

COMMITTENTE:




ALTA SORVEGLIANZA:





GENERAL CONTRACTOR:







**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
 OBIETTIVO N. 443/01
 LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
 Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
 PROGETTO ESECUTIVO
 PRESIDI ANTI-RUMORE/VIBRAZIONI
 BARRIERE ANTIRUMORE DA PK 14+651,00 A PK 20+212,00
 GENERALE
 Relazione di calcolo tirafondi e contropiastre**

GENERAL CONTRACTOR				DIRETTORE LAVORI				SCALA	
IL PROGETTISTA INTEGRATORE		Conorzio Iricav Due						-	
 Ing. Giovanni MALAVENDA iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Ottobre 2021		ing. Paolo CARMONA Data: Ottobre 2021							
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	FOGLIO	
I	N	1	7	1	0	E	I	2	CL
B	A	0	0	0	1	9	0	2	A
-	-	-	P	-	-	-	-	-	-

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
		Ottobre 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	
A	EMISSIONE	Bellini	10/2021	Guilarte	10/2021	Aiello	10/2021	
								

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1710EI2CLBA0001102A.DOCX
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 2 di 35</p>

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
3.1.	Carpenteria metallica	6
3.2.	Tirafondi	6
3.3.	Prescrizioni generali.....	7
4.	MODELLAZIONE STRUTTURALE	9
4.1.	Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 delle NTC08	9
4.1.1.	Tipo di analisi svolta.....	9
4.1.2.	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	9
4.1.3.	Affidabilità dei codici utilizzati	9
4.1.4.	Informazioni generali sull'elaborazione.....	9
4.1.5.	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	9
5.	DESCRIZIONE DEI CARICHI SULLE BARRIERE	10
5.1.	Peso proprio strutture	10
5.2.	Pressione aerodinamica dei convogli	10
5.3.	Pressione del vento	11
5.4.	Azione dinamica – Time History	12
5.5.	Azione sismica	18
5.6.	Azioni considerate.....	18
6.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	19
6.1.	Combinazioni SLU STR / GEO	19
6.2.	Combinazioni SLE Caratteristica	19
7.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEI MONTANTI	20
8.	VERIFICA DEI TIRAFONDI.....	21
8.1.	Verifica dei tirafondi per barriere H=6.75m	23
8.2.	Verifica dei tirafondi per barriere H=5.75m	25
8.3.	Verifica dei tirafondi per barriere H=4.75m e H=3.75m	27
8.1.	Verifica dei tirafondi per barriere H=4.75m su viadotto	29
8.2.	Verifica dei tirafondi per barriere H=2.75m	31
8.1.	Verifica dei tirafondi per barriere H=2.75m su viadotto	33
9.	RIFERIMENTI.....	35
9.1.	Documenti referenziati	35
9.2.	Documenti correlati	35
9.3.	Documenti superati	35

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 3 di 35</p>	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 4 di 35

1. INTRODUZIONE

La presente relazione ha come oggetto la verifica statica degli elementi strutturali di fissaggio delle barriere antirumore (ancoraggi) da installarsi sulla Linea AV/AC Torino-Venezia, tratta Verona-Padova, lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza.

L'installazione di tali barriere è prevista sia su opere d'arte che in rilevato ed in trincea ed in particolare i montanti sono collegati o direttamente alle strutture delle opere d'arte o a cordoli di fondazione mediante piastre in acciaio costolate e tirafondi.

Le barriere, poste ad una distanza minima dall'asse del binario più vicino pari a 4.70m, presentano montanti ad interasse 3.00m e altezze pari a:

- h = 6.75m → montante HEA 280;
- h = 5.75m → montante HEA 260;
- h = 4.75m → montante HEA 240;
- h = 3.75m → montante HEA 240;
- h = 2.75m → montante HEA 200.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura in acciaio, con applicazione del D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

L'opera ricade in zona sismica: verranno pertanto considerate anche le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/08.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 5 di 35	

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Legge n. 1086 del 5/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- EN 1993-1-9: 2005 – Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-9: Fatica
- Istruzione UNI 9503/2007 Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio.
- Rete Ferroviaria Italiana – “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II, Sezione 1 – Ambiente” doc. RFI DTC SI AG MA IFS 001 A del 30/12/2016.
- Rete Ferroviaria Italiana – “Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II, Sezione 2 – Ponti e strutture” doc. RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 30/12/2016.
- Rete Ferroviaria Italiana – “Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili” doc. RFI DTC SI SP IFS 001 A del 30/12/2016.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE		Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 6 di 35

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei materiali utilizzati.

3.1. Carpenteria metallica

Acciai per montanti metallici, piastre e irrigidenti saldati tipo S355J2 rispondenti alle norme UNI EN 10025.

Acciai per montanti metallici, piastre e irrigidenti non saldati tipo S355J0 rispondenti alle norme UNI EN 10025.

3.2. Tirafondi

Barre filettate in acciaio di caratteristiche di resistenza non inferiore alla classe 8.8 e 10.9 secondo UNI EN 898 parte I (riferimento UNI 5712) con dadi di classe 8 e 10 secondo UNI EN 20898 parte II (riferimento UNI 5713).

Rosette acciaio C50 UNI EN 10083-2/UNI 5714 temprato e rinvenuto (HRC 32 ÷ 40).

Bulloni ad alta resistenza per le unioni acciaio-acciaio conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI EN 898-1 riferimento UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI EN 20898-2 riferimento UNI 5713, appartenenti alla classe 8.8 e 10.9 della UNI 3740.

Saldature manuali effettuate ad arco con elettrodi rivestiti E44 aventi caratteristiche di classe 2, 3, 4 secondo UNI 5132, per spessori inferiori a 30 mm e classe 4B per spessori superiori.

Zincatura a caldo rispondente alle indicazioni delle norme EN ISO 1461.

PROFILATI, BARRE, LARGHI PIATTI, LAMIERE							
Simbolo	Simbolo UNI	Caratteristiche		S235 ⁽¹⁾	S275 ⁽¹⁾	S355 ⁽¹⁾	
f _t	R _m	Tensione di rottura a trazione [N/mm ²]		≥ 340 ⁽²⁾ ≤ 470 ⁽²⁾	≥ 410 ⁽³⁾ ≤ 560 ⁽³⁾	≥ 490 ⁽⁴⁾ ≤ 630 ⁽⁴⁾	
f _y	R _e	Tensione di snervamento [N/mm ²]		≥ 235 ⁽⁵⁾	≥ 275 ⁽⁵⁾	≥ 355 ⁽⁷⁾	
KV	KV	Resilienza KV (J) ⁽⁸⁾	JR	+20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			JO	0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			J2G3	-20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			K2G3	-20°C	-	-	≥ 40
ε _t	A _{min}	Allungamento percentuale a rottura (L ₀ =5.65√A ₀) per lamiere per barre, profilati, larghi piatti		≥ 24 ⁽⁹⁾ ≤ 26 ⁽¹⁰⁾	≥ 20 ⁽⁹⁾ ≤ 22 ⁽¹⁰⁾	≥ 20 ⁽⁹⁾ ≤ 22 ⁽¹⁰⁾	

PROFILI CAVI							
Simbolo	Simbolo UNI	Caratteristiche		S235 ⁽¹⁾	S275 ⁽¹⁾	S355 ⁽¹⁾	
f _t	R _m	Tensione di rottura a trazione [N/mm ²]		≥ 360	≥ 430	≥ 510	
f _y	R _e	Tensione di snervamento [N/mm ²]		≥ 235 ⁽²⁾	≥ 275 ⁽²⁾	≥ 355 ⁽⁸⁾	
KV	KV	Resilienza KV (J) ⁽⁸⁾	JR	+20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			JO	0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			J2G3	-20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
ε _t	A _{min}	Allungamento percentuale a rottura (L ₀ =5.65√A ₀)		≥ 24	≥ 21	≥ 20	

Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai S235, S275 ed S355 nei gradi JR,JO e J2G3 della UNI 7806 (dicembre 1979), e UNI 7810 (dicembre 1979), anche altri tipi di acciai purché rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.
 Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm².
 Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 35 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm²; per spessori maggiori di 35 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 7 di 35

BULLONI E DADI					
		Normali		Ad alta resistenza	
VITI	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
DADI	4	5	6	8	10

I bulloni normali (conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI 5727, UNI 5592 e UNI 5591) e quelli ad alta resistenza (conformi per le caratteristiche dimensionali delle viti alle UNI 5712 e per quelle dei dadi alle UNI 5713) devono appartenere alle classi indicate in tabella della UNI 3740; le classi delle viti e dei dadi devono essere associate nel modo indicato nel prospetto.

3.3. Prescrizioni generali

TIRAFONDI:

- Le viti e i dadi devono essere associati come indicato nel Prospetto 2 della UNI EN 898 parte II;
- Barra filettata, dado e rosetta dovranno essere forniti da un unico produttore;
- Bulloni e tirafondi dovranno essere montati con una rosetta sotto il dado;
- Bulloni e tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado.

MALTA ANTIRITIRO DI LIVELLAMENTO:

Malta o resina avente caratteristiche meccaniche e dielettriche equivalenti o superiori alla malta tipo HILTI CM 730 EAN (o similari), il materiale dovrà essere preventivamente approvato da Ferrovie.

GUARNIZIONE IN EPDM

Share 70±5

PREDISPOSIZIONE MESSA A TERRA

Tutti i montanti dovranno essere predisposti con foro ϕ 13mm per l'entuale messa a terra.

VERNICE DIELETTICA E BOCCOLE DIELETTICHE:

Vernice dielettrica e boccole dielettriche in grado di garantire una resistenza verso terra di 1 Mega Ohm, una rigidità dielettrica di 20 kV/mm nel rispetto della norma CEI 15-23

REQUISITI MINIMI DELL'OFFICINA DI TRASFORMAZIONE:

Il costruttore dovrà possedere come requisito minimo la certificazione rilasciata da parte di un Ente riconosciuto in accordo alla EN 1090-2 con classe di esecuzione almeno EXC3. Il materiale fornito in cantiere dovrà essere accompagnato da DOP (dichiarazione di prestazione) emessa per ciascun documento di trasporto (DDT) sul quale dovranno essere chiaramente indicate le marche dei singoli elementi forniti.

SALDATURE

- Le saldature dovranno essere eseguite e controllate nel rispetto della Istruzione FS 44/S Rev. A del 20.10.99;
- Le saldature si intendono continue (salvo diversa indicazione);
- Le saldature si intendono a cordone d'angolo (salvo diversa indicazione);
- Le saldature avranno il lato del cordone pari al minimo spessore da collegare (salvo diversa indicazione) in ogni caso nel rispetto della istruzione FS 44/s;
- Al fine di evitare incroci di saldature prevedere degli slot di opportune dimensioni per far girare le saldature nello spessore.

RIVESTIMENTI PROTETTIVI

Tutte le parti metalliche dovranno essere sottoposte a zincatura a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 1461, nel rispetto del Disciplinare Tecnico delle Barriere Antirumore del 1998 e s. m. ed i. Ulteriore

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 8 di 35

trattamento protettivo della superficie secondo quanto riportato nel suddetto Disciplinare o con i cicli omologati come da Istruzione FS 44/V.

PROVE SUI MATERIALI

Tutti i materiali impiegati relativi ai montanti e alle piastre dovranno essere certificati secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 10204 punto 3.2 del prospetto I e forniti in modo che risultino, inequivocabilmente, prodotti qualificati ai sensi dell'allegato 8 delle norme tecniche del vigente D.M. del Ministero dei LL.PP. emanato in applicazione della L. 1086/71 e s.m. ed i.. Sui profili e lamiere si dovranno eseguire tutte le prove obbligatorie individuate dalle tabelle UNI EN 10025 corrispondenti (e 10210 per i tubi), dandone adeguata certificazione.

