

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

PONTI E VIADOTTI

**VIADOTTO SU RIO GUA' LINEA AV/AC DAL Km 33+722,75 AL Km 34+800,75
PILE**

Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio			-
Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 Data:	Iricav Due ing. Paolo Carmona Data:			

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	CL	V	I	0	9	0	4	0	1	2	C	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Ing. Alberto LEVORATO 	

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Apr 2021	M. Proietti	Apr 2021	G. Grimaldi	Apr 2021	
C	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI090001B	E.d.in	Lug.22	M. Proietti	Lug.22	G. Grimaldi	Lug.22	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2CLVI0904012C
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE E' VIETATA

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLVI0904012</p>	<p>C</p>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	Normative.....	4
2.2	Elaborati di riferimento	4
3	MATERIALI.....	5
3.1	Calcestruzzo per pulvini, ritegni e baggioli	5
3.2	Acciaio per barre di armatura	5
3.3	Stati limite	7
3.3.1	Stati limite ultimi	7
3.3.2	Stati limite d'esercizio	7
3.3.3	Verifica tensionale.....	7
3.3.4	Verifica fessurazione.....	8
4	DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI	10
4.1	Descrizione del pulvino tipologico C.A.P. - C.A.P	10
4.2	Sistemi di riferimento ed unità di misura.....	11
5	AZIONI DI PROGETTO	12
5.1	Pulvini	12
5.2	Ritegni sismici e baggioli	15
6	MODELLI DI ANALISI E VERIFICA	16
7	PULVINO TIPOLOGICO C.A.P. – C.A.P.	19
7.1	Meccanismo in direzione longitudinale	19
7.1.1	Caratteristiche geometriche	19
7.1.2	Modellazione agli elementi finiti	19
7.1.3	Sollecitazioni	20
7.1.4	Armatura longitudinale	23
7.1.5	Verifica dei tiranti	24
7.1.6	Verifiche dei puntoni	26
7.1.7	Verifiche dei nodi	27
7.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	28
7.2.1	Caratteristiche geometriche	28
7.2.2	Modellazione agli elementi finiti	28
7.2.3	Sollecitazioni	29
7.2.4	Armatura trasversale.....	32
7.2.5	Verifica dei tiranti	33

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

7.2.6	Verifiche dei puntoni	35
7.2.7	Verifiche dei nodi	36
7.3	Ritegni sismici	38
7.3.1	Ritegno sismico longitudinale	38
7.3.2	Ritegno sismico trasversale	41
7.4	Baggioli	44
8	VERIFICA DELLE PREDALLES	47
9	VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (rif. Par. 10.2 DM 14/01/2008).....	55

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento dei pulvini, dei ritegni sismici e dei baggioli del *Viadotto su Rio Guà Linea AV/AC – VI09*, che si inserisce nell'ambito della progettazione esecutiva del collegamento della linea AV/AC Verona-Padova.

Il viadotto, a doppio binario con intervalla 4.2m, si estende dal km 33+722,75 al km 34+800,75, per uno sviluppo complessivo di 1078m ed è costituito da 40 campate isostatiche con travi in c.a.p. a cassoncini di luce pari a 25.0 m. e una campata realizzata con impalcato ad arco.

Il dimensionamento di pulvini, ritegni e baggioli verrà effettuato per tipologia di impalcati.

Nel dimensionamento di ogni tipologia di pulvino verranno considerate, a favore di sicurezza, le azioni e le combinazioni di carico della pila di altezza maggiore del viadotto in esame:

- *Pulvino tipologico C.A.P – C.A.P*: pila P19, di altezza pari a 10.50 m.

La presente relazione ha per oggetto il calcolo dello stato di sollecitazione e le verifiche dei pulvini, dei ritegni sismici e dei baggioli, secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normative

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Norme tecniche per le costruzioni»;*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 2 febbraio 2009, n. 7/C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»;*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture;*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale;*
- [5] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- [6] *Eurocodice UNI EN 1991-1-4 – Azioni sulle strutture – azioni in generale – azioni del vento;*
- [7] *Eurocodice UNI EN 1992-1-1 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – regole generali e regole per gli edifici.*

2.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

Inoltre, si richiamano le relazioni:

- IN1712EI2CLVI0904002: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile da P18 a P20.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per pulvini, ritegni e baggioli

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40,00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	32,00	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40,00	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	18,13	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	3,03	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3,68	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	2,12	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	17,60	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	12,80	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	33646,00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13894,00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Aggressive		
Classe di esposizione =	XC4		
$c =$	5,00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0,20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.4 [3])

3.2 Acciaio per barre di armatura

B450C

$f_{yk} \geq$	450,00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540,00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15		
$(f_t/f_y)_k <$	1,35		
$\gamma_s =$	1,15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391,30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000,00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337,50	MPa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3])

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

3.3 Stati limite

3.3.1 Stati limite ultimi

In coerenza con quanto prescritto nel capitolo 2.6.1 e 2.5.3 delle NTC2008, gli stati limiti ultimi si traducono nel confrontare in modo diretto la domanda amplificata con la capacità decrementata. Coefficienti amplificativi e deamplificativi variano in funzione della tipologia di sollecitazione e di concomitanza, traducendosi in:

$$A_{Ed} \leq A_{Rd}$$

3.3.2 Stati limite d'esercizio

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio, il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

3.3.3 Verifica tensionale

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario", ovvero:

Tensione massima di compressione del calcestruzzo

- per combinazione caratteristica (rara): 0.55 fck= 17,6 MPa
- per combinazione quasi permanente: 0.40 fck= 12,8 MPa
- per spessori minori di 5 cm tali valori devono essere decrementati del 30%.

Tensione massima di trazione dell'acciaio

- per combinazione caratteristica (rara): 0.75 fyk= 337,5 MPa

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012
			C

3.3.4 Verifica fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Le condizioni ambientali sono aggressive e le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]. In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportata nel prospetto seguente:

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wk	Stato limite	wk
A	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
C	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 1 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 2 - Descrizione delle condizioni ambientali

Risultando:

- $w_1 = 0.2$ mm
- $w_2 = 0.3$ mm
- $w_3 = 0.4$ mm

Alle prescrizioni normative presenti in NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali ordinarie, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 17.1.2008, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

- Combinazione Caratteristica (Rara): $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$$\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

Infine, riguardo il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al par. 7.3.4 dell'EC2.

4 DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI

Le pile, in c.a., presentano un fusto a sezione rettangolare smussata cava costante su tutta l'altezza di dimensioni esterne pari a 3,60m x 9,40m.

Nel viadotto VI09 sono presenti esclusivamente pulvini tipologici C.A.P. – C.A.P., di seguito dettagliatamente descritti.

4.1 Descrizione del pulvino tipologico C.A.P. - C.A.P

Il pulvino tipologico C.A.P.-C.A.P. presenta un'altezza di 1.5 m, sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni pari a 3.6 m x 9.4 m, rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto.

Su ogni pulvino sono inoltre presenti un ritegno sismico longitudinale centrale e quattro trasversali laterali.

Gli apparecchi d'appoggio dell'impalcato sono disposti secondo lo schema sotto riportato.

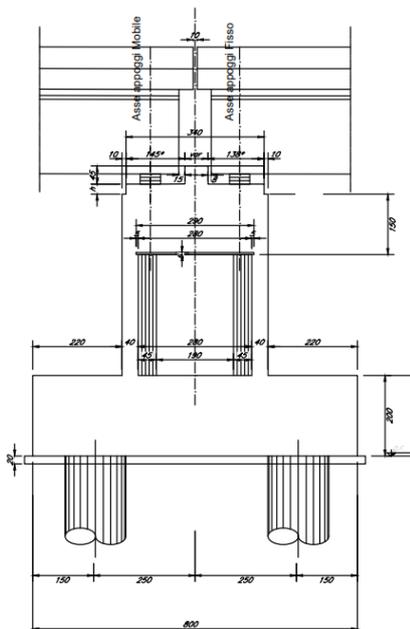


Figura 4-1: Sezione longitudinale pila

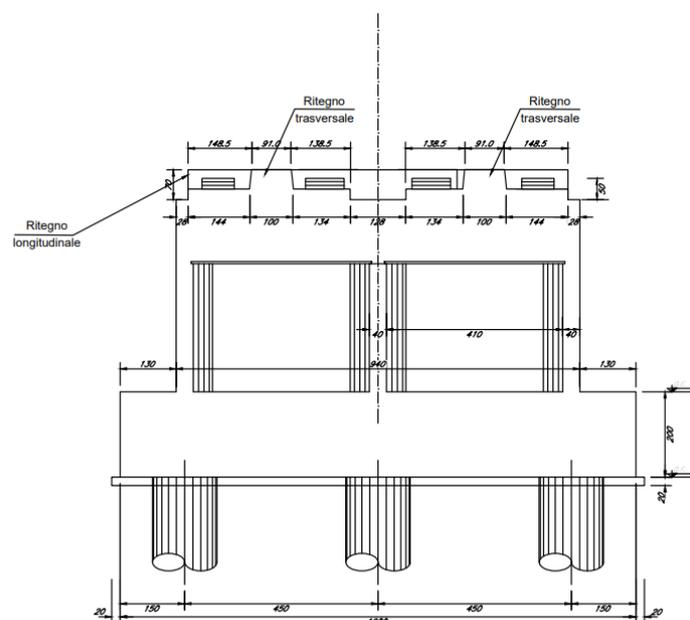


Figura 4-2: Sezione trasversale pila

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

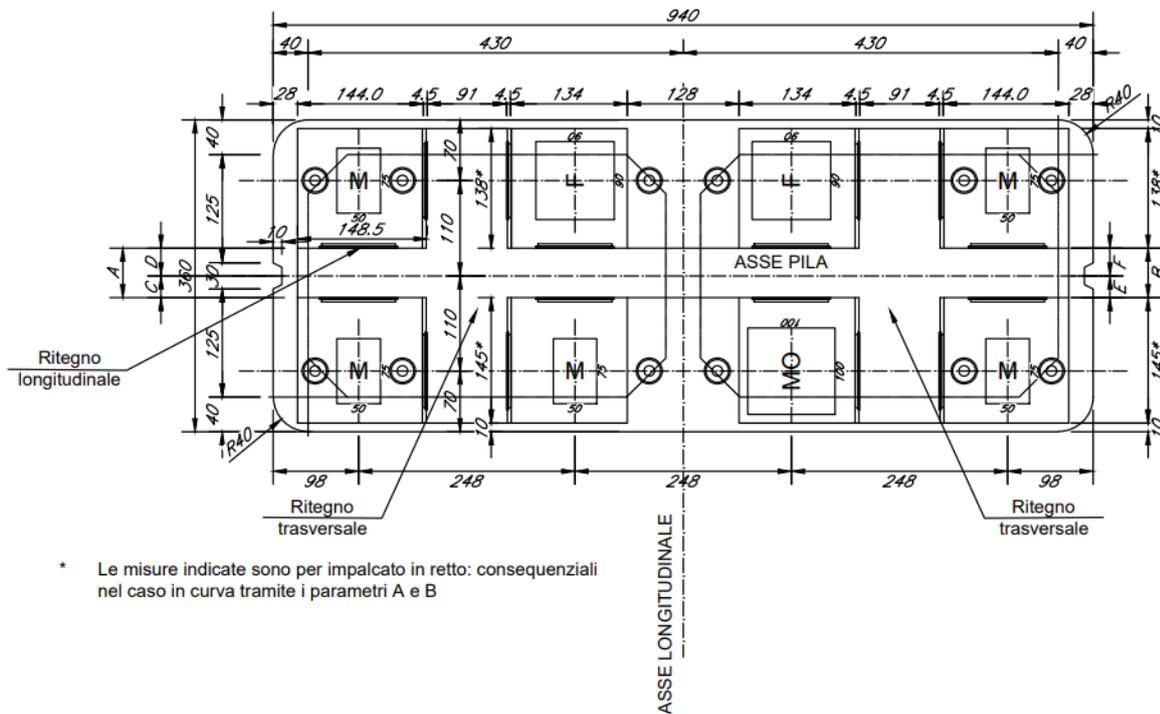


Figura 4-3: Pianta pulvino e schema appoggi

4.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura

Il sistema di riferimento globale è stato scelto come di seguito riportato.

