

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 ALPONE DAL km 20+220,67 AL km 21+992,67

PILE

Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503	Consorzio 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	C	L	V	I	0	5	0	4	0	2	1	B	-	-	-	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	Ott.2021	M. Proietti 	Ott.2021	G. Grimaldi 	Ott.2021	
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0500001A	E.d.in	Sett.2022	M. Proietti 	Sett.2022	G. Grimaldi 	Sett.2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2CLVI0504021B
		Cod. origine:



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

TUTTI I DIRITTI DEL PRESENTE DOCUMENTO SONO RISERVATI: LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE È 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>EI2CLVI0504021</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1	Normative.....	6
2.2	Elaborati di riferimento	6
3	MATERIALI.....	7
3.1	Calcestruzzo per pulvini, ritegni e baggioli	7
3.2	Acciaio per barre di armatura	7
3.3	Stati limite	9
3.3.1	Stati limite ultimi	9
3.3.2	Stati limite d'esercizio	9
4	DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI	12
4.1	Descrizione del pulvino tipologico C.A.P. - C.A.P	12
4.2	Descrizione del pulvino di transizione Misto 6 travi – C.A.P.....	13
4.3	Descrizione del pulvino di transizione Misto 4 travi - C.A.P.	15
4.4	Descrizione del pulvino di transizione Travi Incorporate - C.A.P.	16
4.5	Sistemi di riferimento ed unità di misura.....	18
5	AZIONI DI PROGETTO	19
5.1	Pulvini	19
5.2	Ritegni sismici e baggioli	28
6	MODELLI DI ANALISI E VERIFICA	31
7	PULVINO TIPOLOGICO C.A.P. – C.A.P.	34
7.1	Meccanismo in direzione longitudinale	34
7.1.1	Caratteristiche geometriche	34
7.1.2	Modellazione agli elementi finiti	34
7.1.3	Sollecitazioni	35
7.1.4	Armatura longitudinale	38
7.1.5	Verifica dei tiranti	39
7.1.6	Verifiche dei puntoni	41
7.1.7	Verifiche dei nodi	42
7.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	43
7.2.1	Caratteristiche geometriche	43
7.2.2	Modellazione agli elementi finiti	43
7.2.3	Sollecitazioni	44

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

7.2.4	Armatura trasversale.....	47
7.2.5	Verifica dei tiranti	48
7.2.6	Verifiche dei puntoni	50
7.2.7	Verifiche dei nodi	51
7.3	Ritegni sismici.....	53
7.3.1	Ritegno sismico longitudinale	53
7.3.2	Ritegno sismico trasversale.....	56
7.4	Baggioli	59
8	PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 6 TRAVI	62
8.1	Meccanismo in direzione longitudinale	62
8.1.1	Caratteristiche geometriche	62
8.1.2	Modellazione agli elementi finiti	62
8.1.3	Sollecitazioni	63
8.1.4	Armatura longitudinale	67
8.1.5	Verifica dei tiranti	67
8.1.6	Verifiche dei puntoni	69
8.1.7	Verifiche dei nodi	70
8.1.8	Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale.....	71
8.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	72
8.2.1	Caratteristiche geometriche	72
8.3	Ritegni sismici.....	73
8.3.1	Ritegno sismico longitudinale	73
8.3.2	Ritegno sismico trasversale.....	78
8.4	Baggioli	83
9	PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 4 TRAVI	86
9.1	Meccanismo in direzione longitudinale	86
9.1.1	Caratteristiche geometriche	86
9.1.2	Modellazione agli elementi finiti	86
9.1.3	Sollecitazioni	87
9.1.4	Armatura longitudinale	90
9.1.5	Verifica dei tiranti	90
9.1.6	Verifiche dei puntoni	92
9.1.7	Verifiche dei nodi	93
9.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	94
9.2.1	Caratteristiche geometriche	94
9.2.2	Modellazione agli elementi finiti	94
9.2.3	Sollecitazioni	95

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

9.2.4	Armatura trasversale.....	98
9.2.5	Verifica dei tiranti	98
9.2.6	Verifiche dei puntoni	100
9.2.7	Verifiche dei nodi	101
9.2.8	Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale.....	103
9.3	Ritegni sismici	104
9.3.1	Ritegno sismico longitudinale	104
9.3.2	Ritegno sismico trasversale	109
9.4	Baggioli	113
10	PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – TRAVI INCORPORATE	116
10.1	Meccanismo in direzione longitudinale	116
10.1.1	Caratteristiche geometriche	116
10.1.2	Modellazione agli elementi finiti	116
10.1.3	Sollecitazioni	117
10.1.4	Armatura longitudinale	121
10.1.5	Verifica dei tiranti	121
10.1.6	Verifiche dei puntoni	123
10.1.7	Verifiche dei nodi	125
10.1.8	Verifica della mensola verticale	126
10.1.9	Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale.....	131
10.2	Meccanismo in direzione trasversale lato impalcato C.A.P.	132
10.2.1	Caratteristiche geometriche	132
10.2.1	Modellazione agli elementi finiti	132
10.2.2	Sollecitazioni	133
10.2.3	Armatura trasversale.....	136
10.2.4	Verifica dei tiranti	137
10.2.5	Verifiche dei puntoni	139
10.2.6	Verifiche dei nodi	140
10.3	Meccanismo in direzione trasversale lato impalcato a Travi Incorporate	141
10.4	Ritegni sismici	142
10.4.1	Ritegni sismici longitudinali	142
10.4.2	Ritegni sismici trasversali.....	146
10.5	Baggioli	153
10.5.1	Baggiolo lato impalcato a travi incorporate.....	153
10.5.2	Baggiolo lato impalcato in C.A.P.	155
11	VERIFICA DELLE PREDALLES	158
12	VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (rif. Par. 10.2 DM 14/01/2008).....	166

<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>EI2CLVI0504021</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

1 PREMESSA

Il *Viadotto Alpone – VI05*, a doppio binario con intervalla 4.5 m, si estende dal km 20+220.67 al km 21+992.67 della *Tratta Verona-Padova* per uno sviluppo complessivo di 1772.0 m ed è costituito da 66 campate di cui:

- Due campate di luce pari a 22.0m, con impalcato a travi incorporate;
- Un impalcato di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-clc a 4 travi;
- Due impalcati di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-clc a 6 travi;
- L'ultima campata ad arco, non oggetto della presente relazione;
- Le restanti di luce pari a 25.0 m, con impalcato in c.a.p. con quattro travi a cassoncino.

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.

Vengono di seguito elencate le pile scelte per il dimensionamento di ogni tipologia di pulvino:

- *Pulvino tipologico C.A.P – C.A.P*: pila P31, di altezza pari a 11.0 m;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi*: Pila P17, di altezza pari a 8.0/8.17m;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi*: Pila P18, di altezza pari a 7.48/8.0 m;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate*: Pila P32, di altezza pari a 11.0/12.33 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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:

- IN1712EI2CLVI0504017: Relazione di calcolo pile e plinto – Pila P31;
- IN1712EI2CLVI0504013: Relazione di calcolo pile e plinto – Pila P17;
- IN1712EI2CLVI0504015: Relazione di calcolo pile e plinto – Pila P18;
- IN1712EI2CLVI0504019: Relazione di calcolo pile e plinto – Pila P32.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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.

3.3.2.1 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 EI2CLVI0504021	B

3.3.2.2 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:

- w1= 0.2 mm
- w2= 0.3 mm
- w3= 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

- 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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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.

I pulvini presentano un'altezza variabile a seconda se appartenenti alle pile di transizione o alle pile tipologiche e sono 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.

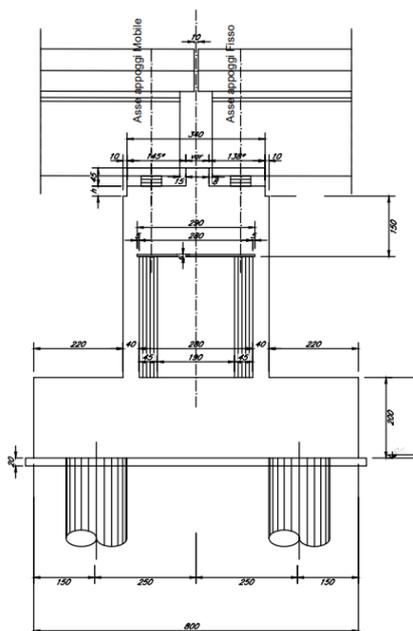


Figura 4-1: Sezione longitudinale pila

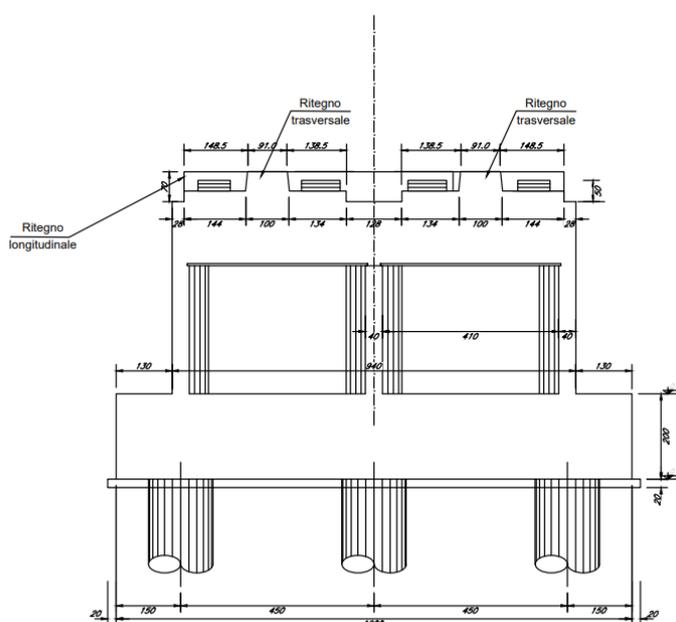


Figura 4-2: Sezione trasversale pila

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

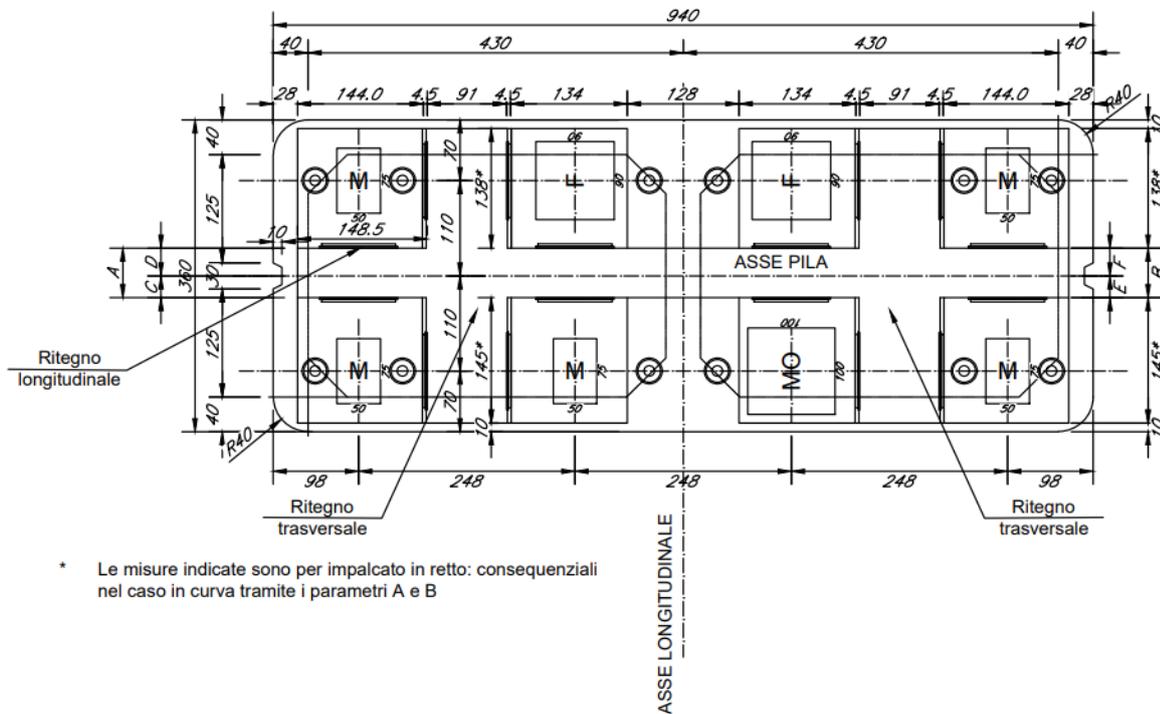


Figura 4-3: Pianta pulvino e schema appoggi

4.2 Descrizione del pulvino di transizione Misto 6 travi – C.A.P.

Il pulvino di transizione Misto 6 travi - C.A.P. presenta un'altezza di 1.67 m lato impalcato in misto e di 1.50 m lato impalcato in C.A.P. Ha una sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni in pianta pari a 3.8 m x 9.4 m, rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto. Lato impalcato in misto e in direzione trasversale, presenta inoltre due ulteriori sbalzi di lunghezza pari a 1.45 m ognuno.

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.