Il collaudo dei materiali può essere richiesto, oltre che presso i fornitori, alla presenza di un rappresentante di ITALFERR, anche presso l'officina del Costruttore, sempre che sia possibile inviare i saggi punzonati ad un laboratorio ufficiale o comunque tecnologico in possesso dei certificati di taratura delle macchine rilasciati da organismo ufficiale riconosciuto dallo Stato, e che le prove meccaniche e chimiche siano eseguite in presenza di un rappresentante di ITALFERR.

Per quanto riguarda tirafondi e bulloni, gli stessi devono essere forniti di un certificato di controllo secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 10204 punto 3.1.b. ITALFERR si riserva di eseguire prove integrative (trazione, resilienza, durezza, ecc.) sui materiali approvvigionati.

CONTROLLO DEI MATERIALI LAVORATI

Prima della spedizione in opera, gli elementi costruiti dovranno essere sottoposti, oltre ai controlli previsti sulle saldature, ai controlli dimensionali e visivi, nonché a quelli sul rivestimento in ragione del 30% degli elementi prodotti; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi.

Le tolleranze di tutti i materiali lavorati dovranno essere in linea con quelle previste nelle normative di riferimento dei singoli elementi costituenti.

CONTROLLO IN OPERA

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate verifiche di posizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio, in ragione del 30% degli elementi; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi. Infine saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento.

Deve essere curata la verticalità dei montanti; è ammesso uno scostamento massimo di 5mm, misurato in sommità, sia nel senso trasversale che longitudinale della barriera.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 9 di 35	

4. MODELLAZIONE STRUTTURALE

4.1. Codice di calcolo – rispetto del capitolo 10.2 delle NTC08

L'analisi strutturale è stata svolta per via analitica secondo le usuali formule della Scienza delle Costruzioni.

L'analisi dinamica nel dominio del tempo è stata condotta con un programma agli elementi finiti operando una integrazione al passo in regime transitorio.

4.1.1. Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale è stata svolta mediante un codice di calcolo FEM attraverso la modellazione con elementi di tipo "beam" a 2 nodi con 6 g.d.l. Il metodo FEM sfrutta l'analisi di calcolo matriciale mediante costruzione della matrice di rigidezza della struttura. Le sollecitazioni ottenute per ciascun caso di carico vengono combinate tra loro mediante gli opportuni coefficienti di combinazione previsti dalla normativa secondo il principio di sovrapposizione degli effetti. La verifica delle sezioni è stata svolta mediante calcolo dei valori di sollecitazione resistente allo SLU e mediante determinazione delle tensioni sui materiali o dell'ampiezza delle fessure per le verifiche agli SLE. Le operazioni di calcolo dei valori resistenti sono sviluppate mediante metodo analitico con l'ausilio di fogli di calcolo autoprodotti per automatizzare la procedura.

Le combinazioni di carico considerate per ciascuno stato limite sono riportate in forma tabellare nei capitoli specifici.

4.1.2. Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Per la determinazione delle sollecitazioni è stato impiegato il software FEM denominato SAP2000, prodotto dalla Computer e Structure inc. e distribuito dalla CSI Italia srl.

4.1.3. Affidabilità dei codici utilizzati

Riguardo il codice FEM impiegato, la casa produttrice ha provveduto alla produzione di tutti i documenti di validazione del software che non sono allegati alla presente relazione di calcolo per ragioni di sintesi, ma che possono essere forniti in qualsiasi momento o richiesti direttamente alla casa produttrice.

4.1.4. Informazioni generali sull'elaborazione

Sono stati eseguiti i seguenti controlli relativi al calcolo svolto mediante software FEM:

- verifica analitica della risultante dei carichi applicati al modello;
- verifica a vista della rispondenza dei diagrammi di momento flettente e delle deformate con i carichi applicati;

4.1.5. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Data la semplicità dello schema di calcolo e l'impiego di una modellazione FEM con 6 g.d.l., i risultati numerici svolti portano a risultati perfettamente rispondenti al medesimo calcolo svolto con linea elastica indipendentemente dalla geometria o dal numero di elementi impiegati per la modellazione. Si escludono pertanto errori di calcolo legati al metodo numerico.

Le verifiche svolte in corso di analisi, riassunte precedentemente, consentono l'individuazione di eventuali errori grossolani di modellazione geometrica o di modellazione, applicazione e combinazione dei carichi.

Le verifiche strutturali svolte in via analitica secondo la formulazione classiche della Scienza delle Costruzioni, escludono la possibilità di errori numerici di calcolo.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 10 di 35	

5. DESCRIZIONE DEI CARICHI SULLE BARRIERE

Il calcolo delle strutture è stato effettuato considerando: il peso proprio del montante e dei pannelli fonoassorbenti e fonoisolanti e dei pannelli in cls, e le pressioni o depressioni dovute al transito dei rotabili e al vento.

Si riporta il calcolo sui montanti delle barriere antirumore per cinque altezze:

- 2.45m - 2.95m → Montante HEA 200;
- 3.45m - 3.95m → Montante HEA 240;
- 4.45m - 4.95m → Montante HEA 240;
- 5.45m - 5.95m → Montante HEA 260;
- 6.45m - 6.95m → Montante HEA 280.

5.1. Peso proprio strutture

Il peso proprio è costituito dal peso dei pannelli fonoassorbenti in acciaio inox e di quelli fonoisolanti in vetro stratificato.

Di seguito si riportano i pesi impiegati nel calcolo delle sollecitazioni:

- pannello fonoassorbenti e fonoisolanti **0.50 kN/m²**
- pannello cls $24.0 \text{ kN/m}^3 \times 0.15 \text{ m} = \mathbf{3.60 \text{ kN/m}^2}$
- montanti in acciaio **78.50 kN/m³**

5.2. Pressione aerodinamica dei convogli

Il passaggio dei convogli induce sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria onde di pressione e depressione. L'ampiezza di tali azioni dipende principalmente dai fattori di seguito elencati:

- dal quadrato della velocità del treno (v);
- dalla forma aerodinamica del convoglio (K_1);
- dalla forma della struttura (K_2);
- dalla posizione della struttura e dalla distanza stessa dal binario (a_g).

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa e alla coda del treno.

I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni ($\pm q_{1k}$).

Si ha pertanto:

$$q_{1k} = f(v; a_g) \times K_1 \times K_2$$

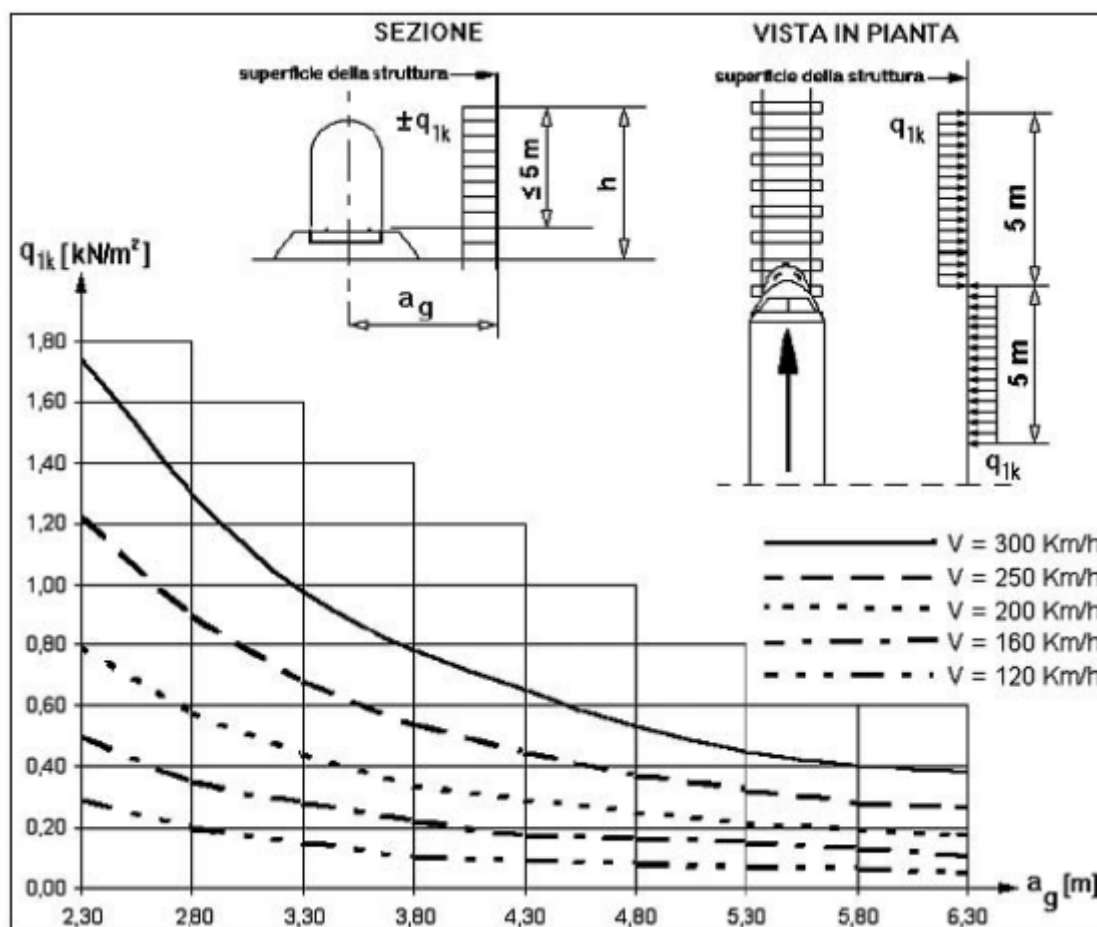
dove:

K_1 = 1.00 per treni con forme aerodinamiche sfavorevoli
= 0.85 per treni con carrozze a sagoma arrotondata
= 0.60 per treni aerodinamici (ETR)

K_2 = 1.30 se l'altezza dell'elemento è ≤ 1.00 o se la larghezza è ≤ 2.50
= 1.00;

a_g = distanza dalla mezzeria del binario più vicino (nel caso in esame pari a 4.70m);

$f(v; a_g) = 1.95 \times 10^{-5} \times v^2 \times (2.3 / a_g)^{1.58}$



Nel caso specifico considerando una velocità massima di percorrenza di un convoglio con forme aerodinamiche favorevoli ($K_1=0.60$), pari a $V_{max} = 250$ km/h, e considerando $K_2=1$, dall'abaco precedentemente riportato si evince che poiché per $a_g = 4.70$ m, si ha:

$$f(v; a_g) = 1.95 \times 10^{-5} \times 250^2 \times (2.3 / 4.70)^{1.58} = 394 \text{ N/m}^2$$

$$q_{1k} = 0.6 \times 394 = 236 \text{ N/m}^2$$

5.3. Pressione del vento

In accordo a quanto prescritto dalle NTC08, la pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \times C_e \times C_p \times C_d$$

nel caso in esame si ha:

$$q_b = 0.5 \rho v_b^2 = 0.5 \times 1.25 \times 25^2 = 390.625 \text{ N/m}^2$$

avendo considerato la velocità di riferimento del vento per la Regione Veneto, pari a 25m/s, per una altitudine sul livello del mare a_0 minore di 1000 m.

Il coefficiente di esposizione C_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito e si ottiene mediante la formula:

$$C_e(z) = k_r^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$C_e(z) = C_e(z) \quad \text{per } z < z_{min}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 12 di 35

con $k_{r,z0}$ e z_{min} assegnati in Tab. 3.3II delle NTC08 in funzione della categoria di esposizione del sito e c_t coefficiente di topografia assunto cautelativamente pari a 1.5.