- Asse X: parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Y: parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z: verticale

- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

5 AZIONI DI PROGETTO

5.1 Pulvini

I pulvini sono stati dimensionati e verificati considerando le azioni e le combinazioni di carico descritte nelle relazioni delle pile, di seguito citate:

- *Pulvino tipologico C.A.P - C.A.P.*: relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0904002.

Nelle relazioni sopra citate è specificato che si è valutata la posizione del singolo convoglio di traffico ferroviario per massimizzare la sollecitazione d'interesse. Questo ha portato alla definizione di tre configurazioni per la progettazione e la verifica dei pulvini.

Per i pulvini, le azioni sismiche sono state calcolate considerando uno spettro orizzontale a cui è stato applicato un fattore di struttura q pari a 1.5; confermando l'assunzione di PD ed in linea con quanto previsto dall'EC8.

Di seguito si riportano le tabelle con le caratteristiche di sollecitazione all'estradosso di ogni pulvino, funzione delle suddette configurazioni. Le azioni sono riferite al baricentro della sezione rettangolare del pulvino.

Si fa riferimento alla seguente convenzione:

- N: sforzo assiale di compressione;
- T long: taglio lungo l'asse longitudinale del viadotto;
- T trasv: taglio lungo l'asse trasversale del viadotto;
- M long: momento lungo l'asse longitudinale del viadotto (intorno l'asse trasversale);
- M trasv: momento lungo l'asse trasversale del viadotto (intorno l'asse longitudinale);
- Tor: momento torcente.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

		Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
SLU	Treno 1	24885	1722	1043	1311	7154	0	A1_SLU_gr1_Treno_T1
		16857	140	1043	70	5272	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T1
		24885	3014	522	1957	4518	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1
		25622	1944	1536	2542	11722	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		17594	362	1536	1302	9839	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		25622	3236	1014	3189	9085	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		17424	370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		17424	370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		17424	370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		21409	958	626	749	4293	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1
	16593	79	626	39	3163	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1	
	21409	1733	313	1137	2711	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1	
	Treno 2	21314	1593	1043	4797	6853	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2
		16857	140	1043	70	5272	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2
		21314	2885	522	5443	4217	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2
		22051	1815	1536	6028	11420	0	A1_SLU_gr1+vento_T2
		17594	362	1536	1302	9839	0	A1_SLU_gr2+vento_T2
		22051	3108	1014	6675	8784	0	A1_SLU_gr3+vento_T2
		17424	370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr1_T2
		17424	370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr2_T2
		17424	370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr3_T2
		19267	912	626	2856	4112	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T2
	16593	79	626	39	3163	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T2	
	19267	1687	313	3244	2530	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T2	
	Treno 3	20782	1574	1043	1085	15361	0	A1_SLU_gr1_Treno_T3
		16857	140	1043	70	5272	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3
		20782	2866	522	1732	12724	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3
		21519	1796	1536	2317	19928	0	A1_SLU_gr1+vento_T3
		17594	362	1536	1302	9839	0	A1_SLU_gr2+vento_T3
		21519	3088	1014	2963	17292	0	A1_SLU_gr3+vento_T3
17424		370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr1_T3	
17424		370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr2_T3	
17424		370	821	2053	7612	0	A1_SLU_vento_gr3_T3	
18948		905	626	631	9216	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T3	
16593	79	626	39	3163	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T3		
18948	1680	313	1019	7635	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T3		
SISMA SLV (q=1.5)	Treno 1	14073	6472	1889	3298	6116	0	E_103x_SLV_T1
		14073	1990	6296	1057	19782	0	E_103y_SLV_T1
		17454	1990	1889	1057	6116	0	E_103z_SLV_T1
	Treno 2	13580	6462	1889	3783	6075	0	E_103x_SLV_T2
		13580	1981	6296	1542	19741	0	E_103y_SLV_T2
		16962	1981	1889	1542	6075	0	E_103z_SLV_T2
	Treno 3	13507	6461	1889	3272	7248	0	E_103x_SLV_T3
		13507	1979	6296	1031	20914	0	E_103y_SLV_T3
		16888	1979	1889	1031	7248	0	E_103z_SLV_T3
RARA	Treno 1	17417	1090	719	855	4934	0	SLE_rar_gr1_Treno_T1
		11881	66	719	33	3636	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T1
		17417	1981	360	1301	3116	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1
		17908	1238	1048	1676	7979	0	SLE_rar_gr1+vento_T1
		12372	214	1048	854	6681	0	SLE_rar_gr2+vento_T1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

		Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.							
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb	
		17908	2129	688	2122	6161	0	SLE_rar_gr3+vento_T1	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr1_T1	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr2_T1	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr3_T1	
	Treno 2	14954	1031	719	3274	4726	0	SLE_rar_gr1_Treno_T2	
		11881	66	719	33	3636	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T2	
		14954	1922	360	3720	2908	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2	
		15446	1179	1048	4095	7771	0	SLE_rar_gr1+vento_T2	
		12372	214	1048	854	6681	0	SLE_rar_gr2+vento_T2	
		15446	2070	688	4541	5953	0	SLE_rar_gr3+vento_T2	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr1_T2	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr2_T2	
	12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr3_T2		
	Treno 3	14587	1022	719	717	10593	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3	
		11881	66	719	33	3636	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3	
		14587	1913	360	1162	8775	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3	
		15079	1170	1048	1538	13638	0	SLE_rar_gr1+vento_T3	
		12372	214	1048	854	6681	0	SLE_rar_gr2+vento_T3	
		15079	2061	688	1984	11820	0	SLE_rar_gr3+vento_T3	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr1_T3	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr2_T3	
	12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr3_T3		
	SISMA SLD	Treno 1	13002	4365	1267	2244	4188	0	E_103x_SLD_T1
			13002	1358	4223	741	13355	0	E_103y_SLD_T1
			13886	1358	1267	741	4188	0	E_103z_SLD_T1
		Treno 2	12510	4355	1267	2729	4147	0	E_103x_SLD_T2
			12510	1348	4223	1226	13314	0	E_103y_SLD_T2
			13394	1348	1267	1226	4147	0	E_103z_SLD_T2
Treno 3		12436	4353	1267	2218	5320	0	E_103x_SLD_T3	
		12436	1347	4223	715	14487	0	E_103y_SLD_T3	
		13320	1347	1267	715	5320	0	E_103z_SLD_T3	
FESSURAZIONE	Treno 1	15020	1211	432	791	2960	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1	
		15512	1359	760	1613	6005	0	SLE_rar_gr4+vento_T1	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr4_T1	
	Treno 2	13543	1175	432	2243	2836	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2	
		14034	1323	760	3064	5881	0	SLE_rar_gr4+vento_T2	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr4_T2	
	Treno 3	13322	1170	432	708	6356	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3	
		13814	1318	760	1530	9401	0	SLE_rar_gr4+vento_T3	
		12244	247	548	1369	5075	0	SLE_rar_vento_gr4_T3	
Q.P.	Treno 1	11425	46	0	23	0	0	SLE_qp_T1	
	Treno 2	11425	46	0	23	0	0	SLE_qp_T2	
	Treno 3	11425	46	0	23	0	0	SLE_qp_T3	

Le azioni sopra riportate sono state poi suddivise tra gli apparecchi d'appoggio mediante una ripartizione di tipo rigido, tenendo conto dei reali schemi appoggi definiti nel par. 4.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

5.2 Ritegni sismici e baggioli

I ritegni sismici e i baggioli sono stati dimensionati e verificati considerando le reazioni degli impalcati, di seguito riportate. A favore di sicurezza, sono state utilizzate le reazioni degli impalcati con intervallata pari a 4.5m.

Le azioni sismiche sono state calcolate considerando uno spettro elastico non ridotto dal coefficiente di comportamento e utilizzando, secondo le regole del manuale di progettazione riportate al paragrafo 2.5.1.8.3.3, uno smorzamento viscoso pari a $\xi = 10\%$.

Impalcato C.A.P. – L=25 m

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°1	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-3725	-1599	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-3744	-895	-	-	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°5	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-3861	-1718	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-3822	-842	-	-	

LATO FISSO FISSO APPOGGIO N°7	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-3322	-1571	1526	-831
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-3161	-1406	3512	-3551	

LATO MOBILE UNIDIREZIONALE APPOGGIO N°6	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-3685	-1781	-	-773
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-3113	-1524	-	4092	

forza trasversale affidata completamente ad un F

LATO FISSO FISSO APPOGGIO N°8	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-3588	-1719	1432	0
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-3161	-1499	3514	0	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°4	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-3540	-1649	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-3135	-1256	-	-	

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°2	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-4536	-2120	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-4106	-1149	-	-	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°3	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	-4623	-2145	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
-4567	-700	-	-	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

6 MODELLI DI ANALISI E VERIFICA

Il **pulvino** è una struttura tozza, nella quale, come è noto, si formano flussi di tensioni di compressione nel calcestruzzo e flussi di tensioni di trazione che si ipotizzano localizzati nelle armature: il dimensionamento sarà pertanto effettuato mediante l'applicazione di un modello a traliccio di puntoni e tiranti per la ripartizione delle forze trasmesse dall'impalcato.

Sono stati considerati due schemi statici piani separati, uno nella direzione longitudinale del viadotto e uno in quella trasversale. Le forze esterne che agiscono in corrispondenza degli appoggi sono quelle descritte nel par. 5.1.

Le verifiche dei tiranti, dei puntoni e dei nodi sono state condotte con il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite, così come descritto al par. 0.

I tiranti e i puntoni sono stati quindi verificati allo SLU e allo SLE (tensionale e di fessurazione).

I nodi sono stati verificati allo SLU e sono caratterizzati da una resistenza di progetto pari a un'aliquota v della resistenza a compressione del calcestruzzo, dove il coefficiente v è detto fattore di efficienza ed è pari a:

$$v = k v' = k \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

Nella tabella che segue sono riportate le resistenze di progetto delle varie tipologie di nodo.

k_1	1	<i>Nodo CCC</i>
k_2	0.85	<i>Nodo CCT</i>
k_3	0.75	<i>Nodo CTT</i>

f_{cd}	18.13	MPa	
v'	0.872	MPa	
$\sigma_{1Rd,max}$	15,81	MPa	<i>Nodo CCC</i>
$\sigma_{2Rd,max}$	13,44	MPa	<i>Nodo CCT</i>
$\sigma_{3Rd,max}$	11,86	MPa	<i>Nodo CTT</i>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

I **ritegni sismici longitudinali e trasversali** sono stati dimensionati e verificati secondo il modello di mensola tozza descritto nel §C4.1.2.1.5 della Circolare alle NTC2008. La forza sollecitante viene applicata nel baricentro della zona di contatto trave-ritegno.