	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

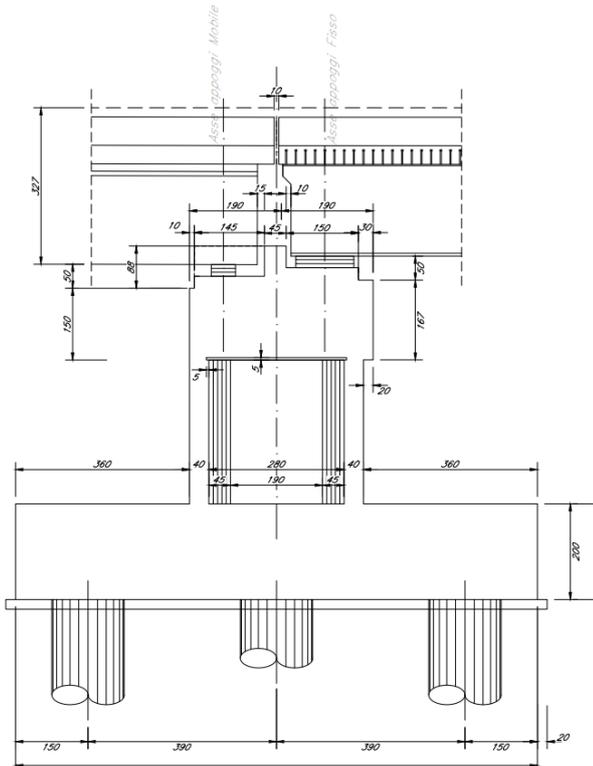


Figura 4-4: Sezione longitudinale pila

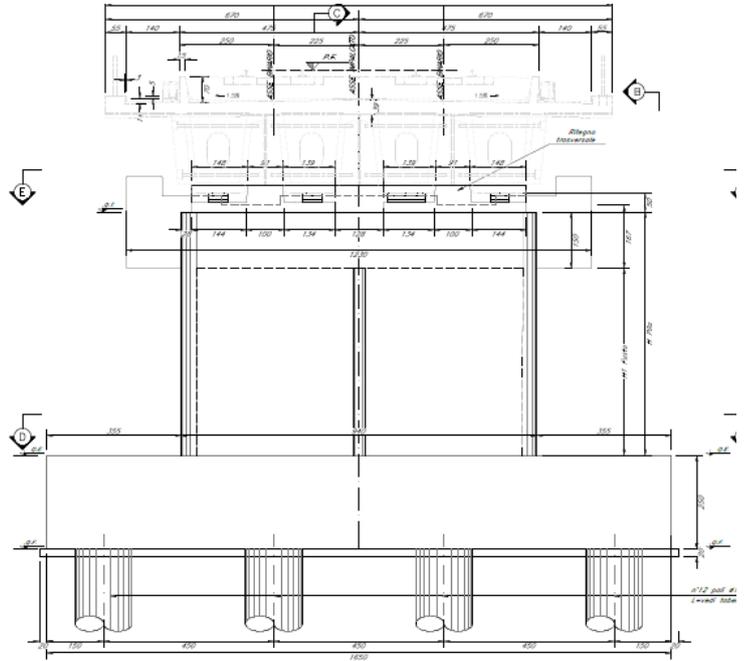


Figura 4-5: Sezione trasversale pila

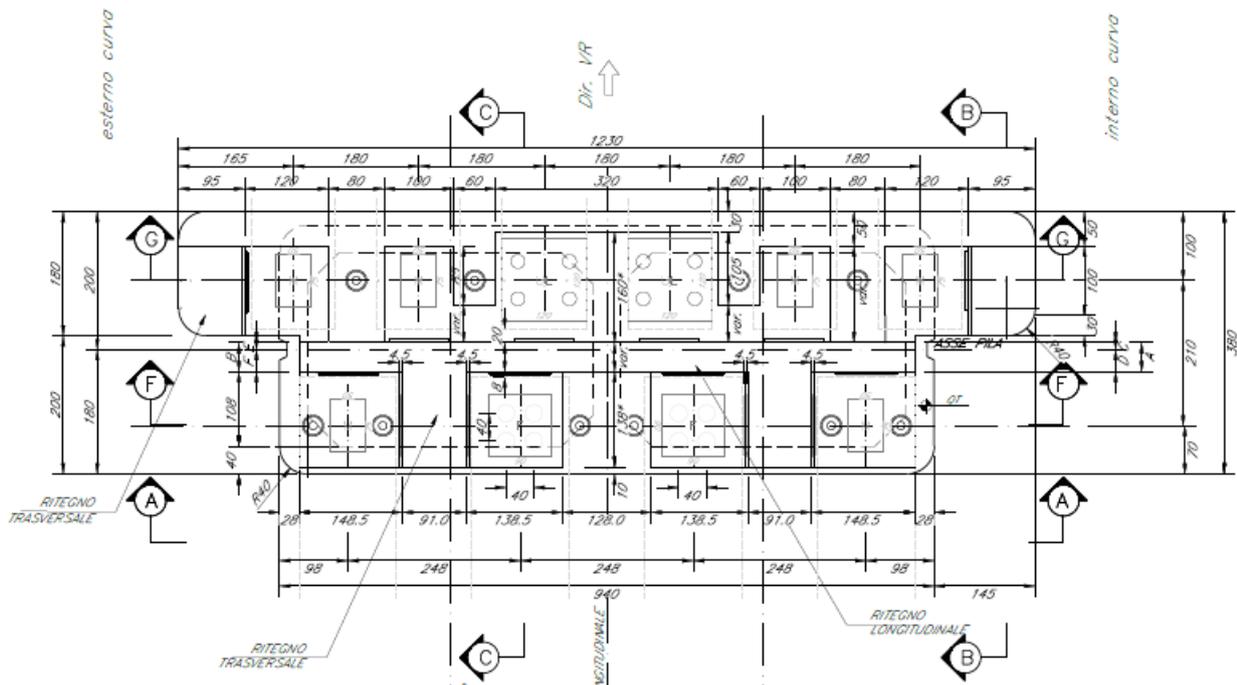


Figura 4-6: Pianta pulvino e schema appoggi (Allineamento fisso lato impalcato in Misto)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

4.3 Descrizione del pulvino di transizione Misto 4 travi - C.A.P.

Il pulvino di transizione Misto 4 travi - C.A.P. presenta un'altezza di 1.68 m lato impalcato in misto e di 2.20m lato impalcato in C.A.P. Ha una sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni in pianta pari a 3.8 m x 9.4 m, rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto. Lato impalcato in misto e in direzione trasversale, presenta inoltre due ulteriori sbalzi di lunghezza pari a 1.45 m ognuno.

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.

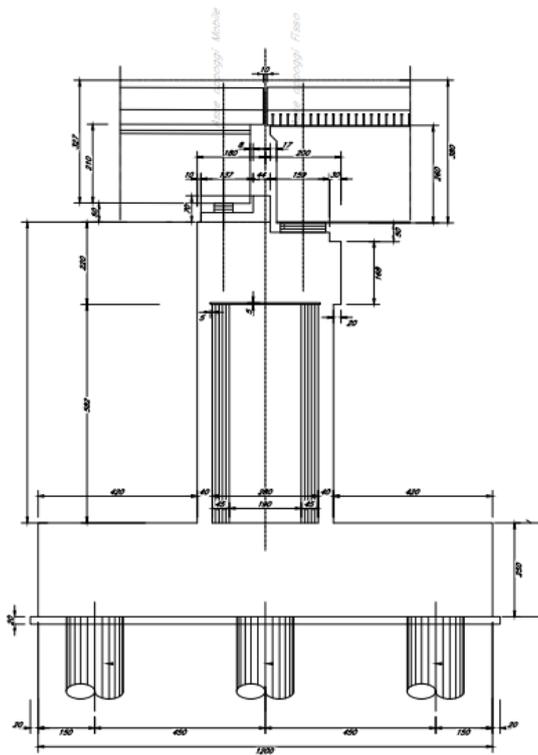


Figura 4-7: Sezione longitudinale pila

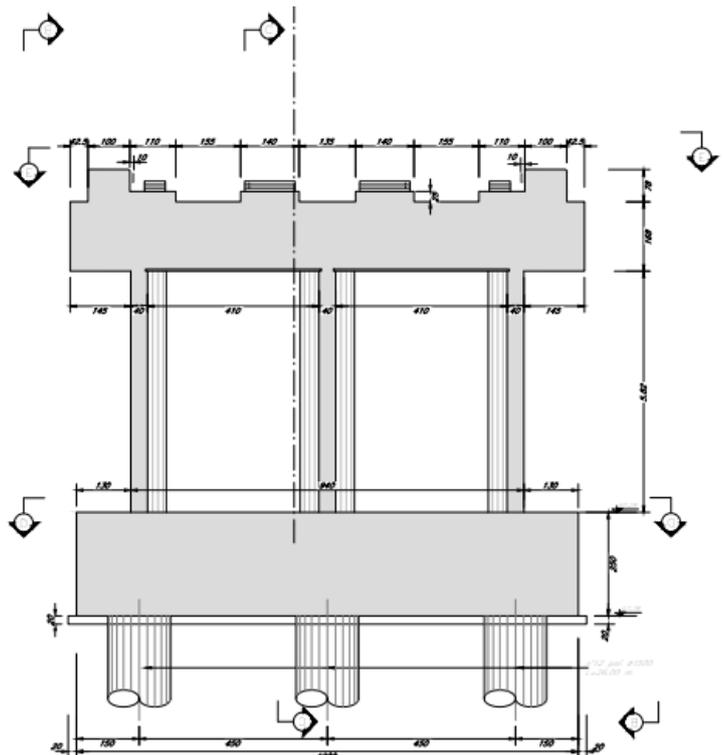


Figura 4-8: Sezione trasversale pila

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

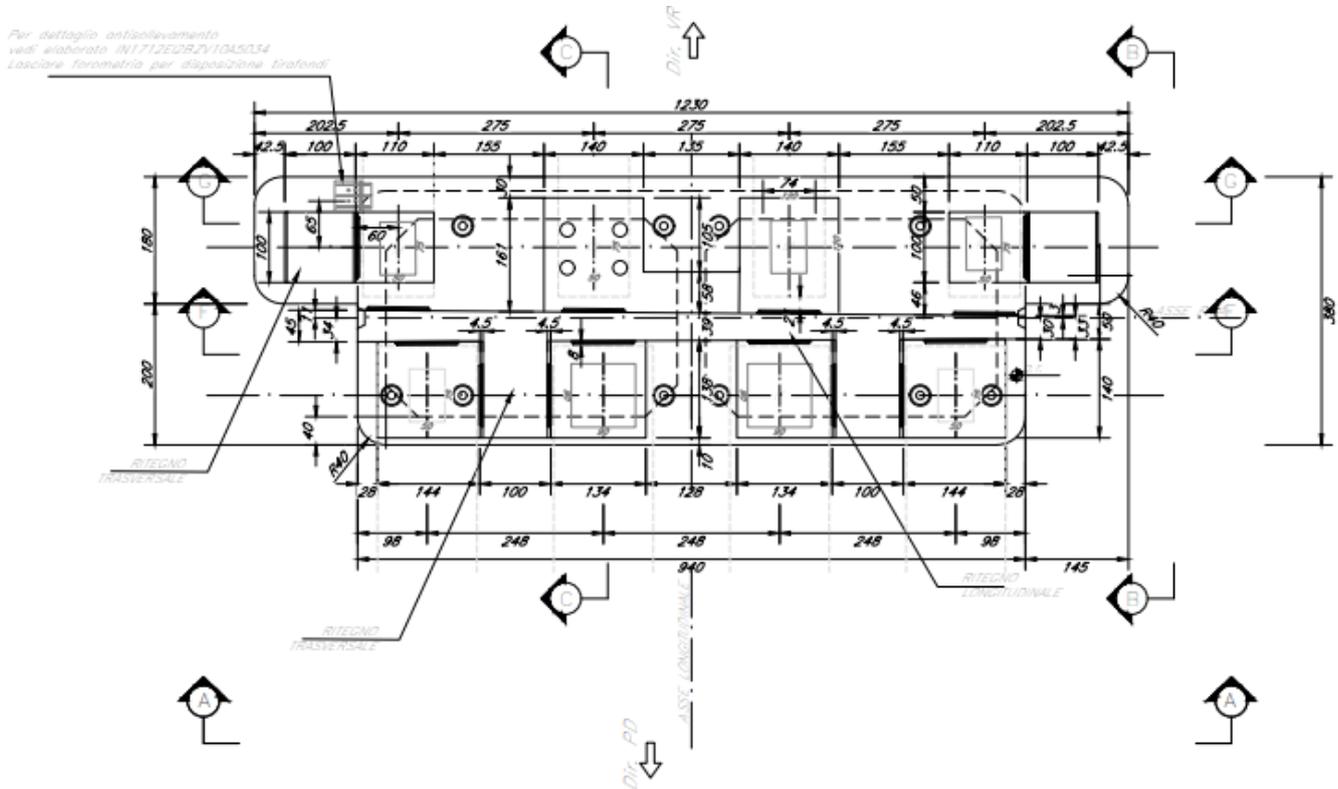


Figura 4-9: Pianta pulpino e schema appoggi (Allineamento fisso lato impalcato in Misto)

4.4 Descrizione del pulpino di transizione Travi Incorporate - C.A.P.

Il pulpino di transizione Travi Incorporate - C.A.P. presenta un'altezza di 2.85 m lato impalcato a travi incorporate e di 1.50 m lato impalcato in C.A.P. Ha una sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni in pianta pari a 3.8 m x 9.4 m, rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto. Lato impalcato a travi incorporate e in direzione trasversale, presenta inoltre due ulteriori sbalzi di lunghezza pari a 1.45 m ognuno.

Su ogni pulpino sono inoltre presenti due ritegni sismici longitudinali centrali e quattro trasversali laterali.

