-97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione
- CNR 10016-85 Travi composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni.
- Eurocodice 3 UNI ENV 1993-2:2002 Appendice L (per le categorie relative alle verifiche a fatica ad integrazione della CNR 10011-97)
- D.M. del 09/01/96 (Ministero LL.PP.) Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche
- Circ. n.252/AA.GG/STC. del 15/10/96 (Ministero LL.PP.) Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9 gennaio 1996
- D.M. del 16/01/96 (Ministero LL.PP.) Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi"
- Circ. n.156/AA.GG/STC. del 04/07/96 (Ministero LL.PP.) Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996
- D.M. del 16/01/96 (Ministero LL.PP.) Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circ. n.65/AA.GG. del 10/04/97 (Ministero LL.PP.) Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996
- Istruzione F.S. I/SC/PS-OM/2298 del 2/6/1995 testo aggiornato 13/01/97 e successive modificazioni e/o integrazioni Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzioni per la progettazione la esecuzione ed il collaudo
- Istruzione F.S. 44/M "Specifiche tecniche relative al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio-calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia."

- Istruzione F.S. 44/F “Verifica a fatica dei ponti ferroviari metallici”.
- Istruzione F.S. 44/S “Specifiche di istruzione tecnica per la saldatura ad arco di strutture destinate ai ponti ferroviari”
- Istruzione F.S. 44/V “Specifiche di istruzione tecnica dei cicli di verniciatura per la protezione della corrosione di opere metalliche nuove per la manutenzione di quelle esistenti”
- Disciplinare tecnico - Barriere Antirumore per impieghi ferroviari edizione 1998 e successive modificazioni ed integrazioni
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 11.03.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

2.3 Descrizione del modello

E' stato realizzato un modello agli elementi finiti utilizzando elementi tipo “beam” e ipotizzando che sulla struttura a mensola siano installati pannelli fonoassorbenti fino a +4.04m sul p.f., (barriera di altezza H4A). Si è scelto di modellare separatamente gli elementi strutturali che costituiscono la sezione composta metallica (costituita dall'elemento tubolare, dal profilo a T, dai calastrelli e dai tondi $\phi 30$) utilizzando opportuni bracci rigidi, ove necessario, per modellare le intersezioni nei nodi e cogliere il comportamento di insieme della sezione composta. Tutti gli elementi sono posizionati in corrispondenza degli assi baricentrici degli elementi strutturali della barriera.

Sul modello è stata effettuata un'analisi piana bloccando i gradi di libertà della struttura in direzione parallela all'asse binario.

Il Software utilizzato è SAP2000.



Figura 2-5 - Vista orizzontale e vista assonometrica del modello.

2.3.1 Condizioni di vincolo

Il modello risulta incastrato al piede in corrispondenza della quota d'intradosso della piastra di attacco al cordolo in calcestruzzo a quota -0.655m rispetto al p.f.

2.3.2 Materiali

Acciaio

Peso specifico $\gamma_c = 7850 \cdot 9.81 = 77008 \text{ N/m}^3$

Coeff. Poisson 0.2

Modulo elastico $E_s = 2.06E+11 \text{ N/m}^2$

Per le zone rigide del modello è stato adottato anche un modulo elastico di un ordine di grandezza superiore. A tutto il modello è stato assegnato uno smorzamento pari al 2%.

2.3.3 Caratteristiche inerziali

A tutti gli elementi è stata assegnata la relativa geometria, in base alle reali dimensioni della carpenteria. La base metallica che presenta sezione variabile dall'incastro fino a 2 m sul p.f. è stata divisa in diverse zone in cui si assume rigidità costante, prossima a quella reale; i calastrelli sono stati inseriti con la loro reale rigidità nel tratto compreso fra gli elementi tubo e i profili in composizione saldata; sono stati poi opportunamente inseriti elementi rigidi (incrementando il modulo elastico del materiale di 10 volte) per simulare il comportamento accoppiato tra i tubolari e i profili in composizione saldata ed evitare zone di sovrapposizione (vedi Figura 2-6).

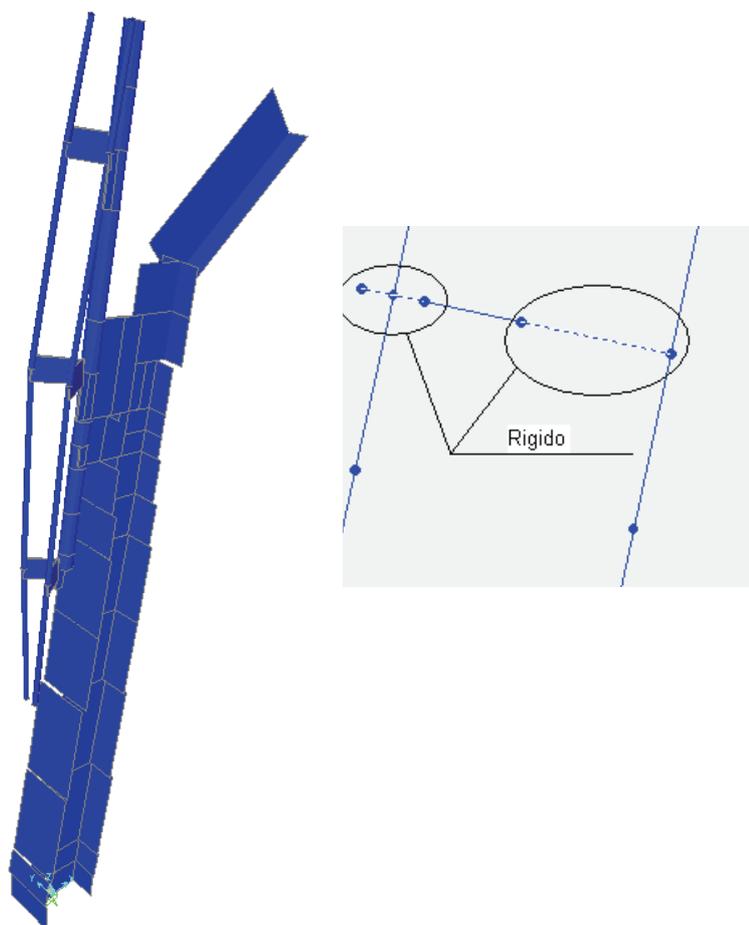


Figura 2-6-Prospetto solido del modello.

2.3.4 Carichi

Si è considerata una lunghezza di influenza di 3000 mm, pari all'interasse tra due strutture a mensola adiacenti.

2.3.4.1 Vento

Si considera un caso limite, valutando la pressione esercitata dal vento su una barriera tipo VH4A collocata su un viadotto di altezza circa 22 m.

Ai sensi del DM 16.1.1996 la pressione del vento è pari a:

$$p_v = q_{ref} \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

Si considera come zona, per il calcolo di v_{ref} , la n.7, escludendo quindi unicamente la provincia di Trieste (zona n. 8) e le isole minori a mare aperto (zona n. 9):

VENTO - DM16.1.96		Zona 7	
$V_{ref,0} =$	29 m/sec	$a_0 =$	1000 m slm
			$a_s < a_0$
$kr =$	0.19	Classe rugosità D - Cat. II	
$z_0 =$	0.05 m		
$z_{min} =$	4 m		
$z =$	26.38 m	$z > z_{min}$	
$q_{ref} =$	526 N/mmq	$a < a_0$	
$c_t =$	1	Coeff. Topografia	
$c_e =$	3.00	Coeff. Esposizione	
$c_p =$	1.2	Coeff. Forma	
$c_d =$	1	Coeff. Dinamico (riduttivo)	
$p_v =$	1.89 kN/mq		

La predetta pressione ortogonale alla barriera può agire in direzione X sia verso l'interno binario che verso l'esterno.

2.3.4.2 Pressione per effetti aerodinamici del treno

Ai sensi della Istruzione N° I/SC/PS-OM/2298 si ha:

La distanza fittizia tra la barriera e l'asse del binario è pari ad $a'_g = (0.6 \times 2.57) + (0.4 \times 4.22) = 3.23$ m (punto 1.4.6.5, distanza minima $a_g = 2.57$ m, distanza massima $a_g = 4.22$ m), per la barriera alla sua altezza massima di 7.38 m rispetto alla quota p.f..

La velocità V della linea varia tra 200 e 300 km/h e pertanto si procede investigando in questo intervallo di velocità con passo $\Delta=10$ km/h. I valori caratteristici p_{v_unit} sono relativi ai treni con forme aerodinamiche sfavorevoli. Per convogli di forme aerodinamiche favorevoli tali valori vanno corretti per mezzo di un fattore k_1 che vale 0.85 per convogli formati da carrozze di sagoma arrotondata e 0.60 per treni aerodinamici.

In questo caso in particolare si assume il coefficiente k_1 per la forma aerodinamica del treno pari a 0.60 per velocità superiori a 200km/h e a 0.85 per la velocità di 200km/h.

Ne deriva una pressione p_v che varia al variare della velocità di transito del convoglio come riportato nella tabella seguente:

$a_s = 3.23$ m			
Velocità (km/h)	p_{v_unit} (N/m ²)	k_1	p_v (N/m ²)
200	456	0.85	388
210	503	0.6	302
220	552	0.6	331
230	603	0.6	362
240	657	0.6	394
250	713	0.6	428
260	771	0.6	463
270	831	0.6	499
280	894	0.6	536
290	959	0.6	575
300	1026	0.6	616

Per quanto riguarda la distribuzione delle pressioni in altezza è stato considerato un pressigramma secondo quanto prescritto dall'Istruzione N° I/SC/PS-OM/2298.

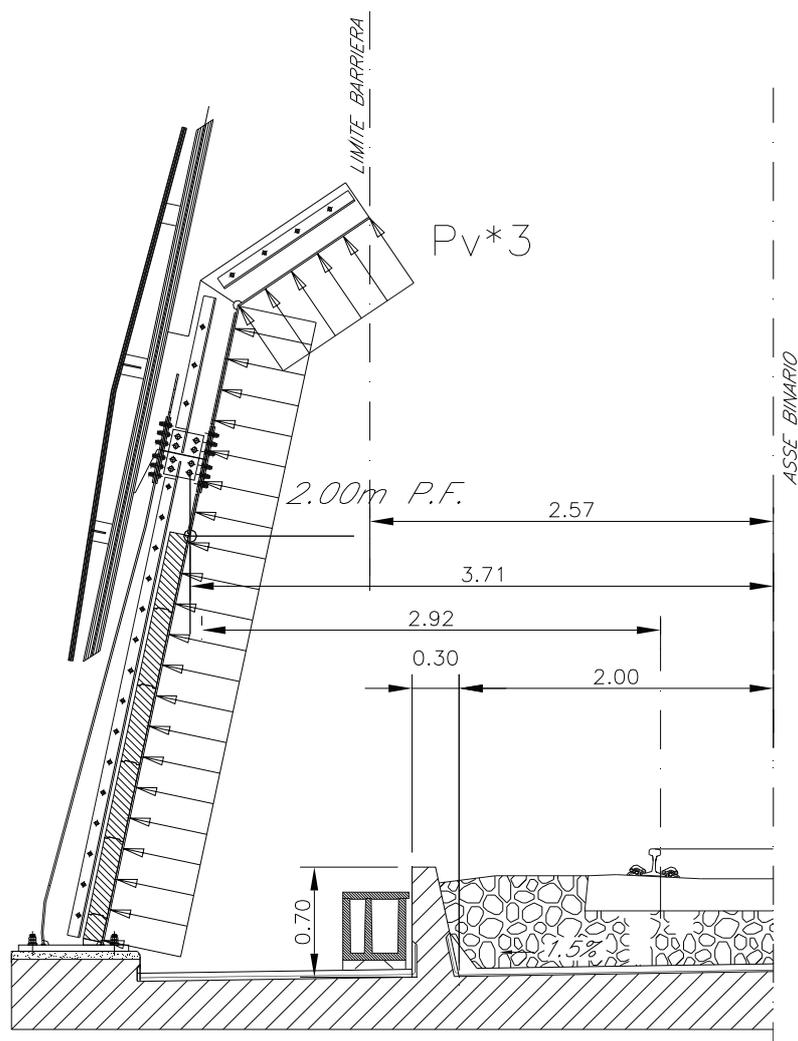


Figura 2-7 - Distribuzione delle pressioni sull'altezza della barriera

Per effettuare le verifiche a fatica degli elementi strutturali, la sovrappressione dei treni è stata applicata alla struttura in funzione del tempo facendo riferimento alla time history delle pressioni, ricavata sperimentalmente sulla linea ferroviaria A.V. Roma-Napoli in accordo con quanto prescritto dal documento RFI/DIN/IC/009/239 “Prescrizioni Tecniche Integrative e provvisorie per la Progettazione di Barriere Antirumore”.

Si riporta in Figura 2-8 una rappresentazione grafica adimensionalizzata della time history, per $V=300$ km/h .

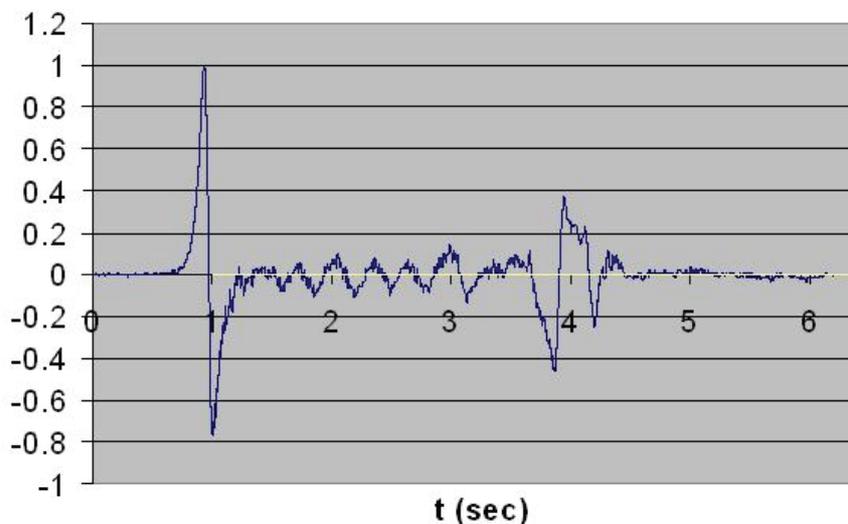


Figura 2-8 - Time History a 300 km/h

Le ascisse delle time history vengono scalate in funzione della velocità con i coefficienti ricavati con la formula (V = velocità in km/h):

$$c = (-0.0135 V + 6.19) / 2.14$$

2.3.4.3 *Peso delle pannellature fonoassorbenti*

Le pannellature fonoassorbenti che si prevede di utilizzare sono di due tipi:

- Pannellature fonoassorbenti in acciaio inox sopra i 2.00 m su p.f.
- Pannellature fonoassorbenti in calcestruzzo sotto i 2.00 m su p.f.

I pannelli fonoassorbenti in acciaio inox contengono al loro interno materiale fonoassorbente. Si considera che tali pannelli possano essere asciutti o imbevuti di acqua e che il peso valga rispettivamente 500 N/m^2 e 1500 N/m^2 .

Per l'analisi dinamica sono state introdotte masse equivalenti assegnando al profilo composto a T una massa distribuita al metro lineare pari a $150 \cdot 3 = 450 \text{ kg/m}$ per il caso di pannelli bagnati e pari a $50 \cdot 3 = 150 \text{ kg/m}$ per il caso di pannelli asciutti.

I pannelli fonoassorbenti in calcestruzzo che si prevede di utilizzare nella parte inferiore della barriera hanno peso pari a 3000 N/m^2 e sono alloggiati nella base metallica inferiore.

Per l'analisi dinamica sono state introdotte masse equivalenti assegnando al profilo composto a doppio T con cui si schematizza la base metallica una massa distribuita al metro lineare pari a $2500 \cdot 0.12 \cdot 3 = 900 \text{ kg/m}$.

Per le verifiche della struttura si ipotizza che sul ritto agisca la sola componente del peso ortogonale alla superficie della barriera (inclinata di 12° rispetto alla verticale) in quanto le pannellature appoggiano direttamente sull'impalcato attraverso la piastra di base.

Componente peso pannelli agente sul montante

<i>Peso pann. inox asciutti</i>	500	N/m ²	312	N/m	$p_a \cdot L_{inf} \cdot \text{sen}(\alpha)$
<i>Peso pann. inox bagnati</i>	1500	N/m ²	936	N/m	$p_b \cdot L_{inf} \cdot \text{sen}(\alpha)$
<i>Peso pannelli in C.A.</i>	3000	N/m ²	1871	N/m	$p_{cls} \cdot L_{inf} \cdot \text{sen}(\alpha)$
<i>angolo α</i>	12	[°]			
<i>L_{inf}</i>	3	m			

2.3.4.4 Peso proprio

In questa condizione di carico si considerano i pesi degli elementi strutturali in acciaio, che vengono calcolati in automatico dal programma in base alle geometrie degli elementi e alle caratteristiche dei materiali.

2.3.4.5 Azione sismica

Considerando le masse degli elementi strutturali e delle pannellature presenti, l'azione sismica genera sollecitazioni inferiori a quelle di vento + sovrappressione del treno, con le quali non va comunque combinata. Si trascurano pertanto gli effetti sulle strutture dovuti alle azioni sismiche in quanto non dimensionanti.

2.3.5 Effetti dinamici dovuti alla pressione aerodinamica

Sulla struttura a mensola sono state eseguite analisi della risposta dinamica nel dominio del tempo, con le modalità evidenziate nel precedente paragrafo (vedi par. 2.3.4.2), operando una integrazione al passo e analizzando la risposta al variare della velocità, con un passo di 10 km/h nell'intervallo 200-300 km/h.

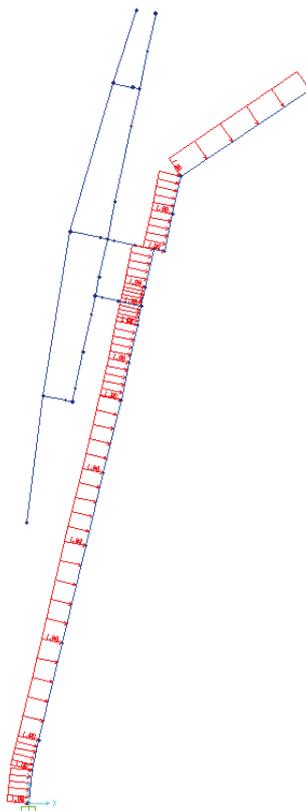


Figura 2-9 – Configurazione di carico sulla quale è stata effettuata l'analisi della risposta dinamica

Sono state analizzate in particolare le due configurazioni limite per la barriera H4A (altezza sul piano ferro pari a 4.04 m):

- una, che indicheremo di seguito con la sigla **P50**, che ipotizza i pannelli fonoassorbenti asciutti, ipotizzando per essi una massa pari a 50 kg/m²;
- l'altra, che indicheremo di seguito con la sigla **P150**, che ipotizza i pannelli fonoassorbenti bagnati, ipotizzando per essi una massa pari a 150 kg/m²;

La analisi è stata condotta studiando la risposta fino al tempo t=10 s.

Per ciascuna delle due configurazioni sono stati calcolati:

- i massimi ed i minimi spostamenti in condizioni dinamiche;
- il **“coefficiente di amplificazione dinamica degli Spostamenti”** come rapporto fra lo spostamento orizzontale massimo dinamico ed il corrispondente spostamento indotto dalla sovrappressione aerodinamica applicata staticamente;
- il **“coefficiente di amplificazione dinamica del Delta Sigma”** ottenuta (vista la proporzionalità tra tensioni e sollecitazioni in campo lineare) come rapporto fra il massimo momento dinamico e la corrispondente sollecitazione indotta dalla sovrappressione aerodinamica applicata staticamente;

Per ciascun modello è stata eseguita anche un'analisi modale di cui, per l'analisi al passo, sono stati presi in considerazione i primi 100 modi di vibrare.