L'armatura verticale dei ritegni è stata inoltre verificata nei confronti del tranciamento, mediante le due tipologie di verifica di seguito riportate.

- Verifica a tranciamento dell'acciaio:

$$\frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} > V_{Ed}$$

- Verifica a tranciamento calcolando l'azione tagliante nell'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi, secondo la formulazione prevista al §6.2.5 dell'Eurocodice 1992-1-1.

La resistenza di progetto a taglio all'interfaccia è data da:

$$V_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + \rho f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 v f_{cd}$$

dove c e μ sono fattori che dipendono dalla scabrezza dell'interfaccia e sono pari rispettivamente a 0.2 e 0.6 nel caso in esame di superficie liscia.

Il dimensionamento dei **baggioli** è stato condotto effettuando le verifiche di seguito riportate.

- Verifica a tranciamento per il dimensionamento delle armature verticali;
- Verifica a compressione del cls, secondo quanto prescritto al §6.7 dell'Eurocodice 1992-1-1. Tale paragrafo fa riferimento a zone sottoposte ad elevate pressioni localizzate, dunque adatto per la verifica di resistenza del calcestruzzo dei baggioli, in quanto sottoposti ad elevati carichi concentrati di compressione.

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale sull'apparecchio d'appoggio multidirezionale più esterno.

La forza di compressione ultima è data da:

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} \quad (6.63)$$

dove:

A_{c0} è l'area caricata;

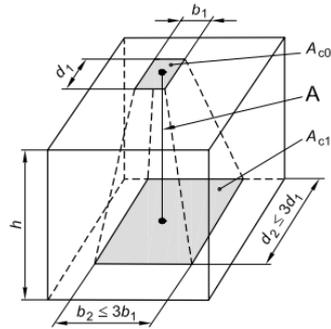
A_{c1} è la massima area di diffusione del carico utilizzata per il calcolo e che ha una forma ometica a quella di A_{c0} .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

figura 6.29 Distribuzione di progetto nel caso di pressioni localizzate

Legenda

A Linea di azione
 $h \geq (b_2 - b_1)$ e
 $\geq (d_2 - d_1)$



- Verifica dell'armatura di confinamento del cls; costituita da staffe chiuse, verificate nei confronti del massimo sforzo normale di compressione (moltiplicato per il coefficiente di Poisson $\nu=0.2$), per il bagliolo sottostante all'apparecchio d'appoggio multidirezionale esterno, su cui agisce il massimo sforzo di compressione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

7 PULVINO TIPOLOGICO C.A.P. – C.A.P.

7.1 Meccanismo in direzione longitudinale

7.1.1 Caratteristiche geometriche

Il sistema considerato di bielle compresse e bielle tese viene evidenziato nella figura di seguito riportata.

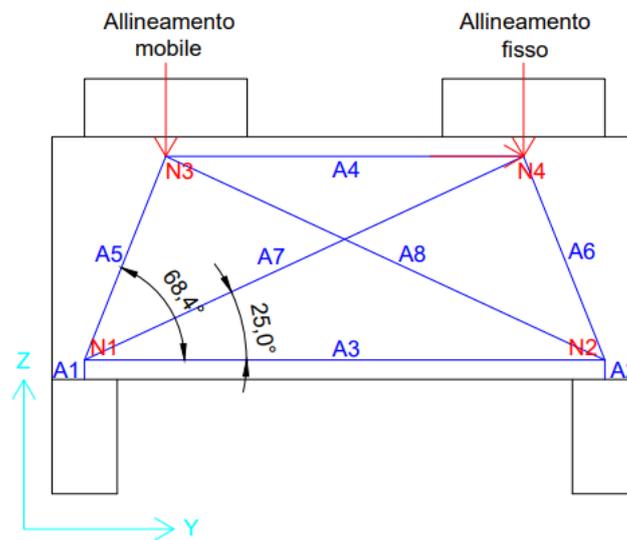


Figura 7-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

Altezza pulvino	H	1.5 m
Copriferro netto	c netto	0.05 m
Distanza baricentro tirante – estradosso pulvino	s	0.12 m
Larghezza pareti fusto pile	S	0.40 m
Distanza nodi 3-4 (distanza asse appoggi impalcato), media	D	2.2 m
Distanza longitudinale nodi 3-2	La	2.7 m
Distanza longitudinale nodi 1-3	Lb	0.5 m
Angolo dell'asta A5 rispetto all'orizzontale	α	68.4 °
Angolo dell'asta A7 rispetto all'orizzontale	β	25.0 °

7.1.2 Modellazione agli elementi finiti

La modellazione del traliccio di tiranti e puntoni è stata effettuata mediante il programma di calcolo agli elementi finiti Midas Civil.

Le aste A3, A4, A5 e A6 sono state modellate mediante degli elementi di tipo “truss”, reagenti quindi solo a sforzo assiale, sia di trazione che di compressione.

Le aste A7 e A8 sono state invece modellate mediante degli elementi “only-compression”, reagenti quindi esclusivamente a sforzo assiale di compressione. In tal modo è stata esclusa la presenza di sollecitazioni di trazione nella zona centrale del pulvino.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

Il traliccio è vincolato alla base, in corrispondenza dei nodi N1 e N2, mediante dei vincoli di cerniera. Questi vincoli, per rendere non labile l'intero modello piano, sono realizzati mediante due elementi "beam" di rigidezza flessionale trascurabile, di lunghezza pari a $s=0.12$ m e incastrati alla base (elementi A1 e A2).

Agli elementi "truss" e "only compression" è stata assegnata una sezione circolare con $R=0.1$ m. Ai due elementi "beam" è stata assegnata la stessa sezione circolare, con una rigidezza flessionale abbattuta di un fattore $k1=0.0001$ ed una rigidezza assiale incrementata di $k2=100000$. In tal modo, in corrispondenza dei nodi N1 e N2, è stato riprodotto il vincolo di cerniera.

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

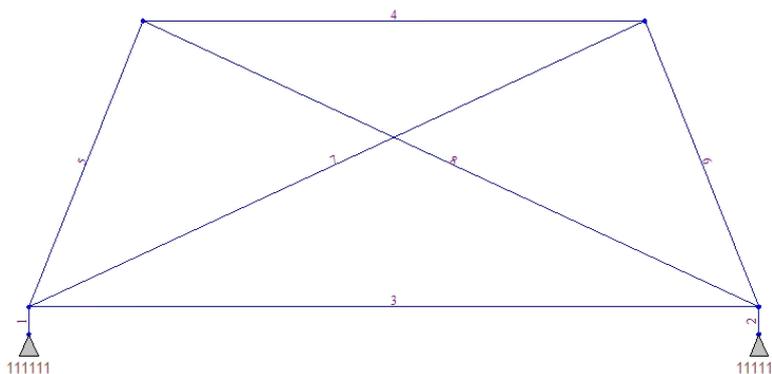


Figura 7-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

Le azioni, riportate nel par. 5.1, sono state applicate mediante delle forze nodali in corrispondenza dei nodi N3 e N4.

7.1.3 Sollecitazioni

Si riportano a titolo di esempio alcuni dei diagrammi delle sollecitazioni ritenuti più significativi. Viene indicata come positiva la trazione e negativa la compressione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