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

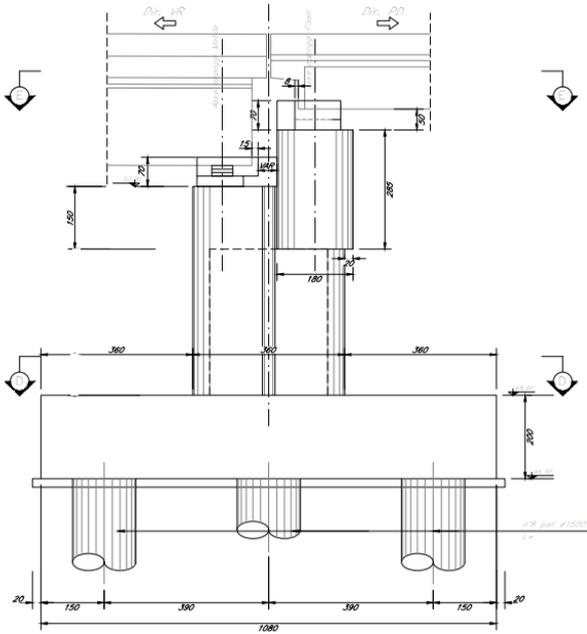


Figura 4-10: Sezione longitudinale pila

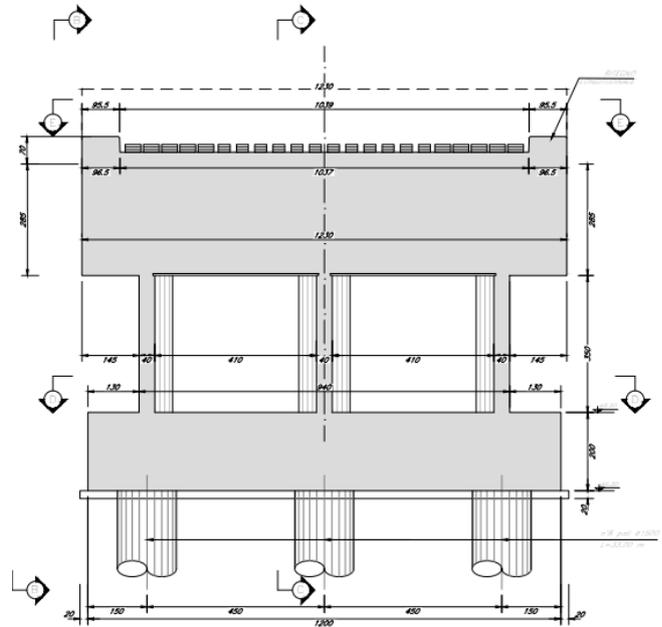
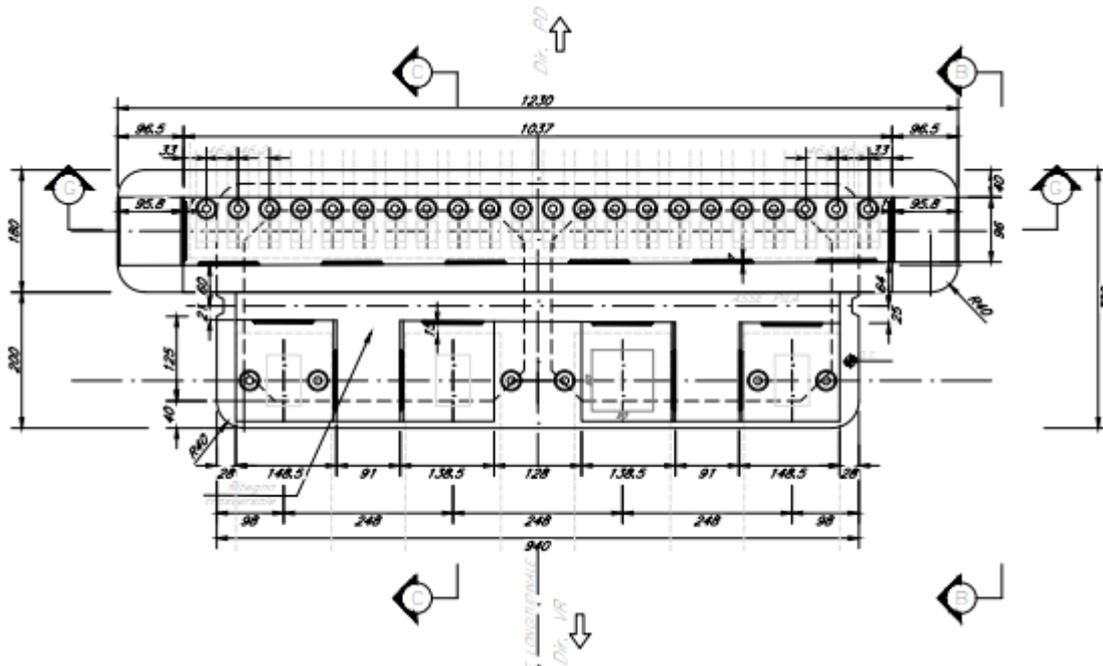


Figura 4-11: Sezione trasversale pila (lato Travi Incorporate)



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

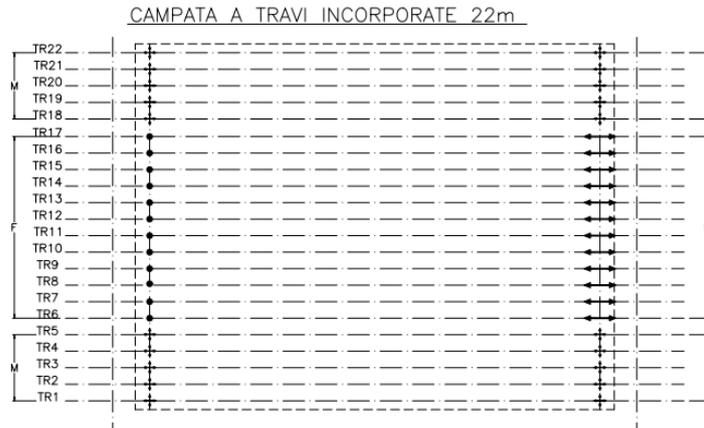


Figura 4-12: Pianta pulvino e schema appoggi

4.5 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  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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 IN1712EI2CLVI0504017;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi*: relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0504013;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi*: relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0504015;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate*: relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0504019.

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.

		Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.						Comb
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	
SLU	Treno 1	25333	1725	1250	1312	8373	0	A1_SLU_gr1_Treno_T1
		17305	144	1250	72	6419	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T1
		25333	3017	625	1959	5164	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1
		26086	1958	1747	2668	13100	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		18059	376	1747	1427	11145	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		26086	3250	1122	3314	9890	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		17900	388	828	2259	7877	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		17900	388	828	2259	7877	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		17900	388	828	2259	7877	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		17900	388	828	2259	7877	0	A1_SLU_vento_gr3_T1

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

		Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.							
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb	
		21857	960	750	750	5024	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1	
		17041	80	750	40	3851	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1	
		21857	1735	375	1138	3098	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1	
	Treno 2	21762	1596	1250	4798	8076	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2	
		17305	144	1250	72	6419	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2	
		21762	2889	625	5445	4867	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2	
		22515	1713	1702	5122	12407	0	A1_SLU_gr1+vento_T2	
		18059	260	1702	395	10750	0	A1_SLU_gr2+vento_T2	
		22515	3005	1077	5768	9198	0	A1_SLU_gr3+vento_T2	
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr1_T2	
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr2_T2	
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr3_T2	
		19715	914	750	2857	4846	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T2	
		17041	80	750	40	3851	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T2	
		19715	1689	375	3245	2920	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T2	
	Treno 3	21230	1577	1250	1087	17195	0	A1_SLU_gr1_Treno_T3	
		17305	144	1250	72	6419	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3	
		21230	2870	625	1733	13986	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3	
		21983	1694	1702	1411	21526	0	A1_SLU_gr1+vento_T3	
		18059	260	1702	395	10750	0	A1_SLU_gr2+vento_T3	
		21983	2986	1077	2057	18317	0	A1_SLU_gr3+vento_T3	
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr1_T3	
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr2_T3	
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr3_T3	
		19395	907	750	632	10317	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T3	
		17041	80	750	40	3851	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T3	
		19395	1682	375	1020	8391	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T3	
	SISMA SLV (q=1.5)	Treno 1	14181	5871	1600	2997	5243	0	E_103x_SLV_T1
			14181	1811	5334	967	16847	0	E_103y_SLV_T1
			17105	1811	1600	967	5243	0	E_103z_SLV_T1
Treno 2		13689	5861	1600	3482	5202	0	E_103x_SLV_T2	
		13689	1801	5334	1452	16806	0	E_103y_SLV_T2	
		16612	1801	1600	1452	5202	0	E_103z_SLV_T2	
Treno 3		13615	5859	1600	2971	6460	0	E_103x_SLV_T3	
		13615	1800	5334	941	18064	0	E_103y_SLV_T3	
		16539	1800	1600	941	6460	0	E_103z_SLV_T3	
RARA	Treno 1	17722	1091	862	856	5775	0	SLE_rar_gr1_Treno_T1	
		12186	67	862	34	4427	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T1	
		17722	1983	431	1302	3561	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1	
		18225	1169	1164	1072	8662	0	SLE_rar_gr1+vento_T1	
		12689	145	1164	249	7314	0	SLE_rar_gr2+vento_T1	
		18225	2060	733	1517	6449	0	SLE_rar_gr3+vento_T1	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr1_T1	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr2_T1	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr3_T1	
	Treno 2	15259	1032	862	3275	5570	0	SLE_rar_gr1_Treno_T2	
		12186	67	862	34	4427	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T2	
		15259	1924	431	3721	3356	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2	
		15762	1110	1164	3491	8457	0	SLE_rar_gr1+vento_T2	
		12689	145	1164	249	7314	0	SLE_rar_gr2+vento_T2	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021
			B

		Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.							
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb	
		15762	2001	733	3936	6244	0	SLE_rar_gr3+vento_T2	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr1_T2	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr2_T2	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr3_T2	
	Treno 3	14892	1023	862	718	11859	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3	
		12186	67	862	34	4427	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3	
		14892	1915	431	1163	9645	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3	
		15395	1101	1164	933	14746	0	SLE_rar_gr1+vento_T3	
		12689	145	1164	249	7314	0	SLE_rar_gr2+vento_T3	
		15395	1992	733	1379	12533	0	SLE_rar_gr3+vento_T3	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr1_T3	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr2_T3	
	12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr3_T3		
	SISMA SLD	Treno 1	13256	3689	953	1906	3230	0	E_103x_SLD_T1
			13256	1156	3176	640	10138	0	E_103y_SLD_T1
			14020	1156	953	640	3230	0	E_103z_SLD_T1
Treno 2		12763	3679	953	2391	3189	0	E_103x_SLD_T2	
		12763	1146	3176	1125	10097	0	E_103y_SLD_T2	
		13527	1146	953	1125	3189	0	E_103z_SLD_T2	
Treno 3		12690	3677	953	1880	4447	0	E_103x_SLD_T3	
		12690	1145	3176	614	11355	0	E_103y_SLD_T3	
		13454	1145	953	614	4447	0	E_103z_SLD_T3	
FESSURAZIONE	Treno 1	15325	1212	517	792	3465	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1	
		15828	1290	819	1008	6352	0	SLE_rar_gr4+vento_T1	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr4_T1	
	Treno 2	13848	1177	517	2244	3342	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2	
		14350	1254	819	2459	6229	0	SLE_rar_gr4+vento_T2	
		12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr4_T2	
Treno 3	13627	1171	517	709	7115	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3		
	14130	1249	819	925	10003	0	SLE_rar_gr4+vento_T3		
	12568	129	503	360	4812	0	SLE_rar_vento_gr4_T3		
Q.P.	Treno 1	11730	47	0	23	0	0	SLE_qp_T1	
	Treno 2	11730	47	0	23	0	0	SLE_qp_T2	
	Treno 3	11730	47	0	23	0	0	SLE_qp_T3	

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
SLU	Treno 1	30962	2112	1318	5263	9959	0	A1_SLU_gr1_Treno_T1
		20485	173	1318	3584	6796	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T1
		30962	3675	659	6044	6561	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1
		31942	2286	1907	6002	15652	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		21465	346	1907	4323	12490	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		31942	3848	1248	6783	12254	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		26419	1169	791	4411	5975	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi							
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb	
	Treno 2	20132	96	791	3449	4078	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1	
		26419	2107	395	4879	3936	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1	
		27296	1980	1318	10249	8996	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2	
		20485	173	1318	3584	6796	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2	
		27296	3543	659	11030	5598	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2	
		28276	2154	1907	10988	14689	0	A1_SLU_gr1+vento_T2	
		21465	346	1907	4323	12490	0	A1_SLU_gr2+vento_T2	
		28276	3716	1248	11770	11292	0	A1_SLU_gr3+vento_T2	
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr1_T2	
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr2_T2	
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr3_T2	
		24219	1122	791	7418	5397	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T2	
	20132	96	791	3449	4078	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T2		
	24219	2059	395	7887	3359	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T2		
	Treno 3	25733	1924	1318	4994	21201	0	A1_SLU_gr1_Treno_T3	
		20485	173	1318	3584	6796	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3	
		25733	3487	659	5775	17803	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3	
		26713	2098	1907	5733	26895	0	A1_SLU_gr1+vento_T3	
		21465	346	1907	4323	12490	0	A1_SLU_gr2+vento_T3	
		26713	3660	1248	6514	23497	0	A1_SLU_gr3+vento_T3	
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr1_T3	
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr2_T3	
		21236	289	982	4487	9490	0	A1_SLU_vento_gr3_T3	
		23281	1102	791	4272	12721	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T3	
		20132	96	791	3449	4078	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T3	
		23281	2039	395	4740	10682	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T3	
	SISMA SLV (q=1.5)	Treno 1	17044	9021	2205	4642	7643	0	E_103x_SLV_T1
			17044	2767	7352	1515	24459	0	E_103y_SLV_T1
			21047	2767	2205	1515	7643	0	E_103z_SLV_T1
		Treno 2	16538	9011	2205	5334	7510	0	E_103x_SLV_T2
16538			2757	7352	2207	24326	0	E_103y_SLV_T2	
20542			2757	2205	2207	7510	0	E_103z_SLV_T2	
Treno 3		16322	9007	2205	4611	9194	0	E_103x_SLV_T3	
		16322	2752	7352	1483	26010	0	E_103y_SLV_T3	
		20326	2752	2205	1483	9194	0	E_103z_SLV_T3	
RARA	Treno 1	21595	1332	909	3556	6868	0	SLE_rar_gr1_Treno_T1	
		14369	81	909	2442	4687	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T1	
		21595	2409	454	4095	4525	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1	
		22248	1447	1301	4049	10664	0	SLE_rar_gr1+vento_T1	
		15022	196	1301	2935	8483	0	SLE_rar_gr2+vento_T1	
		22248	2525	847	4588	8320	0	SLE_rar_gr3+vento_T1	
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr1_T1	
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr2_T1	
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr3_T1	
	Treno 2	19066	1271	909	7010	6204	0	SLE_rar_gr1_Treno_T2	
		14369	81	909	2442	4687	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T2	
		19066	2348	454	7549	3861	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2	
		19719	1386	1301	7503	10000	0	SLE_rar_gr1+vento_T2	
		15022	196	1301	2935	8483	0	SLE_rar_gr2+vento_T2	
		19719	2464	847	8042	7656	0	SLE_rar_gr3+vento_T2	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021
			B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr1_T2
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr2_T2
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr3_T2
	Treno 3	17989	1245	909	3392	14621	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3
		14369	81	909	2442	4687	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3
		17989	2323	454	3931	12278	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3
		18642	1361	1301	3885	18417	0	SLE_rar_gr1+vento_T3
		15022	196	1301	2935	8483	0	SLE_rar_gr2+vento_T3
		18642	2438	847	4424	16074	0	SLE_rar_gr3+vento_T3
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr1_T3
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr2_T3
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr3_T3
SISMA SLD	Treno 1	15776	6080	1493	3171	5315	0	E_103x_SLD_T1
		15776	1884	4977	1073	16699	0	E_103y_SLD_T1
		16823	1884	1493	1073	5315	0	E_103z_SLD_T1
	Treno 2	15271	6070	1493	3863	5182	0	E_103x_SLD_T2
		15271	1874	4977	1765	16566	0	E_103y_SLD_T2
		16317	1874	1493	1765	5182	0	E_103z_SLD_T2
	Treno 3	15055	6066	1493	3140	6866	0	E_103x_SLD_T3
		15055	1870	4977	1042	18250	0	E_103y_SLD_T3
		16102	1870	1493	1042	6866	0	E_103z_SLD_T3
FESSURAZIONE	Treno 1	18461	1472	545	3364	4121	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1
		19114	1587	938	3857	7917	0	SLE_rar_gr4+vento_T1
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr4_T1
	Treno 2	16944	1435	545	5436	3722	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2
		17597	1551	938	5929	7518	0	SLE_rar_gr4+vento_T2
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr4_T2
	Treno 3	16298	1420	545	3265	8773	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3
		16951	1536	938	3758	12569	0	SLE_rar_gr4+vento_T3
		14850	193	654	3056	6326	0	SLE_rar_vento_gr4_T3
Q.P.	Treno 1	13761	55	0	2262	0	0	SLE_qp_T1
	Treno 2	13761	55	0	2262	0	0	SLE_qp_T2
	Treno 3	13761	55	0	2262	0	0	SLE_qp_T3