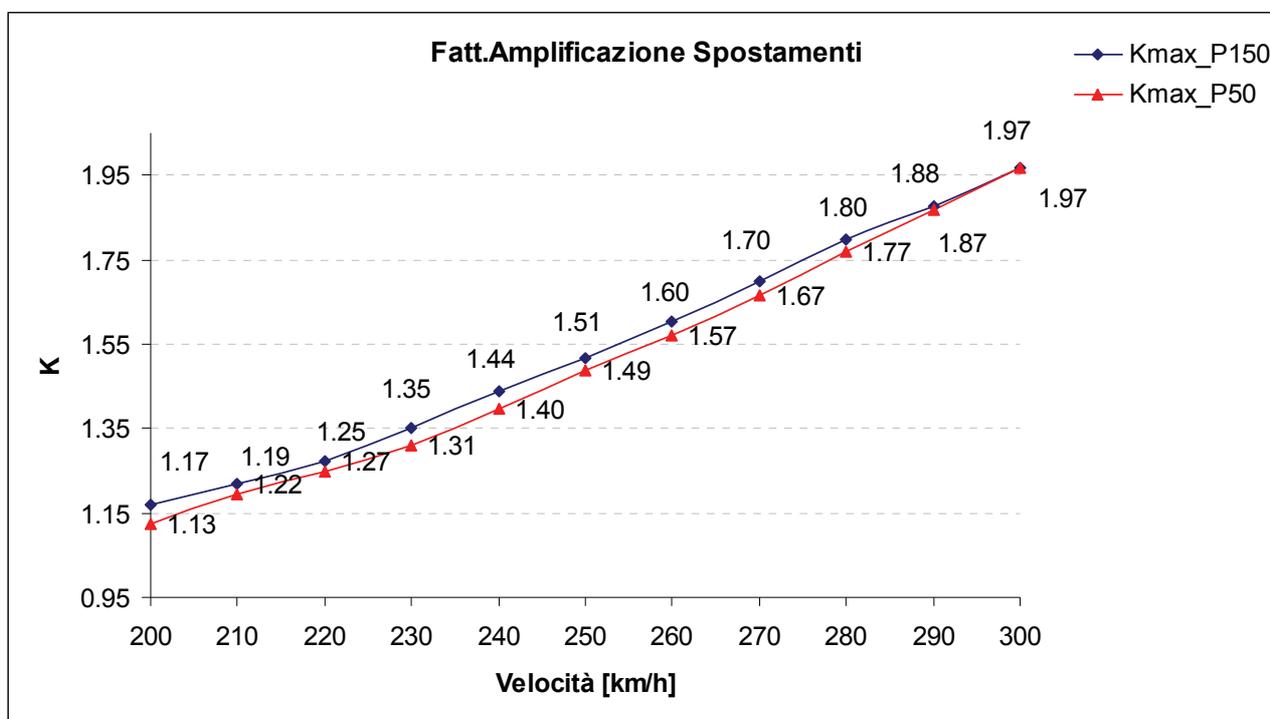
Si riportano di seguito gli spostamenti massimi e minimi, i fattori di amplificazione dinamica degli spostamenti e dei delta sigma.

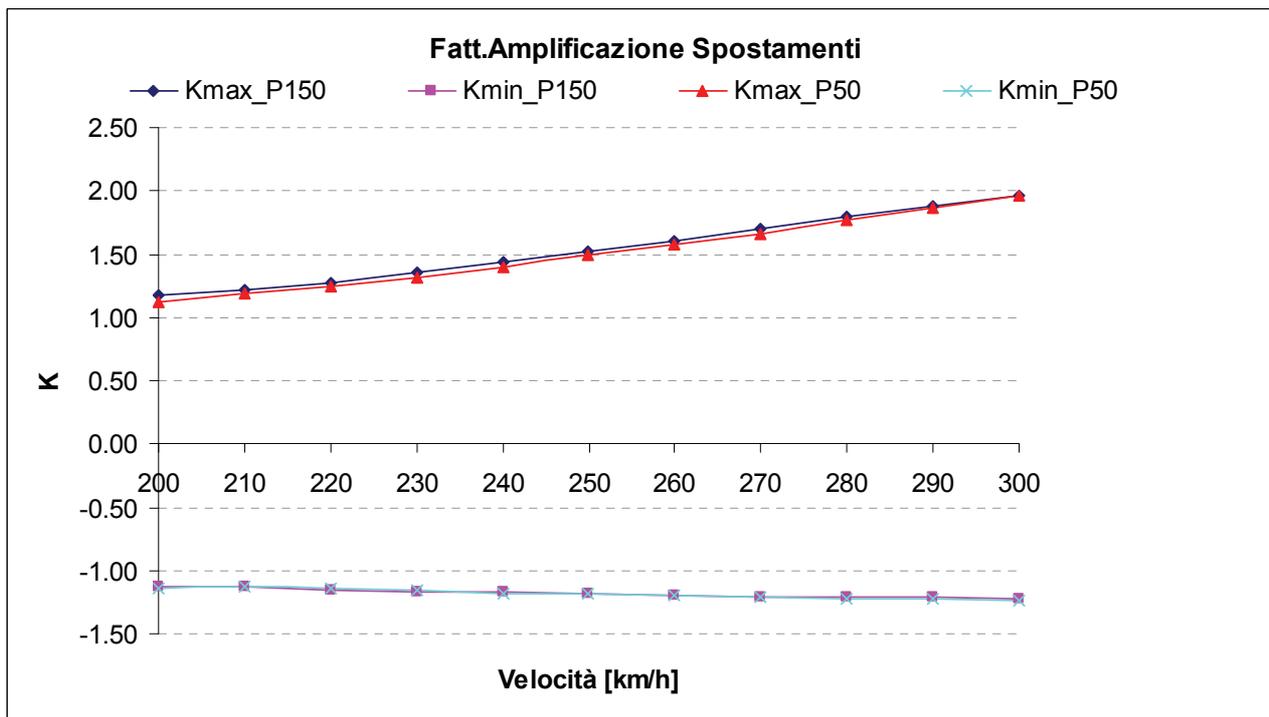
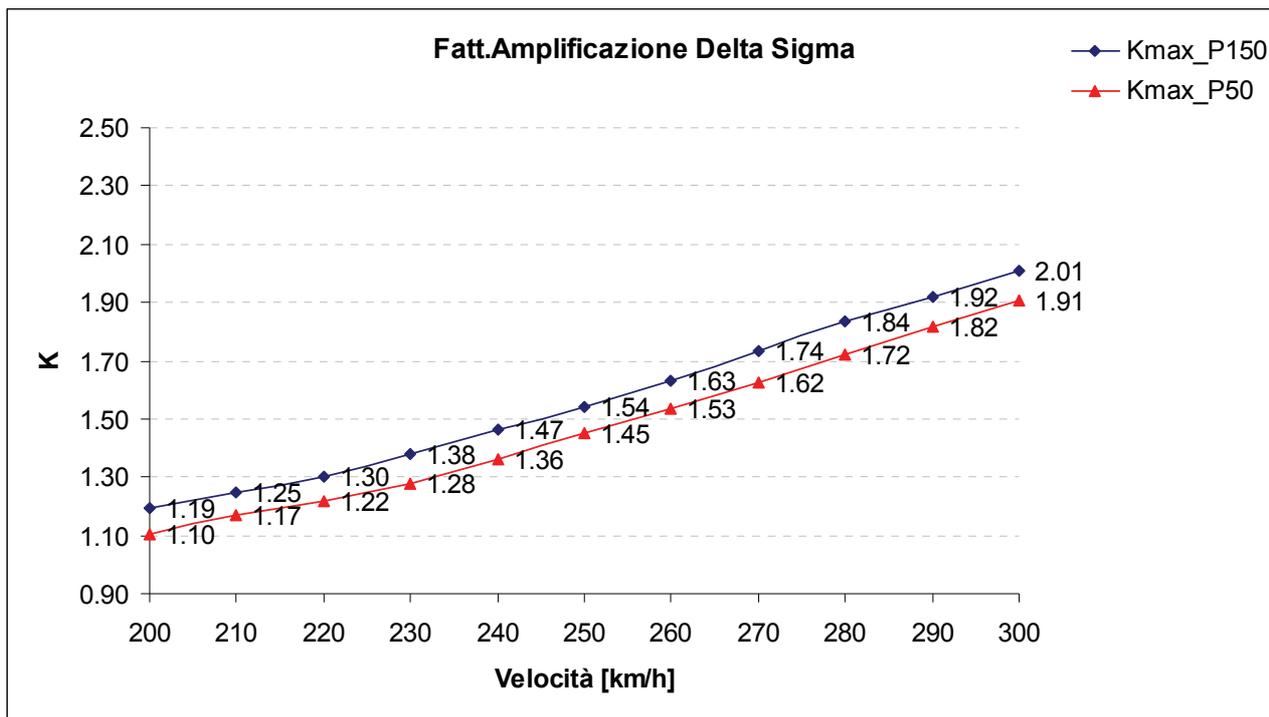
Si evidenzia come i valori massimi del coefficiente di amplificazione degli spostamenti si abbiano per la configurazione con pannelli bagnati per la quale il coefficiente di amplificazione risulta leggermente maggiore rispetto a quella con pannelli asciutti.

I valori massimi del coefficiente di amplificazione dei delta sigma (2.01) si raggiungono per la velocità di 300 km/h in corrispondenza alla quale si sviluppano i valori massimi di sovrappressione pari a 616 Pa. Pertanto le verifiche di fatica, resistenza e deformabilità vengono condotte per sollecitazioni derivanti dall'analisi dinamica per velocità di 300 km/h.

H4A P150									Fatt.Ampl. Spost.		Fatt.Ampl. $\Delta\sigma$	
Velocità	Pressione	UX_stat	UX_min	UX_max	M_stat	M_min	M_max	max	min	max	min	
[km/h]	[Pa]	[m]	[m]	[m]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	-	-	-	-	
200	388	1.73E-03	-1.94E-03	2.02E-03	14406	-16220	17174	1.17	-1.12	1.19	-1.13	
210	302	1.34E-03	-1.52E-03	1.64E-03	11212	-12664	13959	1.22	-1.13	1.25	-1.13	
220	331	1.48E-03	-1.70E-03	1.88E-03	12305	-14165	16043	1.27	-1.15	1.30	-1.15	
230	362	1.61E-03	-1.88E-03	2.18E-03	13449	-15787	18584	1.35	-1.17	1.38	-1.17	
240	394	1.76E-03	-2.06E-03	2.53E-03	14644	-17282	21455	1.44	-1.17	1.47	-1.18	
250	428	1.91E-03	-2.25E-03	2.89E-03	15890	-18881	24488	1.51	-1.18	1.54	-1.19	
260	463	2.06E-03	-2.45E-03	3.30E-03	17187	-20659	28083	1.60	-1.19	1.63	-1.20	
270	499	2.22E-03	-2.68E-03	3.78E-03	18534	-22568	32172	1.70	-1.20	1.74	-1.22	
280	536	2.39E-03	-2.89E-03	4.29E-03	19933	-24441	36632	1.80	-1.21	1.84	-1.23	
290	575	2.56E-03	-3.12E-03	4.82E-03	21382	-26308	41015	1.88	-1.21	1.92	-1.23	
300	616	2.74E-03	-3.37E-03	5.40E-03	22882	-28416	46003	1.97	-1.23	2.01	-1.24	

H4A P50									Fatt.Ampl. Spost.		Fatt.Ampl. $\Delta\sigma$	
Velocità	Pressione	UX_stat	UX_min	UX_max	M_stat	M_min	M_max	max	min	max	min	
[km/h]	[Pa]	[m]	[m]	[m]	[Nm]	[Nm]	[Nm]	-	-	-	-	
200	388	1.73E-03	-1.97E-03	1.94E-03	14406	-16239	15904	1.13	-1.14	1.10	-1.13	
210	302	1.34E-03	-1.52E-03	1.61E-03	11212	-12545	13105	1.19	-1.13	1.17	-1.12	
220	331	1.48E-03	-1.68E-03	1.84E-03	12305	-13843	14998	1.25	-1.14	1.22	-1.12	
230	362	1.61E-03	-1.87E-03	2.11E-03	13449	-15445	17195	1.31	-1.16	1.28	-1.15	
240	394	1.76E-03	-2.07E-03	2.45E-03	14644	-17085	19947	1.40	-1.18	1.36	-1.17	
250	428	1.91E-03	-2.26E-03	2.84E-03	15890	-18580	23056	1.49	-1.18	1.45	-1.17	
260	463	2.06E-03	-2.46E-03	3.24E-03	17187	-20268	26350	1.57	-1.19	1.53	-1.18	
270	499	2.22E-03	-2.68E-03	3.70E-03	18534	-22104	30087	1.67	-1.21	1.62	-1.19	
280	536	2.39E-03	-2.92E-03	4.23E-03	19933	-24040	34328	1.77	-1.22	1.72	-1.21	
290	575	2.56E-03	-3.15E-03	4.80E-03	21382	-25839	38833	1.87	-1.23	1.82	-1.21	
300	616	2.74E-03	-3.40E-03	5.40E-03	22882	-27848	43634	1.97	-1.24	1.91	-1.22	





2.3.6 Condizioni di carico elementari e Combinazioni di carico

Il carico relativo al peso proprio degli elementi strutturali (base metallica e montante in acciaio) è stato assegnato ad una condizione di carico "PP"; il carico dovuto alla pannellatura fonoassorbente in acciaio è stato considerato in altre due condizioni di carico ed è stato posto pari a $500 \cdot \sin(12) = 104 \text{ N/m}^2$ nella condizione "PESOAS" per pannelli asciutti o $1500 \cdot \sin(12) = 312 \text{ N/m}^2$ nella condizione "PESOBAG" per pannelli bagnati sulla parte inferiore; per i pannelli montati sull'aggetto si ha $500 \cdot \sin(56) = 415 \text{ N/m}^2$ nella condizione "PESOAS" per pannelli asciutti o $1500 \cdot \sin(56) = 1244 \text{ N/m}^2$ nella condizione "PESOBAG" per pannelli bagnati; l'azione del vento posta pari a 1890 N/m^2 è stata considerata nella condizione di carico "VENTO", in direzione ortogonale alla barriera, positiva da esterno a interno barriera (quindi verso il binario); la sovrappressione esercitata dal convoglio è stata considerata sia applicata staticamente (condizioni di carico S200, S210, ..., S300) sia dinamicamente (V200, V210, ..., V300), imponendo un'analisi al passo (vedi par.2.3.5) in base alla TH riportata in Figura 2-8 e uno smorzamento pari al 2%.

Per le **verifiche a fatica** sono state utilizzate le variazioni di campo tensionale indotte dalla sovrappressione aerodinamica comprensiva degli effetti dinamici alla velocità di 300km/h (condizione di carico FAT) ottenute mediante analisi dinamica.

Per le **verifiche di resistenza e deformabilità** sono state utilizzate le sollecitazioni derivanti dalle peggiori combinazioni tra peso proprio, carichi permanenti (da 500 a 1500 N/m^2), pressione del vento + sovrappressioni aerodinamiche comprensive degli effetti dinamici.

In accordo con quanto prescritto nella nota RFI/DIN/IC/009/239 "Prescrizioni Tecniche Integrative e provvisorie per la Progettazione di Barriere Antirumore" del 24/03/2004, per velocità superiori a 200km/h, per la somma "pressione del vento + sovrappressione aerodinamica comprensiva degli effetti dinamici" è stato assunto il valore minimo 2500 N/m^2 .

Per la definizione delle combinazioni di carico si è adottata la seguente simbologia:

- "PP" = peso proprio,
- "PA" (= PESOAS) = peso pannelli asciutti, "PB" (= PESOBAG) = peso pannelli bagnati
- "VN" (= VENTON) = vento negativo, "VP" (= VENTOP) = vento positivo
- "SP" (V300) = sovrappressione positiva, "SN" (V300) = sovrappressione negativa.

Nel dettaglio sono state prese in considerazione le seguenti 4 combinazioni di carico:

PPPBVPSP_V300, PPPAVNSN_V300 in cui le sollecitazioni dovute al peso proprio, al peso dei pannelli (considerando quelli in acciaio inox asciutti o bagnati in modo da massimizzare gli effetti dei carichi), al vento vengono combinati con i valori massimi e minimi di sovrappressione dinamica determinato con l'analisi al passo.

PPPBVPSP_S300, PPPAVNSN_S300 in cui le sollecitazioni dovute al peso proprio, al peso dei pannelli (considerando quelli in acciaio inox asciutti o bagnati in modo da massimizzare gli effetti dei carichi), al vento vengono combinati con i valori statici di sovrappressione amplificati per mezzo del coefficiente di amplificazione dinamica, che alla velocità di 300km/h vale 2.01 (vedi paragrafo 2.3.5).

Risulta in particolare: $p_{vento} + p_{svp} = 1890Pa + 2.01 * 616Pa = 3128Pa > 2500Pa$.

Riportiamo nella seguente tabella le suddette combinazioni in termini di carichi elementari e coefficienti moltiplicativi.

Combinazioni di carico		
Comb.	Carico	Fattore
PPPBVPSP_S300	PP	1
	PESOBAG	1
	S300	2.01
	VENTO	1
PPPBVPSP_V300	PP	1
	PESOBAG	1
	V300	1
	VENTO	1
PPPAVNSN_S300	PP	1
	PESOAS	1
	S300	-2.01
	VENTO	-1
PPPAVNSN_V300	PP	1
	PESOAS	1
	V300	1
	VENTO	-1
FAT	V300	1

2.4 Verifiche del montante in acciaio

I singoli elementi strutturali sono soggetti alle seguenti verifiche:

- **verifiche a fatica**
- **verifiche di resistenza**

Vista la simmetria della struttura e la asimmetria delle condizioni di carico si procede alla verifica delle coppie di elementi corrispondenti rispetto all'asse di simmetria.

Le **verifiche a fatica** sono eseguite a tempo infinito: risultano soddisfatte se in generale le escursioni Δ delle tensioni risultanti normali o tangenziali risultano inferiori rispettivamente ad un "valore ammissibile" $\Delta\sigma_{am}$ o $\Delta\tau_{am}$ dipendente dalla "categoria" $\Delta\sigma_A$ (definita come tensione ammissibile a fatica per sollecitazioni di ampiezza costante ripetute 2×10^6 cicli) del particolare in esame.

I valori ammissibili si ottengono dividendo valori limite $\Delta\sigma_D$ per particolari sollecitati a trazione-compressione (limite di fatica ad ampiezza costante, limite cioè al di sotto del quale, per Δ di ampiezza costante la vita è indefinita) o $\Delta\tau_D$ per particolare sollecitati a sforzo tangenziale (limite per i calcoli a fatica per 5 milioni di cicli, al di sotto del quale, cioè, ogni Δ di fatica può essere trascurato), per un coefficiente di sicurezza fissato in 1.25:

$\Delta\sigma_{am} = \Delta\sigma_D / 1.25$ ($\Delta\sigma_D = \Delta\sigma_A * \sqrt[3]{n_A / n_D}$ con $n_A=2e6$, $n_D=5e6$ per tutte le categorie tranne la 56 per la quale $n_D = 10e6$; $\Delta\sigma_A =$ categoria del particolare);

$\Delta\tau_{am} = \Delta\tau_D / 1.25$ ($\Delta\tau_D$ dalla seguente formula: $\log N = \log a - m \cdot \log \Delta\tau_D$ con $N = 5e6$, $\log a = 16.301$ per cat. 100, $\log a = 15.801$ per cat. 80, $m = 5$).

Si riporta di seguito un prospetto delle categorie dei dettagli con le relative $\Delta\sigma_D$, $\Delta\tau_D$ utilizzate:

cat	160	140	63	56
$\Delta\sigma_D$ [N/mm ²]	117.9	103.2	46.4	32.7

cat	100	80
$\Delta\tau_D$ [N/mm ²]	83.3	66.1

Ove siano presenti spessori superiori a $t > 25$ mm si è proceduto a ridurre opportunamente tale valore secondo quanto indicato nella CNR-UNI 10011 al punto 8.3.3.

Le categorie assunte per ciascun particolare sono riportate in ogni verifica e sono evidenziate per il montante in oggetto in Figura 2-10.