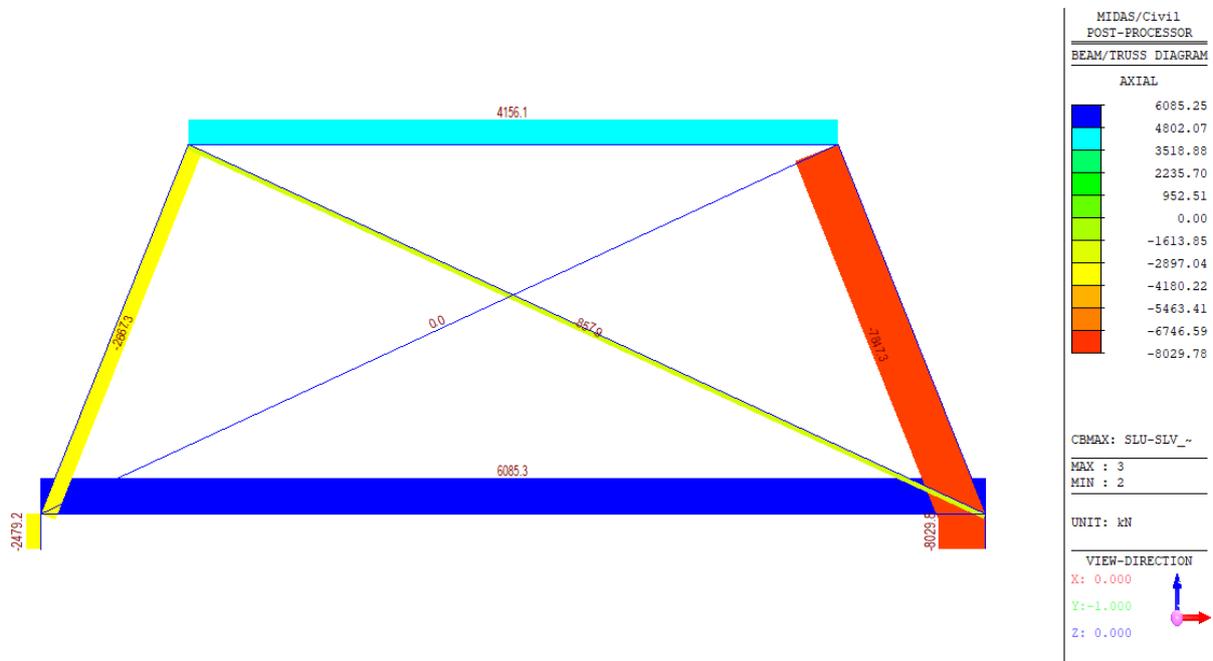


Figura 7-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

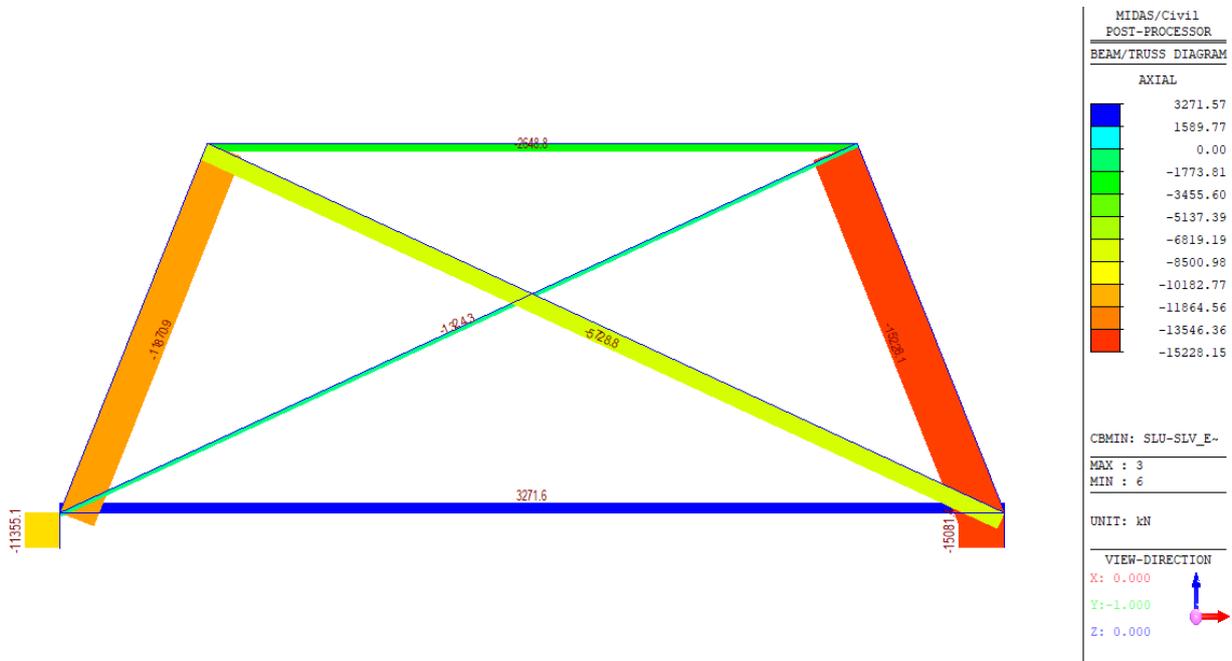


Figura 7-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

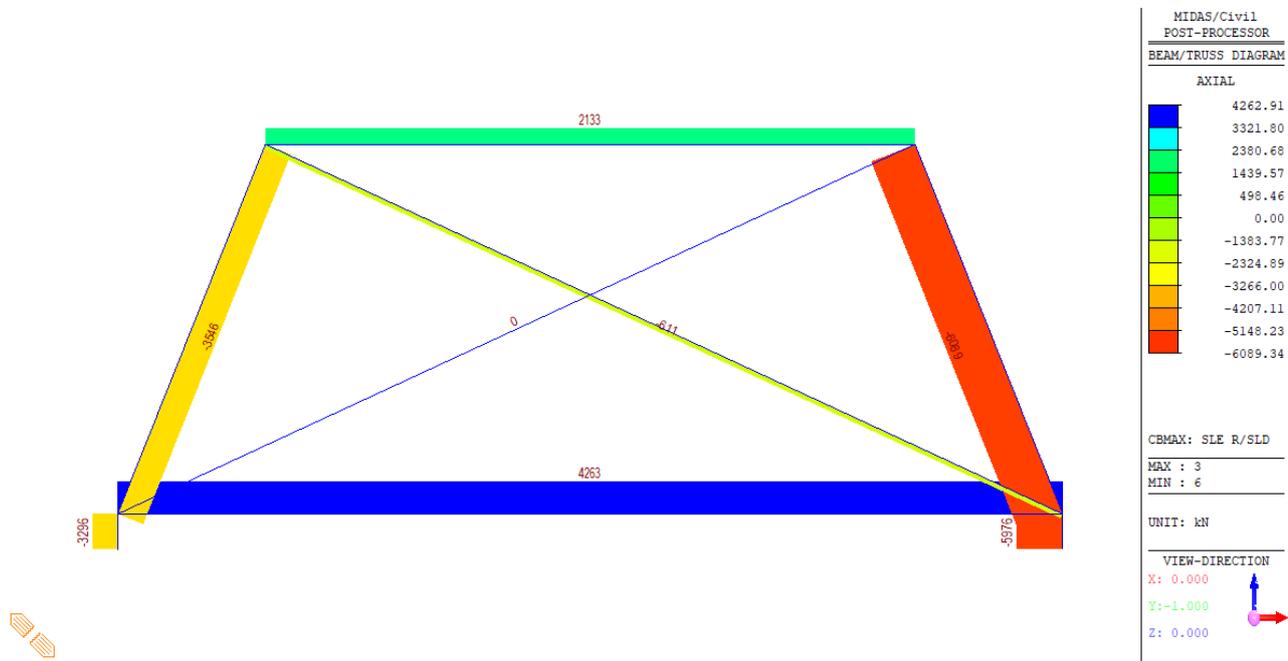


Figura 7-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

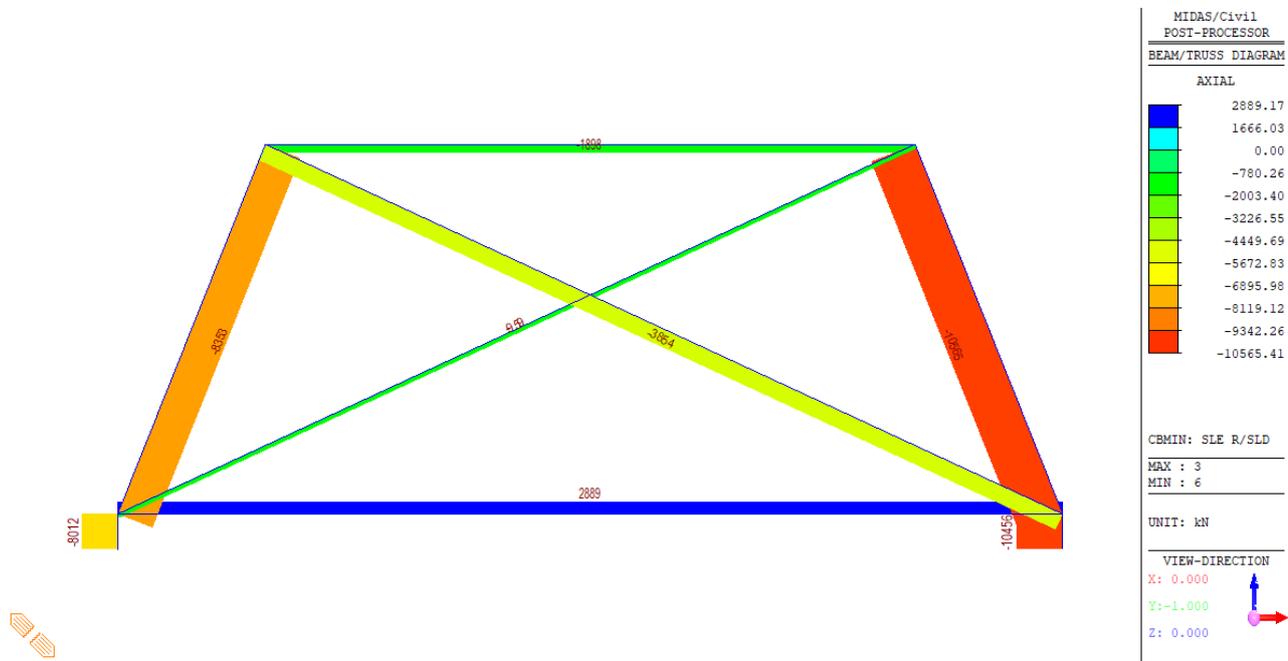


Figura 7-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di trazione massimi per gli involuppi delle combinazioni SLU/SLV, SLE Rara/SLD, SLE Fessurazione, SLE Quasi Permanente.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904012
				C

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Asta A3	6086	4263	3669	2780
Asta A4	4156	2133	-	-

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di compressione massimi per gli involuipi delle combinazioni SLU/SLV, SLE Rara/SLD, SLE Fessurazione, SLE Quasi Permanente.

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Asta A4	-2649	-1898	-1534	-1495
Asta A5	-11871	-8353	-7137	-5809
Asta A6	-15226	-10565	-8931	-5848

7.1.4 Armatura longitudinale

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

Diametro ferro ϕ	20	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	2	
Numero di ferri per strato	44	
Area totale A_s	27646.02	mm ²

Armatura longitudinale superiore: asta A4

Diametro ferro ϕ	20	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	44	
Area totale A_s	13823.01	mm ²

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
 IRICAV2		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

7.1.5 Verifica dei tiranti

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 6.

7.1.5.1 Verifica SLU

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	27646.02	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	10818.01	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	6085.25	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.78		<i>Fattore di sicurezza</i>

Armatura longitudinale superiore: asta A4

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	13823.01	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	5409.00	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	4156.13	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.30		<i>Fattore di sicurezza</i>

7.1.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

La verifica tensionale viene riportata solo per la trazione massima in combinazione rara.

$0.75 f_{yk}$	337.50	MPa	<i>Limite tensionale dell'acciaio</i>
T_{ed}	4262.9	kN	<i>Trazione di progetto (comb. Rara)</i>
A_s	27646.02	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
σ_s	154.20	MPa	<i>Tensione acciaio</i>

Verifica	ok		
Fs	2.19		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904012
				C

7.1.5.3 Verifica SLE: fessurazione

La verifica di fessurazione viene riportata solo per la trazione massima in combinazione rara (gruppo 4).

T_{ed}	3669.4	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
----------	--------	----	--------------------------------------------------

E_s	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	33346	MPa	Modulo elastico cls
f_{ctm}	3.02	MPa	Resistenza a trazione media cls
α_e	6.30		E_s/E_{cm}
k_t	0.4		Fattore per la durata del carico

A_s	27646.0	mm ²	Area di acciaio teso
σ_s	132.7	MPa	Tensione nell'armatura tesa

h	1.5	m	Altezza pulvino
b	9.4	m	Larghezza pulvino direzione trasversale
c^*	0.083	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
d	1.417	m	Altezza utile
$h_{c,ef}$	0.2075	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
$A_{c,eff}$	1.95	m ²	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	0.014		Rapporto geometrico d'armatura

ϵ_{sm}	0.00038		Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
-----------------	---------	--	----------------------------------------------------

k_1	0.8		Barre a aderenza migliorata
k_2	0.50		Flessione
k_3	3.4		
k_4	0.425		
c	0.05	m	Ricoprimento dell'armatura
ϕ	20	mm	Diametro armatura
Δ_{sm}	241.1	mm	Distanza media tra le fessure

w_k	0.155	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
w_{max}	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.29		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

7.1.6 Verifiche dei puntoni

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 6.

7.1.6.1 Verifica SLU

Viene riportata esclusivamente la verifica SLU del puntone compresso maggiormente sollecitato (asta A6). Il calcolo dettagliato della larghezza longitudinale del puntone oggetto della verifica è riportato nel par. 7.1.7. La tensione di progetto dei puntoni di cls con la presenza di tensioni trasversali di trazione, in accordo a quanto riportato nell'EC2, è pari a: $\sigma_{Rd,max} = 0.6 v' f_{cd}$.

N _{ed}	-15228.15	kN	Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)
a	432.29	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4063493.75	mm ²	Area puntone
σ _c	3.75	MPa	Tensione di compressione agente
σ _{Rd,max}	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	2.53		Fattore di sicurezza

7.1.6.1 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

Viene riportata esclusivamente la verifica SLE del puntone compresso maggiormente sollecitato (asta A6).

Il calcolo dettagliato della larghezza longitudinale del puntone oggetto della verifica è riportato nel par. 7.1.7.

a	432.29	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4063493.75	mm ²	Area puntone
N _{ed}	-10565.4	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ _c	2.60	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f _{ck}	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	6.77		Fattore di sicurezza

N _{ed}	-5847.9	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ _c	1.44	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f _{ck}	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	8.89		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

7.1.7 Verifiche dei nodi

Nel modello piano longitudinale sono presenti le seguenti tipologie di nodi:

- Nodo 1 e 2: CCT (due puntoni e un tirante);
- Nodo 3 e 4: CCT o CCC (tre puntoni).

A titolo di esempio, viene di seguito riportata la verifica del nodo CCT più gravoso, ovvero la verifica del nodo N2.