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
SLU	Treno 1	30673	2110	1318	4943	10657	0	A1_SLU_gr1_Treno_T1
		20195	171	1318	3265	7494	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T1
		30673	3673	659	5725	6910	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1
		31653	2280	1937	5646	16584	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		21175	340	1937	3967	13422	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		31653	3842	1278	6427	12837	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		20947	282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		20947	282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		20947	282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		26129	1168	791	4092	6394	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1
		19843	95	791	3130	4497	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1
		26129	2105	395	4560	4146	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1
	Treno 2	27006	1978	1318	9930	9694	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi							
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	T _{or}	Comb	
		20195	171	1318	3265	7494	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2	
		27006	3541	659	10711	5947	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2	
		27986	2148	1937	10632	15621	0	A1_SLU_gr1+vento_T2	
		21175	340	1937	3967	13422	0	A1_SLU_gr2+vento_T2	
		27986	3710	1278	11413	11874	0	A1_SLU_gr3+vento_T2	
		20947	282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr1_T2	
		20947	282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr2_T2	
		20947	282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr3_T2	
		23929	1121	791	7099	5816	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T2	
		19843	95	791	3130	4497	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T2	
		23929	2058	395	7568	3568	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T2	
		Treno 3	25444	1922	1318	4674	21900	0	A1_SLU_gr1_Treno_T3
	20195		171	1318	3265	7494	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3	
	25444		3484	659	5455	18152	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3	
	26424		2091	1937	5377	27827	0	A1_SLU_gr1+vento_T3	
	21175		340	1937	3967	13422	0	A1_SLU_gr2+vento_T3	
	26424		3654	1278	6158	24080	0	A1_SLU_gr3+vento_T3	
	20947		282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr1_T3	
	20947		282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr2_T3	
	20947		282	1031	4108	9879	0	A1_SLU_vento_gr3_T3	
	22992		1100	791	3953	13140	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T3	
	19843		95	791	3130	4497	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T3	
	22992		2038	395	4421	10891	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T3	
	SISMA SLV (q=1.5)		Treno 1	16845	8807	2218	4535	8889	0
		16845		2702	7393	1482	28611	0	E_103y_SLV_T1
20887		2702		2218	1482	8889	0	E_103z_SLV_T1	
Treno 2		16340	8797	2218	5226	8756	0	E_103x_SLV_T2	
		16340	2692	7393	2174	28478	0	E_103y_SLV_T2	
		20381	2692	2218	2174	8756	0	E_103z_SLV_T2	
Treno 3		16124	8792	2218	4503	10439	0	E_103x_SLV_T3	
		16124	2687	7393	1451	30161	0	E_103y_SLV_T3	
		20166	2687	2218	1451	10439	0	E_103z_SLV_T3	
RARA	Treno 1	21380	1331	909	3320	7350	0	SLE_rar_gr1_Treno_T1	
		14155	80	909	2205	5168	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T1	
		21380	2408	454	3858	4765	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1	
		22034	1443	1321	3788	11301	0	SLE_rar_gr1+vento_T1	
		14808	192	1321	2674	9120	0	SLE_rar_gr2+vento_T1	
		22034	2521	867	4327	8717	0	SLE_rar_gr3+vento_T1	
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr1_T1	
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr2_T1	
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr3_T1	
	Treno 2	18852	1270	909	6774	6686	0	SLE_rar_gr1_Treno_T2	
		14155	80	909	2205	5168	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T2	
		18852	2347	454	7312	4101	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2	
		19505	1383	1321	7242	10637	0	SLE_rar_gr1+vento_T2	
		14808	192	1321	2674	9120	0	SLE_rar_gr2+vento_T2	
		19505	2460	867	7781	8053	0	SLE_rar_gr3+vento_T2	
14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr1_T2			
14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr2_T2			
14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr3_T2			

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021
			B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
	Treno 3	17774	1244	909	3156	15103	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3
		14155	80	909	2205	5168	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3
		17774	2321	454	3694	12519	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3
		18427	1357	1321	3624	19055	0	SLE_rar_gr1+vento_T3
		14808	192	1321	2674	9120	0	SLE_rar_gr2+vento_T3
		18427	2434	867	4163	16470	0	SLE_rar_gr3+vento_T3
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr1_T3
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr2_T3
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr3_T3
SISMA SLD	Treno 1	15566	5936	1517	3099	6217	0	E_103x_SLD_T1
		15566	1841	5057	1052	19705	0	E_103y_SLD_T1
		16623	1841	1517	1052	6217	0	E_103z_SLD_T1
	Treno 2	15060	5926	1517	3791	6084	0	E_103x_SLD_T2
		15060	1830	5057	1743	19573	0	E_103y_SLD_T2
		16117	1830	1517	1743	6084	0	E_103z_SLD_T2
	Treno 3	14845	5921	1517	3068	7768	0	E_103x_SLD_T3
		14845	1826	5057	1020	21256	0	E_103y_SLD_T3
		15901	1826	1517	1020	7768	0	E_103z_SLD_T3
FESSURAZIONE	Treno 1	18247	1471	545	3127	4410	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1
		18900	1584	958	3596	8361	0	SLE_rar_gr4+vento_T1
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr4_T1
	Treno 2	16730	1434	545	5200	4011	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2
		17383	1547	958	5668	7963	0	SLE_rar_gr4+vento_T2
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr4_T2
	Treno 3	16083	1419	545	3029	9062	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3
		16736	1532	958	3497	13013	0	SLE_rar_gr4+vento_T3
		14635	188	688	2779	6586	0	SLE_rar_vento_gr4_T3
Q.P.	Treno 1	13547	54	0	2025	0	0	SLE_qp_T1
	Treno 2	13547	54	0	2025	0	0	SLE_qp_T2
	Treno 3	13547	54	0	2025	0	0	SLE_qp_T3

		Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
SLU	Treno 1	25490	1721	1224	3695	8317	0	A1_SLU_gr1_Treno_T1
		17613	145	1224	2625	6278	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T1
		25490	3013	612	4341	5178	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1
		26199	1968	1669	5233	12612	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		18321	392	1669	4164	10573	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		26199	3260	1057	5879	9474	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		22092	959	735	3182	4990	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1
		17366	81	735	2574	3767	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1
		22092	1734	367	3570	3107	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1
	Treno 2	22269	1605	1224	7425	7870	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2
		17613	145	1224	2625	6278	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2
		22269	2897	612	8072	4731	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2
		22977	1852	1669	8964	12166	0	A1_SLU_gr1+vento_T2

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
		18321	392	1669	4164	10573	0	A1_SLU_gr2+vento_T2
		22977	3144	1057	9610	9027	0	A1_SLU_gr3+vento_T2
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr1_T2
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr2_T2
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr3_T2
		20159	917	735	5434	4722	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T2
		17366	81	735	2574	3767	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T2
		20159	1693	367	5822	2839	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T2
	Treno 3	21507	1577	1224	3346	16881	0	A1_SLU_gr1_Treno_T3
		17613	145	1224	2625	6278	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3
		21507	2869	612	3992	13742	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3
		22216	1825	1669	4885	21176	0	A1_SLU_gr1+vento_T3
		18321	392	1669	4164	10573	0	A1_SLU_gr2+vento_T3
		22216	3117	1057	5531	18037	0	A1_SLU_gr3+vento_T3
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr1_T3
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr2_T3
		18176	412	741	5069	7159	0	A1_SLU_vento_gr3_T3
		19702	907	735	2990	10128	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T3
		17366	81	735	2574	3767	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T3
		19702	1683	367	3378	8245	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T3
SISMA SLV (q=1.5)	Treno 1	14914	6979	1980	3535	6434	0	E_103x_SLV_T1
		14914	2144	6600	1117	20789	0	E_103y_SLV_T1
		18837	2144	1980	1117	6434	0	E_103z_SLV_T1
	Treno 2	14470	6970	1980	4053	6372	0	E_103x_SLV_T2
		14470	2135	6600	1635	20728	0	E_103y_SLV_T2
		18393	2135	1980	1635	6372	0	E_103z_SLV_T2
	Treno 3	14365	6968	1980	3491	7615	0	E_103x_SLV_T3
		14365	2133	6600	1074	21971	0	E_103y_SLV_T3
		18288	2133	1980	1074	7615	0	E_103z_SLV_T3
RARA	Treno 1	17920	1090	844	2549	5736	0	SLE_rar_gr1_Treno_T1
		12488	68	844	1844	4329	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T1
		17920	1981	422	2995	3571	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1
		18393	1255	1141	3575	8599	0	SLE_rar_gr1+vento_T1
		12960	233	1141	2870	7193	0	SLE_rar_gr2+vento_T1
		18393	2146	719	4020	6435	0	SLE_rar_gr3+vento_T1
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr1_T1
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr2_T1
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr3_T1
	Treno 2	15698	1036	844	5135	5427	0	SLE_rar_gr1_Treno_T2
		12488	68	844	1844	4329	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T2
		15698	1928	422	5581	3263	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2
		16171	1201	1141	6161	8291	0	SLE_rar_gr1+vento_T2
		12960	233	1141	2870	7193	0	SLE_rar_gr2+vento_T2
		16171	2093	719	6607	6127	0	SLE_rar_gr3+vento_T2
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr1_T2
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr2_T2
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr3_T2
	Treno 3	15173	1024	844	2325	11642	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3
		12488	68	844	1844	4329	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3
		15173	1915	422	2771	9477	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021
			B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate						
		N	T _{long}	T _{trasv}	M _{long}	M _{trasv}	Tor	Comb
		15646	1189	1141	3351	14506	0	SLE_rar_gr1+vento_T3
		12960	233	1141	2870	7193	0	SLE_rar_gr2+vento_T3
		15646	2080	719	3797	12341	0	SLE_rar_gr3+vento_T3
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr1_T3
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr2_T3
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr3_T3
SISMA SLD	Treno 1	13673	4705	1328	2398	4408	0	E_103x_SLD_T1
		13673	1462	4428	776	14038	0	E_103y_SLD_T1
		14698	1462	1328	776	4408	0	E_103z_SLD_T1
	Treno 2	13228	4696	1328	2916	4347	0	E_103x_SLD_T2
		13228	1453	4428	1294	13976	0	E_103y_SLD_T2
		14254	1453	1328	1294	4347	0	E_103z_SLD_T2
	Treno 3	13123	4694	1328	2354	5589	0	E_103x_SLD_T3
		13123	1451	4428	733	15219	0	E_103y_SLD_T3
		14149	1451	1328	733	5589	0	E_103z_SLD_T3
FESSURAZIONE	Treno 1	15577	1212	507	2519	3441	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1
		16049	1377	803	3545	6305	0	SLE_rar_gr4+vento_T1
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr4_T1
	Treno 2	14244	1180	507	4071	3256	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2
		14716	1345	803	5097	6120	0	SLE_rar_gr4+vento_T2
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr4_T2
	Treno 3	13929	1172	507	2385	6985	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3
		14401	1337	803	3411	9849	0	SLE_rar_gr4+vento_T3
		12849	275	494	3486	4773	0	SLE_rar_vento_gr4_T3
Q.P.	Treno 1	12062	48	0	1801	0	0	SLE_qp_T1
	Treno 2	12062	48	0	1801	0	0	SLE_qp_T2
	Treno 3	12062	48	0	1801	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  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