Pertanto si ha:

$$c_e = 0.20^2 \times 1.5 \times \ln(7.00/0.10) \times ((7 + 1.5 \times \ln(7.00/0.10))) = 3.41$$

Il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico) c_p è funzione della tipologia e della geometria della costruzione del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato dai dati suffragati da un'opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento, pari in questo caso a:

- $c_{pe1} = 0.8$ per elementi sopravento con l'inclinazione sull'orizzontale $\alpha > 60^\circ$
- $c_{pe2} = -0.4$ per elementi sopravento con l'inclinazione sull'orizzontale $0^\circ \leq \alpha < 20^\circ$ e per elementi sottovento

Pertanto in definitiva nel caso in esame si avrà:

$$C_{pe} = C_{pe1} + C_{pe2} = 0.8 + 0.4 = 1.2$$

Sostituendo quanto sopra riportato nella relazione della pressione del vento e per la tipologia di progetto si ha:

$$p_e = 390.625 \times 3.41 \times 1.0 \times 1.2 = 1600.0 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

5.4. Azione dinamica – Time History

E' stata applicata anche un'azione dinamica rappresentata dalla Time History, come prescritto dal MdP: *per le sole linee AV/AC con velocità ≥ 200 km/h occorre verificare che non si instaurino condizioni di risonanza delle barriere antirumore, sottoposte ad un'azione dinamica rappresentata dalla Time History delle pressioni; dall'esame delle risposte dinamiche delle barriere occorrerà verificare che il coefficiente d'amplificazione dinamica sia ≤ 2.0 ; le analisi dinamiche devono essere eseguite con velocità d'avanzamento variabile da $v = 200$ km/h a $V = V_{max}$ con incremento di 10 km/h.*

La verifica del valore del coefficiente d'amplificazione (≤ 2.0) è da **intendersi non vincolante**, ma utile ai fini del controllo del comportamento dinamico della barriera antirumore.

Comunque va tenuto conto nelle verifiche di resistenza, fatica e deformabilità dell'opera.

La distribuzione delle pressioni lungo l'altezza della barriera viene considerata in favore di sicurezza costante lungo tutta l'altezza della barriera.

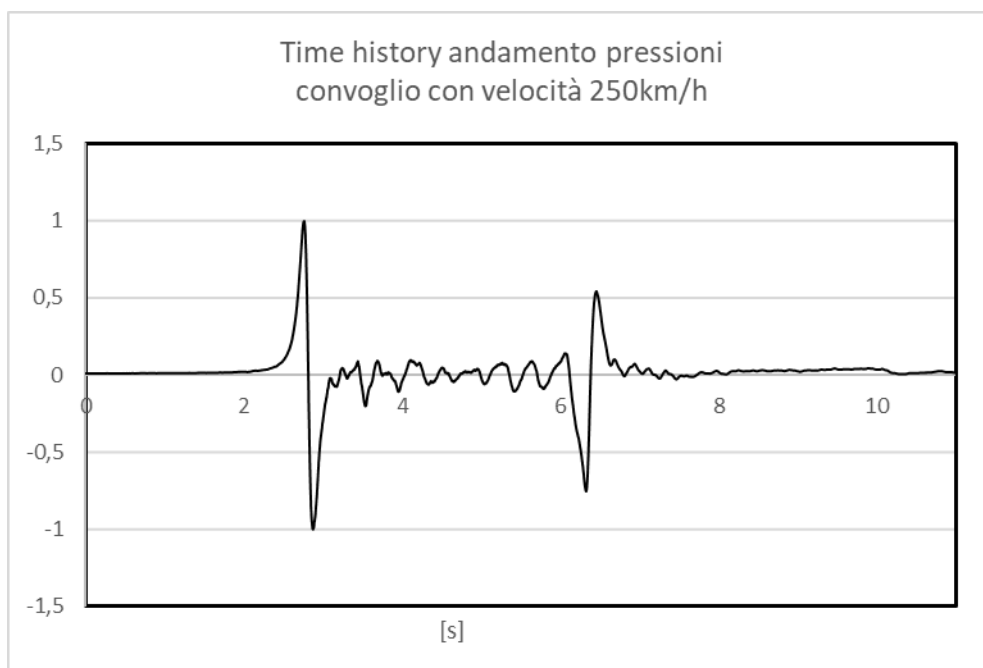
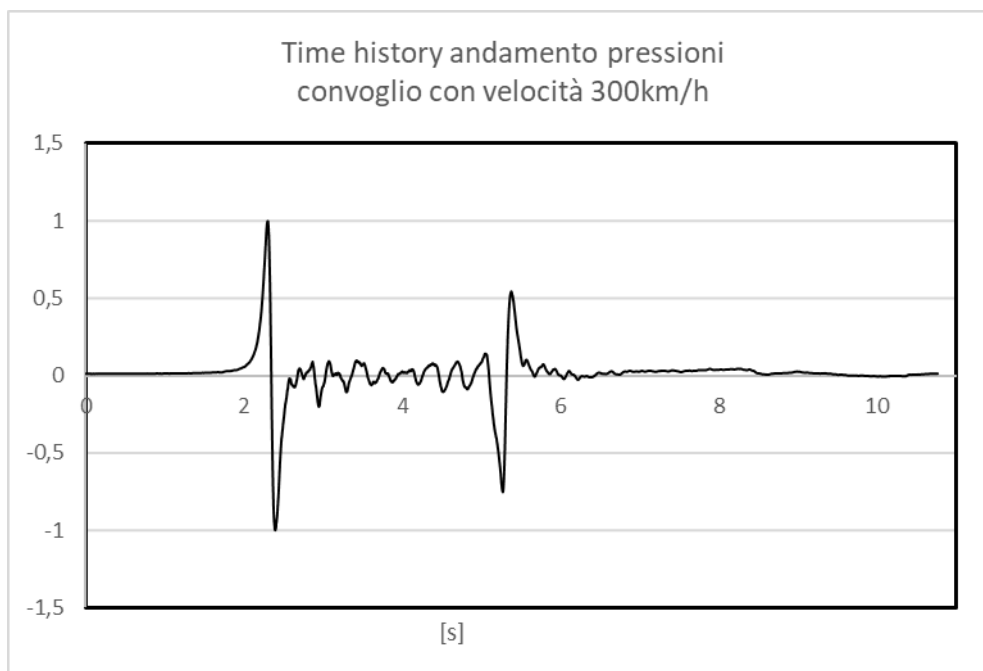
L'analisi dinamica è stata condotta con l'ausilio di un programma ad elementi finiti (SAP2000), il passo di integrazione nel modello di calcolo è stato assunto pari a 0.001 per 20000 punti ed il coefficiente di smorzamento è stato posto pari a 0.02.

Per i montanti isolati, sono state eseguite analisi della risposta dinamica nel dominio del tempo, operando una integrazione al passo e analizzando la risposta alla velocità di 250 km/h (quelle eseguite con velocità ridotte non risultano dimensionanti) partendo dalla Time History base di 300 km/h riportata di seguito, con le opportune modifiche per le velocità e le pressioni di progetto.

Le masse distribuite dei pannelli applicate al montante, aggiuntive alla massa distribuita del montante stesso ($\gamma_{acciaio} = 78.5 \text{ kN/m}^3$), sono le seguenti:

- $m_{cls,0.75m} = 3.00 \text{ kN/m}^2$
- $m_{cls,0.75-3.00m} = 3.60 \text{ kN/m}^2$
- $m_{Inox,3.00-6.00m} = 0.50 \text{ kN/m}^2$
- $m_{Inox,3.00-6.00m(bagnato)} = 1.00 \text{ kN/m}^2$

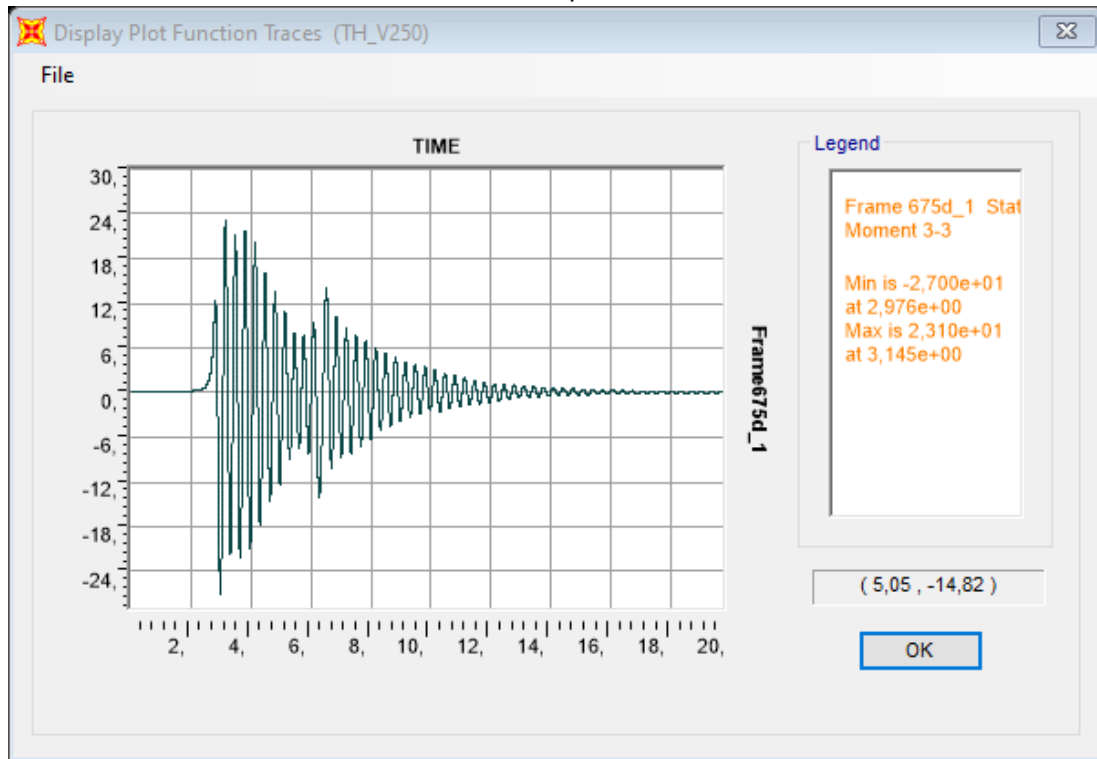
Si riportano di seguito le funzioni impiegate per l'analisi time history:



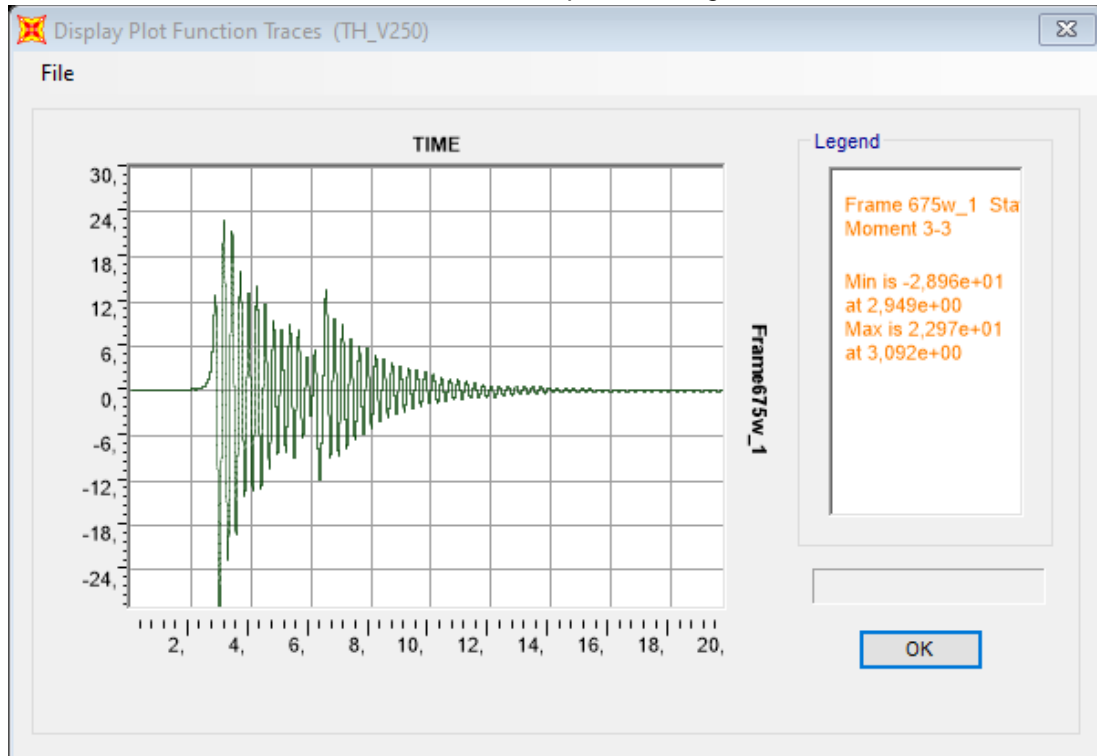
L'analisi è stata condotta per le barriere di altezza 6.75, 5.75, 4.75, 3.75, e 2.75 considerando dove presente il pannello inox il caso di pannello asciutto e pannello bagnato.