Geometria nodo

C_{netto}	50	mm	Copriferro netto
ϕ_w	24	mm	Diametro eventuale ferro altra direzione
$\phi_{t,t}$	20	mm	Diametro tirante
c^*	60	mm	Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)
i_v	24	mm	Interferro verticale
s	44	mm	Distanza due strati di tiranti
u	164	mm	Spessore complessivo tirante

L_{nodo}	9400	mm	Profondità del nodo nell'altra direzione
S	400	mm	Larghezza pareti fusto pila

	Inclinazione asta	Larghezza Long	Larghezza Trasv	Area nodo
Asta	θ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm ²)
A5 - A6	1.19	432.29	9400	4063493.8
A7 - A8	0.44	317.78	9400	2987170.7
A1- A2	1.57	400.00	9400	3760000

Verifica

Nodo 2						
Elemento	N (kN)	A (mm ²)	σ_c (MPa)	σ_{Rd} (MPa)	Verifica	γ_s
A6	-15228,1	4063493,752	3,75	13,44	ok	3,59
A8	-5728,8	2987170,665	1,92	13,44	ok	7,01
A2	-15081,4	3760000	4,01	13,44	ok	3,35

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

Il traliccio è vincolato alla base, in corrispondenza dei nodi N1-N2-N3-N4, mediante dei vincoli di cerniera. Questi vincoli, per rendere non labile l'intero modello piano, sono realizzati mediante quattro elementi "beam" di rigidezza flessionale trascurabile, di lunghezza pari a $s=0.12$ m e incastrati alla base (elementi A1-A2-A3-A4).

Agli elementi "truss" e "only compression" è stata assegnata una sezione circolare con $R=0.1$ m. Agli elementi "beam" è stata assegnata la stessa sezione circolare, con una rigidezza flessionale abbattuta di un fattore $k_1=0.0001$ ed una rigidezza assiale incrementata di $k_2=100000$. In tal modo, in corrispondenza dei nodi N1, N2, N3 e N4 è stato riprodotto il vincolo di cerniera.

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

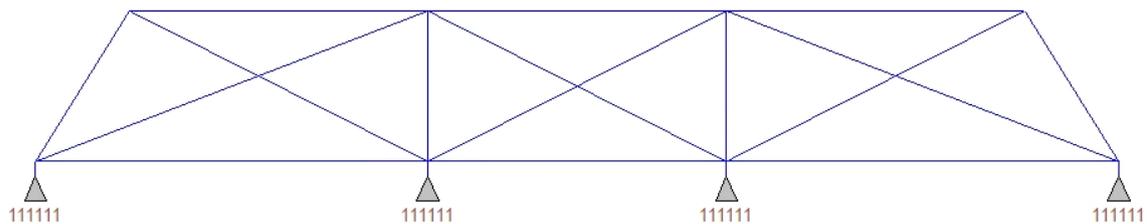


Figura 7-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

Le azioni, descritte nel par. 5.1, sono state applicate mediante delle forze nodali in corrispondenza dei nodi N5, N6, N7 e N8.

7.2.3 Sollecitazioni

Si riportano a titolo di esempio alcuni dei diagrammi delle sollecitazioni ritenuti più significativi. Viene indicata come positiva la trazione e negativa la compressione.