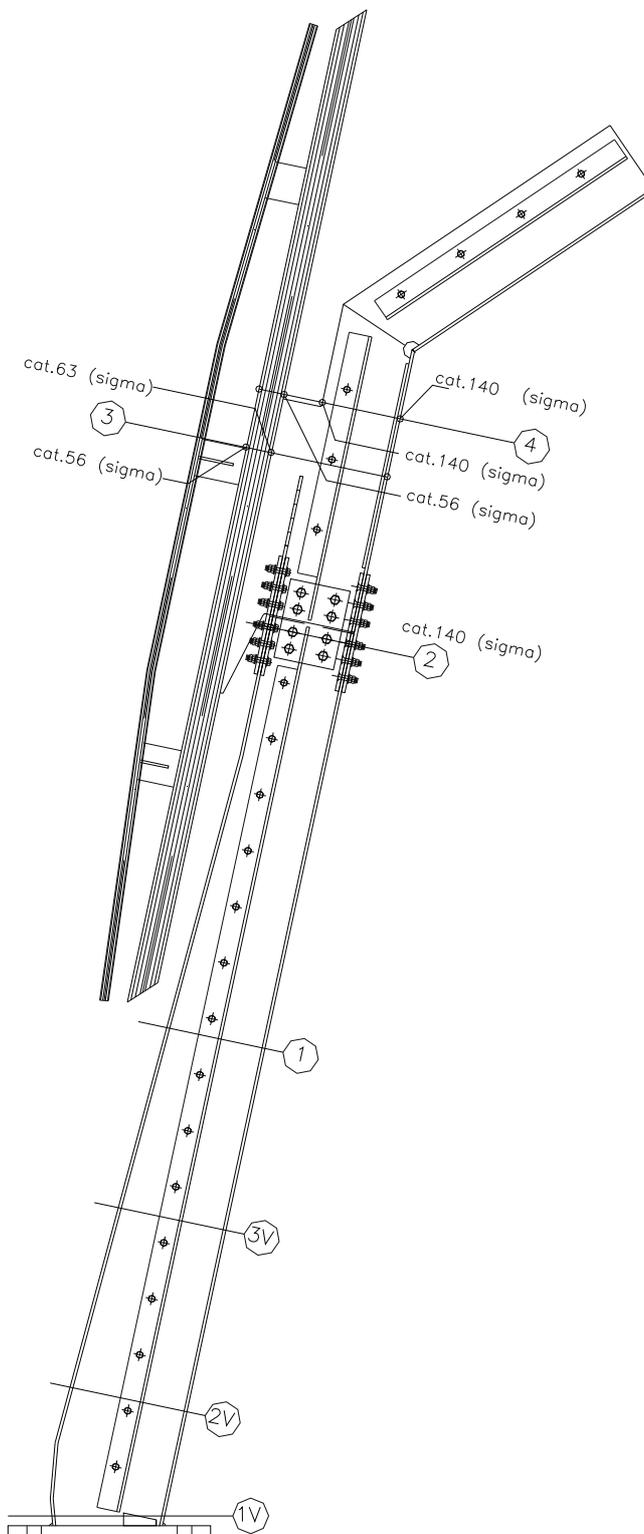


Figura 2-10 – Sezioni di verifica e categorie dei particolari a fatica.

Le **verifiche di resistenza** per gli elementi metallici sono state eseguite per le peggiori condizioni di carico possibile con il metodo delle T.A. e in particolare si fa riferimento alle sole condizioni di carico statiche dinamizzate con il coefficiente dinamico PPPBVPSP_S300 e PPPAVASN_S300.

Le tensioni ammissibili utilizzate per le verifiche di resistenza sono riportate nella relazione sui materiali.

Nelle verifiche di seguito riportate (con la numerazione sequenziale corrispondente alla Figura 2-10) si vuole intendere con σ o $\Delta\sigma$ **int. barr.** la tensione dell'elemento strutturale oggetto di verifica sul bordo della sezione sul lato rivolto verso l'interno della barriera (lato binari), con σ o $\Delta\sigma$ **est. barr.** la tensione sul bordo della sezione sul lato rivolto verso l'esterno della barriera (lato opposto ai binari); ad esempio per il profilo a T la tensione σ int. barr. è quella sul bordo dell'ala (la verifica è relativa a tutti gli elementi strutturali sub-verticali: profilo a doppia T, profilo a T, tubolare e tondi).

Con σ o $\Delta\sigma$ **sup. (o inf.)** si vuole invece intendere la tensione sul bordo superiore, cioè più alto, (o inferiore) della sezione oggetto di verifica (verifica calastrelli).

Quindi, premesso che assumiamo come lato interno quello interno binario, si intende per:

G – G tubo la distanza tra il baricentro di una sezione composta e il baricentro del tubolare;

G – G 2T (o G – G T) la distanza tra il baricentro di una sezione composta e il baricentro del profilo a doppio "T" (o del profilo a "T");

G – Y tubo.int la distanza tra il baricentro e la fibra interna del tubolare;

G – Y tubo.est la distanza tra il baricentro e la fibra esterna del tubolare;

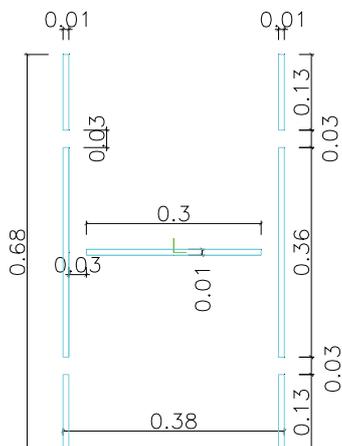
G – Y 2T int (o G – Y T int) la distanza tra il baricentro e la fibra interna della sezione a doppio "T" (o del profilo a "T");

G – Y 2T est (o G – Y T est) la distanza tra il baricentro e la fibra esterna della sezione a doppio "T" (o del profilo a "T");

W int.xx e W est.xx i moduli di resistenza interni ed esterni riferiti al tubolare, ai profili in composizione saldata, alla sezione composta.

2.4.1 Sezione IV - Sezione Profilo 2T - Incastro

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche (momento di inerzia, posizione del baricentro, ecc) sono riportate di seguito.



Area: 0.01540000
 Perimetro: 3.22000000
 Casella di delimitazione: X: -0.13454976 -- 0.24545024
 Y: -18.26986028 -- -17.58986028
 Baricentro: X: 0.05545024
 Y: -17.92986028
 Momenti di inerzia: X: 4.95126866
 Y: 0.00049434
 Prodotti di inerzia: XY: -0.01531091
 Raggi di girazione: X: 17.93072647
 Y: 0.17916548
 Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:
 I: 0.00044699 lungo [0.00000000 -1.00000000]
 J: 0.00047836 lungo [1.00000000 0.00000000]

Figura 2-11 - Sezione Profilo 2T - Incastro.

2T base Incastro: h=380		A (m ²)	Jx (m ⁴)	w int barr (m ³)	w est barr (m ³)	Aty (m ²)	Ix (m)
Larghezza ali (m)	0.6800	0.015400	0.000478300	0.0025174	0.0025174	0.0038000	0.1762341
Spessore ali (m)	0.0100						
Altezza anima+ali (m)	0.3800						
Spessore anima (m)	0.0100						

Si esegue la verifica a scorrimento tra anima e ala. Il momento statico dell'ala rispetto all'asse neutro e la forza di scorrimento valgono:

$$S_a = 0.01 * 0.68 * (0.380/2 - 0.01/2) = 0.001258 \text{ m}^3$$

$$F_{\text{scorr}} = T * S_a / J_x.$$

2.4.1.1 Verifiche di resistenza

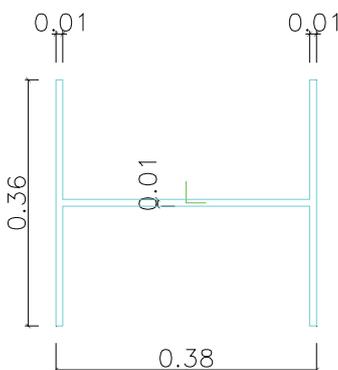
VERIFICA RESISTENZA						Coeff. dinamico	2.01
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPBVPSP_S300	MV1	23	-19560	54300	143361		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm ²)	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	σ_{id} (N/mm ²)	σ_{am} (N/mm ²)	-	-	-
-58.2	55.7	14.3	63.3	190.0			
F scorrimento ala - anima (N/m)		$\tau_{scorrim}$ (N/mm ²)		τ_{am} (N/mm ²)			
142817		14.28		109.7			
VERIFICA RESISTENZA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPAVNSN_S300	MV1	23	6090	-38406	-101292		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm ²)	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	σ_{id} (N/mm ²)	σ_{am} (N/mm ²)	-	-	-
40.6	-39.8	-10.1	44.2	190.0			
F scorrimento ala - anima (N/m)		$\tau_{scorrim}$ (N/mm ²)		τ_{am} (N/mm ²)			
-101013		-10.10		109.7			

2.4.1.2 Verifica a fatica

VERIFICA FATICA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	VERIFICA SODDISFATTA	$\Delta\sigma_{int} < \Delta\sigma_{am,int}$ $\Delta\sigma_{est} < \Delta\sigma_{am,est}$
FAT	MV1	23	5616	26801	74419		
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm ²)	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm ²)				Categoria particolare 63	$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm ²) 37.14	
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm ²)	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm ²)				Categoria particolare 63	$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm ²) 37.14	
ΔF scorrimento ala - anima (N/m)			$\Delta\tau_{scorrim}$ (N/mm ²)		Categoria particolare 80	$\Delta\tau_{am}$ (N/mm ²) 53.28	
70490.15			7.05				

2.4.2 Sezione 2V - Sezione Profilo 2T - Fine irrigidenti.

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche (momento di inerzia, posizione del baricentro, ecc) sono riportate di seguito.



Area: 0.01079538
 Perimetro: 2.18002554
 Casella di delimitazione: X: -0.11781329 -- 0.26218671
 Y: -17.04616866 -- -16.68616866
 Baricentro: X: 0.07221301
 Y: -16.86616665
 Momenti di inerzia: X: 3.07101303
 Y: 0.00034161
 Prodotti di inerzia: XY: -0.01314831
 Raggi di girazione: X: 16.86638027
 Y: 0.17788669
 Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:
 I: 0.00007779 lungo [1.00000000 -0.00000790]
 J: 0.00028531 lungo [0.00000790 1.00000000]

Figura 2-12 - Sezione Profilo 2T - Fine irrigidenti.

2T base Fine irrigidenti h=380		A (m ²)	Jx (m ⁴)	W int barr (m ³)	W est barr (m ³)	Aty (m ²)	ix (m)
Larghezza ali (m)	0.3600	0.010800	0.000285360	0.0015019	0.0015019	0.0038000	0.1625491
Spessore ali (m)	0.0100						
Altezza anima+ali (m)	0.3800						
Spessore anima (m)	0.0100						

Si esegue la verifica a scorrimento tra anima e ala. Il momento statico dell'ala rispetto all'asse neutro e la forza di scorrimento valgono:

$$S_a = 0.01 * 0.36 * (0.380/2 - 0.01/2) = 0.000666 \text{ m}^3$$

$$F_{\text{scorr}} = T * S_a / J_x.$$

2.4.2.1 Verifiche di resistenza

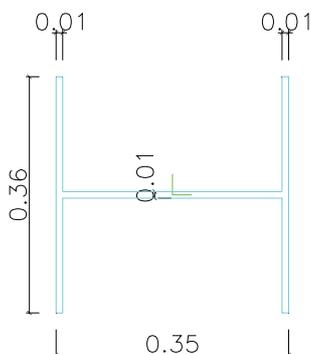
VERIFICA RESISTENZA						Coeff.dinamico	2.01
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPBVPSP_S300	MV3	18	-12199	51694	121465		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) -82.0	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) 79.7	τ (N/mm2) 13.6	σ_{id} (N/mm2) 85.3	σ_{am} (N/mm2) 190.0	-	-	-
F scorrimento ala - anima (N/m) 120649		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2) 12.06		τ_{am} (N/mm2) 109.7			
VERIFICA RESISTENZA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPAVNSN_S300	MV3	18	1517	-35864	-85949		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) 57.4	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) -57.1	τ (N/mm2) -9.4	σ_{id} (N/mm2) 59.7	σ_{am} (N/mm2) 190.0	-	-	-
F scorrimento ala - anima (N/m) -83703		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2) -8.37		τ_{am} (N/mm2) 109.7			

2.4.2.2 Verifica a fatica

VERIFICA FATICA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	VERIFICA SODDISFATTA	$\Delta\sigma_{int} < \Delta\sigma_{am,int}$ $\Delta\sigma_{est} < \Delta\sigma_{am,est}$
FAT	MV3	18	2335	26003	63645		
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) -42.2	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) 42.6				Categoria particolare 90	$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm2) 53.05	
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) 42.6	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) 42.6				Categoria particolare 90	$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm2) 53.05	
ΔF scorrimento ala - anima (N/m) 60687.84			$\Delta\tau_{scorrim}$ (N/mm2) 6.07		Categoria particolare 80		$\Delta\tau_{am}$ (N/mm2) 53.28

2.4.3 Sezione 3V - Sezione Profilo 2T - 0.3m sul p.f.

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche (momento di inerzia, posizione del baricentro, ecc) sono riportate di seguito.



Area: 0.01049577
 Perimetro: 2.12002554
 Casella di delimitazione: X: -0.11781329 -- 0.23218671
 Y: -15.98346305 -- -15.62346305
 Baricentro: X: 0.05720948
 Y: -15.80346116
 Momenti di inerzia: X: 2.62138882
 Y: 0.00027240
 Prodotti di inerzia: XY: -0.00948930
 Raggi di girazione: X: 15.80369565
 Y: 0.16110074
 Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:
 I: 0.00007779 lungo [1.00000000 -0.00000872]
 J: 0.00023805 lungo [0.00000872 1.00000000]

Figura 2-13 - Sezione Profilo 2T - 0.3m sul p.f.

2T base 0.3m SU PF h=350		A (m ²)	Jx (m ⁴)	W int barr (m ³)	W est barr (m ³)	Aty (m ²)	Ix (m ⁴)
Larghezza ali (m)	0.3600	0.010500	0.000238088	0.0013605	0.0013605	0.0035000	0.1505822
Spessore ali (m)	0.0100						
Altezza anima+ali (m)	0.3500						
Spessore anima (m)	0.0100						

Si esegue la verifica a scorrimento tra anima e ala. Il momento statico dell'ala rispetto all'asse neutro e la forza di scorrimento valgono:

$$S_a = 0.01 * 0.36 * (0.350/2 - 0.01/2) = 0.000612 \text{ m}^3$$

$$F_{\text{scorr}} = T * S_a / J_x.$$

2.4.3.1 Verifiche di resistenza

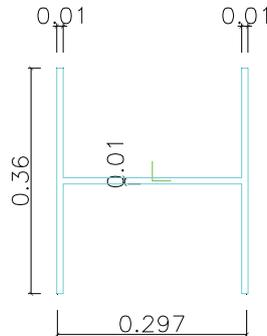
VERIFICA RESISTENZA						Coeff.dinamico	2.01
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPBVPSP_S300	MV4	14	-11679	44252	90284		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) -67.5	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) 65.2	τ (N/mm2) 12.6	σ_{id} (N/mm2) 70.9	σ_{am} (N/mm2) 190.0	-	-	-
F scorrimento ala - anima (N/m) 113748		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2) 11.37		τ_{am} (N/mm2) 109.7			
VERIFICA RESISTENZA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPAVNSN_S300	MV4	14	2047	-31108	-64184		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) 47.4	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) -47.0	τ (N/mm2) -8.9	σ_{id} (N/mm2) 49.8	σ_{am} (N/mm2) 190.0	-	-	-
F scorrimento ala - anima (N/m) -79961		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2) -8.00		τ_{am} (N/mm2) 109.7			

2.4.3.2 Verifica a fatica

VERIFICA FATICA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	VERIFICA SODDISFATTA	$\Delta\sigma_{int} < \Delta\sigma_{am,int}$ $\Delta\sigma_{est} < \Delta\sigma_{am,est}$
FAT	MV4	14	2309	23435	47444		
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) -34.7	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)				Categoria particolare 140	$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm2) 82.52	
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) 35.1				Categoria particolare 140	$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm2) 82.52	
ΔF scorrimento ala - anima (N/m) 60240.09			$\Delta\tau_{scorrim}$ (N/mm2) 6.02		Categoria particolare 80	$\Delta\tau_{am}$ (N/mm2) 53.28	

2.4.4 Sezione 1 - Sezione Profilo 2T - 1.00m sul p.f.

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche (momento di inerzia, posizione del baricentro, ecc) sono riportate di seguito.



Area: 0.00999641
 Perimetro: 2.02002554
 Casella di delimitazione: X: -0.11781329 -- 0.18218671
 Y: -14.92346305 -- -14.56346305
 Baricentro: X: 0.03220398
 Y: -14.74346139
 Momenti di inerzia: X: 2.17299412
 Y: 0.00018008
 Prodotti di inerzia: XY: -0.00474628
 Raggi di girazione: X: 14.74372527
 Y: 0.13421702
 Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:
 I: 0.00007778 lungo [1.00000000 -0.00001126]
 J: 0.00016971 lungo [0.00001126 1.00000000]

Figura 2-14 - Sezione Profilo 2T - 1m sul p.f.

2T base 1m su PF h=300		A (m ²)	Jx (m ⁴)	W int barr (m ³)	W est barr (m ³)	Aly (m ²)	Ix (m)
Larghezza ali (m)	0.3600	0.010000	0.000169733	0.0011316	0.0011316	0.0030000	0.1302817
Spessore ali (m)	0.0100						
Altezza anima+ali (m)	0.3000						
Spessore anima (m)	0.0100						

Si esegue la verifica a scorrimento tra anima e ala. Il momento statico dell'ala rispetto all'asse neutro e la forza di scorrimento valgono:

$$S_a = 0.01 * 0.36 * (0.297/2 - 0.01/2) = 0.000522 \text{ m}^3$$

$$F_{\text{scorr}} = T * S_a / J_x.$$

2.4.4.1 Verifiche di resistenza

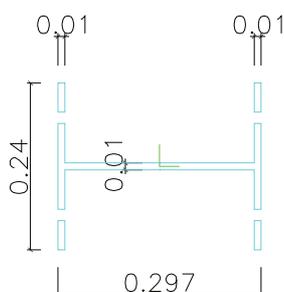
VERIFICA RESISTENZA						Coeff.dinamico	2.01
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPBVPSP_S300	MV5	3	-11160	36816	63937		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) -57.6	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) 55.4	τ (N/mm2) 12.3	σ_{id} (N/mm2) 61.4	σ_{am} (N/mm2) 190.0	-	-	-
F scorrimento ala - anima (N/m) 113224		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2) 11.32		τ_{am} (N/mm2) 109.7			
VERIFICA RESISTENZA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPAVNSN_S300	MV5	3	2552	-26348	-45511		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) 40.5	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) -40.0	τ (N/mm2) -8.8	σ_{id} (N/mm2) 43.2	σ_{am} (N/mm2) 190.0	-	-	-
F scorrimento ala - anima (N/m) -81031		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2) -8.10		τ_{am} (N/mm2) 109.7			

2.4.4.2 Verifica a fatica

VERIFICA FATICA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	VERIFICA SODDISFATTA	$\Delta\sigma_{int} < \Delta\sigma_{am,int}$ $\Delta\sigma_{est} < \Delta\sigma_{am,est}$
FAT	MV5	3	2266	20302	32779		
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2) -28.7	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)				Categoria particolare 140	$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm2) 82.52	
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2) 29.2				Categoria particolare 140	$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm2) 82.52	
ΔF scorrimento ala - anima (N/m) 62436.63			$\Delta\tau_{scorrim}$ (N/mm2) 6.24		Categoria particolare 80	$\Delta\tau_{am}$ (N/mm2) 53.28	

2.4.5 Sezione 2 – Profilo 2T forata sulle ali - 2.5 m sul p.f.

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche (momento di inerzia, posizione del baricentro, ecc) sono riportate di seguito. Si tratta della sezione netta del profilo composto a doppio "T" in corrispondenza al giunto bullonato.



Area: 0.00691439
 Perimetro: 1.48361647
 Casella di delimitazione: X: -0.14849761 -- 0.14849774
 Y: -0.12000645 -- 0.11999355
 Baricentro: X: 0.00002417
 Y: -0.00000395
 Momenti di inerzia: X: 0.00001985
 Y: 0.00010314
 Prodotti di inerzia: XY: 0.00000000
 Raggi di girazione: X: 0.05358517
 Y: 0.12213196
 Momenti principali e direzione X-Y rispetto al baricentro:
 I: 0.00001985 lungo [1.00000000 -0.00001072]
 J: 0.00010314 lungo [0.00001072 1.00000000]

Figura 2-15 - .Sezione a doppio "T" forata sulle ali- 2.5 m sul p.f.