5.2 Ritegni sismici e baggioli

I ritegni sismici e i baggioli sono stati dimensionati e verificati considerando le reazioni degli impalcati come da modelli di calcolo, di seguito riportate. Sono state utilizzate le reazioni degli impalcati con intervalli 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	Lotto
		IN17	12
		Codifica	
		EI2CLVI0504021	B

Impalcato Misto 6 travi – L=40 m

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°1	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3808	-145	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2456	154	0	0	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°7	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3744	-84	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2446	166	0	0	

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°2	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	4265	894	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2193	916	0	0	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°8	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	4222	997	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2046	1070	0	0	

LATO FISSO FISSO APPOGGIO N°3	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3536	762	2203	1101
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2693	203	4481	4054	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°9	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3433	806	-	0
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2066	819	0	0	

LATO FISSO FISSO APPOGGIO N°4	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3602	780	2231	1101
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2275	621	4391	4071	

LATO MOBILE UNIDIREZIONALE APPOGGIO N°10	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3295	1073	-	1174
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
1774	1111	0	4956	

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°5	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	4257	925	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2293	816	0	0	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°11	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	4293	926	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2644	472	0	0	

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°6	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3691	-99	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2454	154	0	0	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°12	Combinazioni statiche SLU			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	3732	-86	-	-
	Combinazioni sismiche SLV			
	Nmax (KN)	Nmin (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
2837	-223	0	0	

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504021
				B

Impalcato Misto 4 travi – L=40 m

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°1	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5367	211	-	-
	SLV (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	3678	218	-	-

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°5	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5266	356	-	-
	SLV (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	3579	329	-	-

LATO FISSO FISSO APPOGGIO N°2	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	6028	1216	2373	-1150
	SLV, N max (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	3736	722	4220	-3883

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°6	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5858	1351	-	-
	SLV (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	3426	1020	-	-

LATO FISSO FISSO APPOGGIO N°3	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5940	1244	2450	1285
	SLV, N max (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	3736	725	4224	3836

LATO MOBILE UNIDIREZIONALE APPOGGIO N°7	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5801	1406	-	-1233
	SLV (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	3019	1426	-	-4735

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°4	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5275	358	-	-
	SLV (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	3675	219	-	-

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°8	SLU			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5357	347	-	-
	SLV (ξ=10%)			
	N _{max} [kN]	N _{min} [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	4411	-501	-	-

Impalcato Travi Incorporate – L=22 m

FISSI	Combinazioni statiche SLU			
	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	Vlong (kN)	Vtrasv (kN)
	685.3	269.8	189.5	46.6
	Combinazioni sismiche SLV			
	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	Vlong (kN)	Vtrasv (kN)
	434.1	191	730.2	355.6

UNIDIREZIONALI LONGITUDINALI	Combinazioni statiche SLU			
	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	Vlong (kN)	Vtrasv (kN)
	685.3	269.8	0	46.6
	Combinazioni sismiche SLV			
	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	Vlong (kN)	Vtrasv (kN)
	434.1	191	0	355.6

MULTIDIREZIONALI	Combinazioni statiche SLU			
	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	Vlong (kN)	Vtrasv (kN)
	727.4	219.7	0	0
	Combinazioni sismiche SLV			
	N _{max} (kN)	N _{min} (kN)	Vlong (kN)	Vtrasv (kN)
	451.6	154.9	0	0

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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. 3.3.

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	Nodo CCC
k_2	0.85	Nodo CCT
k_3	0.75	Nodo CTT

f_{cd}	18.13	MPa	
v'	0.872	MPa	
$\sigma_{1Rd,max}$	15.81	MPa	Nodo CCC
$\sigma_{2Rd,max}$	13.44	MPa	Nodo CCT
$\sigma_{3Rd,max}$	11.86	MPa	Nodo CTT

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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;

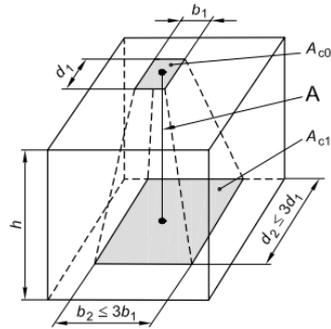
A_{c1} è la massima area di diffusione del carico utilizzata per il calcolo e che ha una forma ometetica a quella di A_{c0} .

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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.

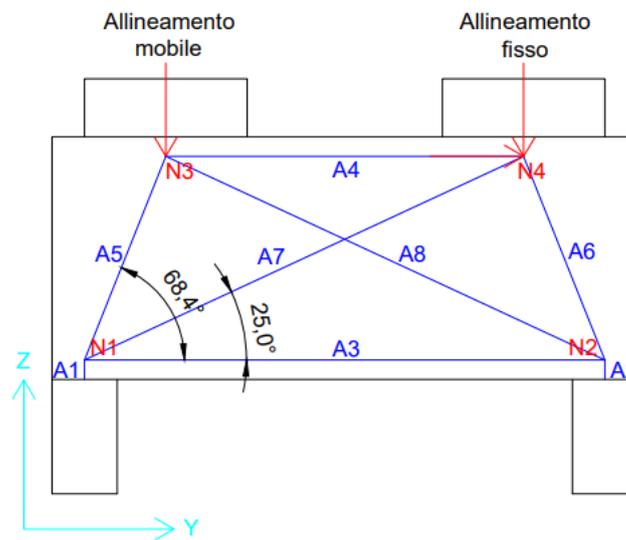


Figura 7-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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.