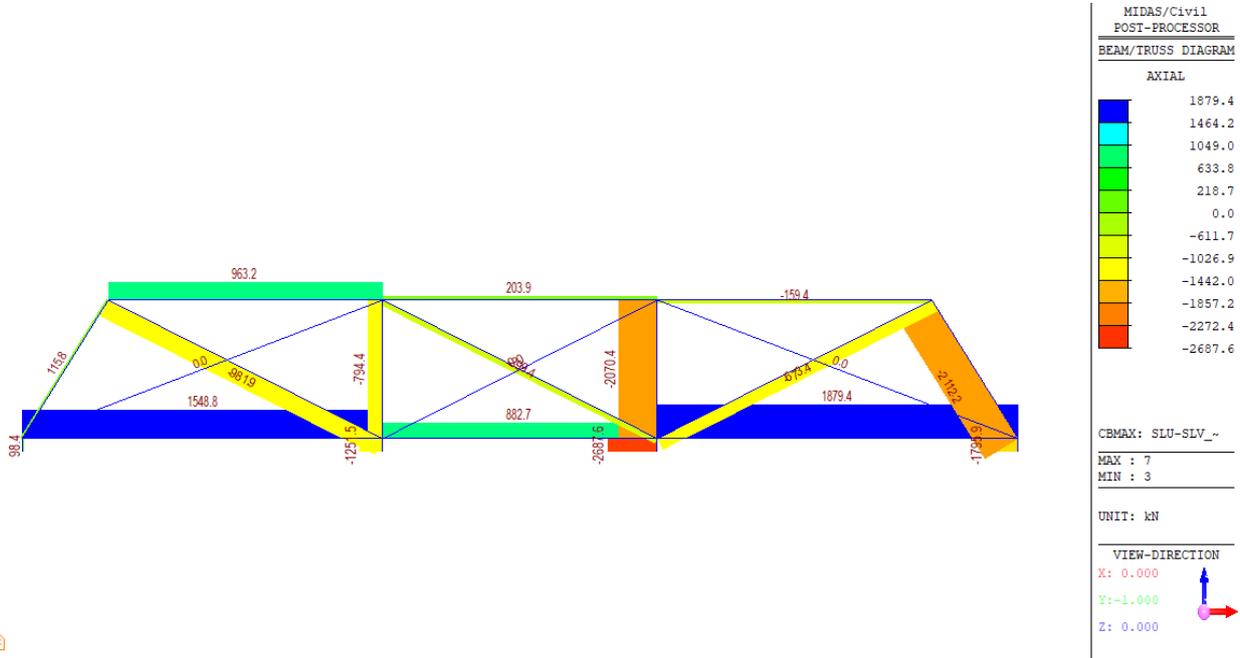


Figura 7-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

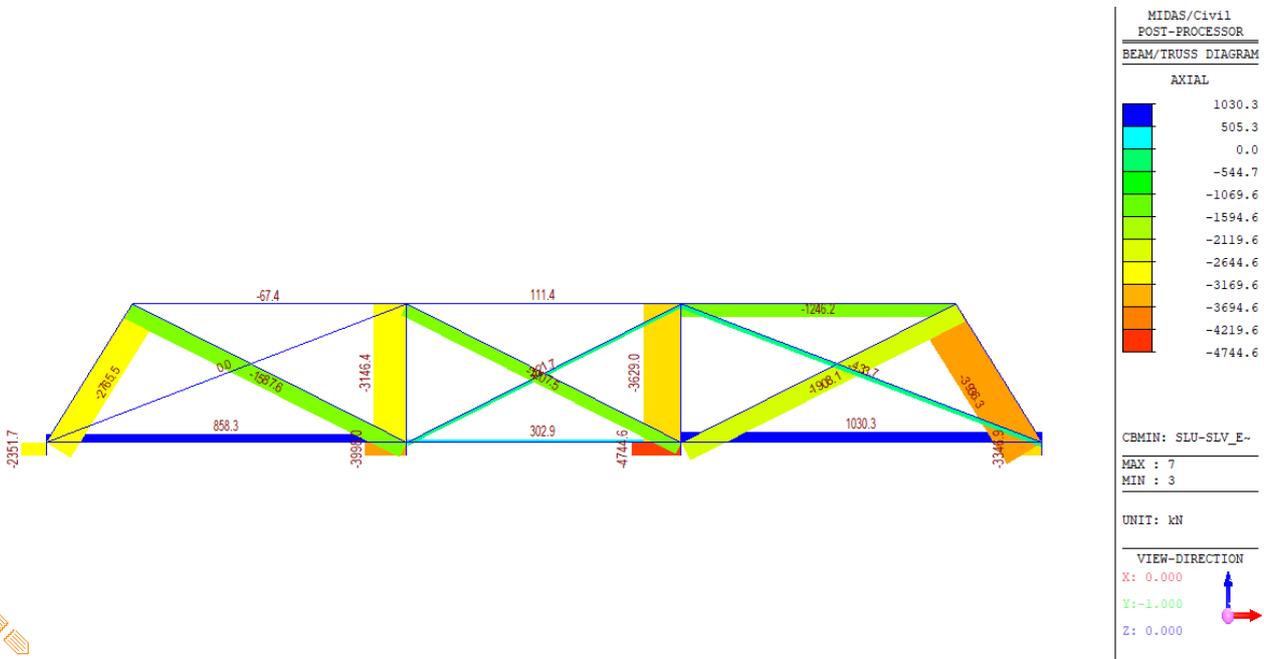


Figura 7-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

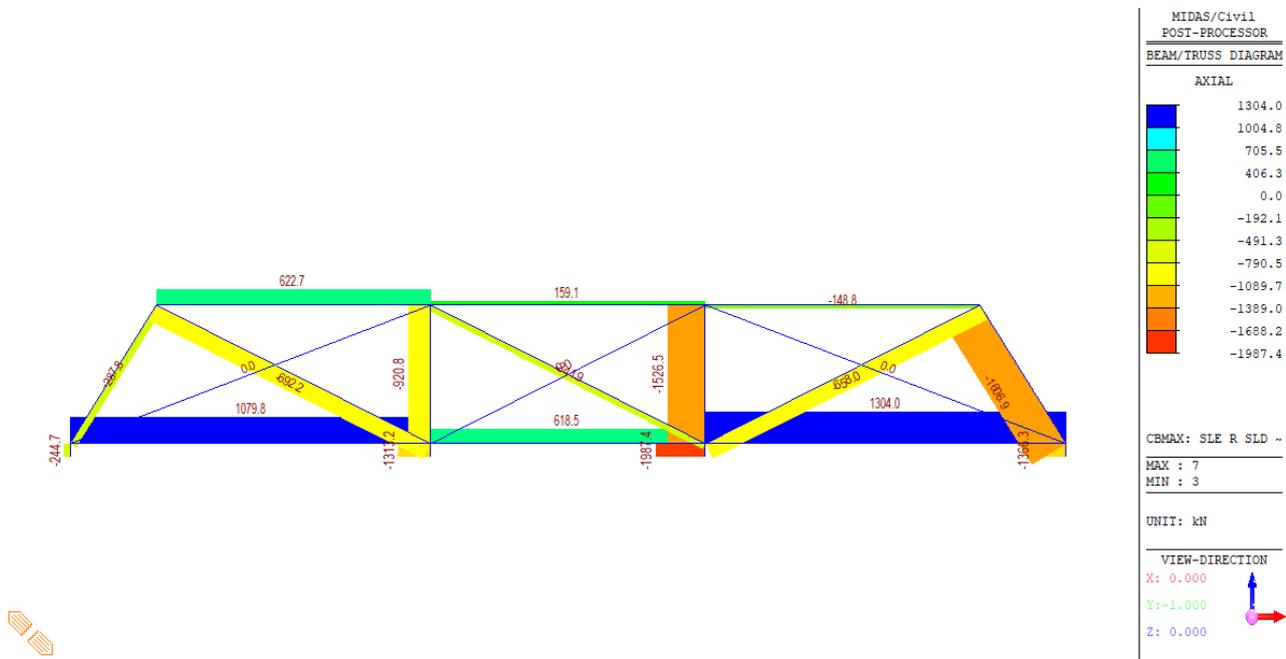


Figura 7-11: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

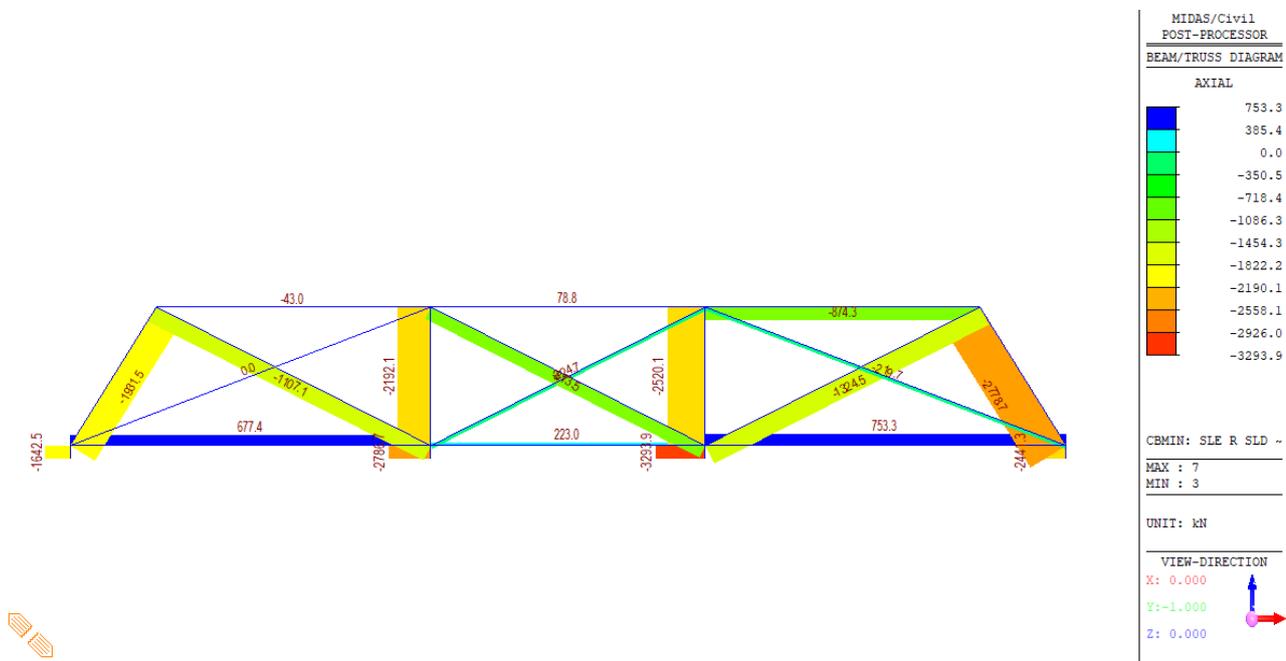


Figura 7-12: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di trazione massimi per il tirante inferiore e superiore per gli involuppi delle combinazioni SLU/SLV, SLE Rara/SLD, SLE Fessurazione, SLE Quasi Permanente.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Tirante inferiore	1879	1304	1122	687
Tirante superiore	963	623	118	91

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di compressione massimi nei montanti per gli involucri delle combinazioni SLU/SLV, SLE Rara/SLD, SLE Fessurazione, SLE Quasi Permanente.

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Max Montanti A1-A2-A3-A4	-4745	-3294	-2836	-1753
Max Montanti A11-A12-A13-A14	-3936	-2779	-2318	-1357
Max Diagonali A15-A16-A17-A18-A19-A20	-1908	-1325	-1134	-709
Max Elementi Superiori A8-A9-A10	-1246	-874	-212	-55

7.2.4 Armatura trasversale

Armatura trasversale inferiore

Diametro ferro ϕ	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	2	
Numero di ferri per strato	9	
Area totale As	8143.01	mm ²

Armatura trasversale superiore

Diametro ferro ϕ	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	9	
Area totale As	4071.50	mm ²

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904012
				C

7.2.5 Verifica dei tiranti

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 6.

7.2.5.1 Verifica SLU

Armatura trasversale inferiore

f_{yd}	391.30	MPa	Tensione di snervamento di progetto
A_s	8143.01	mm ²	Area totale ferri
T_{rd}	3186.39	kN	Forza di trazione resistente
T_{ed}	1879.37	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	1.70		Fattore di sicurezza

Armatura trasversale superiore

f_{yd}	391.30	MPa	Tensione di snervamento di progetto
A_s	4071.50	mm ²	Area totale ferri
T_{rd}	1593.19	kN	Forza di trazione resistente
T_{ed}	963.22	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	1.65		Fattore di sicurezza

7.2.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

La verifica tensionale viene riportata solo per la trazione massima in combinazione rara.

$0.75 f_{yk}$	337.50	MPa	Limite tensionale dell'acciaio
T_{ed}	1303.98	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
A_s	8143.01	mm ²	Area totale ferri
σ_s	160.13	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok		
Fs	2.11		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
 IRICAV2		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904012
				C

7.2.5.3 Verifica SLE: fessurazione

La verifica di fessurazione viene riportata solo per la trazione massima in combinazione rara (gruppo 4).

T_{ed}	1121.7	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
E_s	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	33346	MPa	Modulo elastico cls
f_{ctm}	3.02	MPa	Resistenza a trazione media cls
α_e	6.30		Es/Ecm
k_t	0.4		Fattore per la durata del carico
A_s	8143.0	mm ²	Area di acciaio teso
σ_s	137.8	MPa	Tensione nell'armatura tesa
h	1.5	m	Altezza pulvino
b	1.8	m	Metà larghezza pulvino direzione trasversale
c^*	0.105	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
d	1.395	m	Altezza utile
$h_{c,ef}$	0.2625	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
$A_{c,eff}$	0.47	m ²	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	0.017		Rapporto geometrico d'armatura
ϵ_{sm}	0.00039		Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
k_1	0.8		Barre ad aderenza migliorata
ϵ_1	0.00066		Deformazione barre inferiori
ϵ_2	0.00014		Deformazione barre superiori
k_2	0.61		Trazione eccentrica
k_3	3.4		
k_4	0.425		
c	0.05	m	Ricoprimento dell'armatura
ϕ	24	mm	Diametro armatura
Δ_{sm}	268.6	mm	Distanza media tra le fessure
w_k	0.180	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
w_{max}	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.11		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

7.2.6 Verifiche dei puntoni

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 6.

7.2.6.1 Verifica SLU

Viene riportata esclusivamente la verifica SLU del puntone compresso maggiormente sollecitato (asta A3). La tensione di progetto dei puntoni di cls con la presenza di tensioni trasversali di trazione, in accordo a quanto riportato nell'EC2, è pari a: $\sigma_{Rd,max} = 0.6 v' f_{cd}$.

N _{ed}	-4744.6	kN	Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)
a	400.0	mm	Larghezza direzione trasv.
b	1800	mm	Larghezza direzione long.
A	720000	mm ²	Area puntone
σ _c	6.59	MPa	Tensione di compressione agente
σ _{Rd,max}	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	1.44		Fattore di sicurezza

7.2.6.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

Viene riportata esclusivamente la verifica SLE del puntone compresso maggiormente sollecitato (asta A3).

a	400.0	mm	Larghezza direzione trasv.
b	1800	mm	Larghezza direzione long.
A	720000	mm ²	Area puntone

N _{ed}	-3293.9	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ _c	4.57	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f _{ck}	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	3.85		Fattore di sicurezza

N _{ed}	-1752.3	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ _c	2.43	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f _{ck}	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	5.26		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

7.2.7 Verifiche dei nodi

Nel modello piano trasversale sono presenti le seguenti tipologie di nodi:

- Nodi 1-2-3-4: CCT (due puntoni e un tirante);
- Nodi 5-6-7-8: CCT o CCC (tre puntoni).

A titolo di esempio, vengono di seguito riportate le verifiche dei due nodi CCT più gravosi, ovvero il nodo N4 esterno e il nodo N3 interno.

Geometria nodo N4

c_{netto}	50	mm	Copriferro netto
ϕ_w	20	mm	Diametro eventuale ferro altra direzione
$\phi_{t,t}$	24	mm	Diametro tirante
c^*	82	mm	Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)
i_v	20	mm	Interferro verticale
s	44	mm	Distanza due strati di tiranti
u	208	mm	Spessore complessivo tirante

L_{nodo}	1800	mm	Profondità del nodo nell'altra direzione
S	400	mm	Larghezza pareti fusto pila

	Inclinazione asta	Larghezza Trasv	Larghezza Long	Area nodo
Asta	θ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm ²)
A11 – A14	1.02	449.59	1800	809268.1
A15 – A20	0.37	338.21	1800	608776.56
A1- A4	1.57	400.00	1800	720000

Verifiche

Nodo 4						
Elemento	N (kN)	A (mm ²)	σ_c (MPa)	σ_{Rd} (MPa)	Verifica	γ_s
A14	-3936,30	809268,095	4,86	13,44	ok	2,76
A20	-433,65	608776,5649	0,71	13,44	ok	18,87
A4	-3346,90	720000	4,65	13,44	ok	2,89

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

Geometria nodo N3

u	208	mm	<i>Spessore complessivo tirante (vedi geometria nodi N1 e N4)</i>
L _{nodo}	1800	mm	<i>Profondità del nodo nell'altra direzione</i>
S	400	mm	<i>Larghezza pareti fusto pila</i>

	Inclinazione asta	Larghezza Trasv	Larghezza Long	Area nodo
Asta	θ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm ²)
A16 – A17 – A18 – A19	0.47	366.61	1800	659889.4
A2 – A3 – A12 – A13	1.57	400.00	1800	720000

Verifiche

Nodo 3						
Elemento	N (kN)	A (mm ²)	σ_c (MPa)	σ_{Rd} (MPa)	Verifica	γ_s
A18	-1207,55	659889,4019	1,83	13,44	ok	7,34
A13	-3629,05	720000	5,04	13,44	ok	2,67
A19	-1908,05	659889,4019	2,89	13,44	ok	4,65
A3	-4744,59	720000	6,59	13,44	ok	2,04

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLV10904012	C

7.3 Ritegni sismici

7.3.1 Ritegno sismico longitudinale

Il ritegno sismico longitudinale ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45 m, una larghezza minima nella direzione longitudinale del ponte di 0.54 m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 8.84 m.

L'azione sollecitante è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari al taglio complessivo in direzione longitudinale in combinazione sismica:

$$V_{Ed} = 3512 + 3514 = 7026 \text{ kN}$$

Questa forza è applicata al ritegno in corrispondenza delle due travi centrali che costituiscono l'impalcato stesso e verrà ripartita su tutto il ritegno longitudinale, come mostrato nella figura sottostante.

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 6.