2T base - Sez. netta 2.5m su PF		A (m ²)	Jx (m ⁴)	W int barr (m ³)	W est barr (m ³)	A _{ty} (m ²)	ix (m)
Larghezza ali (m)	0.2400	0.006914	0.000103140	0.0006945	0.0006945	0.0029700	0.1221340
Spessore ali (m)	0.0100						
Altezza anima+ali (m)	0.2970						
Spessore anima (m)	0.0100						

Si esegue la verifica a scorrimento tra anima e ala. Il momento statico dell'ala rispetto all'asse neutro e la forza di scorrimento valgono:

$$S_a = 0.01 * 0.24 * (0.297/2 - 0.01/2) = 0.000344 \text{ m}^3$$

$$F_{\text{scorr}} = T * S_a / J_x.$$

2.4.5.1 Verifiche di resistenza

VERIFICA RESISTENZA						Coeff.dinamico	2.01
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPBVPSP_S300	64	86	-10737	20177	22095		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)	τ (N/mm2)	σ_{id} (N/mm2)	σ_{am} (N/mm2)	-	-	-
-33.4	30.3	6.8	35.4	190.0			
F scorrimento ala - anima (N/m)		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2)		τ_{am} (N/mm2)			
67373		6.74		109.7			
VERIFICA RESISTENZA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPAVNSN_S300	64	86	4087	-14653	-14880		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)	τ (N/mm2)	σ_{id} (N/mm2)	σ_{am} (N/mm2)	-	-	-
22.0	-20.8	-4.9	23.6	190.0			
F scorrimento ala - anima (N/m)		$\tau_{scorrim}$ (N/mm2)		τ_{am} (N/mm2)			
-48927		-4.89		109.7			

2.4.5.2 Verifica a fatica

VERIFICA FATICA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	VERIFICA SODDISFATTA	$\Delta\sigma_{int} < \Delta\sigma_{am,int}$ $\Delta\sigma_{est} < \Delta\sigma_{am,est}$
FAT	64	86	2443	10700	9173		
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)				Categoria particolare	$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm2)	
-12.9					140	82.52	
$\Delta\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\Delta\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)				Categoria particolare	$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm2)	
	13.6				140	82.52	
ΔF scorrimento ala - anima (N/m)			$\Delta\tau_{scorrim}$ (N/mm2)		Categoria particolare		$\Delta\tau_{am}$ (N/mm2)
35728.67			3.57		80		53.28

2.4.6 Sezione 3 - Sezione comp. Tubo+T – 3.00 m sul p.f.

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche (momento di inerzia, posizione del baricentro, ecc) sono riportate di seguito.

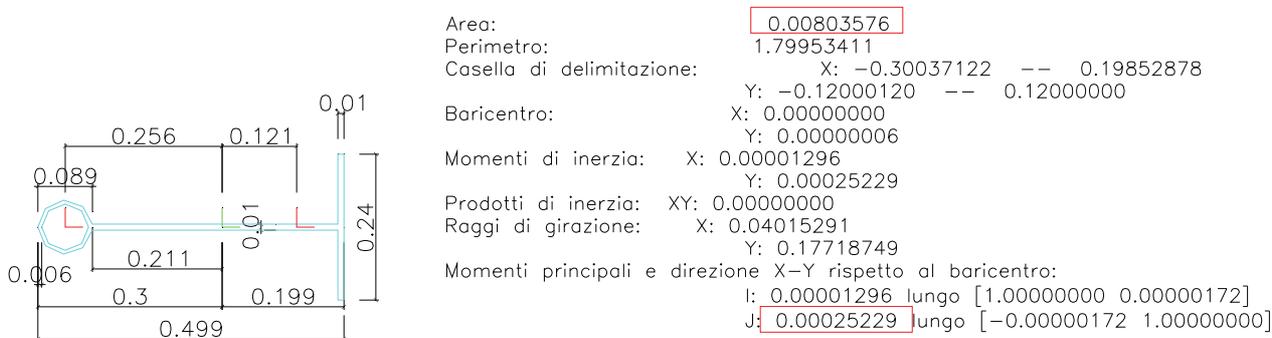
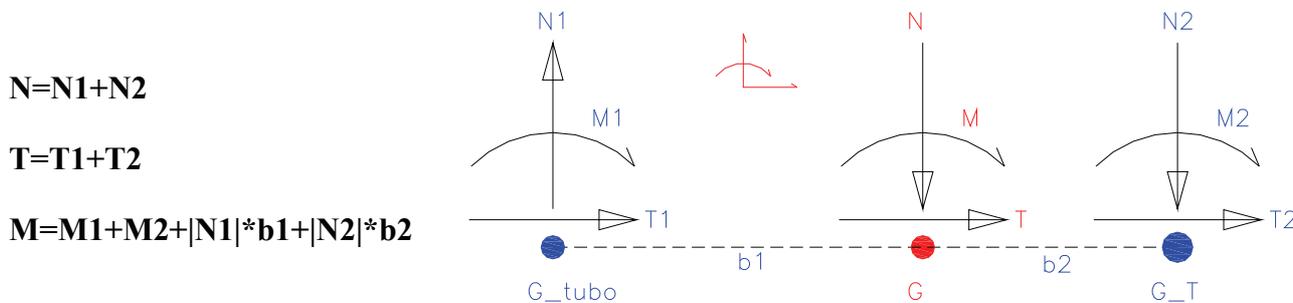


Figura 2-16- Sezione comp. Tubo+T – 3.00 m sul p.f.

Sezione comp. Tubo+T 3.00 m		A (m ²)	Jx (m ⁴)	W int barr (m ³)	W est barr (m ³)	Aty (m ²)	ix (m)
Diametro tubo(m)	0.0889	0.0080358	2.523E-04	1.268E-03	8.410E-04	0.0051784	0.1771889
Spessore tubo(m)	0.0063						
Larghezza ala (m)	0.2400			W int T (m³)	W est T (m³)	G-Y T int (m)	G-Y T est (m)
Spessore ala (m)	0.0100			1.268E-03	1.196E-03	0.199	0.211
Altezza anima+ala (m)	0.4100			W int Tubo (m³)	W est Tubo (m³)	G-Y tubo int (m)	G-Y tubo est (m)
Spessore anima (m)	0.0100			1.196E-03	8.41E-04	0.211	0.3

2.4.6.1 Verifiche di resistenza

Le caratteristiche di sollecitazione agenti su tale sezione composta, vengono ottenute combinando le sollecitazioni baricentriche dei singoli elementi strutturali (tubolare e Profilo a "T"), fornite dall'analisi F.E.M., tenendo conto della relativa posizione dei baricentri (indicati in Figura 2-16) come di seguito riportato:



VERIFICA RESISTENZA - SEZIONE COMPOSTA						Coeff.dinamico	2.01
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI TUBO	G-G tubo (m) 0.256
PPPBVSP_S300	131	73	-325	55	26		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI T	G-G T (m) 0.121
PPPBVSP_S300	75	57	-9719	14757	12854		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPBVSP_S300	-	-	-10044	14812	13974		
σ int barr (N/mm2)	σ est barr (N/mm2)	τ (N/mm2)	σ_{id} (N/mm2)	σ_{am} (N/mm2)	-		
-12.3	15.4	2.86	16.1	190.0			
VERIFICA RESISTENZA - SEZIONE COMPOSTA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI TUBO	G-G tubo (m) 0.256
PPPAVNSN_S300	131	73	-314	57	30		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI T	G-G T (m) 0.121
PPPAVNSN_S300	75	57	5105	-10295	-7966		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPAVNSN_S300	-	-	4791	-10238	-8634		
σ int barr (N/mm2)	σ est barr (N/mm2)	τ (N/mm2)	σ_{id} (N/mm2)	σ_{am} (N/mm2)	-		
7.4	-9.7	-1.98	10.3	190.0			

2.4.6.2 Verifica a fatica

Le verifiche a fatica vengono condotte ragionando in termini di incrementi di sollecitazione ΔN , ΔT , ΔM .

Gli incrementi di sollecitazione considerati costituiscono per la caratteristica di sollecitazione in esame la differenza tra il massimo e il minimo valore registrati nell'intervallo temporale considerato nell'analisi al passo per effetto della sola azione delle sovrappressioni aerodinamiche. Si tratta quindi di valori di inviluppo.

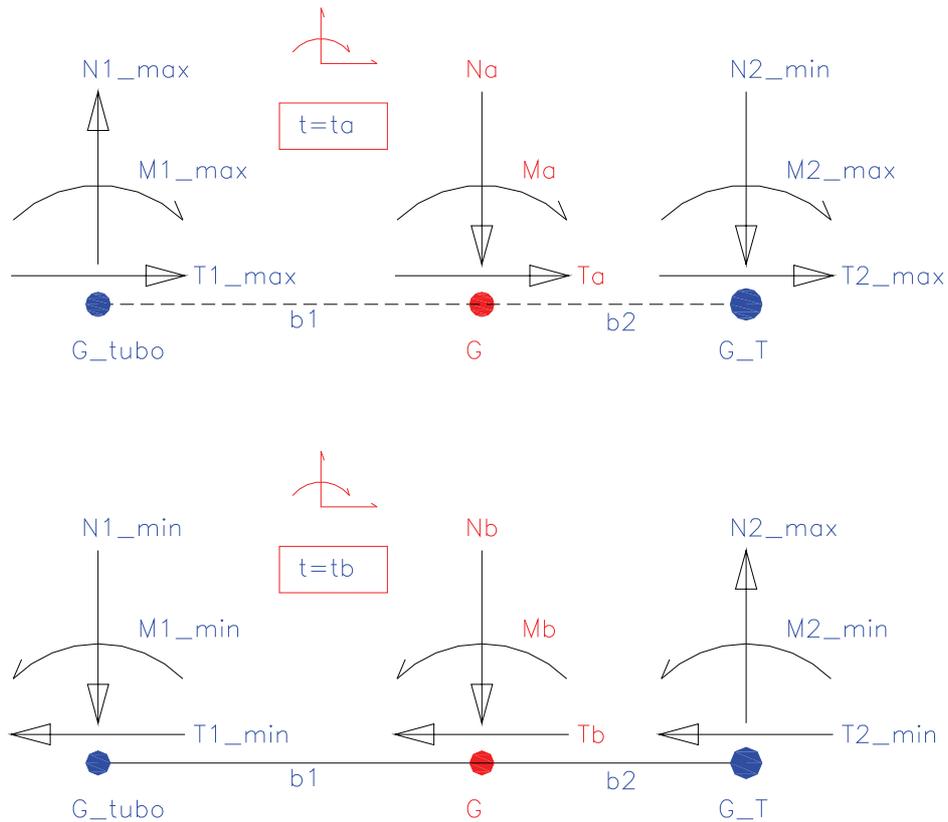
$$\Delta N = N_{max} - N_{min}$$

$$\Delta T = T_{max} - T_{min}$$

$$\Delta M = M_{max} - M_{min}$$

Un'analisi dettagliata, che tenga conto della effettiva contemporaneità delle sollecitazioni dimostra che l'accoppiamento delle sollecitazioni è quello riportato nella figura seguente.

Detto **ta** l'istante in cui nasce il valore massimo della sollecitazione M e **tb** l'istante in cui nasce il valore minimo, si ha:



Pertanto risulta:

$$N_a = N1_{max} + N2_{min}$$

$$N_b = N1_{min} + N2_{max}$$

$$T_a = T1_{max} + T2_{min}$$

$$T_b = T1_{min} + T2_{min}$$

$$M_a = M1_{max} + M2_{max} + |N1_{max}| * b1 + |N2_{min}| * b2$$

$$M_b = M1_{min} + M2_{min} - |N1_{min}| * b1 - |N2_{max}| * b2$$

In definitiva

$$\Delta N = N_a - N_b = N1_{max} + N2_{min} - N1_{min} - N2_{max} = \Delta N1 - \Delta N2$$

$$\Delta T = T_a - T_b = T1_{max} + T2_{max} - T1_{min} - T2_{min} = \Delta T1 + \Delta T2$$

$$\Delta M = M_a - M_b = M1_{max} + M2_{max} + |N1_{max}| * b1 + |N2_{min}| * b2 - M1_{min} - M2_{min} - (-|N1_{min}| * b1) - (-|N2_{max}| * b2) = \Delta M1 + \Delta M2 + \Delta N1 * b1 + \Delta N2 * b2$$

VERIFICA FATICA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	SOLLECITAZIONI TUBO	G-G tubo (m)
FAT	131	73	1376	610	383		0.256
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	SOLLECITAZIONI T	G-G T (m)
FAT	75	57	2437	6282	4277		0.121
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\Delta\sigma_{est} < \Delta\sigma_{am,est}$ $\Delta\sigma_{int} < \Delta\sigma_{am,int}$
FAT	-	-	-1062	6892	5307		
VERIFICA FATICA "TUBO"							
			$\Delta\sigma_{est}$ "tubo" (N/mm ²)	Categoria particolare		$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm ²)	
			6.2	56		26.20	
			$\Delta\sigma_{int}$ "tubo" (N/mm ²)	Categoria particolare		$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm ²)	
			4.3	63		37.14	
VERIFICA FATICA "T"							
			$\Delta\sigma_{est}$ "T" (N/mm ²)	Categoria particolare		$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm ²)	
			4.3	63		37.14	
			$\Delta\sigma_{int}$ "T" (N/mm ²)	Categoria particolare		$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm ²)	
			-4.3	140		82.52	

2.4.7 Sezione 4 - Sezione comp. Tubo+T – 3.25 m sul p.f.

Le verifiche vengono condotte facendo riferimento alla sezione le cui caratteristiche geometriche e meccaniche (momento di inerzia, posizione del baricentro, ecc) sono riportate di seguito.

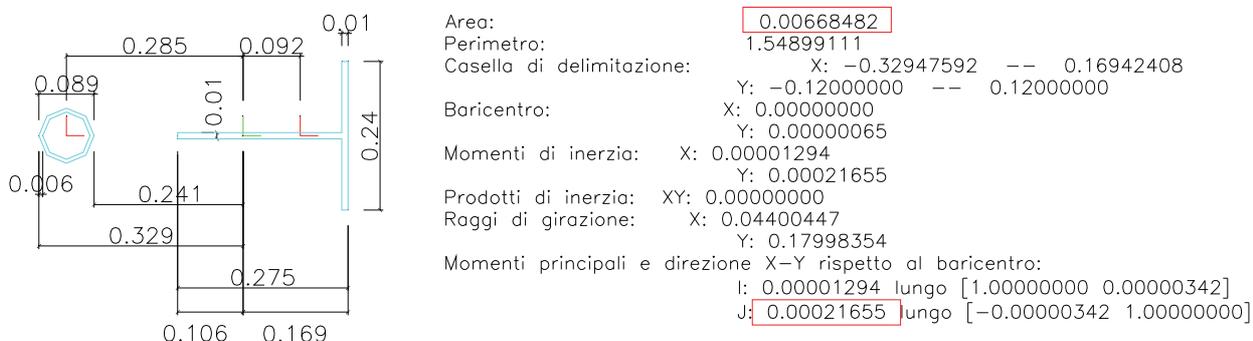
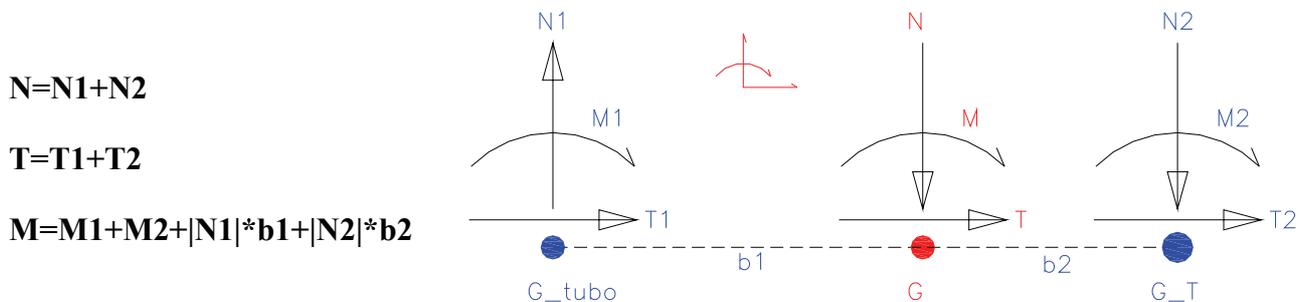


Figura 2-17- Sezione comp. Tubo+T – 3.25 m sul p.f.

Sezione comp. Tubo+T 3.25 m		A (m ²)	Jx (m ⁴)	W int barr (m ³)	W est barr (m ³)	Aty (m ²)	ix (m)
Diametro tubo(m)	0.0889	0.0066848	2.166E-04	1.281E-03	6.582E-04	0.0038284	0.1799841
Spessore tubo(m)	0.0063						
Larghezza ala (m)	0.2400			W int T (m ³)	W est T (m ³)	G-Y T int (m)	G-Y T est (m)
Spessore ala (m)	0.0100			1.281E-03	2.043E-03	0.169	0.106
Altezza anima+ala (m)	0.2750			W int Tubo (m ³)	W est Tubo (m ³)	G-Y tubo int (m)	G-Y tubo est (m)
Spessore anima (m)	0.0100			8.985E-04	6.58E-04	0.241	0.329

2.4.7.1 Verifiche di resistenza

Le caratteristiche di sollecitazione agenti su tale sezione composta, vengono ottenute combinando le sollecitazioni baricentriche dei singoli elementi strutturali (tubolare e Profilo a "T"), fornite dall'analisi F.E.M., tenendo conto della relativa posizione dei baricentri (indicati in Figura 2-16) come di seguito riportato:



VERIFICA RESISTENZA - SEZIONE COMPOSTA						Coeff.dinamico	
						2.01	
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI TUBO	G-G tubo (m) 0.285
PPPBVSP_S300	130	77	-325	55	13		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI T	G-G T (m) 0.092
PPPBVSP_S300	76	62	-9623	12157	9490		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPBVSP_S300	99	23	-9949	12212	10295		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)	τ (N/mm2)	σ_{id} (N/mm2)	σ_{am} (N/mm2)	-		
-9.5	14.2	3.19	15.2	190.0			
VERIFICA RESISTENZA - SEZIONE COMPOSTA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI TUBO	G-G tubo (m) 0.285
PPPAVNSN_S300	130	77	-314	57	16		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	SOLLECITAZIONI T	G-G T (m) 0.092
PPPAVNSN_S300	76	62	5199	-8048	-5673		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	N (N)	T (N)	M (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\sigma_{id} < \sigma_{am}$
PPPAVNSN_S300	-	-	4886	-7991	-6225		
$\sigma_{int\ barr}$ (N/mm2)	$\sigma_{est\ barr}$ (N/mm2)	τ (N/mm2)	σ_{id} (N/mm2)	σ_{am} (N/mm2)	-		
5.6	-8.7	-2.09	9.4	190.0			

2.4.7.2 Verifica a fatica

Le verifiche a fatica vengono condotte ragionando in termini di incrementi di sollecitazione ΔN , ΔT , ΔM .

Gli incrementi di sollecitazione considerati costituiscono per la caratteristica di sollecitazione in esame la differenza tra il massimo e il minimo valore registrati nell'intervallo temporale considerato nell'analisi al passo per effetto della sola azione delle sovrappressioni aerodinamiche. Si tratta quindi di valori di inviluppo.

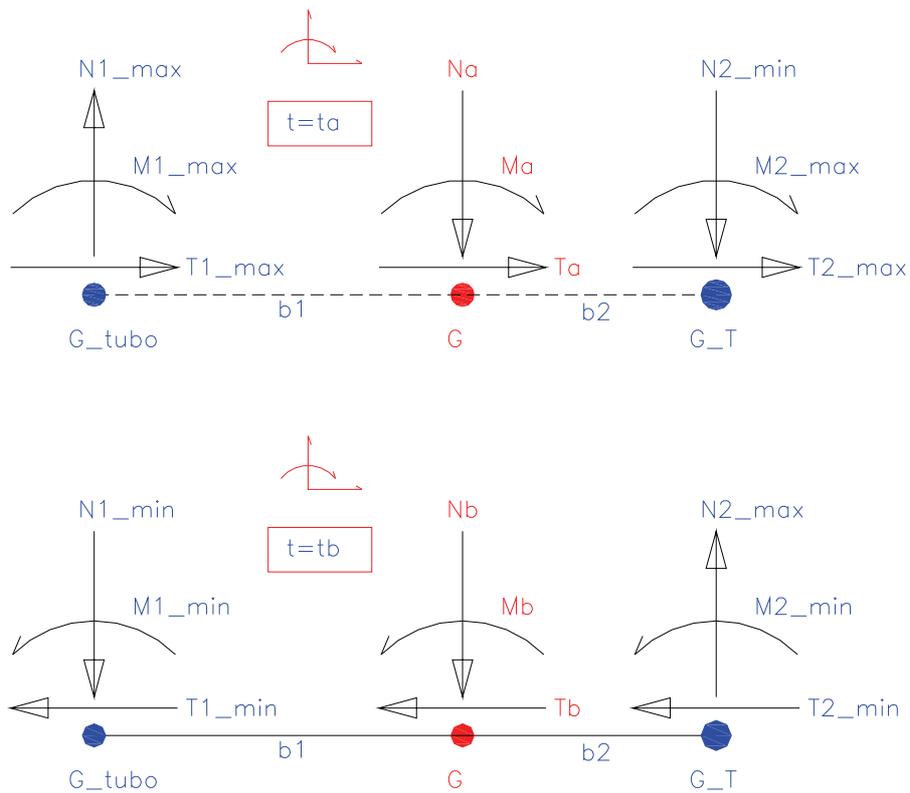
$$\Delta N = N_{max} - N_{min}$$

$$\Delta T = T_{max} - T_{min}$$

$$\Delta M = M_{max} - M_{min}$$

Un'analisi dettagliata, che tenga conto della effettiva contemporaneità delle sollecitazioni dimostra che l'accoppiamento delle sollecitazioni è quello riportato nella figura seguente.