Per ciascuna altezza analizzata, si riporta di seguito il diagramma calcolato dell'andamento delle sollecitazioni di momento flettente alla base.

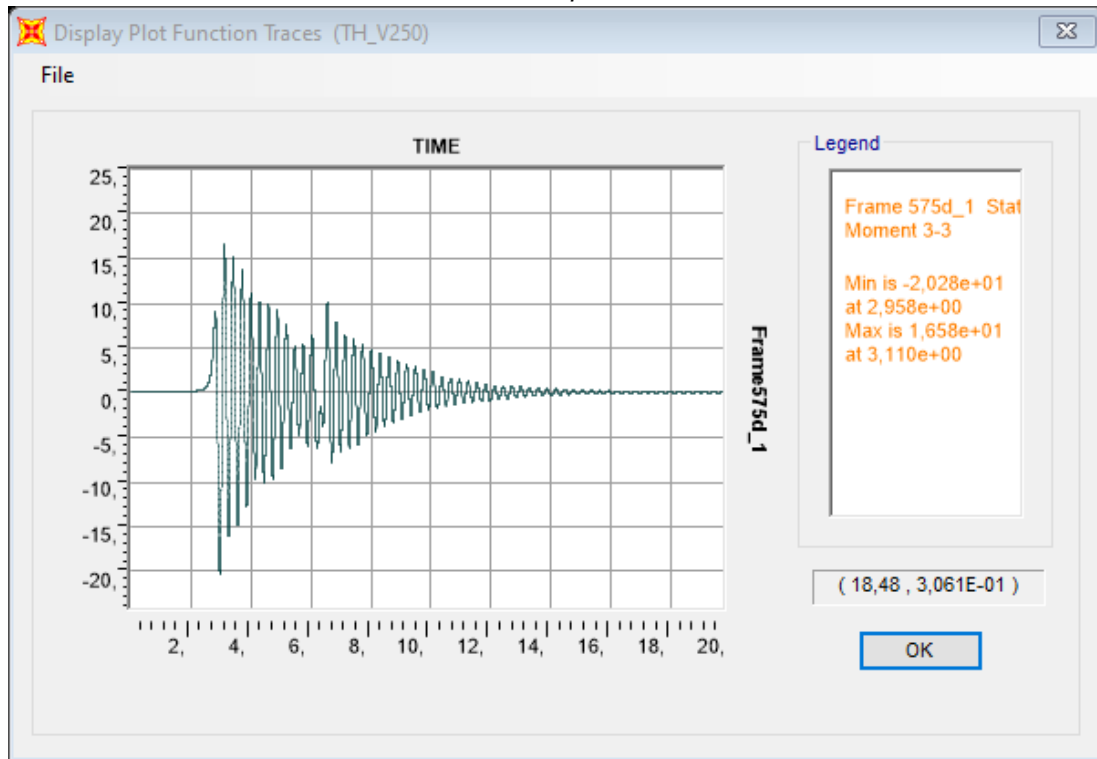
Barriera h675cm – pannello asciutto



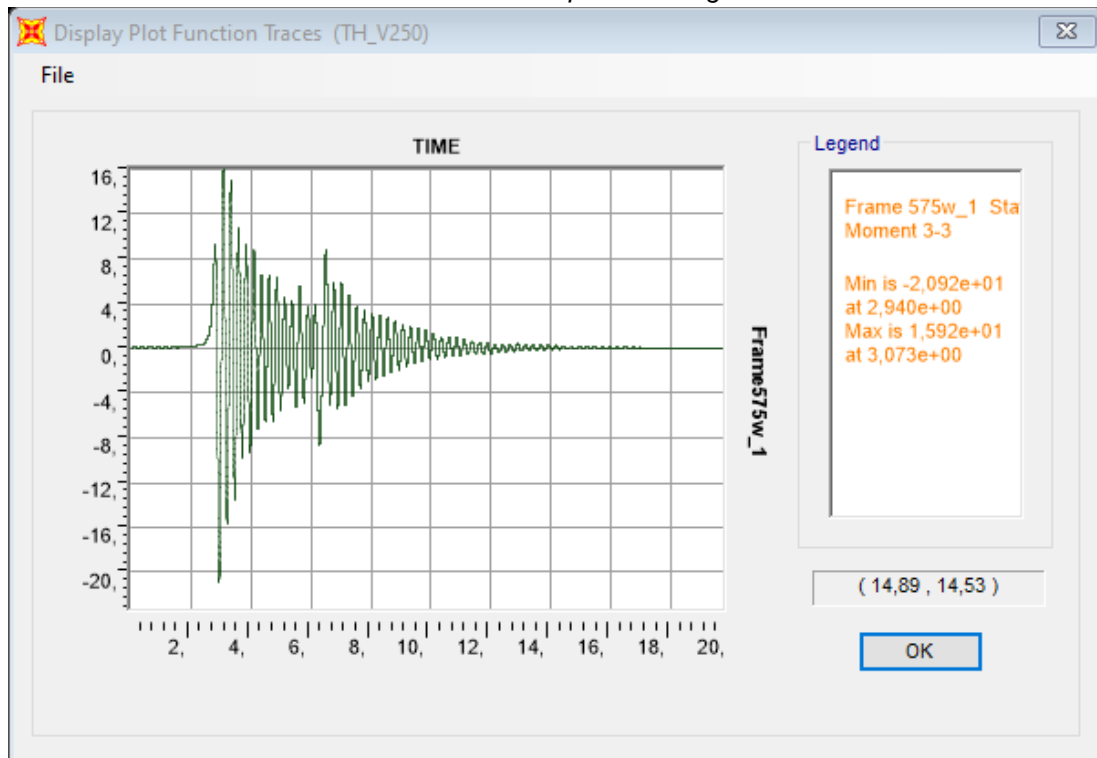
Barriera h675cm – pannello bagnato



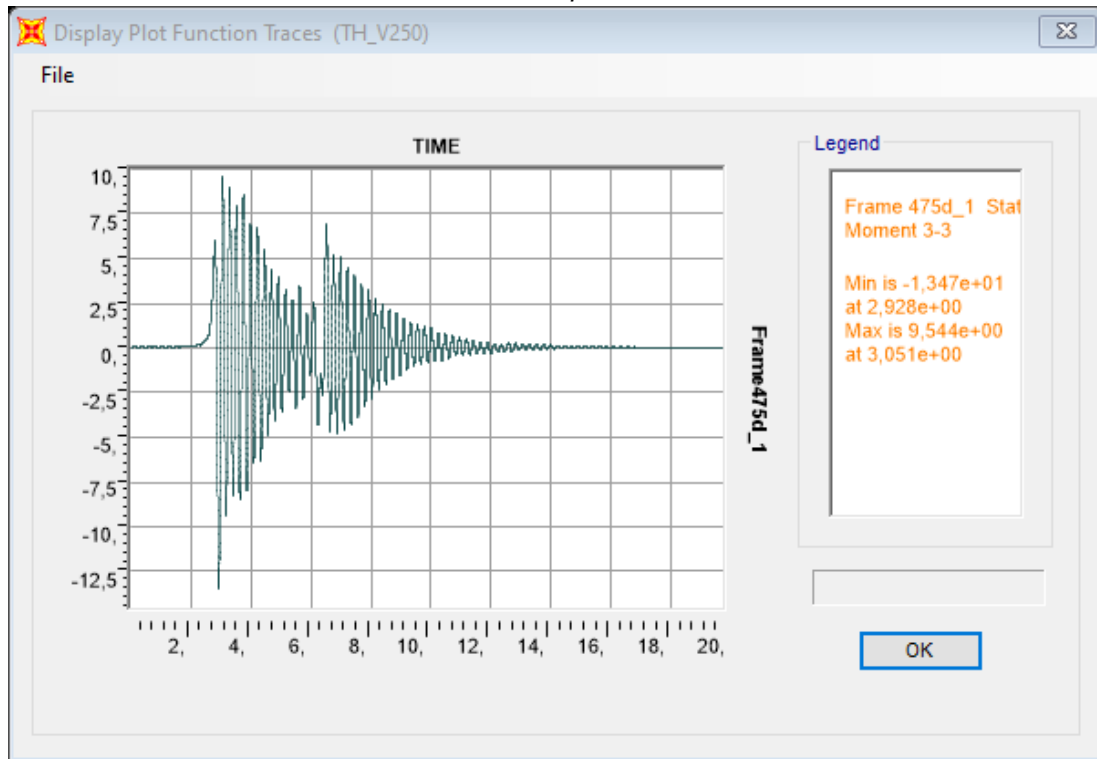
Barriera h575cm – pannello asciutto



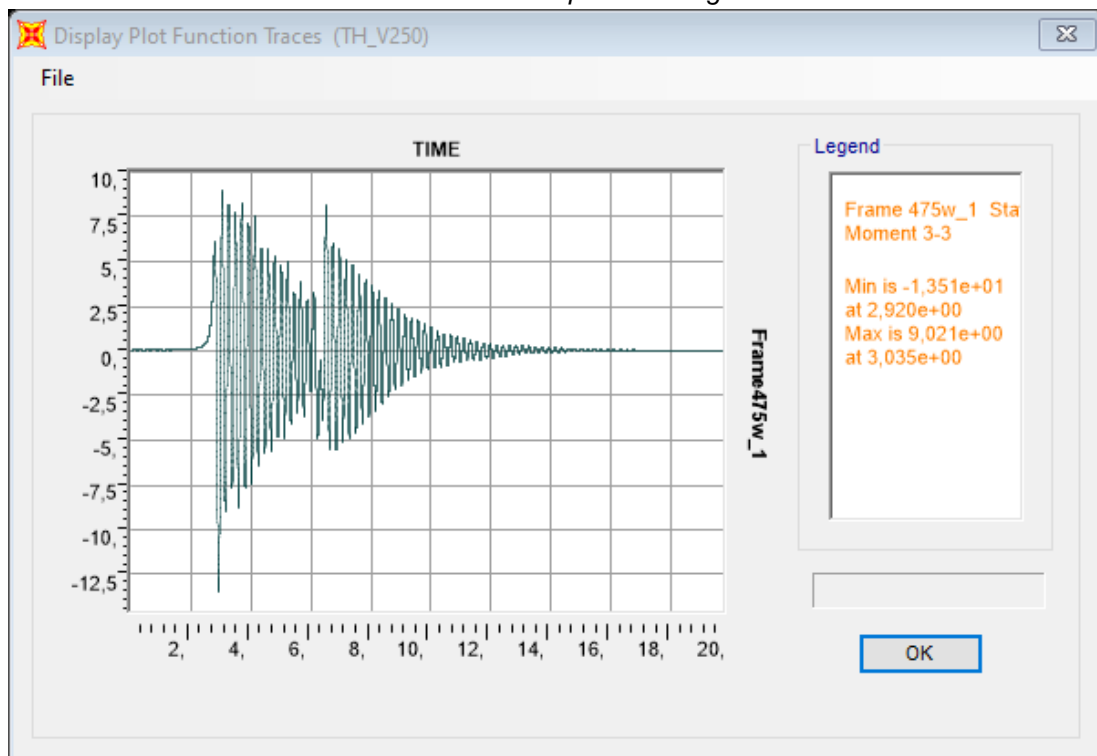
Barriera h575cm – pannello bagnato



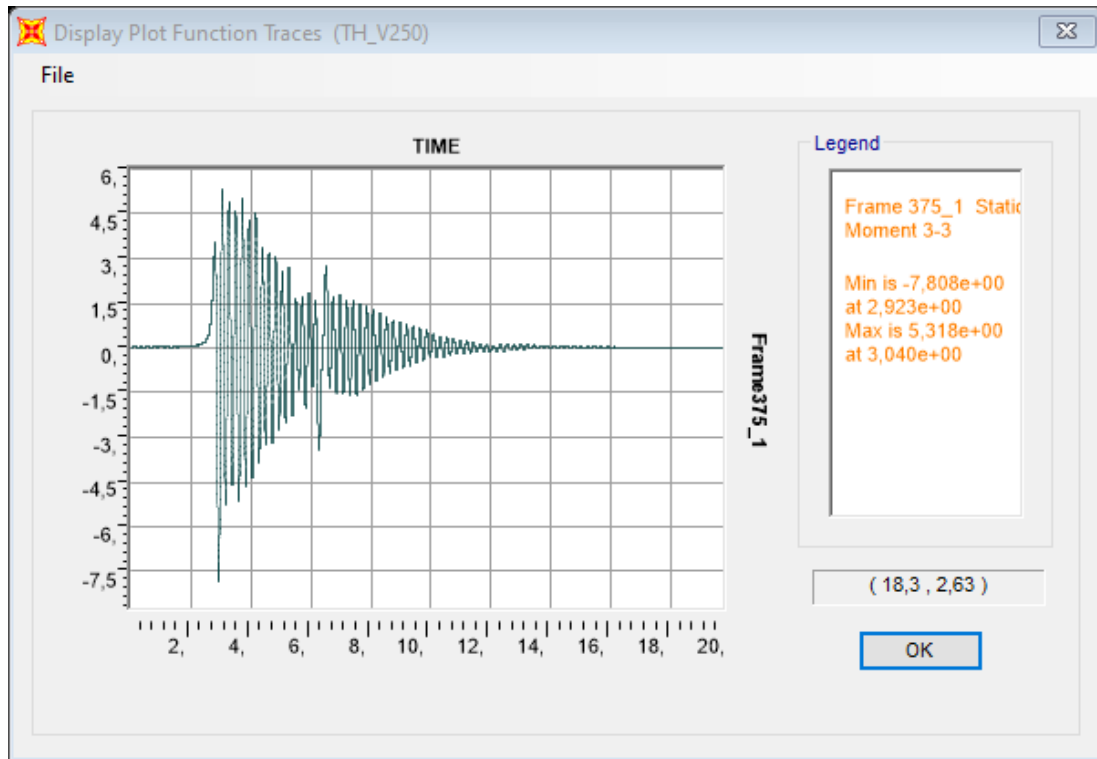
Barriera h475cm – pannello asciutto



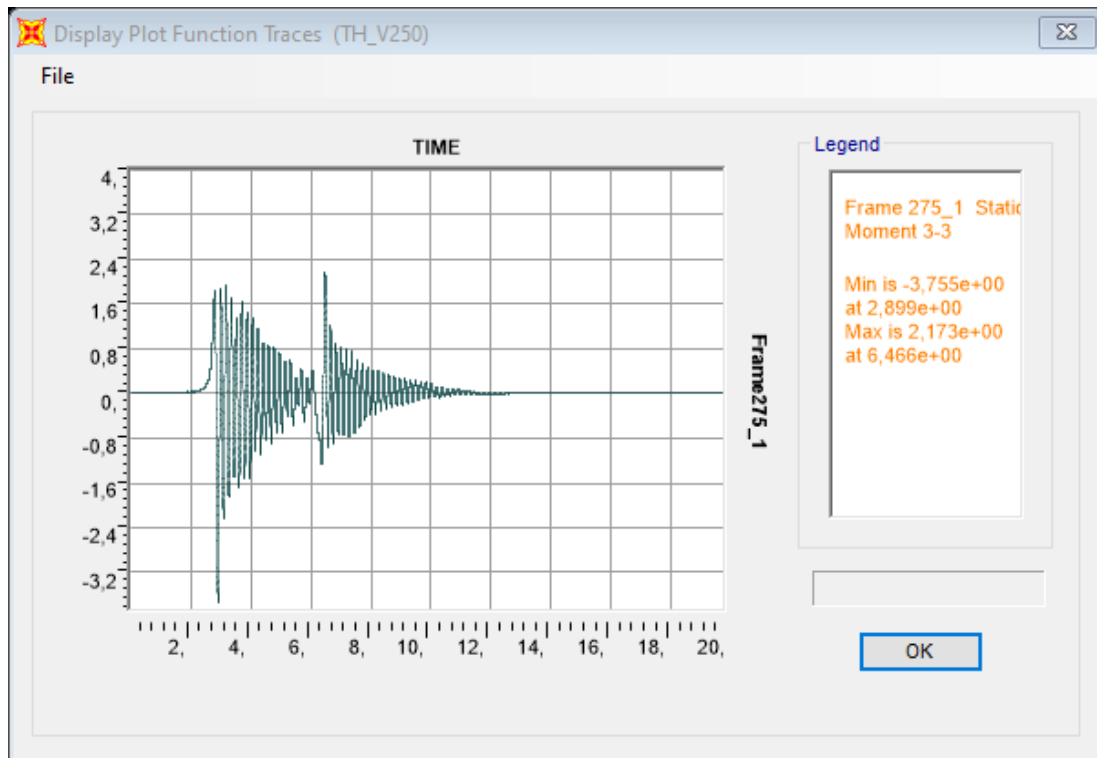
Barriera h475cm – pannello bagnato



Barriera h375cm



Barriera h275cm



GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 18 di 35	

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei risultati calcolati, con i momenti statici, i momenti massimi e minimi dinamici, e il valore del coefficiente di amplificazione:

Barriera	V250 p= 240 N/m ²				p.din.eq N/mm ²	p.din.eq.max N/mm ²
	Mst kNm	Mdin_min kNm	Mdin_max kNm	alpha -		
6,75 - dry	16,4	-27,00	23,10	1,65	395,12	412,24
6,75 - wet	16,4	-28,96	22,97	1,77	423,80	423,80
5,75 - dry	11,9	-20,92	15,92	1,76	421,92	421,92
5,75 - wet	11,9	-20,28	16,58	1,70	409,01	409,01
4,75 - dry	8,12	-13,87	10,34	1,71	409,95	409,95
4,75 - wet	8,12	-13,68	10,68	1,68	404,33	404,33
3,75 - dry	5,06	-7,81	5,32	1,54	370,43	370,43
2,75 - dry	2,72	-3,75	2,18	1,38	330,88	330,88

Nella condizione peggiore, la pressione statica equivalente a quella dinamica risulta pari a 424N/m²

5.5. Azione sismica

Considerando le masse degli elementi strutturali e delle pannellature presenti, l'azione sismica genera sollecitazioni inferiori a quelle di vento e 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.

5.6. Azioni considerate

La somma delle azioni dovute agli effetti del vento e della pressione e depressione aerodinamica dovuta ai convogli ferroviari risulta pari a:

$$p_{tot} = q_{1k} + p = 0.240 + 1.600 = 1.840 \text{ kN/m}^2$$

Per le verifiche di resistenza allo SLU e deformabilità sono state utilizzate le sollecitazioni derivanti dalle peggiori combinazioni tra peso proprio, carichi permanenti, pressione del vento + sovrappressioni aerodinamiche, comprensive degli effetti dinamici.

Considerando, a favore di sicurezza, l'effetto dinamico più gravoso (barriera H=6.75m) si ha:

$$q = 1.77 \times 240 + 1600 = 2024.8 \text{ N/m}^2 < 2500 \text{ N/m}^2$$