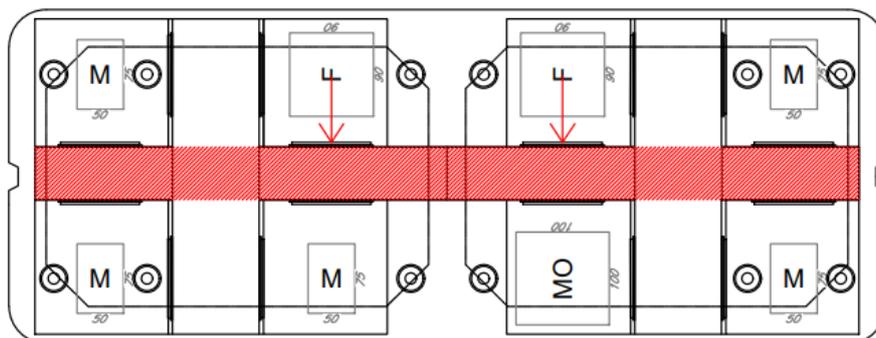


Figura 7-13: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

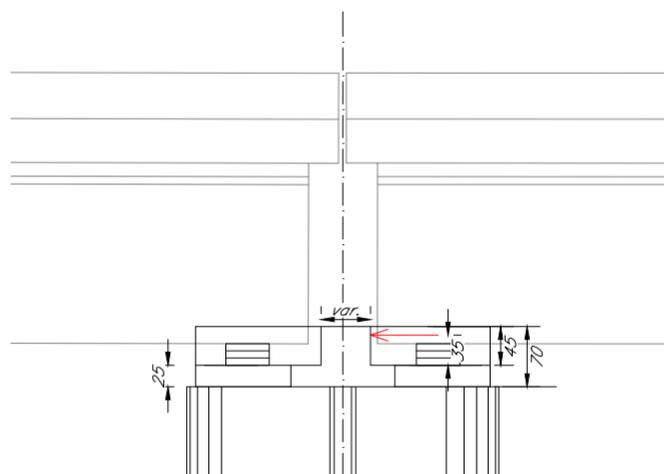


Figura 7-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

L'armatura resistente a trazione è costituita da un solo strato di $\phi 20$ passo 10 cm. La verifica è esplicitata nella tabella che segue.

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

Resistenza compressione cilindrica	fck	32	MPa
Resistenza di calcolo cls	fcd	18.13	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	fyd	391.30	MPa

2) Carichi agenti

Carico verticale	Ped	4026	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	540	mm
Lunghezza della mensola	lc	450	mm
Distanza di applicazione carico	a	350	mm
Profondità mensola	b	8840	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	60	mm
Altezza utile tirante superiore	d	480	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	432	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	446	mm
ctg Ψ	λ	1.032	
Inclinazione puntone	Ψ	0.769	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	20	mm
Numero di barre per strato	n strato	88	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	88	
Area barre	As	27646.02	mm ²

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.6	cm

Resistenza tirante	PRs	10478.43	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.49	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	22347.06	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	3.18	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok
----------------------------	---------	----

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	A _{s,tot}	55292.03	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	12491.56	kN
Verifica	V _{rd} >P _{ed}	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.78	

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	μ	0.6	
Resistenza a trazione cls	f _{ctd}	1.41	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	f _{cd}	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	A _s	55292	mm ²
Area totale cls	A _c	4773600	mm ²
As/Ac	ρ	0.012	
Resistenza di progetto	τ _{rd}	3.00	MPa
Tensione agente	τ _{ed}	1.47	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	2.04	

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

7.3.2 Ritegno sismico trasversale

Sono presenti quattro ritegni sismici trasversali, ognuno con un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45 m e una larghezza minima nella direzione trasversale del ponte di 0.91 m.

La verifica verrà effettuata su una singola area campita; quella di lunghezza longitudinale minore, pari a 1.38 m.

L'azione sollecitante è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari alla metà del taglio trasversale in combinazione sismica dell'appoggio unidirezionale longitudinale:

$$V_{Ed} = 4092/2 = 2046 \text{ kN}$$

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 6.

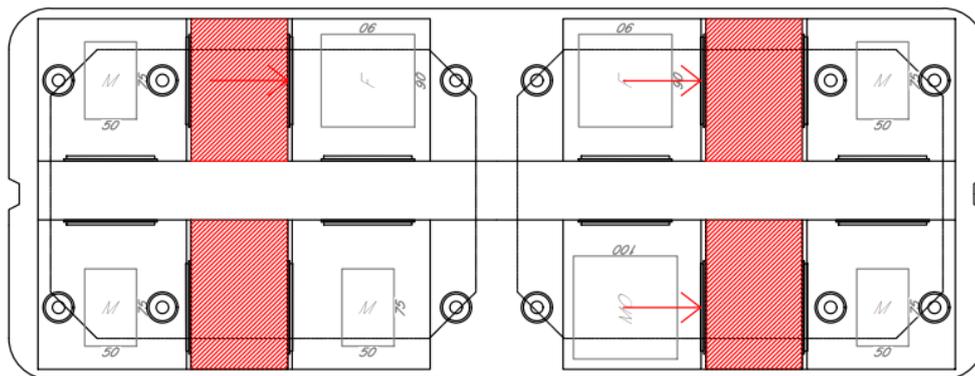


Figura 7-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

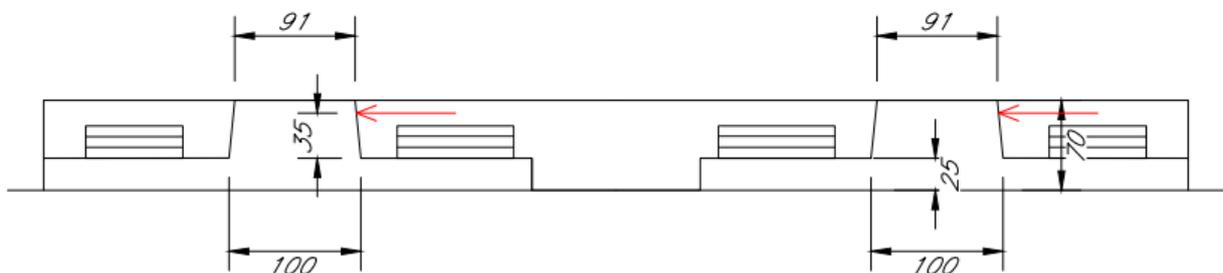


Figura 7-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

L'armatura resistente a trazione è costituita da uno strato di $\Phi 22$ passo 10 cm. La verifica è esplicitata nella tabella che segue.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

Resistenza compressione cilindrica	fck	32	MPa
Resistenza di calcolo cls	fcd	18.13	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	fyd	391.30	MPa

2) Carichi agenti

Carico verticale	Ped	2046	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	910	mm
Lunghezza della mensola	lc	450	mm
Distanza di applicazione carico	a	350	mm
Profondità mensola	b	1380	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	61	mm
Altezza utile tirante superiore	d	849	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	764.1	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	519.8	mm
ctg Ψ	λ	0.680	
Inclinazione puntone	Ψ	0.973	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	22	mm
Numero di barre per strato	n strato	13	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	13	
Area barre	As	4941.73	mm ²

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.8	cm

Resistenza tirante	PRs	2842.54	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.39	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	8714.40	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	4.26	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	A _{s,tot}	9883.45	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	2232.87	kN
Verifica	V _{rd} >P _{ed}	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.09	

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	μ	0.6	
Resistenza a trazione cls	f _{ctd}	1.41	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	f _{cd}	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	A _s	9883.45	mm ²
Area totale cls	A _c	1255800	mm ²
As/Ac	ρ	0.008	
Resistenza di progetto	τ _{rd}	2.13	MPa
Tensione agente	τ _{ed}	1.63	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.31	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

7.4 Baggioli

Le sollecitazioni maggiormente gravose con le quali dimensionare le armature dei baggioli sono ricavate a partire dagli scarichi degli impalcati, riportati al par. 5.2.

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 6.

Verifiche a tranciamento

Sui baggioli degli appoggi fissi e unidirezionali longitudinali è necessario disporre dei ferri verticali $\phi 26$ passo 10 cm, con un numero totale di braccia pari a 48, per soddisfare le verifiche a tranciamento descritte al par. 6.

Il taglio di progetto è il massimo taglio risultante in combinazione sismica, agente sui baggioli degli apparecchi d'appoggio fissi e unidirezionali. È pari a:

$$V_{Ed} = T_{ris} = \max \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{T_{long}^2 + (0.3 \cdot T_{trasv})^2} \\ \sqrt{T_{trasv}^2 + (0.3 \cdot T_{long})^2} \end{array} \right\}$$

	Fisso	Uni Long
V_{long}	3513	0
V_{trasv}	3551	4092
V_{ris}	3704.1	4092

Nel caso in esame, il taglio di progetto è pari a: $V_{Ed} = 4092 \text{ kN}$.

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f_{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	$A_{s,tot}$	25484.6	mm ²

Resistenza a tranciamento	V_{rd}	5757.5	kN
Taglio agente	V_{ed}	4092	kN
Verifica	$V_{rd} > V_{ed}$	ok	
Coefficiente di sicurezza	F_s	1.41	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904012
				C

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	μ	0.6	
Resistenza a trazione cls	fctd	1.41	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	f _{cd}	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	A _s	25484.6	mm ²
Area totale cls	A _c	1956400	mm ²
As/Ac	ρ	0.013	
Resistenza di progetto	trd	3.34	MPa
Tensione agente	ted	2.09	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.60	

Verifica a compressione del cls

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale sull'apparecchio d'appoggio multidirezionale più esterno, pari a 4623 kN.

Verifica pressioni localizzate: compressione ultima (EC2 par. 6.7)

b1	0.5	mm	Larghezza appoggio multidirezionale trasv	b2 < 3 b1	ok
d1	0.75	mm	Larghezza appoggio multidirezionale long	d2 < 3 d1	ok
h	0.25	mm	Altezza baggiolo		
b2	0.75	mm	Larghezza area diffusione direzione trasv		
d2	1	mm	Larghezza area diffusione direzione long		
Ac,0	0.375	mm ²	Area caricata		
Ac,1	0.75	mm ²	Area di massima diffusione del carico		
f _{cd}	18.13	MPa	Resistenza cilindrica di progetto		
Fr,du	9616.7	kN	Forza di compressione ultima		
Fr,du*2/3	6411.10	kN	Forza di compressione ultima ridotta		
Ned	4623	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
F _t	1.39		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

Verifica dell'armatura di confinamento del cls

Il massimo sforzo di compressione riscontrato in corrispondenza dell'apparecchio d'appoggio multidirezionale più esterno è pari a 4623 kN.

Risultano verificati 1 strato di $\phi 16$ a 2 bracci + 2 strati di $\phi 20$ a 4 bracci, i quali forniscono una resistenza al confinamento pari a: $N_{Rd} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{v}$.

Verifica confinamento

ϕ_w	20	mm	<i>Diametro staffe</i>
nbr	4		<i>Numero braccia</i>
nstr	2		<i>Numero strati</i>
Aw	2513.27	mm ²	<i>Area staffe</i>

ϕ_w	16	mm	
nbr	2		
nstr	1		
Aw	402.12	mm ²	

Nrd	5704.0	kN	<i>Forza resistente di progetto</i>
Ned	4623	kN	<i>Sforzo di compressione massimo</i>
Verifica	ok		
Ft	1.23		

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

8 VERIFICA DELLE PREDALLES

La funzione delle predalles è quella di consentire il getto del pulvino al di sopra del fusto pila, dato che ad esso è stata assegnata una sezione cava: Le predalles sono dunque delle lastre prefabbricate appoggiate in sommità del fusto della pila. Sono soggette alle sollecitazioni dovute al peso proprio del calcestruzzo della prima fase di getto del pulvino non ancora reagente e al peso proprio della predalle stessa. L'altezza di getto del pulvino è pari a 0.40 m.

Le caratteristiche delle predalles sono riportate nelle immagini sottostanti.