Detto **ta** l'istante in cui nasce il valore massimo della sollecitazione M e **tb** l'istante in cui nasce il valore minimo, si ha:



Pertanto risulta:

$$N_a = N1_{max} + N2_{min}$$

$$N_b = N1_{min} + N2_{max}$$

$$T_a = T1_{max} + T2_{min}$$

$$T_b = T1_{min} + T2_{min}$$

$$M_a = M1_{max} + M2_{max} + |N1_{max}| * b1 + |N2_{min}| * b2$$

$$M_b = M1_{min} + M2_{min} - |N1_{min}| * b1 - |N2_{max}| * b2$$

In definitiva

$$\Delta N = N_a - N_b = N1_{max} + N2_{min} - N1_{min} - N2_{max} = \Delta N1 - \Delta N2$$

$$\Delta T = T_a - T_b = T1_{max} + T2_{max} - T1_{min} - T2_{min} = \Delta T1 + \Delta T2$$

$$\Delta M = M_a - M_b = M1_{max} + M2_{max} + |N1_{max}| * b1 + |N2_{min}| * b2 - M1_{min} - M2_{min} - (-|N1_{min}| * b1) - (-|N2_{max}| * b2) = \Delta M1 + \Delta M2 + \Delta N1 * b1 + \Delta N2 * b2$$

VERIFICA FATICA							
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	SOLLECITAZIONI TUBO	G-G tubo (m) 0.285
FAT	130	77	1380	561	231		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (NM)	SOLLECITAZIONI T	G-G T (m) 0.092
FAT	76	62	2373	4867	2804		
CONDIZIONE DI CARICO	ELEMENTO	NODO	ΔN (N)	ΔT (N)	ΔM (Nm)	VERIFICA SODDISFATTA	$\Delta\sigma_{est} < \Delta\sigma_{am,est}$ $\Delta\sigma_{int} < \Delta\sigma_{am,int}$
FAT	-	-	-993	5428	3647		
VERIFICA FATICA "TUBO"							
$\Delta\sigma_{est}$ "tubo" (N/mm ²)			Categoria particolare			$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm ²)	
5.4			160			94.31	
$\Delta\sigma_{int}$ "tubo" (N/mm ²)			Categoria particolare			$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm ²)	
3.9			56			26.20	
VERIFICA FATICA "T"							
$\Delta\sigma_{est}$ "T" (N/mm ²)			Categoria particolare			$\Delta\sigma_{am,est}$ (N/mm ²)	
1.6			140			82.52	
$\Delta\sigma_{int}$ "T" (N/mm ²)			Categoria particolare			$\Delta\sigma_{am,int}$ (N/mm ²)	
-3.0			140			82.52	

2.4.8 Verifica del collegamento bullonato a quota 2.5 m sul p.f.

Si procede alle verifiche di resistenza e fatica del giunto bullonato posto a quota 2.5 m sul piano ferro le cui caratteristiche sono riportate nella seguente Figura 2-18. Tale giunto viene calcolato come un giunto a taglio.

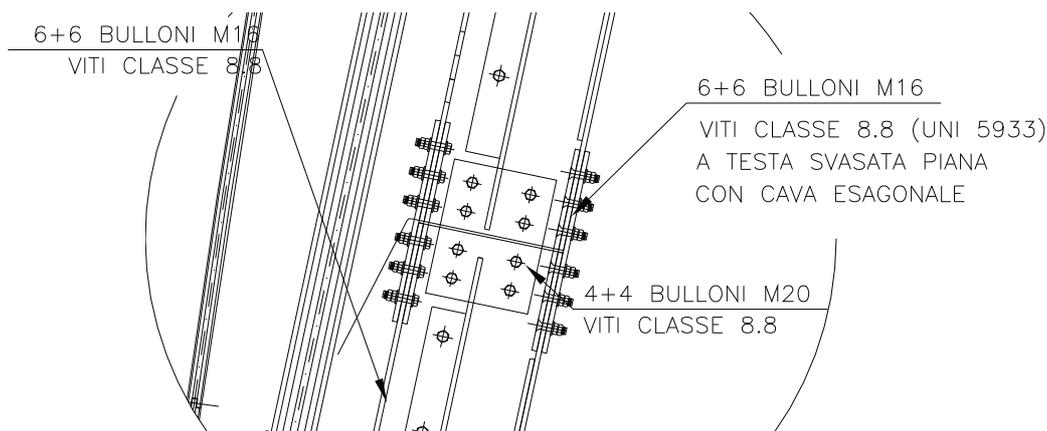
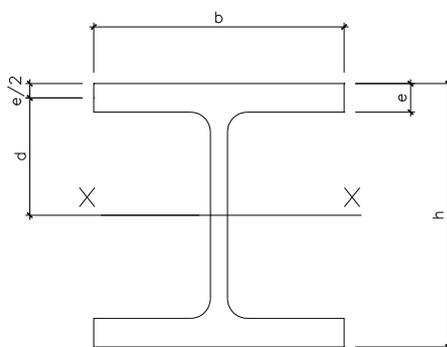


Figura 2-18 - Giunto bullonato a quota 2.5 m su p.f.



Con riferimento alla figura precedente indichiamo con:

A_{bp} area gambo bullone sulla piattabanda

A_{ba} area gambo bullone sull'anima

$M_p = b \cdot e \cdot (d^2 + d^2) \cdot M_x / J_x$ quota del momento M_x trasmesso dai coprigiunti dalle ali

$M_a = (1 - b \cdot e \cdot (d^2 + d^2) / J_x) \cdot M_x$ quota del momento M_x trasmesso dai coprigiunti dall'anima

$N_p = 2 \cdot b \cdot e \cdot N / A$ quota dello sforzo normale N trasmesso dai coprigiunti dalle ali

$N_a = (1 - 2 \cdot b \cdot e / A) \cdot N$ quota dello sforzo normale N trasmesso dai coprigiunti dall'anima

$S_{px} = M_p/(h-e) + N_p/2$ sforzo dovuto a M_p e N_p che sollecita i coprighiunti delle ali su un lato del profilo

$S_{py} = M_y/t$ sforzo dovuto a M_y che sollecita i coprighiunti e i bulloni delle ali su un lato del profilo
t distanza tra i bulloni delle ali in direzione longitudinale barriera

$V_p = T_y/(n_{bp} * 2)$ quota di taglio orizzontale T_y su ogni bullone delle ali (n_{bp} num. totale bulloni ali)

$H_p = S_{px}/n_{bp} + S_{py}/n_{bp}$ quota di taglio verticale su un bullone delle ali

$R_p = (V_p^2 + H_p^2)^{0.5}$ taglio complessivo su un bullone delle ali

$V_a = T_x/n_{ba}$ quota di taglio T_x su ogni bullone dell'anima (n_{ba} numero bulloni anima)

f coefficiente dipendente dal numero di file di bulloni sull'anima e dal numero di bulloni su una fila sull'anima

h' distanza tra i bulloni più esterni sull'anima

$H_a = f * M_a/h' + N_a/n_{ba}$ quota di taglio sul bullone più esterno dell'anima dovuta al momento M_a e allo sforzo normale N_a

$R_a = (V_a^2 + H_a^2)^{0.5}$ taglio complessivo sul bullone più esterno dell'anima

$\tau_{bp} = R_p/(n_{fp} * A_{bp})$ tensione di taglio sui bulloni delle ali a resistenza (n_{fp} numero facce resistenti)

$\tau_{ba} = R_a/(n_{fa} * A_{ba})$ tensione di taglio sui bulloni dell'anima a resistenza (n_{fa} numero facce resistenti)

$\Delta\tau_{bp} = 2 * R_p/(n_{fp} * A_{bp})$ delta di tensione di taglio sui bulloni delle ali a fatica

$\Delta\tau_{ba} = 2 * R_a/(n_{fa} * A_{ba})$ delta di tensione di taglio sui bulloni dell'anima a fatica

τ_{am} tensione di taglio ammissibile a resistenza

$\Delta\tau_{am}$ delta di tensione di taglio ammissibile a fatica

2.4.8.1 Verifica di resistenza dei bulloni e rifollamento

La sezione da collegare possiede le seguenti caratteristiche:

2T corrente 2.5 m: sezione piena			A (m ²)	J _x (m ⁴)
Larghezza ali (m)	0.2400		0.010330	0.000167277
Spessore ali (m)	0.0160			
Altezza anima+ali (m)	0.2970			
Spessore anima (m)	0.0100			

Si utilizzano 6+6 bulloni M16 sulle ali, 4+4 bulloni M20 sull'anima. Nelle verifiche si fa riferimento alla condizione di carico "PPPBVSP_S300".

RESISTENZA

Profilo con la sezione piena dalle caratteristiche statiche minori: a doppia T saldato

b [mm]	e [mm]	d [mm]	h [mm]	A [mm ²]	J _x [mm ⁴]
240	10	143.5	297	7570	116594411

Sollecitazioni comb. PPPBVSP_S300 - frame elem. 64 - Nodo 86

N [N]	M _x [N*mm]	T _x [N]	M _y [N*mm]	T _y [N]
10737	22095071	20177	0	0

Verifica bulloni ali

n° bulloni	6
n° facce	2
A _{bp} [mm ²]	161
t [mm]	160
M _p [N*mm]	18731075
N _p [N]	6808
S _{px} [N]	68669
S _{py} [N]	0
V _p [N]	0
H _p [N]	11445
R _p [N]	11445
tau _{bp} [N/mm ²]	35.6
tau _{am} [N/mm ²]	224.4 cl. 8.8

Verifica soddisfatta

Verifica bulloni anima

n° bulloni	4
n° facce	2
A _{ba} [mm ²]	251
f	1
h' [mm]	120
M _a [N*mm]	3363996
N _a [N]	3929
V _a [N]	5044
H _a [N]	29015
R _a [N]	29451
tau _{ba} [N/mm ²]	58.6
tau _{am} [N/mm ²]	224.4 cl. 8.8

Verifica soddisfatta

Rifollamento ANIMA

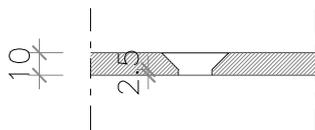
s [mm] (spessore minore elementi collegati)	10	$\alpha=a/d$	2
d [mm] (diametro bullone)	20	$\alpha*\sigma_{amm}$ [N/mm ²]	380
a [mm] (dist. fori-bordo libero in dir. forza)	40	$\sigma_{rif}=(Ra/2)/(s*d)$ [N/mm ²]	73.6
		$\sigma_{rif} < \alpha*\sigma_{amm}$	

Verifica soddisfatta

Rifollamento ALI

s [mm] (spessore minore elementi collegati)	2.5	$\alpha=a/d$	2.5
d [mm] (diametro bullone)	16	$\alpha*\sigma_{amm}$ [N/mm ²]	475
a [mm] (dist. fori-bordo libero in dir. forza)	50	$\sigma_{rif}=(Rp/2)/(s*d)$ [N/mm ²]	143.1
		$\sigma_{rif} < \alpha*\sigma_{amm}$	

Verifica soddisfatta



FATICA

Profilo con la sezione piena dalle caratteristiche statiche minori: a doppia T saldato

b [mm]	e [mm]	d [mm]	h [mm]	A [mm ²]	J _x [mm ⁴]
240	10	143.5	297	7570	116594410.8
				8364	

Sollecitazioni comb. FAT - frame elem. 64 - Nodo 86

ΔN [N]	ΔM_x [N*mm]	ΔT_x [N]	ΔM_y [N*mm]	ΔT_y [N]
2443	9173166	10700	0	0

Verifica bulloni ali

n° bulloni	6
n° facce	2
A _{bp} [mm ²]	161
t [mm]	160

ΔM_p [N*mm] 7776542.8

ΔN_p [N] 1549.1

ΔS_{px} [N] 27870.5

ΔS_{py} [N] 0.0

ΔV_p [N] 0.0

ΔH_p [N] 4645.1

ΔR_p [N] 4645.1

$\Delta \tau_{bp}$ [N/mm²] 14.4

$\Delta \tau_{am}$ [N/mm²] 66.6 Cat. 100

Verifica bulloni anima

n° bulloni	4
n° facce	2
A _{ba} [mm ²]	251
f	1
h' [mm]	120

ΔM_a [N*mm] 1396623.3

ΔN_a [N] 894.0

ΔV_a [N] 2675.0

ΔH_a [N] 11862.0

ΔR_a [N] 12159.9

$\Delta \tau_{ba}$ [N/mm²] 24.2

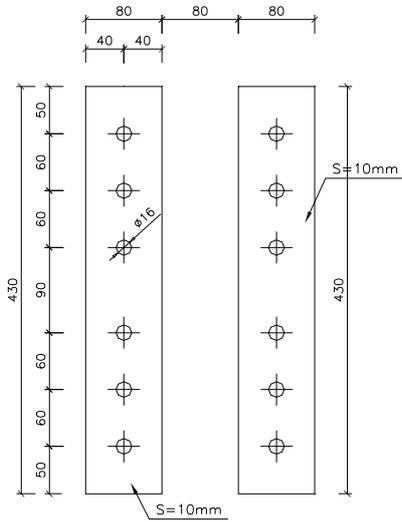
$\Delta \tau_{am}$ [N/mm²] 66.6 Cat. 100

Verifica soddisfatta

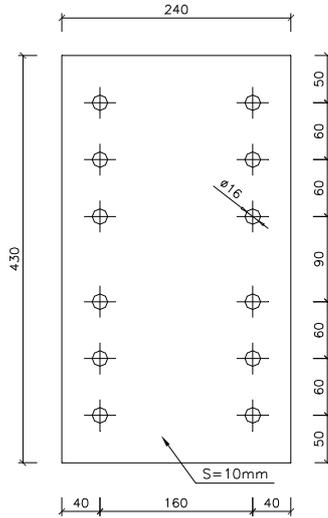
Verifica soddisfatta

2.4.8.2 Verifica piatti coprigiunto

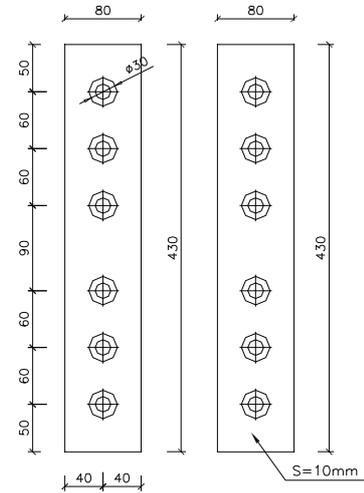
COPRIGIUNTI ESTERNI E INTERNI D'ALA
LATO ESTERNO BINARIO



COPRIGIUNTO ESTERNI D'ALA
LATO INTERNO BINARIO



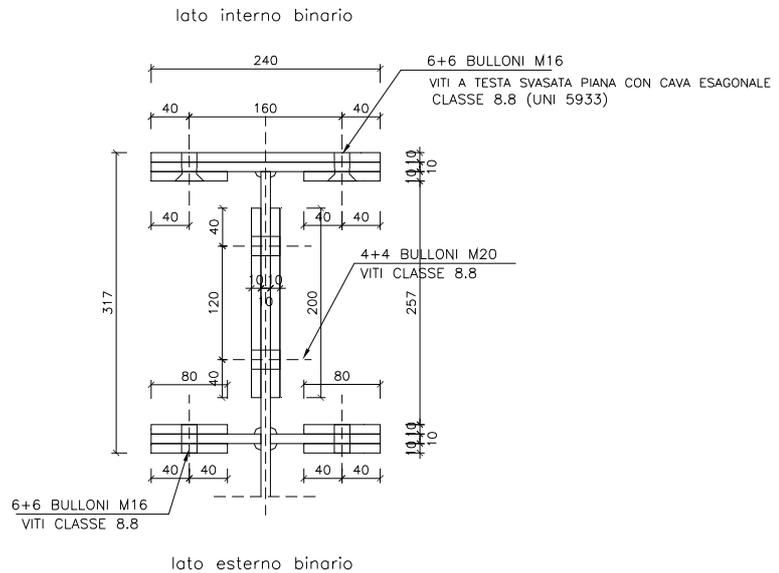
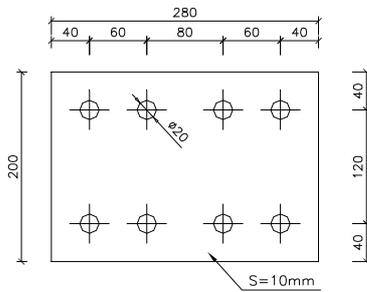
COPRIGIUNTO INTERNI D'ALA
LATO INTERNO BINARIO



GIUNTO — SEZIONE

Scala 1:5

COPRIGIUNTO D'ANIMA

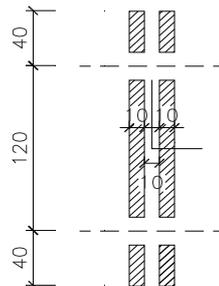


Verifica coprigiunti ANIMA

Resistenza

N _a [N]	3929
M _a [N mm]	3363996
T _a [N]	20177
Area netta coprig. d'anima [mm ²]	3188
momento d'inerzia [mm ⁴]	10380000
y [mm]	100
W [mm ³]	103800
sigma [Mpa]	33.64
tau [Mpa]	6.33
sigma _{id} [Mpa]	35.38
sigamm [Mpa]	190

Area:	0.00318800
Momenti di inerzia:	X: 0.00001038 Y: 0.00000035



Verifica soddisfatta

Fatica

ΔN _a [N]	894
ΔM _a [N mm]	1396623
Area netta coprig. d'anima [mm ²]	3188
momento d'inerzia [mm ⁴]	10380000
y [mm]	100
W [mm ³]	103800
sigma [Mpa]	13.74

$\Delta\sigma_{amm} = 82.6$ Mpa (cat.140)

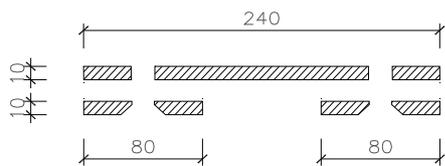
Verifica soddisfatta

Verifica coprigiunto ALI - lato interno Binario

Resistenza

$S = M_p / (h - e) =$	65265	N
A =	3261	mm ²
$\sigma_{cop,ala} = S / A =$	20	Mpa
sigamm [Mpa]	190	

Area: 0.00326103



Verifica soddisfatta

Fatica

ΔS = ΔM _p / (h - e) =	27096	N
A =	3261	mm ²
Δσ _{cop,ala} = ΔS / A =	8	Mpa
Δσ _{amm} =	82.6	Mpa

(cat.140)

Verifica soddisfatta

Verifica coprigiunto ALI - lato esterno Binario

Resistenza

$$\begin{aligned}
 S &= M_p / (h - e) = 65265 && \text{N} \\
 A &= 2545 && \text{mm}^2 \\
 \sigma_{\text{cop,ala}} = S/A &= 26 && \text{Mpa} \\
 \text{sigamm [Mpa]} &= 190 &&
 \end{aligned}$$

Area: 0.00254475



Verifica soddisfatta

Fatica

$$\begin{aligned}
 \Delta S &= \Delta M_p / (h - e) = 27096 && \text{N} \\
 A &= 2545 && \text{mm}^2 \\
 \Delta \sigma_{\text{cop,ala}} = \Delta S/A &= 11 && \text{Mpa} \\
 \Delta \sigma_{\text{amm}} &= 82.6 && \text{Mpa}
 \end{aligned}$$

(cat.140)



Verifica soddisfatta

2.5 Verifica globale di deformabilità

La **verifica globale di deformabilità** consiste nel verificare, secondo le indicazioni del Disciplinare Tecnico sulle barriere antirumore, che lo spostamento in sommità nella peggiore condizione di carico possibile sia inferiore a "L/150", essendo "L" l'altezza del montante.