La somma dei valori ricavati è quindi inferiore al valore minimo, pari a 2.50kN/m² per linee con velocità superiore a 200km/h, prescritto nelle già citate "Prescrizioni tecniche integrative e provvisorie per la progettazione delle Barriere Antirumore".

Pertanto, assunto il valore di progetto della velocità minimo pari a 200km/h, sia per le verifiche statiche che per quelle di deformabilità, si assumerà il valore di progetto:

$$p_{tot} = p_{vento} + p_{aerodinamica} = 2.50 \text{ kN/m}^2$$

Per le verifiche a fatica, si procede solo in funzione del carico ciclico:

$$p_{fat} = p(x, V) \text{ kN/m}^2$$

Pertanto per un interasse di 3.00 tra montante e montante della barriera acustica si avranno i seguenti carichi ripartiti agenti su ogni elemento strutturale:

analisi statica: $p = 2.50 \times 3.00 = 7.50 \text{ kN/m}$

analisi dinamica: $p_{fat} = p(x, V) \times 3.00 \text{ kN/m}$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 19 di 35	

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Per la formulazione generale delle combinazioni di carico si rimanda a EN 1990-annex.A2, cap. A2.3, A2.4 e NTC08 cap. 2.5.3.+ N.A.D.

Per le azioni variabili considerate si eseguiranno le permutazioni necessarie alla definizione di volta in volta dell'azione principale e delle secondarie.

Di seguito si riepilogano le combinazioni di carico utilizzate nelle verifiche.

6.1. Combinazioni SLU STR / GEO

Ai fini delle verifiche degli stati limiti ultimi si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni, effettuate applicando i coefficienti parziali della tabella 2.6.I e i coefficienti di combinazione della tabella 2.5.I delle N.T.C.:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limiti ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

6.2. Combinazioni SLE Caratteristica

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni, effettuate applicando i coefficienti parziali della tabella 2.6.I e i coefficienti di combinazione della tabella 2.5.I delle N.T.C.:

- Rara $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

La combinazione SLE Caratteristica (Rara) è considerata unica rappresentativa per la condizione di esercizio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 20 di 35

7. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEI MONTANTI

Si riporta di seguito il calcolo delle sollecitazioni alla base dei montanti per le 5 altezze tipologiche caratteristiche della tratta.