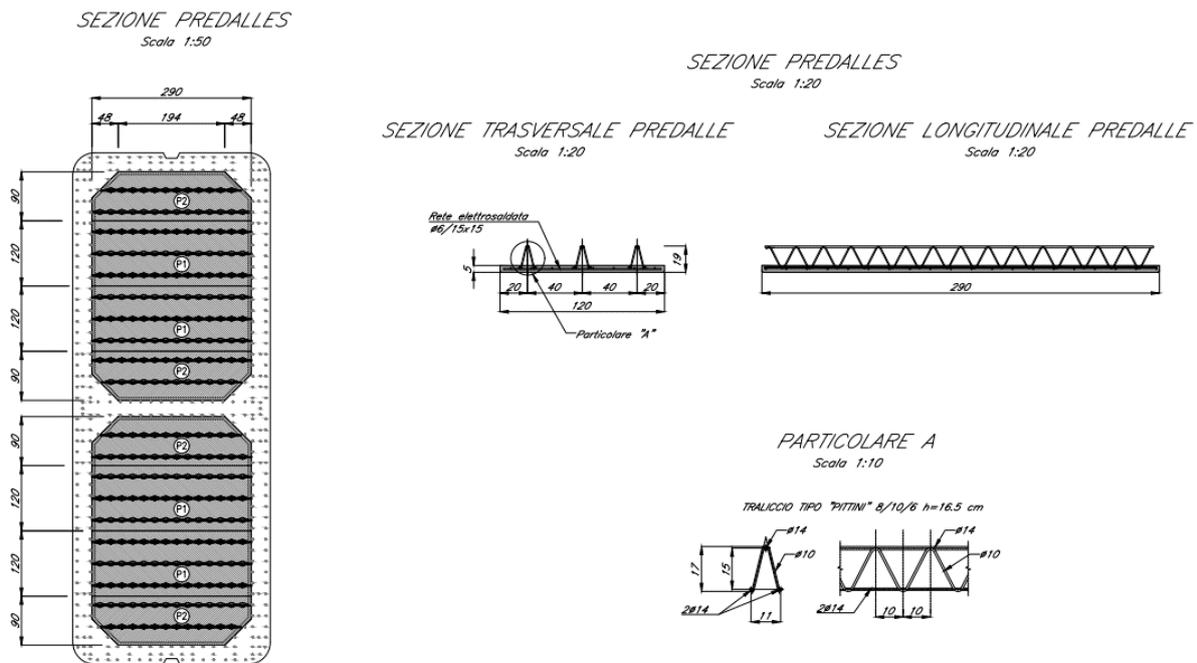


Figura 17: Predalles per getto del pulvino

Sono di seguito riportate le verifiche di resistenza a trazione, a compressione e di instabilità a compressione dei vari correnti dei trallicci delle predalles.

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904012
				C

CARATTERISTICHE DELLE PREDALLE PREFABBRICATE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo C35/45

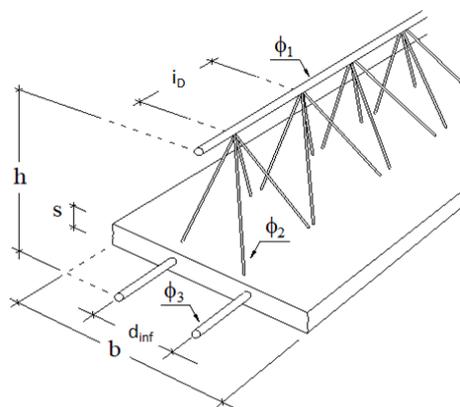
Peso proprio	γ_c	25	[kN/m ³]
Res. cubica car.	R_{ck}	45.0	[MPa]
Res. cilindrica car.	f_{ck}	35.0	[MPa]
Coeff. sicurezza	γ_M	1.50	[-]

Acciaio per armature B450C

Snervamento car.	f_{yk}	450	[Mpa]
Modulo elastico	E_s	2.1E+05	[Mpa]
Coeff. sicurezza	γ_{M0}	1.15	[-]
	γ_{M1}	1.15	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Dimensione lastra	b	1200	[mm]
Spessore coppella	s	50	[mm]
n° tralici per predalla	n	3	[-]
Interasse tralici	i_T	400	[mm]
Altezza tralici	h	190	[mm]
Base fuoritutto traliccio	d_{inf}	110	[mm]
Interasse diagonali	i_D	200	[mm]
Interasse ferri inferiori	i_{inf}	96	[mm]
Braccio interno forze	z	176	[mm]
Angolo in sezione staffe	α	15.3	[°]
Angolo in profilo staffe	β	29.6	[°]



CORRENTE SUPERIORE

Diametro barra	Φ_1	14	[mm]
Area sezione barra	A	154	[mm ²]
Inerzia sezione barra	J	1886	[mm ⁴]
Luce libera inflessione	L_0	200	[mm]
Carico critico	N_{cr}	97.7	[kN]
Snellezza adim.	λ	0.842	[-]
Coefficiente ϕ	ϕ	1.012	[-]
Coeff. di instabilità	χ	0.636	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	60.2	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	38.3	[kN]

CORRENTI INFERIORI

Diametro barra	Φ_3	14	[mm]
Area sezione barra	A	154	[mm ²]
Inerzia sezione barra	J	1886	[mm ⁴]
Luce libera inflessione (*)	L_0	200	[mm]
Carico critico	N_{cr}	97.7	[kN]
Snellezza adim.	λ	0.842	[-]
Coefficiente ϕ	ϕ	1.012	[-]
Coeff. di instabilità	χ	0.636	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	60.2	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	38.3	[kN]

BARRE INCLINATE

Diametro barra	Φ_2	10	[mm]
Area sezione barra	A	79	[mm ²]
Inerzia sezione barra	J	491	[mm ⁴]
Coefficiente di vincolo	β	0.70	[-]
Luce libera inflessione	L_0	147	[mm]
Carico critico	N_{cr}	47.2	[kN]
Snellezza adim.	λ	0.866	[-]
Coefficiente ϕ	ϕ	1.038	[-]
Coeff. di instabilità	χ	0.621	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	30.7	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	19.1	[kN]

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012
			C

ANALISI DEI CARICHI ED EFFETTI LOCALI

<i>Interasse travi</i>	L	2.800	[m]	<i>PP predalla</i>	G1pred	1.50	[kN/m]
<i>Appoggio predalle</i>	c	50	[mm]	<i>PP getto campata</i>	G1sol,camp	8.75	[kN/m]
<i>Spessore getto campata</i>	Hgetto	400	[mm]				
				<i>Coeff. parziale G1</i>	γ_{G1}	1.35	[-]
				<i>Coeff. parziale Q</i>	γ_Q	1.50	[-]

VERIFICHE DEL TRALICCIO IN FASE DI GETTO

<i>Luce di calcolo campata</i>	L_c	2.85	[m]
Momento in appoggio			
<i>PP predalla</i>	$M_{g1,pred}$	1.52	[kNm]
<i>PP getto campata</i>	M_{g1}	10.15	[kNm]
<i>SLU</i>	M_{slu}	15.76	[kNm]
<i>SLU singolo traliccio</i>	M_{slu}	6.31	[kNm]
Taglio in appoggio			
<i>PP predalla</i>	$V_{g1,pred}$	2.14	[kN]
<i>PP getto campata</i>	V_{g1}	14.25	[kN]
<i>SLU</i>	V_{slu}	22.12	[kN]
<i>SLU singolo traliccio</i>	V_{slu}	8.85	[kN]

<i>Assiale corrente sup.</i>	$N_{Ed,sup}$	-35.8	[kN]
<i>(instabilità)</i>	$N_{Rd,sup}$	-38.3	[kN]
	η	0.94	[-] Ok

<i>Assiale corrente inf.</i>	$N_{Ed,inf}$	17.9	[kN]
<i>(resistenza trazione)</i>	$N_{Rd,inf}$	60.2	[kN]
	η	0.30	[-] Ok

<i>Assiale sul diagonale</i>	$N_{Ed,diag}$	-5.3	[kN]
<i>(instabilità)</i>	$N_{Rd,diag}$	-19.1	[kN]
	η	0.28	[-] Ok

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

Verifica di fase II – Getto di completamento dei pulvini

Geometria sezione

H	0.4	m	Altezza sezione resistente
B	1.2	m	Larghezza sezione resistente

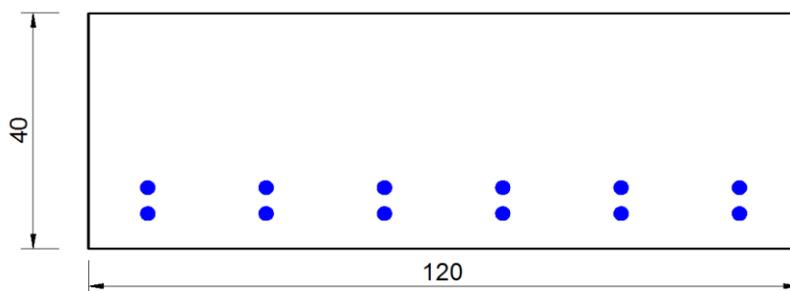
Azioni - Getto di completamento del cls

Hgetto	1.1	m	Altezza del getto di cls di fase 2
B	1.2	m	Larghezza del getto di cls di fase 2
PP getto fase 2	33	kN/m	Peso al metro lineare del getto di cls di fase 2
Lc	2.85	m	Luce di calcolo campata
M,pp getto fase 2	33.51	kNm/m	Momento in mezzeria
T,pp getto fase 2	47.03	kN/m	Taglio appoggio
$\gamma G1$	1.35		Coeff. Sicurezza SLU
M SLU, pp getto fase 2	45.23	kNm/m	Momento in mezzeria SLU
T SLU, pp getto fase 2	63.48	kN/m	Taglio appoggio SLU

Armatura

φ	20	mm
Passo	20	cm
Strati	2	

La verifica della sezione resistente nella fase di getto di completamento dei pulvini è stata effettuata mediante l'uso di RCSEC ed è di seguito riportata.



DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pulvino_Fase 2 Getto

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
 IRICAV2		 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Calcestruzzo: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	120.0	40.0
2	120.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	40.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	110.0	10.4	20.0
2	90.0	10.4	20.0
3	70.0	10.4	20.0
4	50.0	10.4	20.0
5	30.0	10.4	20.0
6	10.0	10.4	20.0
7	110.0	6.0	20.0
8	90.0	6.0	20.0
9	70.0	6.0	20.0
10	50.0	6.0	20.0
11	30.0	6.0	20.0
12	10.0	6.0	20.0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0904012	C

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	45.23	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	33.50	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	33.50 (114.83)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	45.23	0.00	417.66	9.23	37.7(8.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0904012	C

Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.246	120.0	40.0	-0.00887	30.0	10.4	-0.01071	110.0	6.0

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000417944	-0.013217748	0.246	0.748

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.53	120.0	40.0	-35.9	10.0	6.0	1080	18.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
wk	Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess.	Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess.	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00023	0.00000	0.500	20.0	50	0.00011 (0.00011)	365	0.039 (990.00)	114.83	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0904012
				C

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.53	120.0	40.0	-35.9	10.0	6.0	1080	18.8

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00023	0.00000	0.500	20.0	50	0.00011 (0.00011)	365	0.039 (0.30)	114.83	0.00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0904012	C

9 VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (rif. Par. 10.2 DM 14/01/2008)

Le analisi della struttura sono state condotte con un programma agli elementi finiti (MIDAS).

L'affidabilità del codice di calcolo è confermata dai test di validazione allegati alla release del programma e dalla sua ampia diffusione che lo pone tra i software specialistici standard previsti dalla specifica tecnica Italferr PPA.0002851.

I risultati ottenuti sono stati considerati attendibili dallo scrivente a fronte di verifiche condotte con metodi semplificati, trattandosi di uno schema a trave reticolare.