Essendo in questo caso $L = 5323 \text{ mm}$ l'altezza della barriera fuori terra, si ha quindi $f_{am} = 5323/150 = 35.48 \text{ mm}$.

Dal calcolo la freccia massima si ha nella condizione di carico "PPBVPSP_S300"; essa risulta pari a $f_{max} = \sqrt{17.50^2 + 8.56^2} = 19.48 \text{ mm} < f_{am}$.

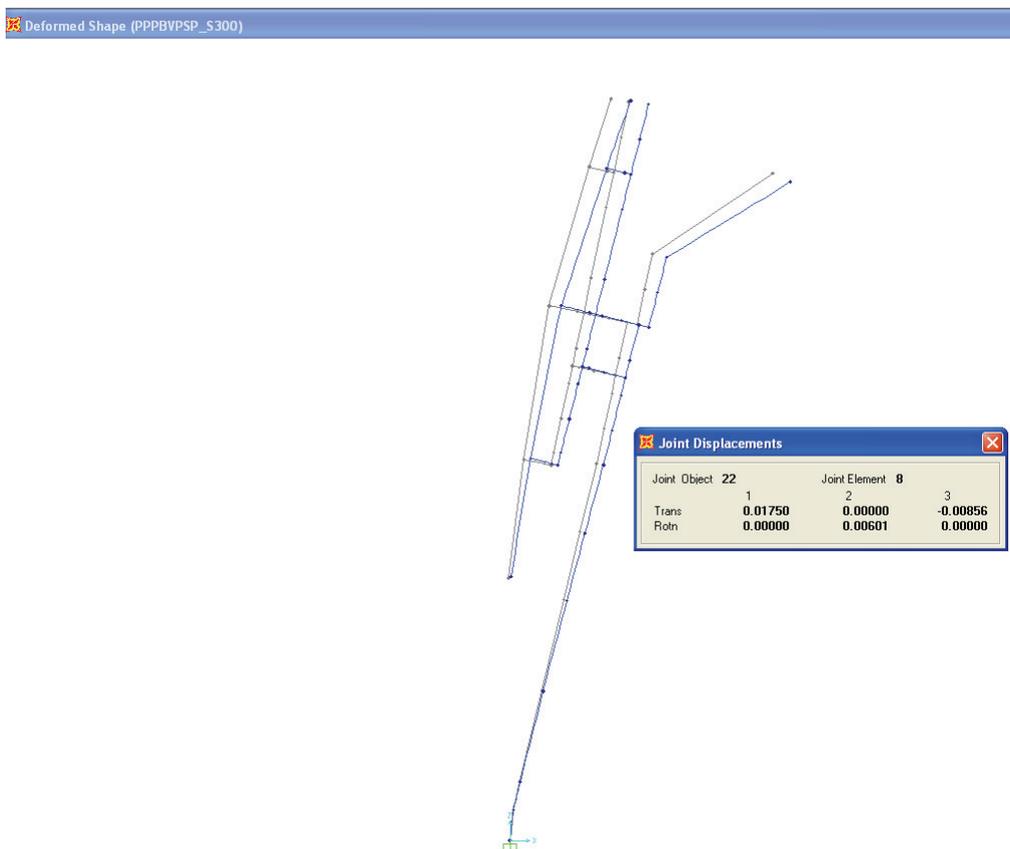


Figura 2-19 -Deformata barriera con spostamento max. in testa per "PPBVPSP_S300".

2.6 VERIFICA DEI TIRAFONDI E DELLE PIASTRE DI BASE

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche sul collegamento di base dei montanti. Si ricorda che il montante tipo VH è ancorato al cordolo di base mediante 4+4 tirafondi di diametro variabile in funzione dell'altezza di barriera e della velocità della linea secondo il seguente schema:

- VH2 – V200	4+4 ϕ 20
- VH2 – V300	4+4 ϕ 30
- VH4 – V200	4+4 ϕ 30
- VH4 – V300	4+4 ϕ 40

I tirafondi ϕ 20 e ϕ 30 sono annegati nel getto, pertanto si riportano le verifiche a resistenza e fatica dei tirafondi, la verifica della piastra anulare di ancoraggio, della piastra di base 700x700x40 mm (con fori di diametro pari a quello dei tirafondi più 5 mm per consentire l'inserimento della boccola dielettrica) e della rondella speciale (inserita per evitare sollecitazioni meccaniche sulla boccola stessa). I tirafondi ϕ 40, invece, sono passanti, pertanto si riportano le verifiche a resistenza e fatica dei tirafondi, la verifica della piastra di base 700x700x40 mm con fori ϕ 45 e della rondella speciale; la contro-piastra inferiore, di dimensioni 700x700x40 con fori ϕ 45, risulta automaticamente soddisfatta.

Si verifica, inoltre, la decompressione dei tirafondi preserrati e soggetti ai carichi di esercizio.

2.6.1 Sollecitazioni

Qui di seguito si riportano le sollecitazioni agenti nelle sezioni d'incastro alla base dei due modelli di calcolo, con le sovrappressioni dovute al transito di un treno aerodinamico a 300 km/h e di un treno con sagoma arrotondata a 200 km/h:

Modello VH2_V300

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
23	PPPBVSP V300	Combination	Max	-18850	0	10634	0	-34370	0
23	PPPBVSP V300	Combination	Min	-35710	0	6795	0	-69857	0
23	PPPAVNSN V300	Combination	Max	22586	0	1337	0	44812	0
23	PPPAVNSN V300	Combination	Min	5726	0	-2501	0	9325	0
23	PPPASP V300	Combination	Max	2175	0	5920	0	6220	0
23	PPPASP V300	Combination	Min	-14686	0	2081	0	-29267	0
23	PPPBVSP V200	Combination	Max	-21683	0	9240	0	-40415	0
23	PPPBVSP V200	Combination	Min	-29548	0	7466	0	-56023	0
23	PPPAVNSN V200	Combination	Max	19753	0	-56	0	38767	0
23	PPPAVNSN V200	Combination	Min	11888	0	-1830	0	23159	0
23	PPPASP V200	Combination	Max	-658	0	4526	0	174	0
23	PPPASP V200	Combination	Min	-8523	0	2752	0	-15433	0

Modello VH4_V300

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
23	PPPBVSP V300	Combination	Max	-24568	0	23256	0	-68953	0
23	PPPBVSP V300	Combination	Min	-50704	0	14983	0	-143372	0
23	PPPAVNSN V300	Combination	Max	30487	0	1206	0	83716	0
23	PPPAVNSN V300	Combination	Min	4351	0	-7067	0	9297	0
23	PPPASP V300	Combination	Max	4117	0	11098	0	13484	0
23	PPPASP V300	Combination	Min	-22019	0	4825	0	-60934	0
23	PPPBVSP V200	Combination	Max	-28791	0	20508	0	-81150	0
23	PPPBVSP V200	Combination	Min	-40925	0	16381	0	-114543	0
23	PPPAVNSN V200	Combination	Max	26264	0	-1542	0	71520	0
23	PPPAVNSN V200	Combination	Min	14131	0	-5669	0	38126	0
23	PPPASP V200	Combination	Max	-106	0	8350	0	1288	0
23	PPPASP V200	Combination	Min	-12239	0	4223	0	-32105	0

Dall'analisi dei risultati dell'analisi dinamica riassunte in Figura 2-20, in cui sono riportati i diagrammi Sollecitazioni – Tempo relativi alle forza verticale F3 ed al momento M2 dell'incastro del montante VH4, si evince che la sollecitazione M2_Max si ottiene circa contemporaneamente alla F3_Min e viceversa. Pertanto nelle verifiche riportate di seguito si indicano con "Max" e "Min" le combinazioni che, rispettivamente, massimizzano e minimizzano il momento flettente con lo sforzo normale associato.

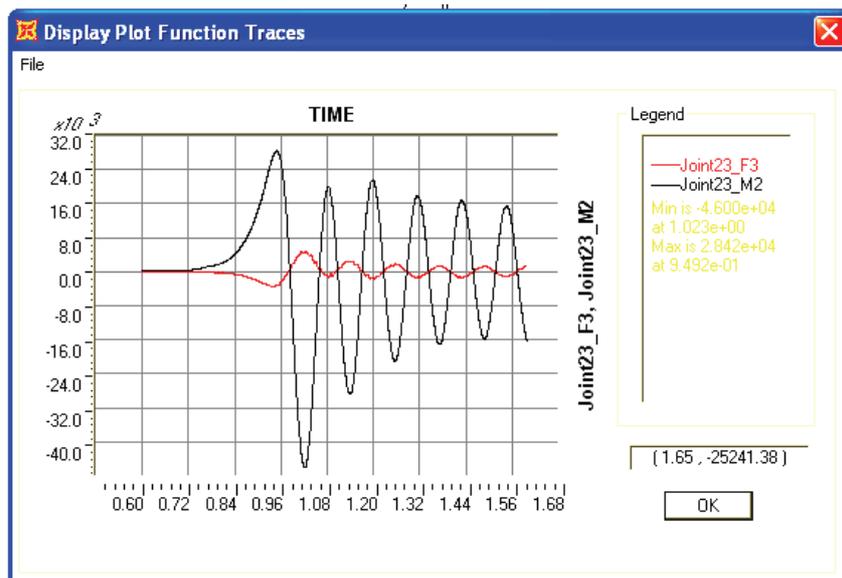


Figura 2-20 VH4 – Incastro al piede: Diagramma Sollecitazioni - Tempo

Alle sollecitazioni fornite dal modello di calcolo devono essere aggiunte quelle dovute alla componente del peso dei pannelli della barriera paralleli al montante. Tale componente fornisce un contributo sia alla forza F1 orizzontale sia alla forza F3 verticale; si ha inoltre un aumento del momento flettente dovuto all'eccentricità tra il baricentro dei cunei di appoggio dei pannelli ed il baricentro della piastra.

Componente del peso dei pannelli agente direttamente sulla piastra di base							ecc.= 0.105 m	
		peso unit.	interasse	altezza	angolo	componente al montante	F1	F3
		N/mm ²	m	m	gradi	N	N	N
Peso Pannelli CLS		3000	3.00	2.65	12	23329	-4850	22819
Peso Pannelli FA H4 asc.		500	3.00	2.50	12	3668	-763	3588
Peso Pannelli FA H4 bag.		1500	3.00	2.50	12	11004	-2288	10764

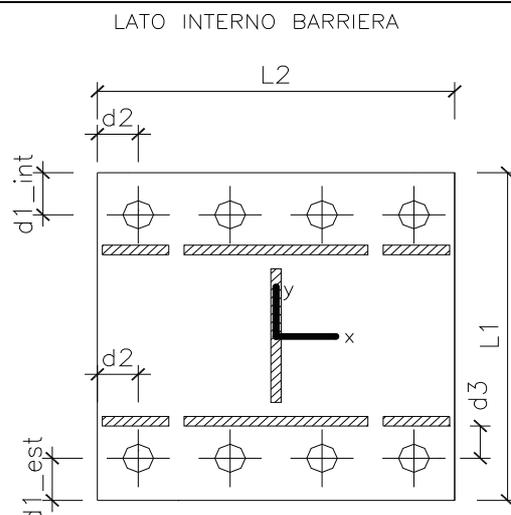
Sollecitazioni complessive									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
23	PPPBVPSP_V300	Combination	Max	-31706	0	16118	0	-65427	0
23	PPPBVPSP_V300	Combination	Min	-57842	0	7845	0	-139846	0
23	PPPAVNSN_V300	Combination	Max	23349	0	-5932	0	87242	0
23	PPPAVNSN_V300	Combination	Min	-2787	0	-14205	0	12823	0
23	PPPASP_V300	Combination	Max	-1496	0	5485	0	16257	0
23	PPPASP_V300	Combination	Min	-27632	0	-788	0	-58162	0
23	PPPBVPSP_V200	Combination	Max	-35929	0	13370	0	-77623	0
23	PPPBVPSP_V200	Combination	Min	-48063	0	9243	0	-111017	0
23	PPPAVNSN_V200	Combination	Max	19126	0	-8680	0	75046	0
23	PPPAVNSN_V200	Combination	Min	6992	0	-12807	0	41652	0
23	PPPASP_V200	Combination	Max	-5719	0	2737	0	4061	0
23	PPPASP_V200	Combination	Min	-17852	0	-1390	0	-29333	0

2.6.2 Verifica VH2 – V200

Geometria e Materiali

Altezza di Barriera:		VH2-V200																	
GEOMETRIA PIASTRA																			
L_1	700	[mm]																	
L_2	700	[mm]																	
d_1^{int}	90	[mm]																	
d_1^{est}	90	[mm]																	
d_2	90	[mm]																	
d_3	57	[mm]																	
ϕ_{tiraf}	20	[mm]	-----> Tirafondi annegati nel cordolo, con boccole dielettriche																
ϕ_{foro}	25	[mm]																	
n° tiraf	4	per ciascuna fila																	
t	40	[mm]	[spessore piastra]																
TIRAFONDI																			
acciaio tipo Fe430																			
σ_{amm}	190	[MPa]	f_t 430 [MPa]																
τ_{amm}	109,7	[MPa]	f_y 265 [MPa]																
			f_{kN} 265 [MPa]																
			Preserraggio imposto: 60%																
Tensione ammissibile a Fatica																			
$\Delta\sigma_D$	36,84																		
k	1,00																		
$\Delta\sigma_{amm}$	29,5																		
Cordolo in CLS																			
R_{ck}	35	[MPa]																	
$\sigma_{c,amm}$	11,0	[MPa]																	
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">VERIFICHE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistenza Tirafondi</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Fatica Tirafondi</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Decompressione Tirafondi</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Piastra (compressione cls)</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Piastra (tiro tirafondo)</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Rondella speciale</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Rosetta di ancoraggio</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>				VERIFICHE		Resistenza Tirafondi	OK	Fatica Tirafondi	OK	Decompressione Tirafondi	OK	Piastra (compressione cls)	OK	Piastra (tiro tirafondo)	OK	Rondella speciale	OK	Rosetta di ancoraggio	OK
VERIFICHE																			
Resistenza Tirafondi	OK																		
Fatica Tirafondi	OK																		
Decompressione Tirafondi	OK																		
Piastra (compressione cls)	OK																		
Piastra (tiro tirafondo)	OK																		
Rondella speciale	OK																		
Rosetta di ancoraggio	OK																		
LATO INTERNO BARRIERA																			

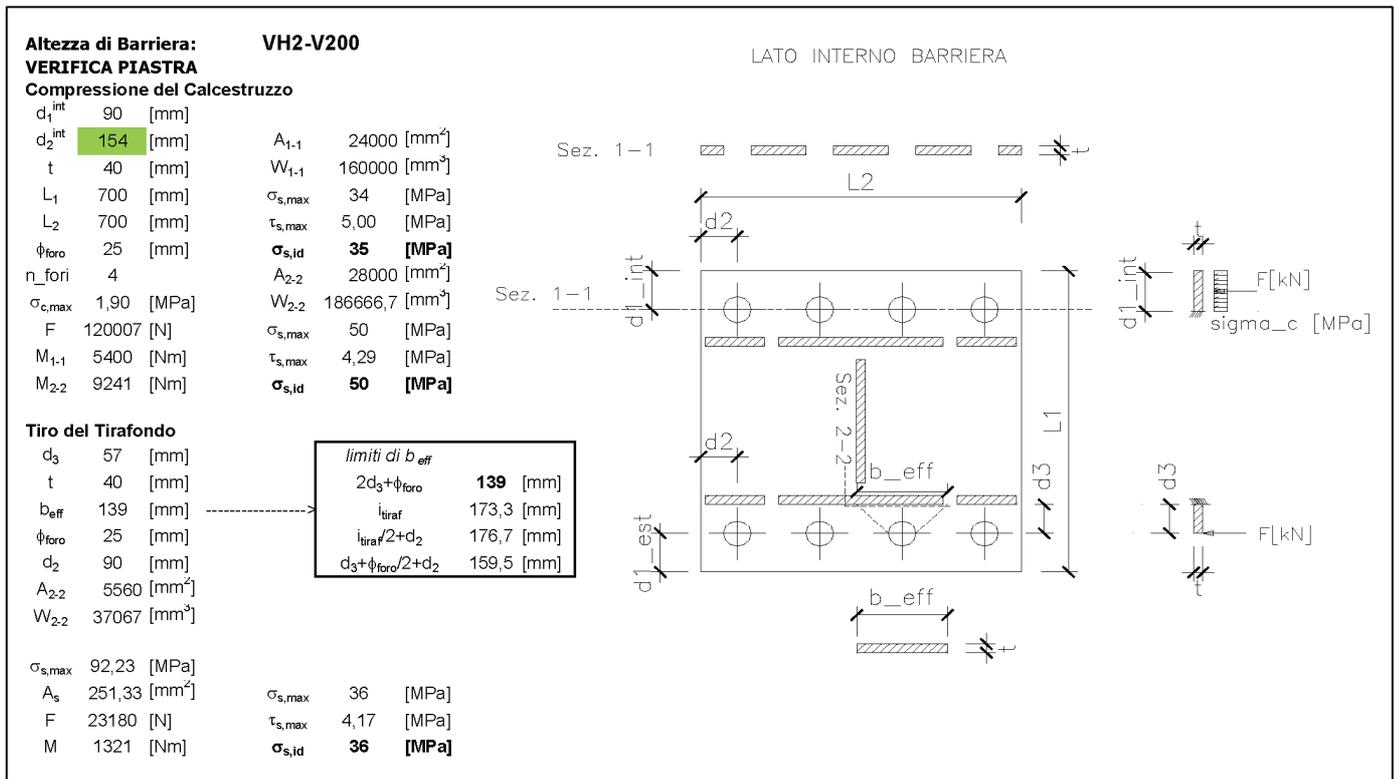
Verifica di resistenza e fatica dei tirafondi

Altezza di Barriera: VH2-V200		LATO INTERNO BARRIERA					
SEZIONE DI INCASTRO SBALZO							
Lunghezza lato in direzione 1	L ₁ = 70 cm						
Lunghezza lato in direzione 2	L ₂ = 70 cm						
Distanza tirafondi sul lato 1	d ₁ = 9 cm						
Distanza tirafondi sul lato 2	d ₂ = 9 cm						
Diametro Tirafondi	φ= 20 mm						
Numero Tirafondi	n= 4						
Interasse dir.1	i ₁ = 17.33 cm						
Interasse dir.2	i ₂ = 52 cm						
TENSIONI AMMISSIBILI				Sezione			
σ _{c,amm} =	35 MPa	X	Y				
σ _{s,amm} =	190 MPa	A	-35.0 -35.0				
TENSIONE AMMISSIBILE A FATICA TIRAFONDI		D	35.0 -35.0				
Δσ _D =	36.8 MPa	C	35.0 35.0				
φ=	20 mm	B	-35.0 35.0				
k=	1.000	Tirafondi					
Δσ _{tir,amm} =	29.5 MPa	X	Y	As	n		
		1	-26.0	26.0	2.51	15	interni - non considerati
		2	-8.7	26.0	2.51	15	interni - non considerati
		3	8.7	26.0	2.51	15	interni - non considerati
		4	26.0	26.0	2.51	15	interni - non considerati
		5	-26.0	-26.0	2.51	15	esterni
		6	-8.7	-26.0	2.51	15	esterni
		7	8.7	-26.0	2.51	15	esterni
		8	26.0	-26.0	2.51	15	esterni
TENSIONI - VERIFICA DI RESISTENZA		VERIFICA A FATICA					
COMBINAZIONE		COMBINAZIONE	Δσ_{acc}⁻				
	σ _{cls} ⁺		[MPa]				
	σ _{acc} ⁻		[MPa]				
PPPBPSP_V200	Max	1.3	-65.5				
PPPBPSP_V200	Min	1.9	-92.2				
PPPAVNSN_V200	Max	1.5	-77.5				
PPPAVNSN_V200	Min	0.9	-49.0				
PPPASP_V200	Max		-6.1				
PPPASP_V200	Min		-23.1				

NB: per la verifica si trascura il contributo dei tirafondi compressi.