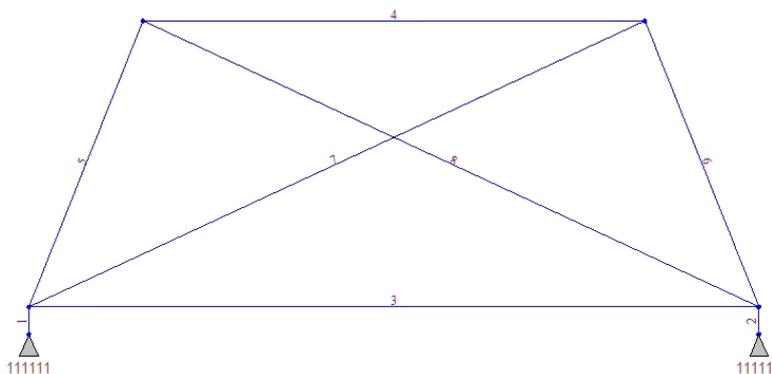


Figura 7-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

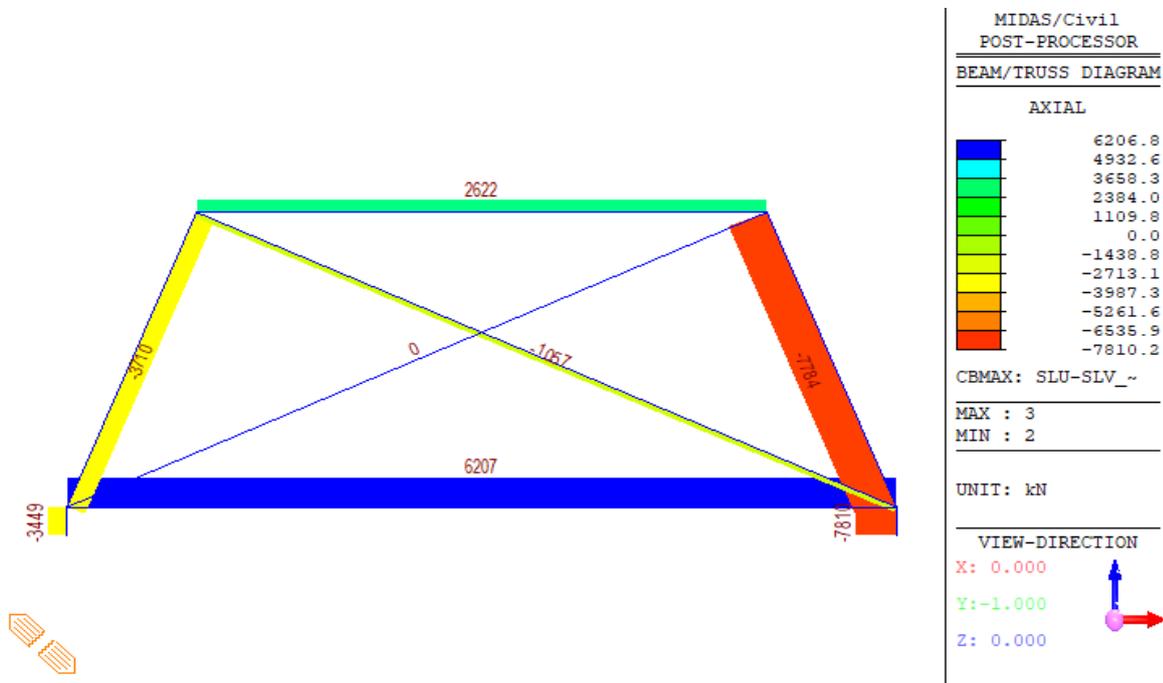


Figura 7-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

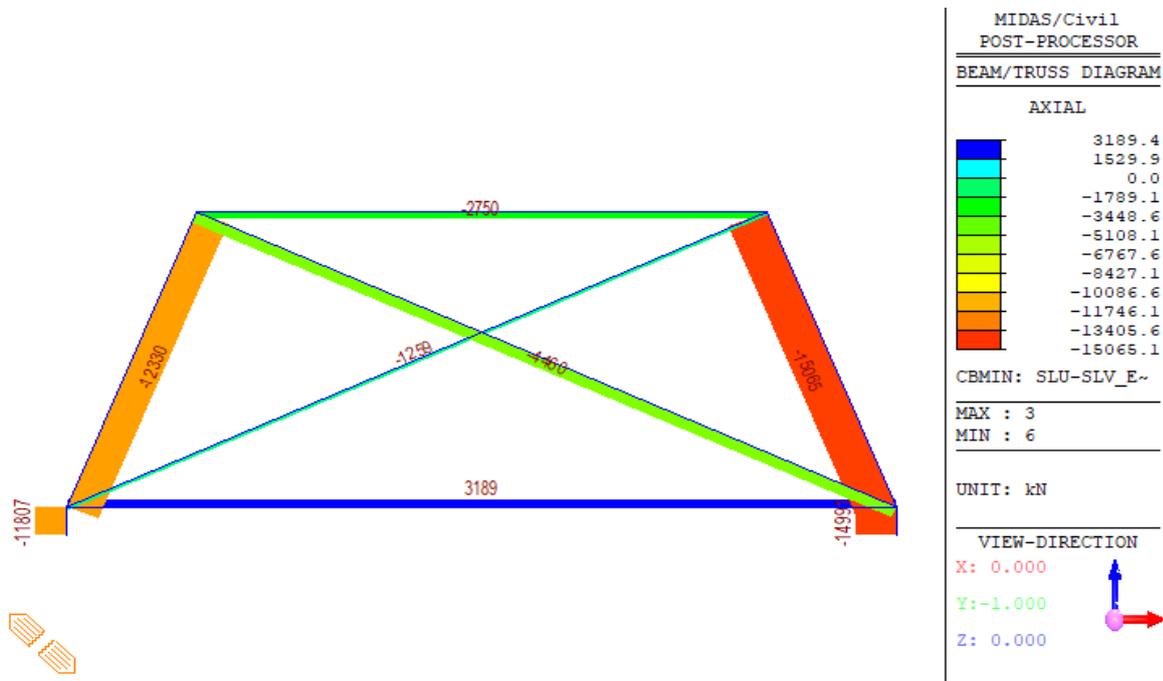


Figura 7-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

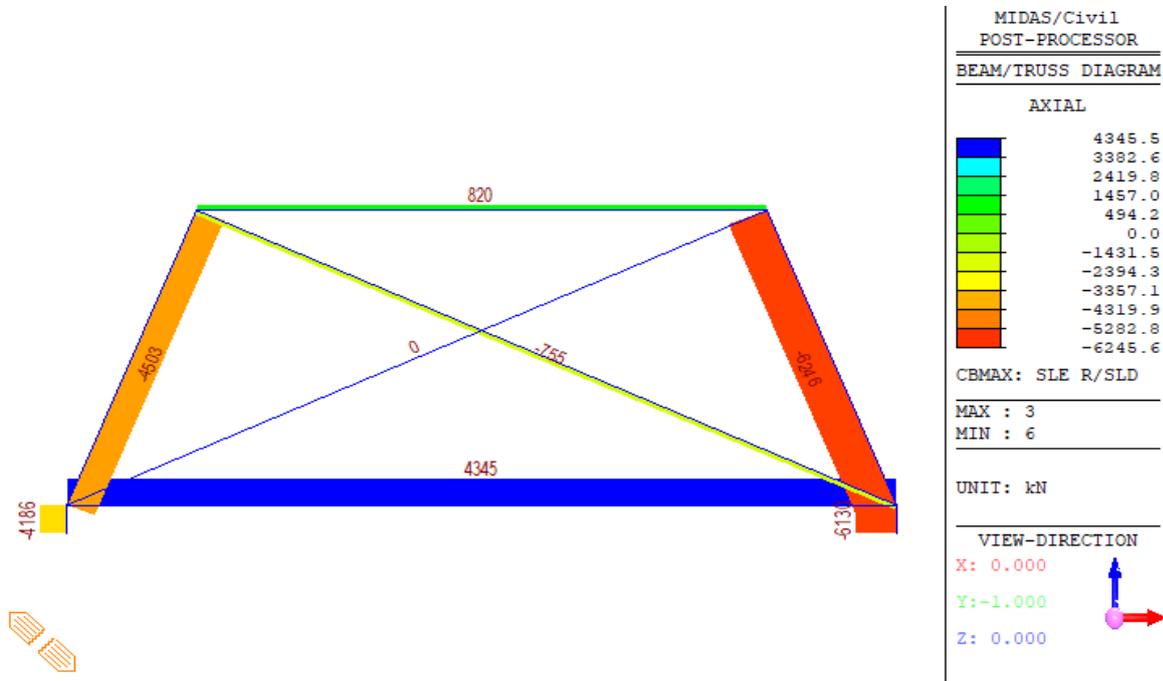


Figura 7-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

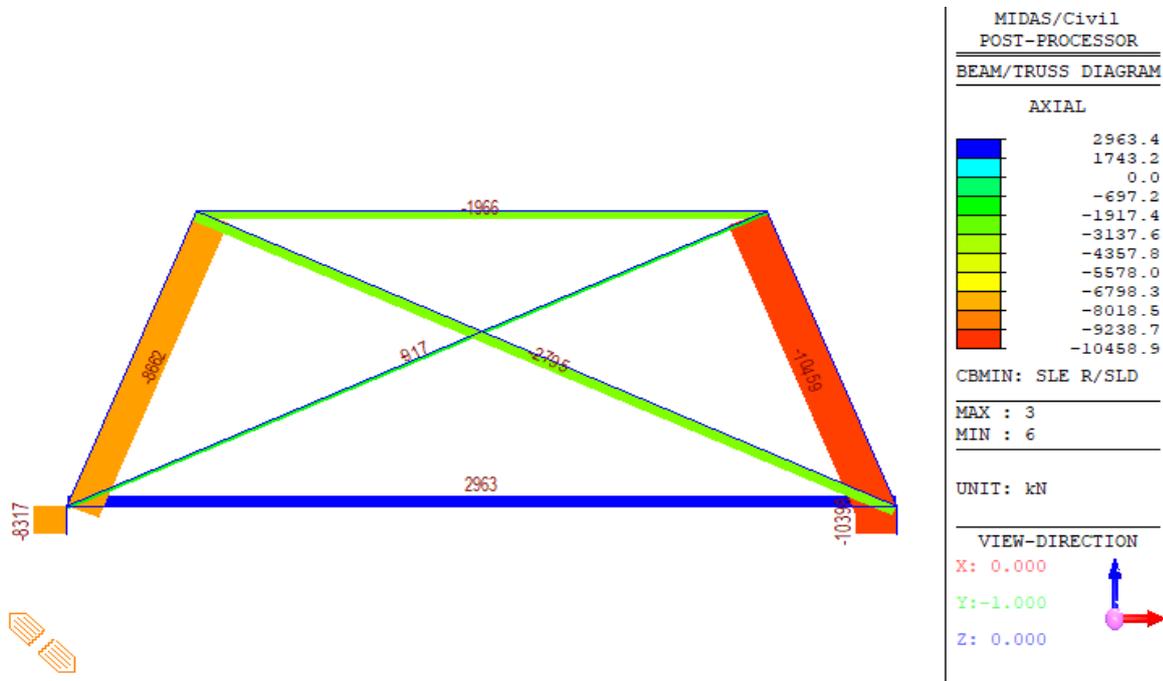


Figura 7-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Asta A3	6207	4345	3752	2854
Asta A4	2622	820	-	-

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	-2750	-1966	-1615	-1535
Asta A5	-12330	-8662	-7447	-5964
Asta A6	-15065	-10459	-8825	-6004

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  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

7.1.5 Verifica dei tiranti

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

7.1.5.1 Verifica SLU

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

f_{yd}	391.30	MPa	Tensione di snervamento di progetto
A_s	27646.02	mm ²	Area totale ferri
T_{rd}	10818.01	kN	Forza di trazione resistente
T_{ed}	6206.85	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	1.74		Fattore di sicurezza

Armatura longitudinale superiore: asta A4

f_{yd}	391.30	MPa	Tensione di snervamento di progetto
A_s	13823.01	mm ²	Area totale ferri
T_{rd}	5409.00	kN	Forza di trazione resistente
T_{ed}	2621.70	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	2.06		Fattore di sicurezza

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	Limite tensionale dell'acciaio
T_{ed}	4345.46	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
A_s	27646.02	mm ²	Area totale ferri
σ_s	157.13	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok		
Fs	2.15		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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}	3751.98	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
----------	---------	----	--

E_s	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	33345.8	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	135.7	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	1.617	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}	0.00039		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	0.159	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
w_{max}	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.26		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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}	-15065.06	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	3.71	MPa	Tensione di compressione agente
f _{cd}	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	2.56		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}	-10458.88	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ _c	2.57	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f _{ck}	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	6.84		Fattore di sicurezza

N _{ed}	-6004.19	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ _c	1.48	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f _{ck}	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	8.66		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	-15065.1	4063493.752	3.71	13.44	ok	3.62
A2	-14990.8	3760000	3.99	13.44	ok	3.37

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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 $k1=0.0001$ ed una rigidezza assiale incrementata di $k2=100000$. 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.

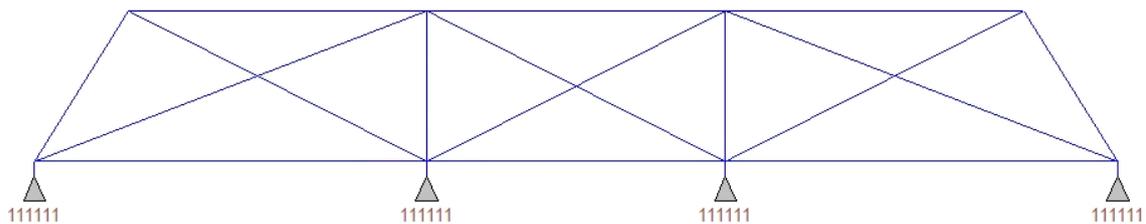


Figura 7-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

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.



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0504021

B

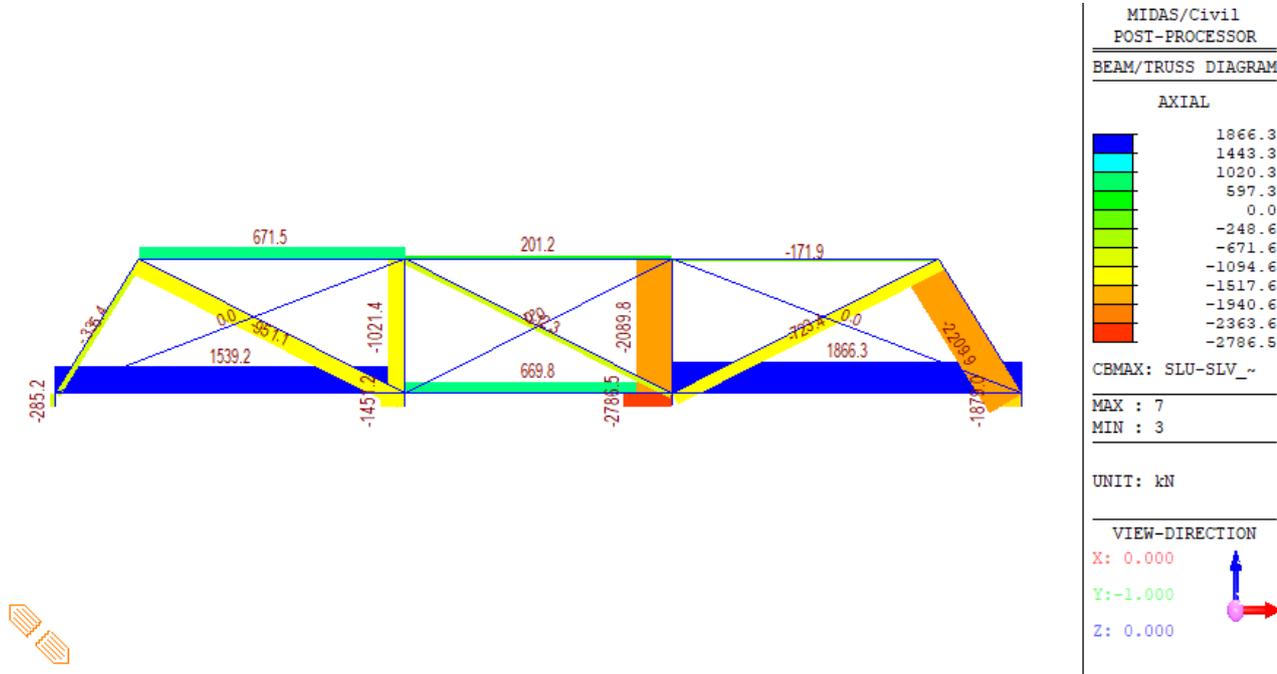


Figura 7-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

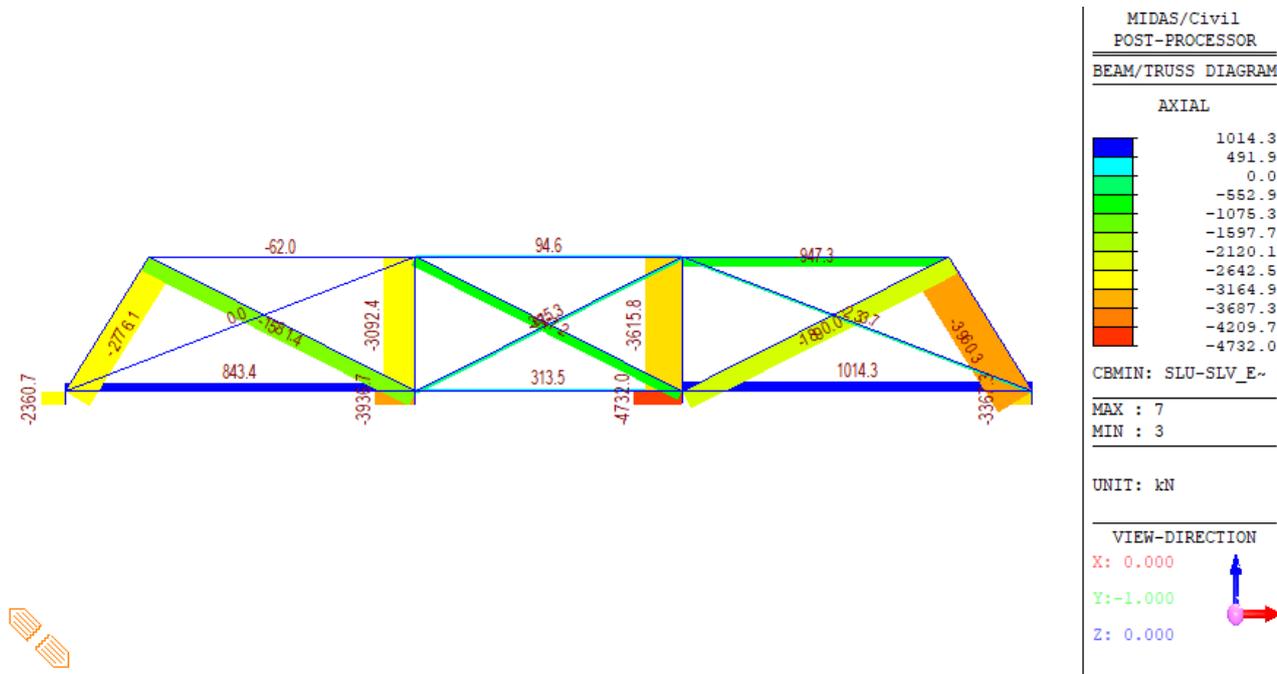


Figura 7-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

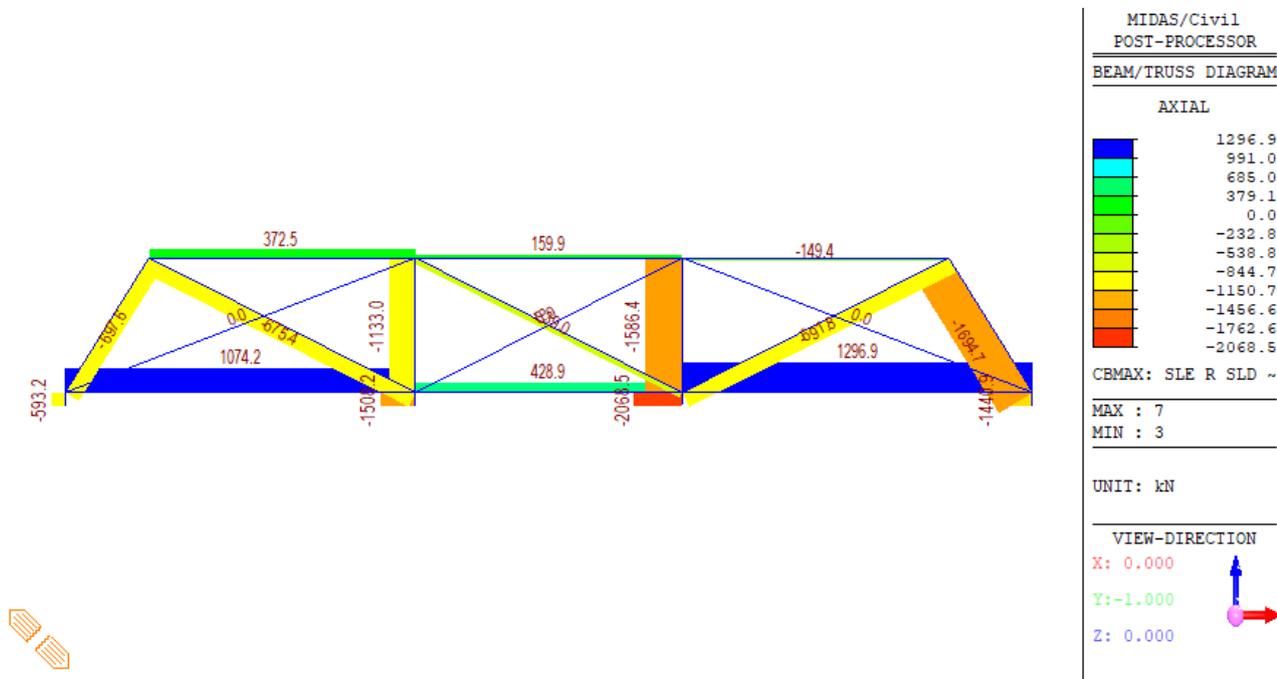


Figura 7-11: Sforzo assiale – Inviluppo SLE Rara/SLD (Max)