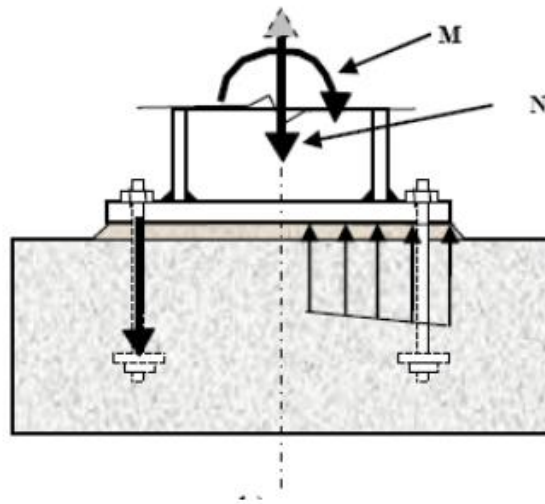
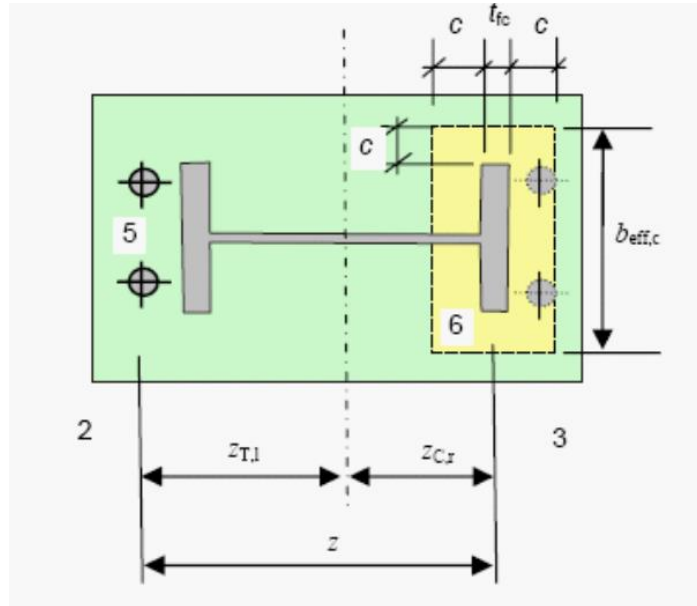
TIPOLOGIA BARRIERA								
<i>Ubicazione tirafondo:</i>			rilevato	rilevato	rilevato	rilevato	rilevato	rilevato
<i>Altezza pannelli</i>	<i>H</i>	<i>m</i>	6,75	5,75	4,75	3,75	2,75	
GEOMETRIA BARRIERA								
<i>Profilo</i>			HEA280	HEA260	HEA240	HEA240	HEA200	
<i>Passo</i>	<i>p</i>	<i>m</i>	3	3	3	3	3	
CARICHI CARATTERISTICI								
<i>pressione vento</i>	<i>p,k</i>	<i>kN/m2</i>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
<i>coefficiente di combinazione allo SLU</i>	<i>γq</i>		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
SOLLECITAZIONI ALLA BASE								
<i>Sollecitazioni caratteristiche</i>	<i>N,k</i>	<i>kN</i>	51,90	49,11	46,56	44,46	32,10	
	<i>V,k</i>	<i>kN</i>	50,63	43,13	35,63	28,13	20,63	
	<i>M,k</i>	<i>kNm</i>	170,86	123,98	84,61	52,73	28,36	
<i>Sollecitazioni allo SLU</i>	<i>N,SLU</i>	<i>kN</i>	77,85	73,67	69,84	66,69	48,15	
	<i>V,SLU</i>	<i>kN</i>	75,94	64,69	53,44	42,19	30,94	
	<i>M,SLU</i>	<i>kNm</i>	256,29	185,98	126,91	79,10	42,54	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 21 di 35

8. VERIFICA DEI TIRAFONDI

Per la determinazione delle sollecitazioni sui tirafondi si esegue un'analisi plastica del nodo di base mediante il "T-stub method" a partire dalle sollecitazioni scaricate al piede dal montante della barriera e dal peso dei pannelli gravante sulla piastra di base.

Si riporta di seguito un'immagine esemplificativa dei parametri che definiscono la geometria del meccanismo plastico:



Il valore di trazione TSd di progetto sui tirafondi è quindi determinato come: $TSd = MSd / z - NSd / 2$ dove il valore di z è determinato considerando:

- Piastra di base di spessore 40mm e dimensioni:
 - 750x750 per Hbarriera > 475cm su rilevato;
 - 750x500 per Hbarriera > 275cm su viadotto;
 - 450x750 per Hbarriera ≤ 475cm su rilevato;
 - 450x500 per Hbarriera ≤ 275cm su viadotto;
- Presenza di costolature di irrigidimento al piede del montante poste a 150mm dal filo della piastra di base.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 22 di 35

Per la determinazione delle portanze ammissibili allo sfilamento dei tirafondi si usano i criteri indicati in letteratura (Strutture in acciaio, ed. Mondadori, di Ballio-Mazzolani).

Si tiene conto degli “effetti di bordo”, ossia della riduzione “ α ” della T_{ader} barra-calcestruzzo a causa della vicinanza “ a ” della barra “ ϕ ” al bordo del conglomerato secondo quanto riportato nella cosiddetta “formula francese”:

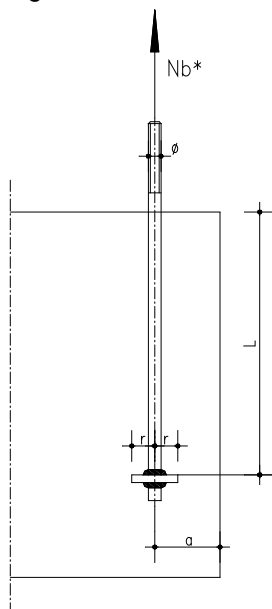
$$\alpha = 1/(1+\phi/a)^2$$

nonché della riduzione α_1 del contributo a compressione del calcestruzzo contro la piastra di base sempre secondo quanto riportato nella cosiddetta “formula francese”:

$$\alpha_1 = 1-r/L \text{ per } L \leq a$$

$$\alpha_1 = 1-r/a \text{ per } L > a$$

La simbologia adottata è illustrata nelle figure seguenti:



La contro piastra viene considerata cautelativamente come una serie di rondelle equivalenti di raggio pari a 65mm e spessore 20mm trascurando di fatto la capacità del piatto di lavorare a membrana.

La tipologia di fissaggio al piede della barriera prevede unfissaggio su supporto di spessore ≥ 70 cm, eseguito con tirafondi e contro piastra annegata a 50cm dall’estradosso ($L = 50$ cm).

Le verifiche del nodo sono svolte per le altezze tipologiche caratteristiche della tratta di cui precedentemente si sono già calcolate le azioni sollecitanti.

Nel caso di barre passanti lo spessore della soletta strutturale, viene assunta una lunghezza di fissaggio della barra pari allo spessore della soletta stessa.

La verifica sopra riportata risulta ancora valida anche nel caso di fissaggio con barre passanti l’intero spessore del supporto (es. solette viadotti) e contro piastra.

Si rimanda agli elbaorati grafici per i dettagli geometrici.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 23 di 35

8.1. Verifica dei tirafondi per barriere H=6.75m

MATERIALI					
<u>Acciaio piastra di base</u>					
Tipo:	S355J0				
fy=	355 N/mm ²				
fu=	510 N/mm ²				
gamma_M0=	1,05				
fyd=	338,10 N/mm ²				
<u>Calcestruzzo fondazione</u>					
Classe:	C28/35				
Rck=	35 N/mm ²				
fck=	29,05 N/mm ²				
alpha_cc=	0,85				
gamma_c=	1,5				
fcd=	16,46 N/mm ²				
fctm=	2,83 N/mm ²				
fctk,005=	1,98				
fbd=	1,32 N/mm ²	(calcolo secondo EC2)			
	1,26 N/mm ²	(calcolo secondo Ballio-Mazzolani)			
<u>Tirafondi</u>					
Classe	8,8				
fyb	640 N/mm ²				
ftb	800 N/mm ²				
gamma_M2	1,25				
GEOMETRIA					
<u>Profilo colonna</u>					
tipo	sezione composta				
b	650 mm	(larghezza ali)			
h	450 mm	(altezza profilo)			
tf	20 mm	(spessore ali)			
tw	20 mm	(spessore anima)			
<u>Piastra di base e tirafondi</u>					
b	750 mm				
h	750 mm				
sp.	40 mm				
n_tirafondi	5	(numero tirafondi per lato)			
ø_tirafondi: M	30				
Ares=	561 mm ²				
d0=	32 mm	(diametro foro)			
e1=	65 mm	e1,min=	38,4 mm	OK	
		e1,max=	200 mm	OK	
p2=	150 mm	p1,min=	70,4 mm	OK	
		p1,max=	200 mm	OK	
larghezza supporto	1000 mm				
a=	190 mm	(distanza del tirafondo del bordo del cls)			
L=	500 mm	(lunghezza di calcolo tirafondo)			
rondella equivalente	65 mm	(raggio rondella)			
sp_contropiastra	20 mm	(spessore rondella)			

SOLLECITAZIONI		
N=	77,85 kN	(+ di compressione)
M=	256,29 kNm	
V=	75,94 kN	

CALCOLO SOLLECITAZIONI T-STUB		
fjd=	16,46 N/mm ²	(assunto cautelativamente pari a fcd),
c=	104,66 mm	(diffusione del carico da parte della piastra)
e1=	150,00 mm	(luce da filo ala trave a fillo piastra - frontale)
e2=	50,00 mm	(luce da filo ala trave a fillo piastra - laterale)
e1*=	104,66 mm	(estensione pressione - frontale)
e2*=	50,00 mm	(estensione pressione - laterale)
L,c=	750,00 mm	(larghezza t-stub compressione)
H,c=	229,32 mm	(altezza t-stub compressione)
yg,C=	215,00 mm	(baricentro area di compressione - da asse colonna)
yg,T=	310,00 mm	(baricentro area di trazione - da asse colonna)
z=	525,00 mm	(braccio coppia interna)
FC,Ed=	527,09 kN	(risultante t-stub compressione)
FR,Ed=	449,24 kN	(risultante t-stub trazione)

VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO			
Ac=	171990,46 mm ²		
Fc,max=	2831,25 kN	OK	19% (Verifica compressione cls)

VERIFICA TIRAFONDI			
<i>Tirafondo</i>			
Fv,Rd=	1795,2 kN	OK	4% (Verifica a taglio dei tirafondi)
Ft,Rd=	1615,68 kN	OK	28% (Verifica trazione barre)
Comb=	0,241 < 1	OK	24% (Verifica taglio-trazione)
N,ad=	1182,98 kN	OK	38% (resistenza allo sfilamento del tirafondo - ballio mazzolanii)
<i>Rondella</i>			
alpha=	4,33		
beta=	0,03		
Mmax=	0,01 kNm		
s,min=	12,98 mm	OK	65% (Verifica spessore rondella)

VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI		
N_car	51,90 kN	(+ di compressione)
ΔM_p_din	51,93 kNm	(intervallo di sollecitazione per pressioni aerodinamiche dei treni da analisi dinamica)
n=	15	(coefficiente di omogeneizzazione)
x=	258,76 mm	(posizione asse neutro)
Ac.a.=	278222,7641 mm ²	(area sezione c.a. equivalente)
Ic.a.=	12710890837 mm ⁴	(inerzia sezione c.a. equivalente)
xg,c.a.=	171,33 mm	(posizione baricentro sezione c.a. equivalente)
σa=	21,65 N/mm ²	(tensione tirafondi)
σD*(30/Φ)^0,25 / γMf=	26,65 N/mm ²	(limite tensione per verifica a fatica secondo EN1993-1-9:2005 - Tabella 8,1)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 25 di 35