Verifica delle piastre di base

Si considera la piastra sollecitata rispettivamente della pressione del calcestruzzo compresso e dal tiro dei tirafondi tesi. Nel primo caso lo schema di calcolo è quello di mensola incastrata in corrispondenza della fila di tirafondi, a vantaggio di sicurezza si considera un carico rettangolare pari alla massima tensione d'esercizio del calcestruzzo compresso; si considerano due sezioni di verifica: la sezione 1-1 in corrispondenza dei fori e la sezione 2-2 a filo flangia. Nel secondo caso si considera uno schema a mensola di luce pari alla distanza tra il tirafondo e la flangia del profilo, l'azione sollecitante è data dalla massima tensione d'esercizio di un tirafondo; la sezione resistente è data dalla larghezza efficace, che in questo caso è pari al diametro del foro più il doppio della distanza d_3 .



Verifica delle rondelle speciali e della rondella di ancoraggio

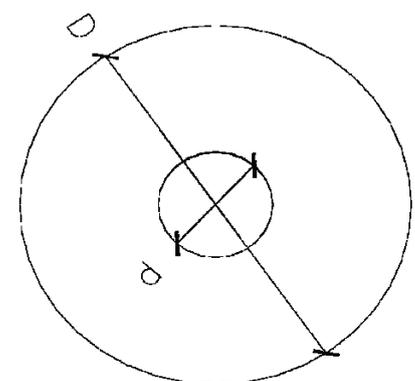
L'utilizzo delle boccole isolanti in materiale dielettrico tra piastre e tirafondi impone l'esecuzione nelle piastre di fori di dimensioni maggiori di quelli richiesti dalla normativa UNI 10011. Pertanto si prevede l'inserimento di rondelle speciali in grado di trasferire le sollecitazioni dai tirafondi alle piastre.

Le rondelle speciali sono sollecitate a taglio lungo il perimetro del foro della piastra, l'azione sollecitante si considera pari al 60% dello sforzo di preserraggio massimo N_s .

Verifica Rondella		VH2-V200	
S_{rond}	15 [mm]		
perim	78,54 [mm]		
Preserraggio imposto:		60%	
N^*_s	31969 [N]		
τ_{max}	27,14 [MPa]		$\tau_{\text{max}} < \tau_{\text{amm}}$

Si verifica la rosetta di ancoraggio considerando uno schema di piastra anulare incastrata al centro; la massima tensione di schiacciamento del calcestruzzo si confronta con il valore limite $R_{ck}/1.3$; la massima tensione sull'acciaio è data da $\eta \cdot \sigma_{c,\text{max}} \left(\frac{D}{2 \cdot t_1} \right)^2$, in cui η è tabellato di seguito.

Altezza di Barriera:		VH2-V200																							
VERIFICA ROSETTA DI ANCORAGGIO																									
Geometria Piastra Anulare																									
D	100 [mm]	Diametro esterno																							
d	20 [mm]	Diametro interno																							
t1	15 [mm]	Spessore																							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">D/d</th> <th colspan="2">min</th> <th colspan="2">max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>1,25</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>η</td> <td></td> <td>0,124</td> <td>0,373</td> <td>0,947</td> <td>1,96</td> <td>3,36</td> <td>5,3</td> </tr> </tbody> </table>		D/d		min		max				1,25	1,5	2	3	5	10	η		0,124	0,373	0,947	1,96	3,36	5,3
D/d		min		max																					
		1,25	1,5	2	3	5	10																		
η		0,124	0,373	0,947	1,96	3,36	5,3																		
Verifica a schiacciamento del cls																									
N^*_s	31969 [N]																								
$\sigma_{c,\text{max}}$	4,2 [MPa]	<	$R_{ck}/1.3 = 26,92$																						
Verifica Piastra Anulare																									
D/d	5,00																								
η	3,36																								
$\sigma_{s,\text{max}}$	158,3 [MPa]																								



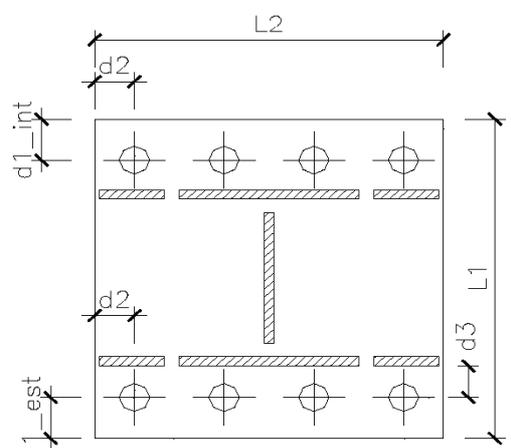
Verifica a decompressione dei tirafondi

Si verifica che la massima tensione nel tirafondo dovuta allo sforzo di preserraggio di progetto, pari al 60% di N_s , σ^*_s sia maggiore della massima tensione di trazione dovuta ai carichi di esercizio σ_s :

Altezza di Barriera:		VH2-V200	
VERIFICA A DECOMPRESSIONE DEI TIRAFONDI			
ϕ_{tiraf}	20	[mm]	
A_{res}	251	[mm ²]	
f_{kN}	265	[MPa]	
N_s	53281	[N]	Forza di preserraggio (CNR10111 - par.4.1.3)
Preserraggio imposto:	60%		
N^*_s	31969	[N]	
σ^*_s	127	[MPa]	> σ_s 92.2 [MPa]

2.6.3 Verifica VH2 – V300

Geometria e Materiali

Altezza di Barriera:		VH2-V300	
GEOMETRIA PIASTRA			
L_1	700	[mm]	
L_2	700	[mm]	
d_{1-int}	90	[mm]	
d_{1-est}	90	[mm]	
d_2	90	[mm]	
d_3	57	[mm]	
ϕ_{tiraf}	30	[mm]	-----> Tirafondi annegati nel cordolo, con bocche dielettriche
ϕ_{foro}	35	[mm]	
n° tiraf	4	per ciascuna fila	
t	40	[mm]	[spessore piastra]
TIRAFONDI			
acciaio tipo Fe430			
σ_{amm}	190	[MPa]	f_t 430 [MPa]
τ_{amm}	109,7	[MPa]	f_y 265 [MPa]
			f_{kN} 265 [MPa]
			Preserraggio imposto: 60%
Tensione ammissibile a Fatica			
$\Delta\sigma_D$	36,84		
k	1,00		
$\Delta\sigma_{amm}$	29,5		
Cordolo in CLS			
R_{ck}	35	[MPa]	
$\sigma_{c,amm}$	11,0	[MPa]	
VERIFICHE			
Resistenza Tirafondi		OK	
Fatica Tirafondi		OK	
Decompressione Tirafondi		OK	
Piastra (compressione cls)		OK	
Piastra (tiro tirafondo)		OK	
Rondella speciale		OK	
Rosetta di ancoraggio		OK	
LATO INTERNO BARRIERA			
			

Verifica di resistenza e fatica dei tirafondi

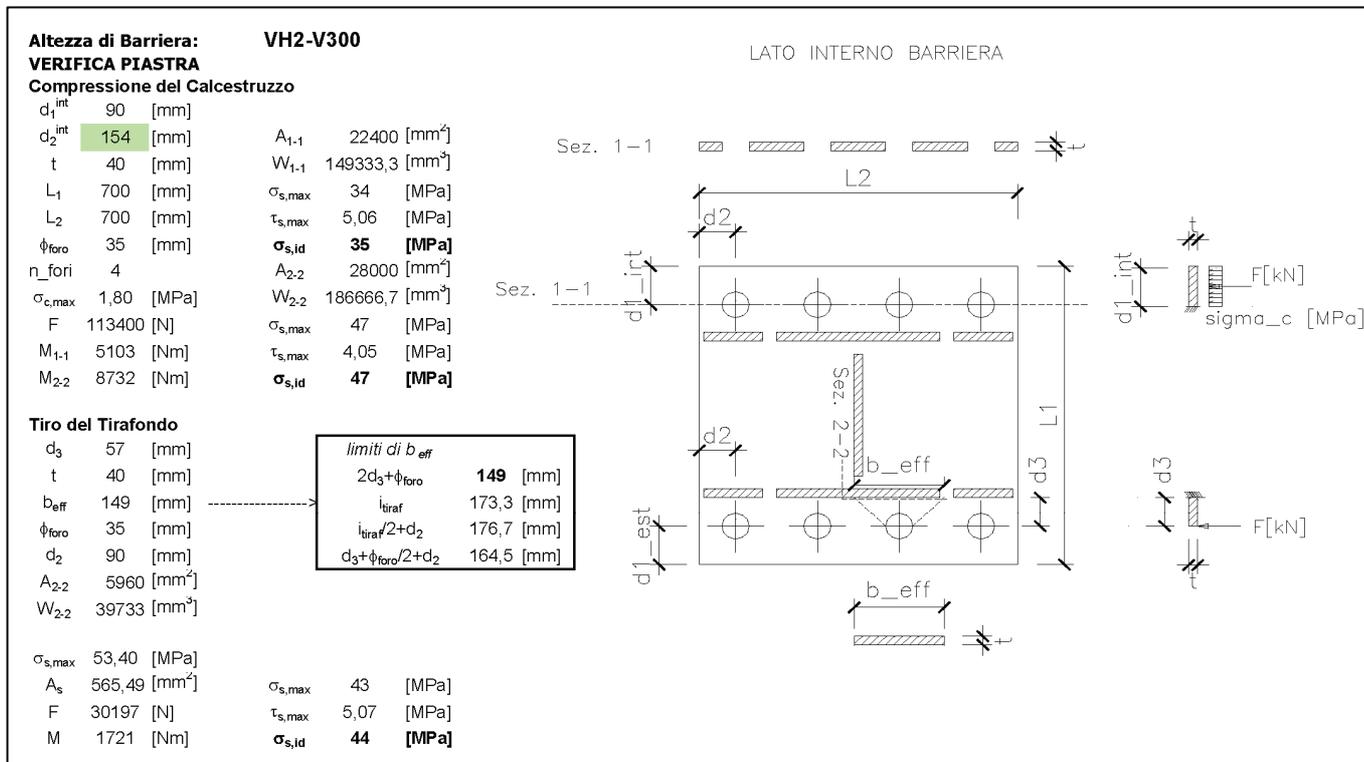
Altezza di Barriera: VH2-V300		LATO INTERNO BARRIERA				
SEZIONE DI INCASTRO SBALZO						
Lunghezza lato in direzione 1	$L_1 = 70$ cm					
Lunghezza lato in direzione 2	$L_2 = 70$ cm					
Distanza tirafondi sul lato 1	$d_{1} = 9$ cm					
Distanza tirafondi sul lato 2	$d_{2} = 9$ cm					
Diametro Tirafondi	$\phi = 30$ mm					
Numero Tirafondi	$n = 4$					
Interasse dir.1	$i_1 = 17.33$ cm					
Interasse dir.2	$i_2 = 52$ cm					
TENSIONI AMMISSIBILI						
$\sigma_{c,amm} =$	35 MPa					
$\sigma_{s,amm} =$	190 MPa					
TENSIONE AMMISSIBILE A FATICA TIRAFONDI						
$\Delta\sigma_D =$	36.8 Mpa					
$\phi =$	30 mm					
$k =$	1.000					
$\Delta\sigma_{tir,amm} =$	29.5 Mpa					
		Sezione				
		X	Y			
A		-35.0	-35.0			
D		35.0	-35.0			
C		35.0	35.0			
B		-35.0	35.0			
		Tirafondi				
		X	Y	As	n	
1	-26.0	26.0	5.65	15	interni - non considerati	
2	-8.7	26.0	5.65	15	interni - non considerati	
3	8.7	26.0	5.65	15	interni - non considerati	
4	26.0	26.0	5.65	15	interni - non considerati	
5	-26.0	-26.0	5.65	15	esterni	
6	-8.7	-26.0	5.65	15	esterni	
7	8.7	-26.0	5.65	15	esterni	
8	26.0	-26.0	5.65	15	esterni	
TENSIONI - VERIFICA DI RESISTENZA		VERIFICA A FATICA				
COMBINAZIONE		$\sigma_{cls} +$	σ_{acc}^-			
		[MPa]	[MPa]			
PPPBPSP_V300	Max	0.8	-25.4			
PPPBPSP_V300	Min	1.8	-53.4			
PPPAVNSN_V300	Max	1.2	-40.6			
PPPAVNSN_V300	Min	0.3	-10.9			
COMBINAZIONE		$\Delta\sigma_{acc}^-$				
		[MPa]				
PPPASP_V300	Max	-7.8				
PPPASP_V300	Min	-21.6				

NB: per la verifica si trascura il contributo dei tirafondi compressi.

Verifica delle piastre di base

Si considera la piastra sollecitata rispettivamente della pressione del calcestruzzo compresso e dal tiro dei tirafondi tesi. Nel primo caso lo schema di calcolo è quello di mensola incastrata in corrispondenza della fila di tirafondi, a vantaggio di sicurezza si considera un carico rettangolare pari alla massima tensione d'esercizio del calcestruzzo compresso; si considerano due sezioni di verifica: la sezione 1-1 in corrispondenza dei fori e la sezione 2-2 a filo flangia. Nel secondo caso si considera uno schema a mensola di luce pari alla distanza tra il tirafondo e la flangia del profilo, l'azione sollecitante è data dalla massima tensione d'esercizio di un tirafondo; la sezione resistente

è data dalla larghezza efficace, che in questo caso è pari al diametro del foro più il doppio della distanza d_3 .



Verifica delle rondelle speciali e della rondella di ancoraggio

L'utilizzo delle boccole isolanti in materiale dielettrico tra piastre e tirafondi impone l'esecuzione nelle piastre di fori di dimensioni maggiori di quelli richiesti dalla normativa UNI 10011. Pertanto si prevede l'inserimento di rondelle speciali in grado di trasferire le sollecitazioni dai tirafondi alle piastre.

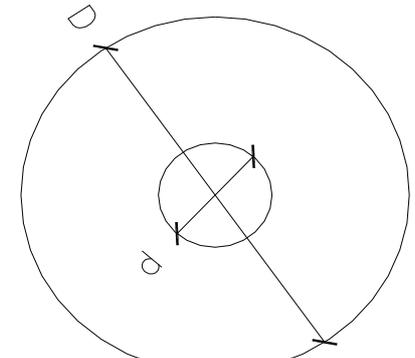
Le rondelle speciali sono sollecitate a taglio lungo il perimetro del foro della piastra, l'azione sollecitante si considera pari al 60% dello sforzo di preserraggio massimo N_s .

Verifica Rondella VH2-V300		
S_{rond}	20 [mm]	
perim	110 [mm]	
Preserraggio imposto:	60%	
N_s^*	71930 [N]	
τ_{max}	32,71 [MPa]	$\tau_{\text{max}} < \tau_{\text{amm}}$

Si verifica la rosetta di ancoraggio considerando uno schema di piastra anulare incastrata al centro; la massima tensione di schiacciamento del calcestruzzo si confronta con il valore limite $R_{ck}/1.3$; la

massima tensione sull'acciaio è data da $\eta \cdot \sigma_{c,\text{max}} \left(\frac{D}{2 \cdot t_1} \right)^2$, in cui η è tabellato di seguito.

Altezza di Barriera: VH2-V300		VERIFICA ROSETTA DI ANCORAGGIO													
Geometria Piastra Anulare															
D	100 [mm]	Diametro esterno													
d	30 [mm]	Diametro interno													
t1	20 [mm]	Spessore													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">D/d</th> </tr> <tr> <th colspan="2">min max</th> </tr> <tr> <th>1.25</th> <th>1.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.124</td> <td>0.373</td> </tr> <tr> <td>0.947</td> <td>1.96</td> </tr> <tr> <td>3.36</td> <td>5.3</td> </tr> </tbody> </table>		D/d		min max		1.25	1.5	0.124	0.373	0.947	1.96	3.36	5.3
D/d															
min max															
1.25	1.5														
0.124	0.373														
0.947	1.96														
3.36	5.3														
Verifica a schiacciamento del cls															
N_s^*	71930 [N]														
$\sigma_{c,\text{max}}$	10.1 [MPa]	< $R_{ck}/1.3 =$	26.92												
Verifica Piastra Anulare															
D/d	3.33														
η	2.193														
$\sigma_{s,\text{max}}$	138.0 [MPa]														



Verifica a decompressione dei tirafondi

Si verifica che la massima tensione nel tirafondo dovuta allo sforzo di preserraggio di progetto, pari al 60% di N_s , σ^*_s sia maggiore della massima tensione di trazione dovuta ai carichi di esercizio σ_s :

Altezza di Barriera:		VH2-V300	
VERIFICA A DECOMPRESSIONE DEI TIRAFONDI			
ϕ_{tiraf}	30	[mm]	
A_{res}	565	[mm ²]	
f_{kN}	265	[MPa]	
N_s	119883	[N]	Forza di preserraggio (CNR10111 - par.4.1.3)
Preserraggio imposto:	60%		
N^*_s	71930	[N]	
σ^*_s	127	[MPa]	> σ_s 53.4 [MPa]

2.6.4 Verifica VH4 – V200

Geometria e Materiali

Altezza di Barriera:		VH4-V200	
GEOMETRIA PIASTRA			
L_1	700	[mm]	
L_2	700	[mm]	
d_1^{int}	90	[mm]	
d_1^{est}	90	[mm]	
d_2	90	[mm]	
d_3	57	[mm]	
ϕ_{tiraf}	30	[mm]	Tirafondi annegati nel cordolo, con boccole dielettriche
ϕ_{foro}	35	[mm]	
n° tiraf	4	per ciascuna fila	
t	40	[mm]	[spessore piastra]
TIRAFONDI			
acciaio tipo Fe430			
σ_{amm}	190	[MPa]	f_t 430 [MPa]
τ_{amm}	109,7	[MPa]	f_y 265 [MPa]
			f_{kN} 265 [MPa]
			Preserraggio imposto: 60%
Tensione ammissibile a Fatica			
$\Delta\sigma_D$	36,84		
k	1,00		
$\Delta\sigma_{\text{amm}}$	29,5		
Cordolo in CLS			
R_{ck}	35	[MPa]	
$\sigma_{c,amm}$	11,0	[MPa]	
VERIFICHE			
Resistenza Tirafondi		OK	
Fatica Tirafondi		OK	
Decompressione Tirafondi		OK	
Piastra (compressione cls)		OK	
Piastra (tiro tirafondo)		OK	
Rondella speciale		OK	
Rosetta di ancoraggio		OK	
LATO INTERNO BARRIERA			

Verifica di resistenza e fatica dei tirafondi

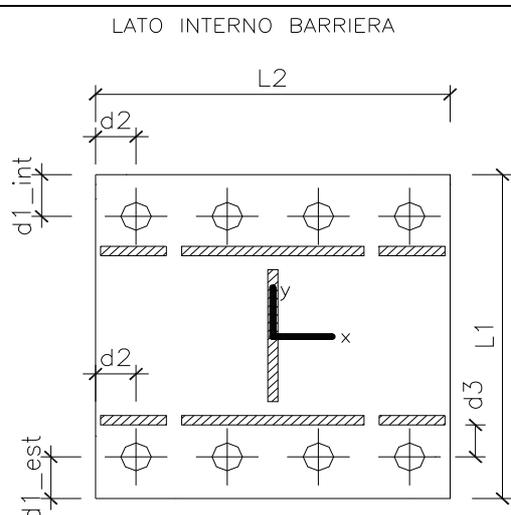
Altezza di Barriera: VH4-V200		LATO INTERNO BARRIERA	
SEZIONE DI INCASTRO SBALZO			
Lunghezza lato in direzione 1	L ₁ =	70	cm
Lunghezza lato in direzione 2	L ₂ =	70	cm
Distanza tirafondi sul lato 1	d ₁ =	9	cm
Distanza tirafondi sul lato 2	d ₂ =	9	cm
Diametro Tirafondi	φ=	30	mm
Numero Tirafondi	n=	4	
Interasse dir.1	i ₁ =	17.33	cm
Interasse dir.2	i ₂ =	52	cm
TENSIONI AMMISSIBILI		Sezione	
σ _{c,amm} =	35	MPa	
σ _{s,amm} =	190	MPa	
TENSIONE AMMISSIBILE A FATICA TIRAFONDI		Tirafondi	
Δσ _D =	36.8	Mpa	
φ=	30	mm	
k=	1.000		
Δσ _{tir,amm} =	29.5	Mpa	