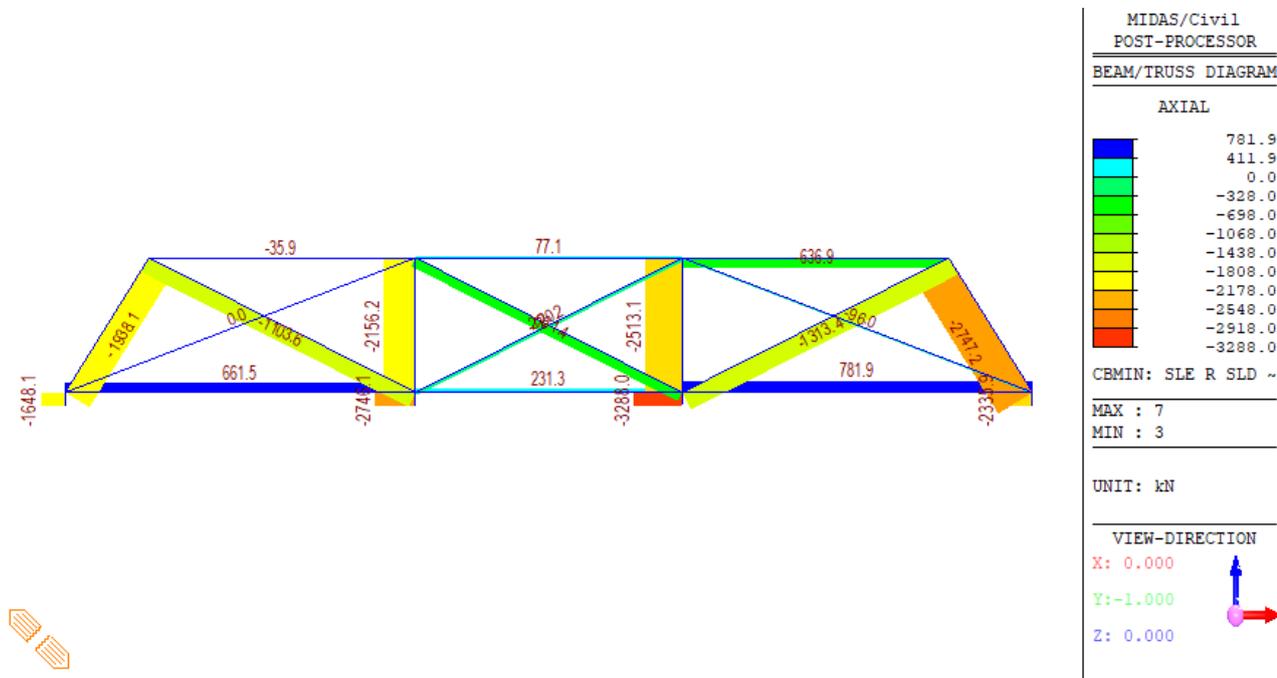


Figura 7-12: Sforzo assiale – Inviluppo SLE Rara/SLD (Min)

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di trazione massimi per il tirante inferiore e superiore per gli inviluppi 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 EI2CLVI0504021	B

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Tirante inferiore	1866	1297	1113	705
Tirante superiore	671	372	116	93

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di compressione massimi nei montanti per gli involuipi 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	-4732	-3286	-2815	-1799
Max Montanti A11-A12-A13-A14	-3960	-2747	-2316	-1393
Max Elementi Superiori A8-A9-A10	-947	-637	-222	-56

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 A_s	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 A_s	4071.50	mm ²

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504021
				B

7.2.5 Verifica dei tiranti

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

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}	1866.27	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	1.71		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}	671.5	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	2.37		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}	1296.95	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
A_s	8143.01	mm ²	Area totale ferri
σ_s	159.27	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok		
Fs	2.12		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

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}	1113.31	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
E_s	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	33345.8	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	136.7	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	0.00065		Deformazione barre inferiori
ϵ_2	0.00014		Deformazione barre superiori
k_2	0.60		Trazione eccentrica
k_3	3.4		
k_4	0.425		
c	0.05	m	Ricoprimento dell'armatura
ϕ	24	mm	Diametro armatura
Δ_{sm}	268.1	mm	Distanza media tra le fessure
w_k	0.178	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
w_{max}	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.12		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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).

N_{ed}	-4732.05	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	6.57	MPa	Tensione di compressione agente
f_{cd}	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}	-3287.99	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}	-1798.83	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ_c	2.50	MPa	Tensione di compressione agente
$0.40 f_{ck}$	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	5.12		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	-3960.31	809268.095	4.89	13.44	ok	2.75
A4	-3367.31	720000	4.68	13.44	ok	2.87

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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
A13	-3615.81	720000	5.02	13.44	ok	2.68
A3	-4732.05	720000	6.57	13.44	ok	2.05

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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 media nella direzione longitudinale del ponte di 0.55 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.

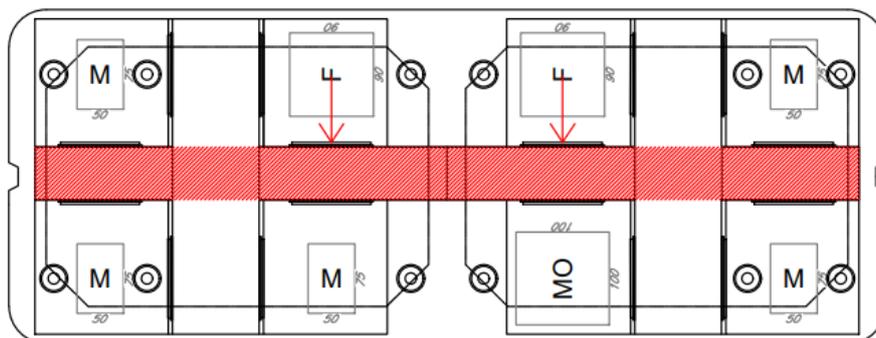


Figura 7-13: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

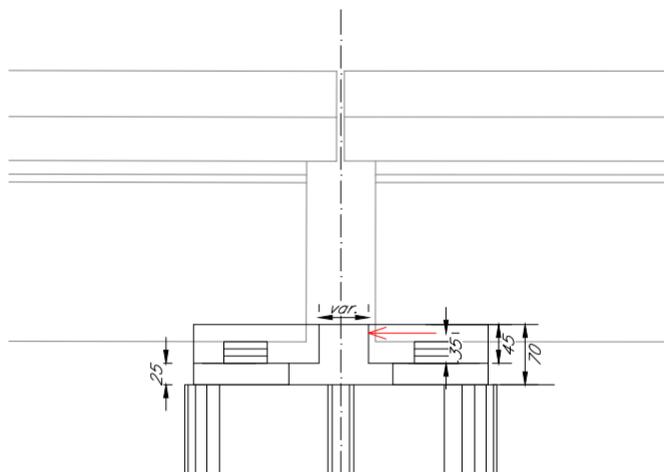


Figura 7-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	7026	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	550	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	490	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	441	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	448	mm
ctg ψ	λ	1.016	
Inclinazione puntone	ψ	0.778	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

Resistenza tirante	PRs	10648.97	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.52	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	23192.84	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	3.30	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	4862000	mm ²
As/Ac	ρ	0.011	
Resistenza di progetto	τ _{rd}	2.95	MPa
Tensione agente	τ _{ed}	1.45	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	2.04	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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.

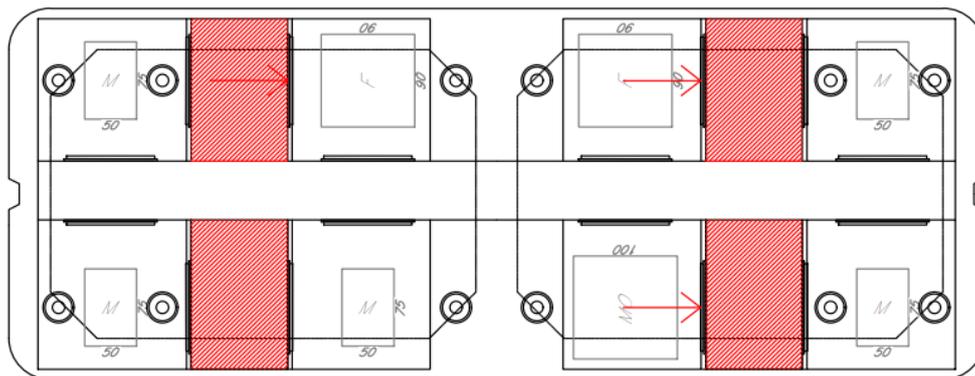


Figura 7-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

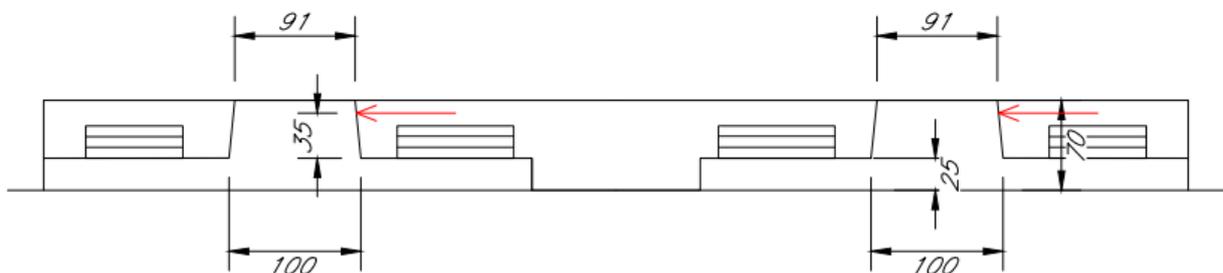


Figura 7-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

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	EI2CLVI0504021	B

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	EI2CLVI0504021	B

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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	fyd	391.30	MPa
Area totale ferri	As,tot	25484.6	mm ²
Resistenza a tranciamento	Vrd	5757.5	kN
Taglio agente	Ved	4092	kN
Verifica	Vrd>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.41	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

8 PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 6 TRAVI

8.1 Meccanismo in direzione longitudinale

8.1.1 Caratteristiche geometriche

Il sistema considerato di bielle compresse e bielle tese viene evidenziato nella figura di seguito riportata. A favore di sicurezza, il meccanismo tirante-puntone in direzione longitudinale viene schematizzato considerando l'altezza minima del pulvino di transizione, pari a 1.50 m.

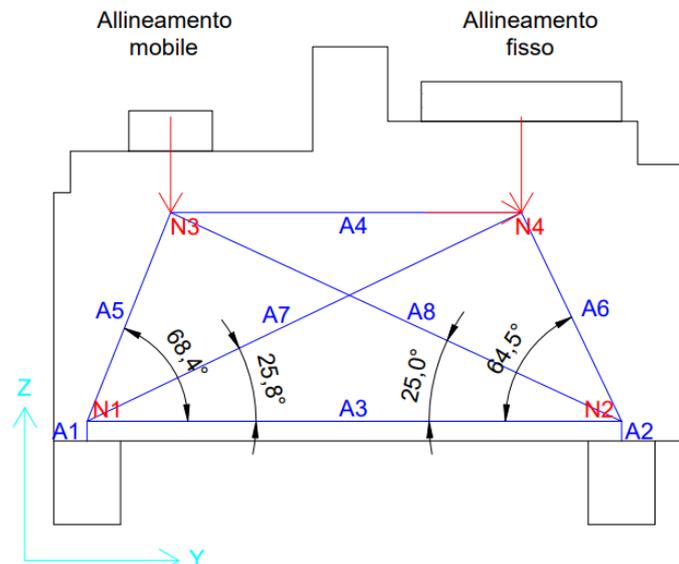


Figura 8-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

Altezza pulvino	H	1.50/1.67 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 impalcati)	D	2.1 m
Distanza longitudinale nodi 3-2	La	2.7 m
Distanza longitudinale nodi 1-3	Lb	0.5 m

8.1.2 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, in modo analogo a quanto descritto nel par. 7.1.2 per il pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

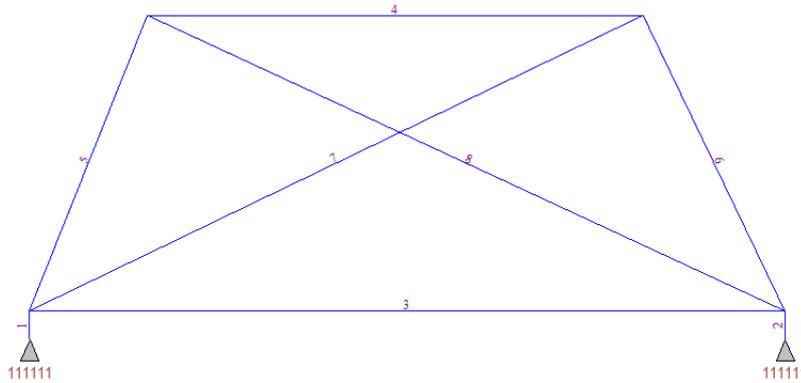


Figura 8-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

8.1.3 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.