8.2. Verifica dei tirafondi per barriere H=5.75m

MATERIALI					
Acciaio piastra di base					
Tipo:	S355J0				
fy=	355 N/mm ²				
fu=	510 N/mm ²				
gamma_M0=	1,05				
fyd=	338,10 N/mm ²				
Calcestruzzo fondazione					
Classe:	C28/35				
Rck=	35 N/mm ²				
fck=	29,05 N/mm ²				
alpha_cc=	0,85				
gamma_c=	1,5				
fcd=	16,46 N/mm ²				
fctm=	2,83 N/mm ²				
fctk,005=	1,98				
fbd=	1,32 N/mm ²	(calcolo secondo EC2)			
	1,26 N/mm ²	(calcolo secondo Ballio-Mazzolani)			
Tirafondi					
Classe	8,8				
fyb	640 N/mm ²				
ftb	800 N/mm ²				
gamma_M2	1,25				
GEOMETRIA					
Profilo colonna					
tipo	sezione composta				
b	650 mm	(larghezza ali)			
h	450 mm	(altezza profilo)			
tf	20 mm	(spessore ali)			
tw	20 mm	(spessore anima)			
Piastra di base e tirafondi					
b	750 mm				
h	750 mm				
sp.	40 mm				
n_tirafondi	4	(numero tirafondi per lato)			
ø_tirafondi: M	30				
Ares=	561 mm ²				
d0=	32 mm	(diametro foro)			
e1=	65 mm	e1,min= 38,4 mm	OK		
		e1,max= 200 mm	OK		
p2=	150 mm	p1,min= 70,4 mm	OK		
		p1,max= 200 mm	OK		
sp.muro=	1000 mm				
a=	190 mm	(distanza del tirafondo del bordo del cls)			
L=	500 mm	(lunghezza di calcolo tirafondo)			
rondella equivalente	65 mm	(raggio rondella)			
sp_contropiastra	20 mm	(spessore rondella)			

SOLLECITAZIONI		
N=	73,67 kN	(+ di compressione)
M=	185,98 kNm	
V=	64,69 kN	

CALCOLO SOLLECITAZIONI T-STUB		
fjd=	16,46 N/mm ²	(calcolo semplificato da sistemare con parametri geometrici della fondazione)
c=	104,66 mm	(diffusione del carico da parte della piastra)
e1=	150,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - frontale)
e2=	50,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - laterale)
e1*=	104,66 mm	(estensione pressione - frontale)
e2*=	50,00 mm	(estensione pressione - laterale)
L,c=	750,00 mm	(larghezza t-stub compressione)
H,c=	229,32 mm	(altezza t-stub compressione)
yg,C=	215,00 mm	(baricentro area di compressione - da asse colonna)
yg,T=	310,00 mm	(baricentro area di trazione - da asse colonna)
z=	525,00 mm	(braccio coppia interna)
FC,Ed=	391,07 kN	(risultante t-stub compressione)
FR,Ed=	317,41 kN	(risultante t-stub trazione)

VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO		
Ac=	171990,46 mm ²	
Fc,max=	2831,25 kN	OK 14% (Verifica compressione cls)

VERIFICA TIRAFONDI		
<u>Tirafondo</u>		
Fv,Rd=	1436,16 kN	OK 5% (Verifica a taglio dei tirafondi)
Ft,Rd=	1292,54 kN	OK 25% (Verifica trazione barre)
Comb=	0,220 < 1	OK 22% (Verifica taglio-trazione)
N,ad=	946,38 kN	OK 34% (resistenza allo sfilamento del tirafondo - ballio mazzolani)
<u>Rondella</u>		
alpha=	4,33	
beta=	0,03	
Mmax=	0,01 kNm	
s,min=	12,98 mm	OK 65% (Verifica spessore rondella)

VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI		
N_car	49,11 kN	(+ di compressione)
ΔM_p_din	36,86 kNm	(intervallo di sollecitazione per pressioni aerodinamiche dei treni da analisi dinamica)
n=	15	(coefficiente di omogenizzazione)
x=	263,75 mm	(posizione asse neutro)
Ac.a.=	265133,32 mm ²	(area sezione c.a. equivalente)
Ic.a.=	1,059E+10 mm ⁴	(inerzia sezione c.a. equivalente)
xg,c.a.=	181,39 mm	(posizione baricentro sezione c.a. equivalente)
σa=	16,69 N/mm ²	(tensione tirafondi)
σD*(30/Φ)^0,25 / γMf=	26,65 N/mm ²	(limite tensione per verifica a fatica secondo EN1993-1-9:2005 - Tabella 8,1)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 27 di 35

8.3. Verifica dei tirafondi per barriere H=4.75m e H=3.75m

MATERIALI					
Acciaio piastra di base					
Tipo:	S355J0				
fy=	355 N/mm ²				
fu=	510 N/mm ²				
gamma_M0=	1,05				
fyd=	338,10 N/mm ²				
Calcestruzzo fondazione					
Classe:	C28/35				
Rck=	35 N/mm ²				
fck=	29,05 N/mm ²				
alpha_cc=	0,85				
gamma_c=	1,5				
fcd=	16,46 N/mm ²				
fctm=	2,83 N/mm ²				
fctk,005=	1,98				
fbd=	1,32 N/mm ²	(calcolo secondo EC2)			
	1,26 N/mm ²	(calcolo secondo Ballio-Mazzolani)			
Tirafondi					
Classe	8,8				
fyb	640 N/mm ²				
ftb	800 N/mm ²				
gamma_M2	1,25				
GEOMETRIA					
Profilo colonna					
tipo	sezione composta				
b	350 mm	(larghezza ali)			
h	450 mm	(altezza profilo)			
tf	10 mm	(spessore ali)			
tw	10 mm	(spessore anima)			
Piastra di base e tirafondi					
b	450 mm				
h	750 mm				
sp.	40 mm				
n_tirafondi	3	(numero tirafondi per lato)			
ø_tirafondi: M	30				
Ares=	561 mm ²				
d0=	32 mm	(diametro foro)			
e1=	65 mm	e1,min= 38,4 mm	OK		
		e1,max= 200 mm	OK		
p2=	150 mm	p1,min= 70,4 mm	OK		
		p1,max= 200 mm	OK		
sp.muro=	1000 mm				
a=	190 mm	(distanza del tirafondo del bordo del cls)			
L=	500 mm	(lunghezza di calcolo tirafondo)			
rondella equivalente	65 mm	(raggio rondella)			
sp_contropiastra	20 mm	(spessore rondella)			

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE</p>		<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 10</p>	<p>Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 28 di 35</p>

SOLLECITAZIONI		
N=	69,84 kN	(+ di compressione)
M=	126,91 kNm	
V=	53,44 kN	

CALCOLO SOLLECITAZIONI T-STUB		
fjd=	16,46 N/mm ²	(calcolo semplificato da sistemare con parametri geometrici della fondazione)
c=	104,66 mm	(diffusione del carico da parte della piastra)
e1=	150,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - frontale)
e2=	50,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - laterale)
e1*=	104,66 mm	(estensione pressione - frontale)
e2*=	50,00 mm	(estensione pressione - laterale)
L,c=	450,00 mm	(larghezza t-stub compressione)
H,c=	219,32 mm	(altezza t-stub compressione)
yg,C=	220,00 mm	(baricentro area di compressione - da asse colonna)
yg,T=	310,00 mm	(baricentro area di trazione - da asse colonna)
z=	530,00 mm	(braccio coppia interna)
FC,Ed=	274,38 kN	(risultante t-stub compressione)
FR,Ed=	204,54 kN	(risultante t-stub trazione)

VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO		
Ac=	98694,27 mm ²	
Fc,max=	1624,67 kN	OK 17% (Verifica compressione cls)

VERIFICA TIRAFONDI		
<u>Tirafondo</u>		
Fv,Rd=	1077,12 kN	OK 5% (Verifica a taglio dei tirafondi)
Ft,Rd=	969,41 kN	OK 21% (Verifica trazione barre)
Comb=	0,200 < 1	OK 20% (Verifica taglio-trazione)
N,ad=	709,79 kN	OK 29% (resistenza allo sfilamento del tirafondo - ballio mazzolani)
<u>Rondella</u>		
alpha=	4,33	
beta=	0,03	
Mmax=	0,01 kNm	
s,min=	12,98 mm	OK 65% (Verifica spessore rondella)

VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI		
N_car	46,56 kN	(+ di compressione)
ΔM_p_din	24,36 kNm	(intervallo di sollecitazione per pressioni aerodinamiche dei treni da analisi dinamica)
n=	15	(coefficiente di omogenizzazione)
x=	326,06 mm	(posizione asse neutro)
Ac.a.=	197217,21 mm ²	(area sezione c.a. equivalente)
Ic.a.=	7,84E+09 mm ⁴	(inerzia sezione c.a. equivalente)
xg,c.a.=	157,70 mm	(posizione baricentro sezione c.a. equivalente)
σa=	11,69 N/mm ²	(tensione tirafondi)
σD*(30/Φ)^0,25 / γMf=	26,65 N/mm ²	(limite tensione per verifica a fatica secondo EN1993-1-9:2005 - Tabella 8,1)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 29 di 35

8.1. Verifica dei tirafondi per barriere H=4.75m su viadotto

MATERIALI				
<u>Acciaio piastra di base</u>				
Tipo:	S355J0			
fy=	355 N/mm ²			
fu=	510 N/mm ²			
gamma_M0=	1,05			
fyd=	338,10 N/mm ²			
<u>Calcestruzzo fondazione</u>				
Classe:	C28/35			
Rck=	35 N/mm ²			
fck=	29,05 N/mm ²			
alpha_cc=	0,85			
gamma_c=	1,5			
fcd=	16,46 N/mm ²			
fctm=	2,83 N/mm ²			
fctk,005=	1,98			
fbd=	1,32 N/mm ²	(calcolo secondo EC2)		
	1,26 N/mm ²	(calcolo secondo Ballio-Mazzolani)		
<u>Tirafondi</u>				
Classe	8,8			
fyb	640 N/mm ²			
ftb	800 N/mm ²			
gamma_M2	1,25			
GEOMETRIA				
<u>Profilo colonna</u>				
tipo	sezione composta			
b	650 mm	(larghezza ali)		
h	230 mm	(altezza profilo)		
tf	10 mm	(spessore ali)		
tw	10 mm	(spessore anima)		
<u>Piastra di base e tirafondi</u>				
b	750 mm			
h	500 mm			
sp.	40 mm			
n_tirafondi	5	(numero tirafondi per lato)		
Ø_tirafondi: M	30			
Ares=	561 mm ²			
d0=	32 mm	(diametro foro)		
e1=	70 mm	e1,min=	38,4 mm	OK
		e1,max=	200 mm	OK
p2=	150 mm	p1,min=	70,4 mm	OK
		p1,max=	200 mm	OK
larghezza supporto	1000 mm			
a=	320 mm	(distanza del tirafondo del bordo del cls)		
L=	490 mm	(lunghezza di calcolo tirafondo)		
rondella equivalente	65 mm	(raggio rondella)		
sp_contropiastra	20 mm	(spessore rondella)		

SOLLECITAZIONI		
N=	69,84 kN	(+ di compressione)
M=	126,91 kNm	
V=	53,44 kN	

CALCOLO SOLLECITAZIONI T-STUB		
fjd=	16,46 N/mm ²	(assunto cautelativamente pari a fcd),
c=	104,66 mm	(diffusione del carico da parte della piastra)
e1=	135,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - frontale)
e2=	50,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - laterale)
e1*=	104,66 mm	(estensione pressione - frontale)
e2*=	50,00 mm	(estensione pressione - laterale)
L,c=	750,00 mm	(larghezza t-stub compressione)
H,c=	219,32 mm	(altezza t-stub compressione)
yg,C=	110,00 mm	(baricentro area di compressione - da asse colonna)
yg,T=	180,00 mm	(baricentro area di trazione - da asse colonna)
z=	290,00 mm	(braccio coppia interna)
FC,Ed=	472,55 kN	(risultante t-stub compressione)
FR,Ed=	402,71 kN	(risultante t-stub trazione)

VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO		
Ac=	164490,46 mm ²	
Fc,max=	2707,79 kN	OK 17% (Verifica compressione cls)

VERIFICA TIRAFONDI		
<u>Tirafondo</u>		
Fv,Rd=	1795,2 kN	OK 3% (Verifica a taglio dei tirafondi)
Ft,Rd=	1615,68 kN	OK 25% (Verifica trazione barre)
Comb=	0,208 < 1	OK 21% (Verifica taglio-trazione)
N,ad=	1202,94 kN	OK 33% (resistenza allo sfilamento del tirafondo - ballio mazzolanii)
<u>Rondella</u>		
alpha=	4,33	
beta=	0,03	
Mmax=	0,01 kNm	
s,min=	12,98 mm	OK 65% (Verifica spessore rondella)

VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI		
N_car	46,56 kN	(+ di compressione)
ΔM_p_din	24,36 kNm	(intervallo di sollecitazione per pressioni aerodinamiche dei treni da analisi dinamica)
n=	15	(coefficiente di omogenizzazione)
x=	198,29 mm	(posizione asse neutro)
Ac,a.=	232870,2242 mm ²	(area sezione c.a. equivalente)
Ic,a.=	4436750548 mm ⁴	(inerzia sezione c.a. equivalente)
xg,c.a.=	96,34 mm	(posizione baricentro sezione c.a. equivalente)
σa=	15,57 N/mm ²	(tensione tirafondi)
σD*(30/Φ)^0,25 / γMf=	26,65 N/mm ²	(limite tensione per verifica a fatica secondo EN1993-1-9:2005 - Tabella 8,1)

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 31 di 35

8.2. Verifica dei tirafondi per barriere H=2.75m

MATERIALI					
<u>Acciaio piastra di base</u>					
Tipo:	S355J0				
fy=	355 N/mm ²				
fu=	510 N/mm ²				
gamma_M0=	1,05				
fyd=	338,10 N/mm ²				
<u>Calcestruzzo fondazione</u>					
Classe:	C28/35				
Rck=	35 N/mm ²				
fck=	29,05 N/mm ²				
alpha_cc=	0,85				
gamma_c=	1,5				
fcd=	16,46 N/mm ²				
fctm=	2,83 N/mm ²				
fctk,005=	1,98				
fbd=	1,32 N/mm ²	(calcolo secondo EC2)			
	1,26 N/mm ²	(calcolo secondo Ballio-Mazzolani)			
<u>Tirafondi</u>					
Classe	8,8				
fyb	640 N/mm ²				
ftb	800 N/mm ²				
gamma_M2	1,25				
GEOMETRIA					
<u>Profilo colonna</u>					
tipo	sezione composta				
b	300 mm	(larghezza ali)			
h	450 mm	(altezza profilo)			
tf	10 mm	(spessore ali)			
tw	8 mm	(spessore anima)			
<u>Piastra di base e tirafondi</u>					
b	350 mm				
h	750 mm				
sp.	40 mm				
n_tirafondi	2	(numero tirafondi per lato)			
ø_tirafondi: M	30				
Ares=	561 mm ²				
d0=	32 mm	(diametro foro)			
e1=	65 mm	e1,min= 38,4 mm	OK		
		e1,max= 200 mm	OK		
p2=	150 mm	p1,min= 70,4 mm	OK		
		p1,max= 200 mm	OK		
sp.muro=	1000 mm				
a=	190 mm	(distanza del tirafondo del bordo del cls)			
L=	500 mm	(lunghezza di calcolo tirafondo)			
rondella equivalente	65 mm	(raggio rondella)			
sp_contropiastra	20 mm	(spessore rondella)			

SOLLECITAZIONI

N=	48,15 kN	(+ di compressione)					
M=	42,54 kNm						
V=	30,94 kN						

CALCOLO SOLLECITAZIONI T-STUB

fjd=	16,46 N/mm ²	(calcolo semplificato da sistemare con parametri geometrici della fondazione)					
c=	104,66 mm	(diffusione del carico da parte della piastra)					
e1=	150,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - frontale)					
e2=	25,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - laterale)					
e1*=	104,66 mm	(estensione pressione - frontale)					
e2*=	25,00 mm	(estensione pressione - laterale)					
L,c=	350,00 mm	(larghezza t-stub compressione)					
H,c=	219,32 mm	(altezza t-stub compressione)					
yg,C=	220,00 mm	(baricentro area di compressione - da asse colonna)					
yg,T=	310,00 mm	(baricentro area di trazione - da asse colonna)					
z=	530,00 mm	(braccio coppia interna)					
FC,Ed=	104,34 kN	(risultante t-stub compressione)					
FR,Ed=	56,19 kN	(risultante t-stub trazione)					

VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO

Ac=	76762,21 mm ²						
Fc,max=	1263,63 kN	OK	8%	(Verifica compressione cls)			

VERIFICA TIRAFONDI

<u>Tirafondo</u>							
Fv,Rd=	718,08 kN	OK	4%	(Verifica a taglio dei tirafondi)			
Ft,Rd=	646,27 kN	OK	9%	(Verifica trazione barre)			
Comb=	0,105 < 1	OK	11%	(Verifica taglio-trazione)			
N _{ad} =	473,19 kN	OK	12%	(resistenza allo sfilamento del tirafondo - ballio mazzolani)			
<u>Rondella</u>							
alpha=	4,33						
beta=	0,03						
Mmax=	0,01 kNm						
s _{min} =	12,98 mm	OK	65%	(Verifica spessore rondella)			

VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI

N _{car}	32,10 kN	(+ di compressione)					
ΔM _{p_din}	5,93 kNm	(intervallo di sollecitazione per pressioni aerodinamiche dei treni da analisi dinamica)					
n=	15	(coefficiente di omogenizzazione)					
x=	638,10 mm	(posizione asse neutro)					
Ac.a.=	256996 mm ²	(area sezione c.a. equivalente)					
Ic.a.=	1,09E+10 mm ⁴	(inerzia sezione c.a. equivalente)					
xg,c.a.=	48,62 mm	(posizione baricentro sezione c.a. equivalente)					
σ _a =	0,28 N/mm ²	(tensione tirafondi)					
σD*(30/Φ) ^{0,25} / γMf=	26,65 N/mm ²	(limite tensione per verifica a fatica secondo EN1993-1-9:2005 - Tabella 8,1)					

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 33 di 35

8.1. Verifica dei tirafondi per barriere H=2.75m su viadotto

MATERIALI					
Acciaio piastra di base					
Tipo:	S355J0				
fy=	355 N/mm ²				
fu=	510 N/mm ²				
gamma_M0=	1,05				
fyd=	338,10 N/mm ²				
Calcestruzzo fondazione					
Classe:	C28/35				
Rck=	35 N/mm ²				
fck=	29,05 N/mm ²				
alpha_cc=	0,85				
gamma_c=	1,5				
fcd=	16,46 N/mm ²				
fctm=	2,83 N/mm ²				
fctk,005=	1,98				
fbd=	1,32 N/mm ²	(calcolo secondo EC2)			
	1,26 N/mm ²	(calcolo secondo Ballio-Mazzolani)			
Tirafondi					
Classe	8,8				
fyb	640 N/mm ²				
ftb	800 N/mm ²				
gamma_M2	1,25				
GEOMETRIA					
Profilo colonna					
tipo	sezione composta				
b	350 mm	(larghezza ali)			
h	190 mm	(altezza profilo)			
tf	10 mm	(spessore ali)			
tw	10 mm	(spessore anima)			
Piastra di base e tirafondi					
b	450 mm				
h	500 mm				
sp.	40 mm				
n_tirafondi	3	(numero tirafondi per lato)			
ø_tirafondi: M	30				
Ares=	561 mm ²				
d0=	32 mm	(diametro foro)			
e1=	65 mm	e1,min= 38,4 mm	OK		
		e1,max= 200 mm	OK		
p2=	150 mm	p1,min= 70,4 mm	OK		
		p1,max= 200 mm	OK		
sp.muro=	1000 mm				
a=	315 mm	(distanza del tirafondo del bordo del cls)			
L=	490 mm	(lunghezza di calcolo tirafondo)			
rondella equivalente	70 mm	(raggio rondella)			
sp_contropiastra	20 mm	(spessore rondella)			

SOLLECITAZIONI

N=	48,15 kN	(+ di compressione)					
M=	42,54 kNm						
V=	30,94 kN						

CALCOLO SOLLECITAZIONI T-STUB

fjd=	16,46 N/mm ²	(calcolo semplificato da sistemare con parametri geometrici della fondazione)					
c=	104,66 mm	(diffusione del carico da parte della piastra)					
e1=	155,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - frontale)					
e2=	50,00 mm	(luce da filo ala trave a filo piastra - laterale)					
e1*=	104,66 mm	(estensione pressione - frontale)					
e2*=	50,00 mm	(estensione pressione - laterale)					
L,c=	450,00 mm	(larghezza t-stub compressione)					
H,c=	219,32 mm	(altezza t-stub compressione)					
yg,C=	90,00 mm	(baricentro area di compressione - da asse colonna)					
yg,T=	185,00 mm	(baricentro area di trazione - da asse colonna)					
z=	275,00 mm	(braccio coppia interna)					
FC,Ed=	178,76 kN	(risultante t-stub compressione)					
FR,Ed=	130,61 kN	(risultante t-stub trazione)					

VERIFICA CALCESTRUZZO COMPRESSO

Ac=	98694,27 mm ²						
Fc,max=	1624,67 kN	OK	11%	(Verifica compressione cls)			

VERIFICA TIRAFONDI

<u>Tirafondo</u>							
Fv,Rd=	1077,12 kN	OK	3%	(Verifica a taglio dei tirafondi)			
Ft,Rd=	969,41 kN	OK	13%	(Verifica trazione barre)			
Comb=	0,125 < 1	OK	12%	(Verifica taglio-trazione)			
N _{ad} =	804,42 kN	OK	16%	(resistenza allo sfilamento del tirafondo - ballio mazzolani)			
<u>Rondella</u>							
alpha=	4,67						
beta=	0,04						
Mmax=	0,01 kNm						
s _{min} =	14,75 mm	OK	74%	(Verifica spessore rondella)			

VERIFICA A FATICA DEI TIRAFONDI

N _{car}	32,10 kN	(+ di compressione)					
ΔM _{p_din}	5,93 kNm	(intervallo di sollecitazione per pressioni aerodinamiche dei treni da analisi dinamica)					
n=	15	(coefficiente di omogenizzazione)					
x=	325,21 mm	(posizione asse neutro)					
Ac.a.=	196834,04 mm ²	(area sezione c.a. equivalente)					
Ic.a.=	3,305E+09 mm ⁴	(inerzia sezione c.a. equivalente)					
xg,c.a.=	64,98 mm	(posizione baricentro sezione c.a. equivalente)					
σ _a =	1,92 N/mm ²	(tensione tirafondi)					
σD*(30/Φ) ^{0,25} / γMf=	26,65 N/mm ²	(limite tensione per verifica a fatica secondo EN1993-1-9:2005 - Tabella 8,1)					

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE DI CALCOLO TIRAFONDI E CONTROPIASTRE	Progetto IN17	Lotto 10	Codifica Documento EI2 CL BA 00 0 1 902	Rev. A	Foglio 35 di 35

9. RIFERIMENTI

9.1. Documenti referenziati

Non sono presenti documenti correlati.

9.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

9.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.