	X	Y
A	-35.0	-35.0
D	35.0	-35.0
C	35.0	35.0
B	-35.0	35.0

	X	Y	As	n	
1	-26.0	26.0	5.70	15	interni - non considerati
2	-8.7	26.0	5.70	15	interni - non considerati
3	8.7	26.0	5.70	15	interni - non considerati
4	26.0	26.0	5.70	15	interni - non considerati
5	-26.0	-26.0	5.70	15	esterni
6	-8.7	-26.0	5.70	15	esterni
7	8.7	-26.0	5.70	15	esterni
8	26.0	-26.0	5.70	15	esterni

TENSIONI - VERIFICA DI RESISTENZA			
COMBINAZIONE		σ _{cis} +	σ _{acc} -
		[MPa]	[MPa]
PPPBVPSP_V200	Max	2.1	-60.6
PPPBVPSP_V200	Min	2.9	-86.6
PPPAVNSN_V200	Max	2.0	-63.4
PPPAVNSN_V200	Min	1.1	-35.5

VERIFICA A FATICA		
COMBINAZIONE	Δσ _{acc} -	
	[MPa]	
PPPASP_V200 Max	-3.6	
PPPASP_V200 Min	-23.1	

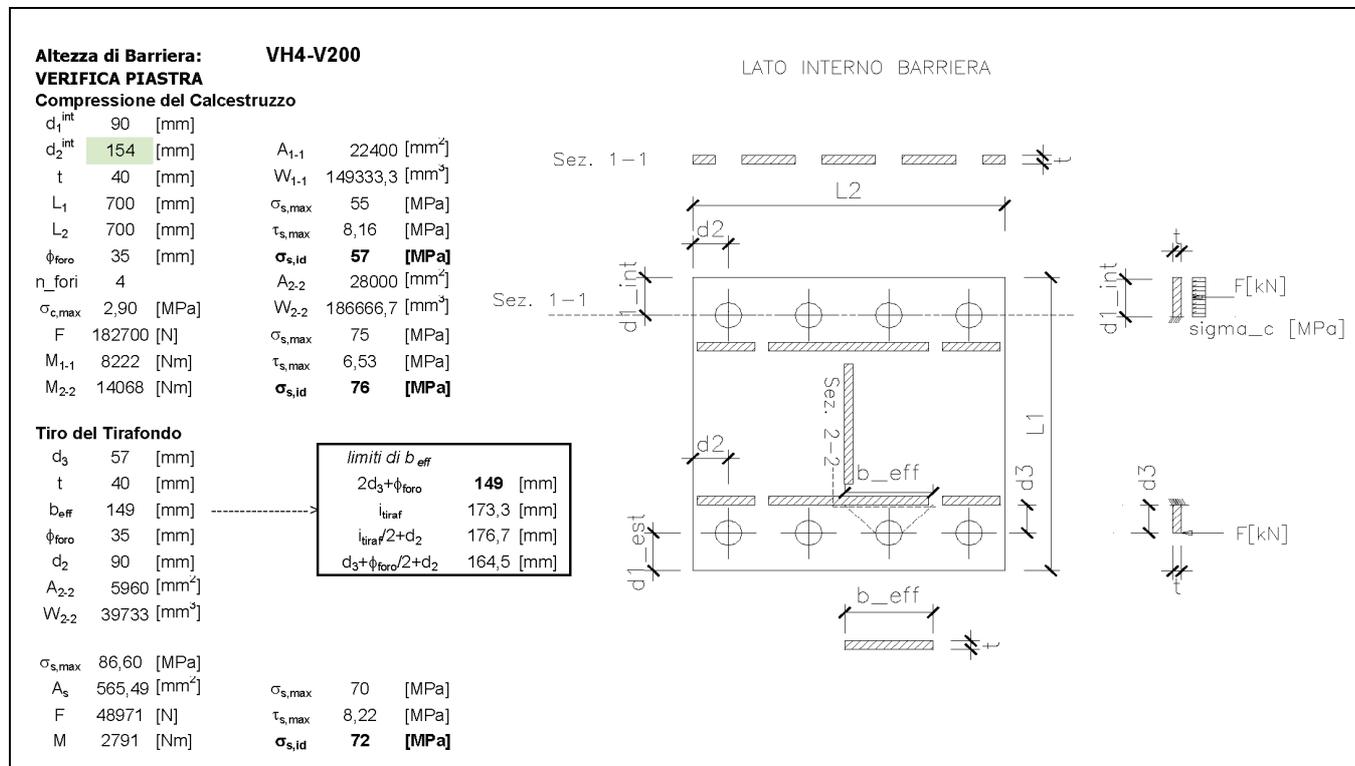


NB: per la verifica si trascura il contributo dei tirafondi compressi.

Verifica delle piastre di base

Si considera la piastra sollecitata rispettivamente della pressione del calcestruzzo compresso e dal tiro dei tirafondi tesi. Nel primo caso lo schema di calcolo è quello di mensola incastrata in corrispondenza della fila di tirafondi, a vantaggio di sicurezza si considera un carico rettangolare pari alla massima tensione d'esercizio del calcestruzzo compresso; si considerano due sezioni di verifica: la sezione 1-1 in corrispondenza dei fori e la sezione 2-2 a filo flangia. Nel secondo caso si considera uno schema a mensola di luce pari alla distanza tra il tirafondo e la flangia del profilo, l'azione sollecitante è data dalla massima tensione d'esercizio di un tirafondo; la sezione resistente

è data dalla larghezza efficace, che in questo caso è pari al diametro del foro più il doppio della distanza d_3 .



Verifica delle rondelle speciali e della rondella di ancoraggio

L'utilizzo delle boccole isolanti in materiale dielettrico tra piastre e tirafondi impone l'esecuzione nelle piastre di fori di dimensioni maggiori di quelli richiesti dalla normativa UNI 10011. Pertanto si prevede l'inserimento di rondelle speciali in grado di trasferire le sollecitazioni dai tirafondi alle piastre.

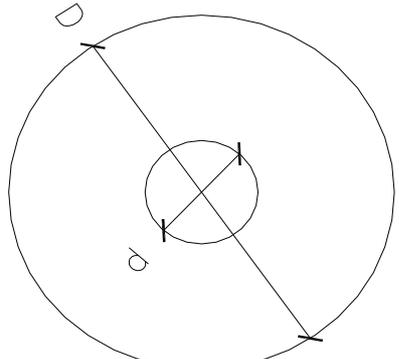
Le rondelle speciali sono sollecitate a taglio lungo il perimetro del foro della piastra, l'azione sollecitante si considera pari al 60% dello sforzo di preserraggio massimo N_s .

Verifica Rondella VH4-V200		
S_{rond}	20 [mm]	
perim	110 [mm]	
Preserraggio imposto:	60%	
N_s^*	71930 [N]	
τ_{max}	32,71 [MPa]	$\tau_{\text{max}} < \tau_{\text{amm}}$

Si verifica la rosetta di ancoraggio considerando uno schema di piastra anulare incastrata al centro; la massima tensione di schiacciamento del calcestruzzo si confronta con il valore limite $R_{ck}/1.3$; la

massima tensione sull'acciaio è data da $\eta \cdot \sigma_{c,\text{max}} \left(\frac{D}{2 \cdot t_1} \right)^2$, in cui η è tabellato di seguito.

Altezza di Barriera: VH4-V200		VERIFICA ROSETTA DI ANCORAGGIO																																						
Geometria Piastra Anulare																																								
D	100 [mm]	Diametro esterno	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="6">D/d</th> </tr> <tr> <th colspan="6">min max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>d</td> <td>30 [mm]</td> <td>Diametro interno</td> <td>1.25</td> <td>1.5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>t1</td> <td>20 [mm]</td> <td>Spessore</td> <td>η</td> <td>0.124</td> <td>0.373</td> <td>0.947</td> <td>1.96</td> <td>3.36</td> <td>5.3</td> </tr> </tbody> </table>							D/d						min max						d	30 [mm]	Diametro interno	1.25	1.5	2	3	5	10	t1	20 [mm]	Spessore	η	0.124	0.373	0.947	1.96	3.36	5.3
	D/d																																							
	min max																																							
d	30 [mm]	Diametro interno	1.25	1.5	2	3	5	10																																
t1	20 [mm]	Spessore	η	0.124	0.373	0.947	1.96	3.36	5.3																															
Verifica a schiacciamento del cls	N_s^*	71930 [N]																																						
$\sigma_{c,\text{max}}$	10.1 [MPa]	< $R_{ck}/1.3=$	26.92																																					
Verifica Piastra Anulare																																								
D/d	3.33																																							
η	2.193																																							
$\sigma_{s,\text{max}}$	138.0 [MPa]																																							



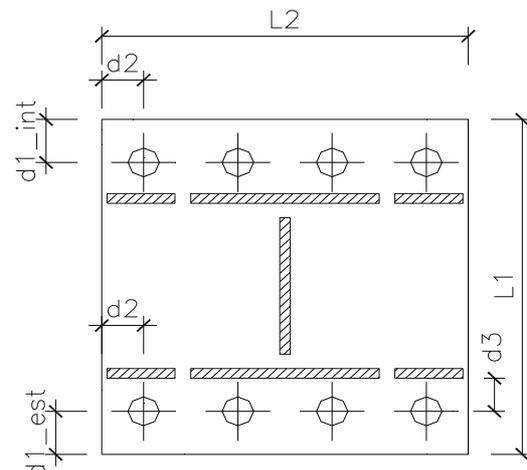
Verifica a decompressione dei tirafondi

Si verifica che la massima tensione nel tirafondo dovuta allo sforzo di preserraggio di progetto, pari al 60% di N_s , σ^*_s sia maggiore della massima tensione di trazione dovuta ai carichi di esercizio σ_s :

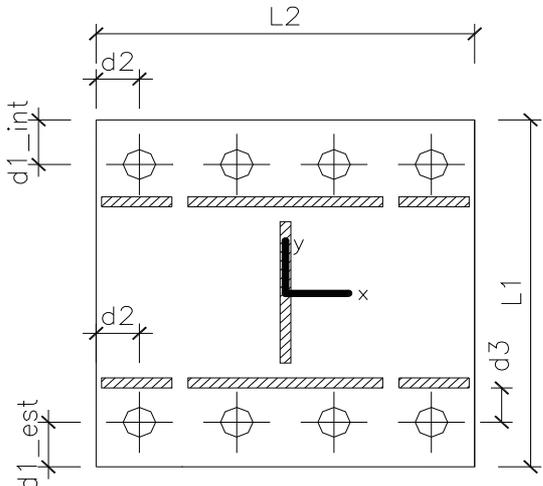
Altezza di Barriera: VH4-V200	
VERIFICA A DECOMPRESSIONE DEI TIRAFONDI	
ϕ_{tiraf}	30 [mm]
A_{res}	565 [mm ²]
f_{kN}	265 [MPa]
N_s	119883 [N] Forza di preserraggio (CNR10111 - par.4.1.3)
Preserraggio imposto:	60%
N^*_s	71930 [N]
σ^*_s	127 [MPa] > σ_s 86.6 [MPa]

2.6.5 Verifica VH4 – V300

Geometria e Materiali

Altezza di Barriera: VH4-V300	
GEOMETRIA PIASTRA	
L_1	700 [mm]
L_2	700 [mm]
$d_{1\text{int}}$	90 [mm]
$d_{1\text{est}}$	90 [mm]
d_2	90 [mm]
d_3	57 [mm]
ϕ_{tiraf}	40 [mm] -----> Tirafondi passanti con canotti dielettrici
ϕ_{foro}	45 [mm]
n° tiraf	4 per ciascuna fila
t	40 [mm] [spessore piastra]
TIRAFONDI	
acciaio tipo Fe430	
σ_{amm}	190 [MPa]
τ_{amm}	109.7 [MPa]
f_t	430 [MPa]
f_y	265 [MPa]
f_{kN}	265 [MPa]
Preserraggio imposto:	60%
Tensione ammissibile a Fatica	
$\Delta\sigma_D$	36.84
k	0.93
$\Delta\sigma_{\text{amm}}$	27.4
Cordolo in CLS	
R_{ck}	35 [MPa]
$\sigma_{c,\text{amm}}$	11.0 [MPa]
VERIFICHE	
Resistenza Tirafondi	OK
Fatica Tirafondi	OK
Decompressione Tirafondi	OK
Piastra (compressione cls)	OK
Piastra (tiro tirafondo)	OK
Rondella speciale	OK
LATO INTERNO BARRIERA	
	

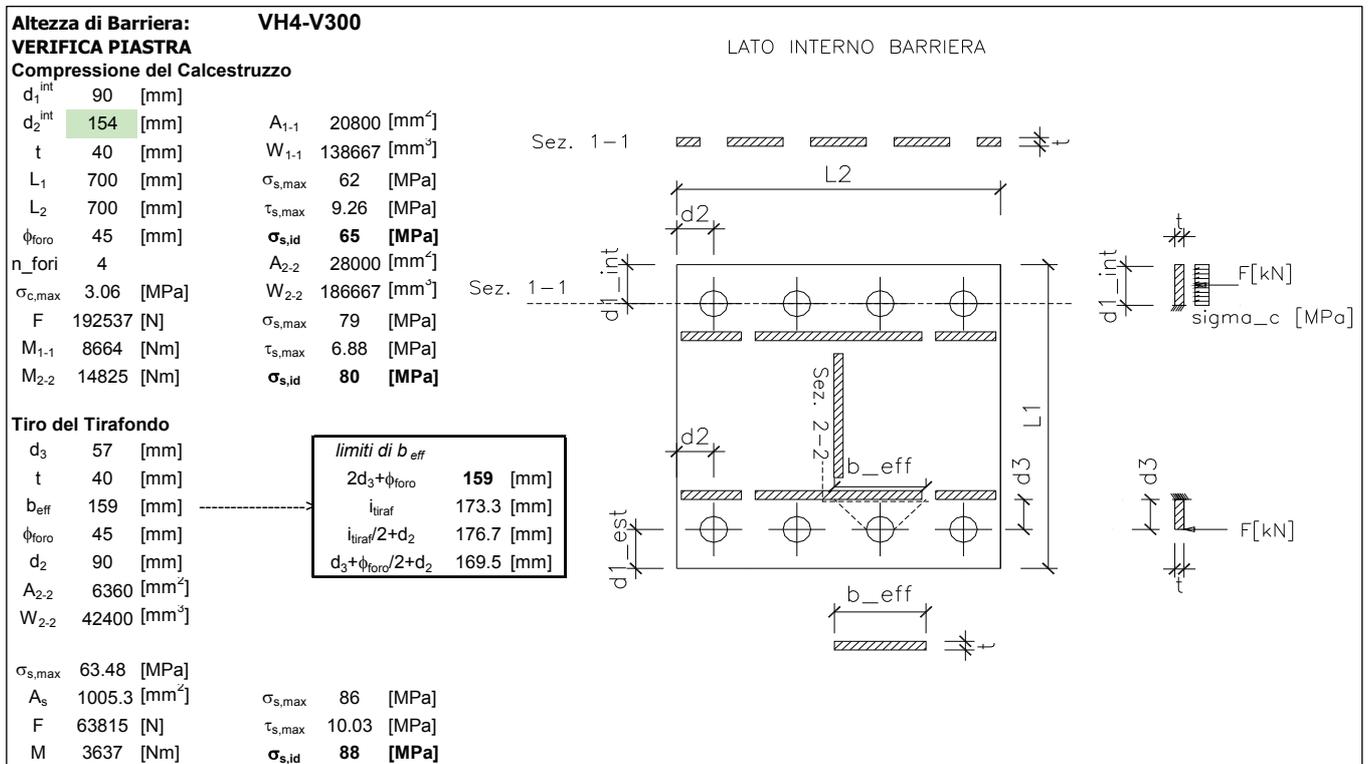
Verifica di resistenza e fatica dei tirafondi

Altezza di Barriera: VH4-V300		LATO INTERNO BARRIERA				
SEZIONE DI INCASTRO SBALZO						
Lunghezza lato in direzione 1	$L_1 = 70$ cm					
Lunghezza lato in direzione 2	$L_2 = 70$ cm					
Distanza tirafondi sul lato 1	$d_{1-1} = 9$ cm					
Distanza tirafondi sul lato 2	$d_{2-2} = 9$ cm					
Diametro Tirafondi	$\phi = 40$ mm					
Numero Tirafondi	$n = 4$					
Interasse dir.1	$i_1 = 17.33$ cm					
Interasse dir.2	$i_2 = 52$ cm					
TENSIONI AMMISSIBILI						
$\sigma_{c,amm} =$	35 MPa					
$\sigma_{s,amm} =$	190 MPa					
TENSIONE AMMISSIBILE A FATICA TIRAFONDI						
$\Delta\sigma_D =$	36.8 Mpa					
$\phi =$	40 mm					
$k =$	0.931					
$\Delta\sigma_{tir,amm} =$	27.4 Mpa					
		Sezione				
		X	Y			
A		-35.0	-35.0			
D		35.0	-35.0			
C		35.0	35.0			
B		-35.0	35.0			
		Tirafondi				
		X	Y	As	n	
1	-26.0	26.0	10.14	15	interni - non considerati	
2	-8.7	26.0	10.14	15	interni - non considerati	
3	8.7	26.0	10.14	15	interni - non considerati	
4	26.0	26.0	10.14	15	interni - non considerati	
5	-26.0	-26.0	10.14	15	esterni	
6	-8.7	-26.0	10.14	15	esterni	
7	8.7	-26.0	10.14	15	esterni	
8	26.0	-26.0	10.14	15	esterni	
TENSIONI - VERIFICA DI RESISTENZA				VERIFICA A FATICA		
COMBINAZIONE		σ_{cls}^+	σ_{acc}^-	COMBINAZIONE		$\Delta\sigma_{acc}^-$
		[MPa]	[MPa]			[MPa]
PPPBVPSP_V300	Max	1.4	-29.7	PPBPASP_V300	Max	-7.7
PPPBVPSP_V300	Min	3.1	-63.5	PPBPASP_V300	Min	-26.6
PPPAVNSN_V300	Max	1.9	-42.6			
PPPAVNSN_V300	Min	0.3	-6.7			

NB: per la verifica si trascura il contributo dei tirafondi compressi.

Verifica delle piastre di base

Si considera la piastra sollecitata rispettivamente della pressione del calcestruzzo compresso e dal tiro dei tirafondi tesi. Nel primo caso lo schema di calcolo è quello di mensola incastrata in corrispondenza della fila di tirafondi, a vantaggio di sicurezza si considera un carico rettangolare pari alla massima tensione d'esercizio del calcestruzzo compresso; si considerano due sezioni di verifica: la sezione 1-1 in corrispondenza dei fori e la sezione 2-2 a filo flangia. Nel secondo caso si considera uno schema a mensola di luce pari alla distanza tra il tirafondo e la flangia del profilo, l'azione sollecitante è data dalla massima tensione d'esercizio di un tirafondo; la sezione resistente è data dalla larghezza efficace, che in questo caso è pari al diametro del foro più il doppio della distanza d_3 .



Verifica delle rondelle speciali

In questo caso non è previsto l'inserimento delle boccole dielettriche, in quanto l'isolamento elettrico tra barriera ed armature della soletta è affidato al canotto dielettrico passante. Si prevede comunque l'inserimento di rondelle speciali in grado di trasferire le sollecitazioni dai tirafondi alle piastre con fori $\phi 45$.

Le rondelle speciali sono sollecitate a taglio lungo il perimetro del foro della piastra, l'azione sollecitante si considera pari al 60% dello sforzo di preserraggio massimo N_s .

Verifica Rondella		VH4-V300
S_{rond}	20	[mm]
perim	141.37	[mm]
Preserraggio imposto:	60%	
N_s^*	127875	[N]
τ_{max}	45.23	[MPa] $\tau_{\text{max}} < \tau_{\text{amm}}$

Verifica a decompressione dei tirafondi

Si verifica che la massima tensione nel tirafondo dovuta allo sforzo di preserraggio di progetto, pari al 60% di N_s , σ_s^* sia maggiore della massima tensione di trazione dovuta ai carichi di esercizio σ_s :

Altezza di Barriera:		VH4-V300	
VERIFICA A DECOMPRESSIONE DEI TIRAFONDI			
ϕ_{tiraf}	40	[mm]	
A_{res}	1005	[mm ²]	
f_{kN}	265	[MPa]	
N_s	213126	[N]	Forza di preserraggio (CNR10111 - par.4.1.3)
Preserraggio imposto:	60%		
N_s^*	127875	[N]	
σ_s^*	127	[MPa]	> σ_s 63.5 [MPa]