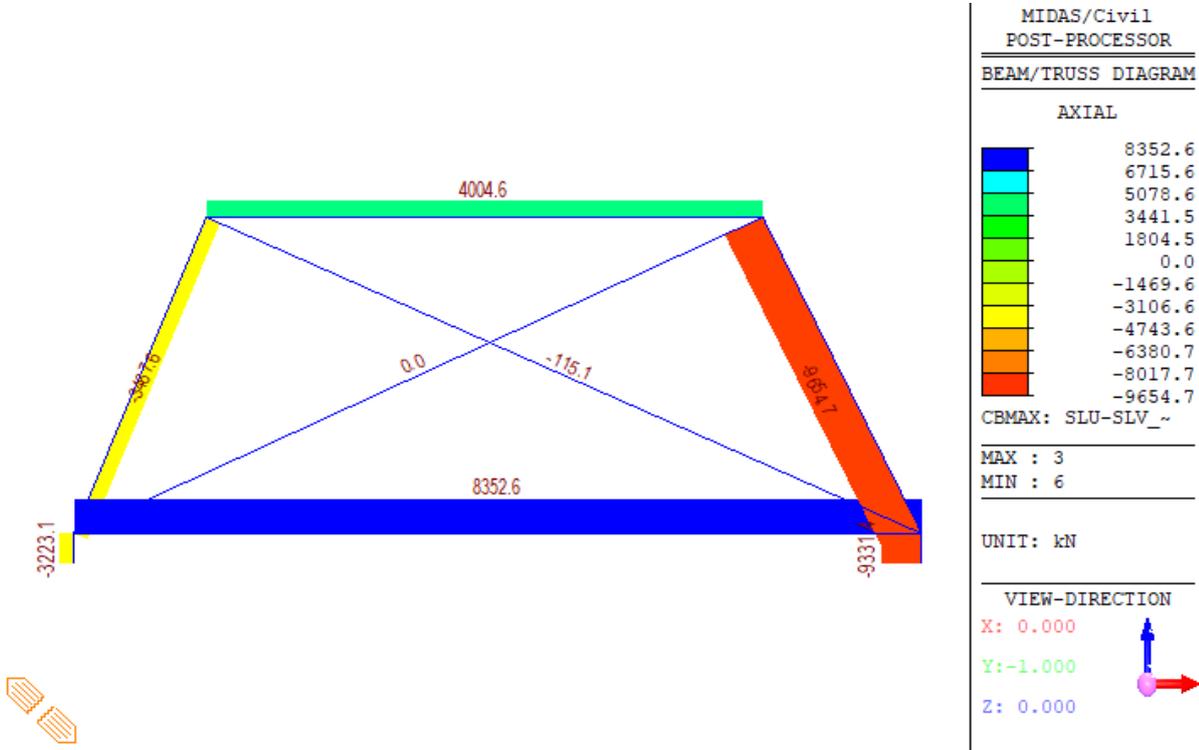


Figura 8-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

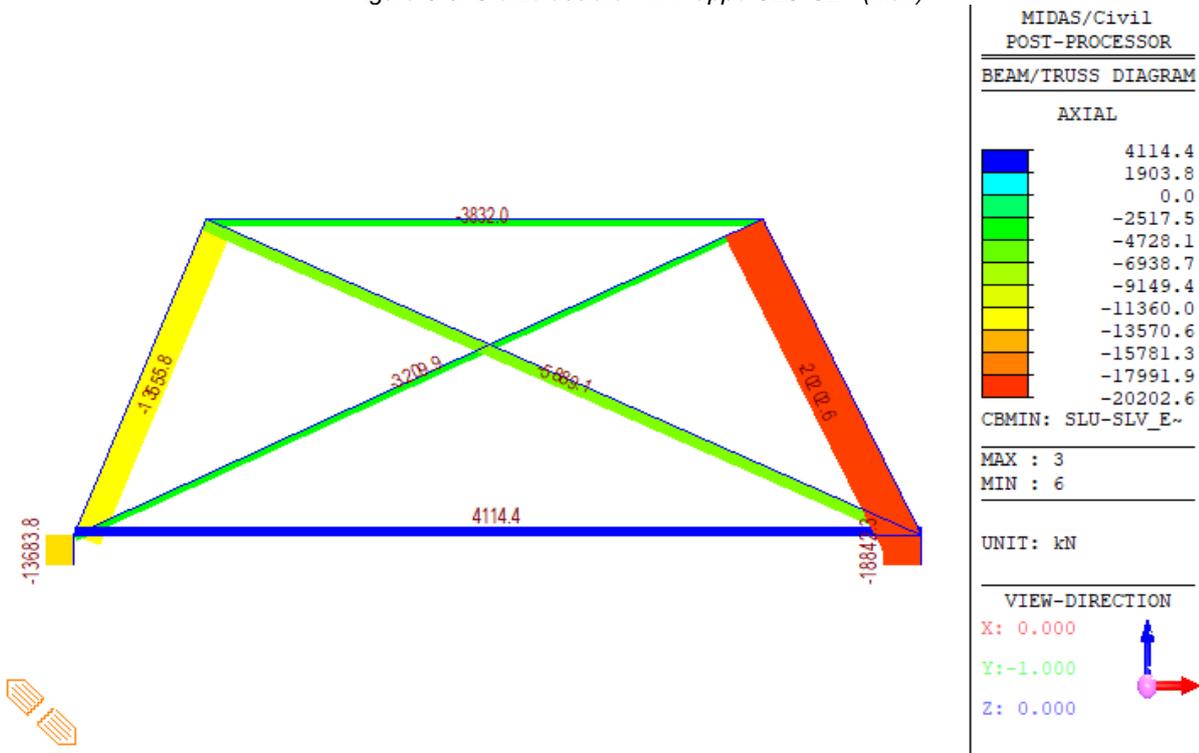


Figura 8-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

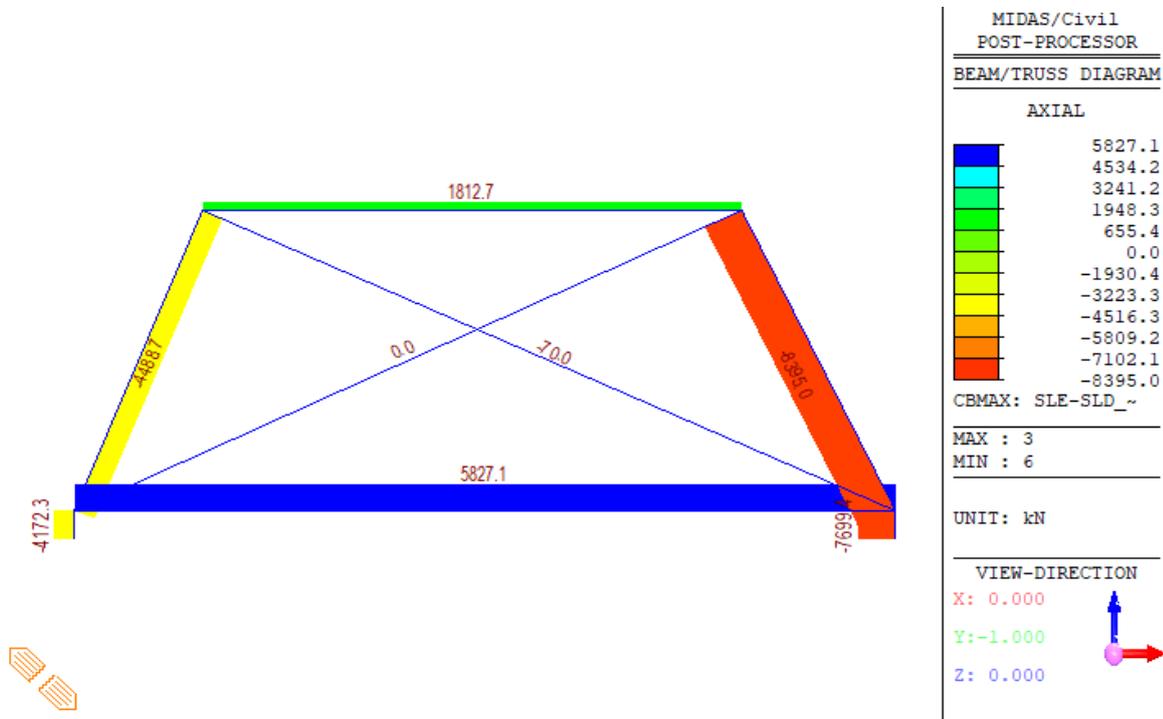


Figura 8-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

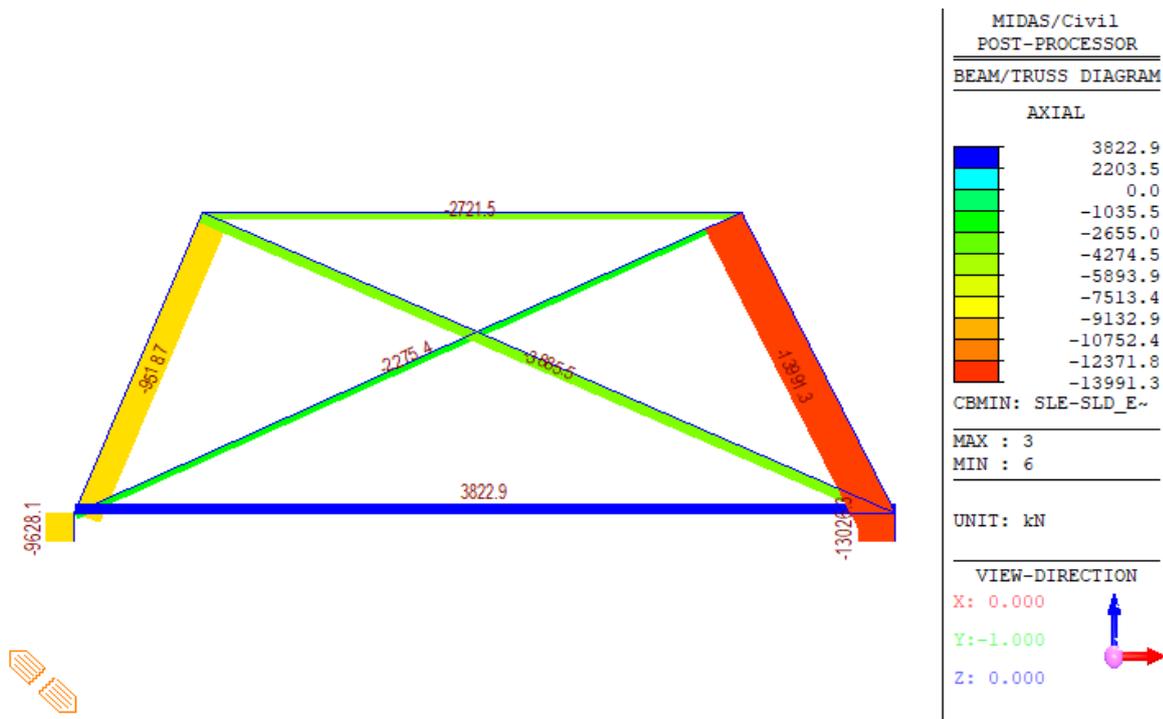


Figura 8-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di trazione 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 A3	8353	5827	4984	3663
Asta A4	4005	1813	-	-

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	-3832	-2721	-2214	-1985
Asta A5	-13556	-9519	-7969	-6065
Asta A6	-20203	-13991	-11787	-8003

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

8.1.4 **Armatura longitudinale**

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

Diametro ferro ϕ	24	20	mm
Passo s	200	200	mm
Numero di strati	1	1	
Numero di ferri per strato	44	44	
Area totale A_s	33728.14		mm ²

Armatura longitudinale superiore: asta A4

Diametro ferro ϕ	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	44	
Area totale A_s	19905.13	mm ²

8.1.5 **Verifica dei tiranti**

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

8.1.5.1 Verifica SLU

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	33728.14	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	13197.97	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	8352.61	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.58		<i>Fattore di sicurezza</i>

Armatura longitudinale superiore: asta A4

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	19905.13	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	7788.96	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	4004.57	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.95		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

8.1.5.2 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	Limite tensionale dell'acciaio
T_{ed}	5827.07	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
A_s	33728.14	mm ²	Area totale ferri
σ_s	172.77	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok	
F_s	1.95	Fattore di sicurezza

8.1.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

T_{ed}	4984.27	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
E_s	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	33345.8	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	33728.1	mm ²	Area di acciaio teso
σ_s	147.8	MPa	Tensione nell'armatura tesa
h	1.5	m	Altezza pulvino
b	9.4	m	Larghezza pulvino direzione trasversale
c^*	0.087	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
d	1.413	m	Altezza utile
$h_{c,ef}$	0.2175	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
$A_{c,eff}$	2.04	m ²	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	0.016		Rapporto geometrico d'armatura
ϵ_{sm}	0.00042		Deformazione unitaria media delle barre d'armatura

k_1	0.8		Barre ad aderenza migliorata
k_2	0.50		Flessione
k_3	3.4		
k_4	0.425		
c	0.05	m	Ricoprimento dell'armatura
ϕ	24	mm	Diametro armatura
Δ_{sm}	245.5	mm	Distanza media tra le fessure
w_k	0.176	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
w_{max}	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.14		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

8.1.6 Verifiche dei puntoni

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

8.1.6.1 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. 8.1.7. 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}	-20202.56	kN	Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)
a	435.008	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4089771.01	mm ²	Area puntone
σ _c	4.94	MPa	Tensione di compressione agente
f _{cd}	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	1.92		Fattore di sicurezza

8.1.6.2 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. 8.1.7.

a	435.08	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4089771.01	mm ²	Area puntone
N _{ed}	-8395.01	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ _c	2.05	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f _{ck}	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	8.57		Fattore di sicurezza

N _{ed}	-8002.68	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ _c	1.96	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f _{ck}	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	6.54		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

8.1.7 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
$\phi_{t,t}$	24	mm	Diametro tirante
c^*	62	mm	Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)
i_v	24	mm	Interferro verticale
s	48	mm	Distanza due strati di tiranti
u	172	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)
A6	1.13	435.08	9400	4089771
A8	0.44	324.93	9400	3054363.1
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	-20202.6	4089771.01	4.94	13.44	ok	2.72
A2	-18842.3	3760000	5.01	13.44	ok	2.68

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

8.1.8 Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale

Al di sotto del ritegno sismico trasversale lato impalcato in Misto, il pulvino presenta una mensola di dimensioni pari a 1.8m e 1.45m rispettivamente nelle direzioni longitudinale e trasversale del viadotto e un'altezza pari a quella del pulvino (1.67m).

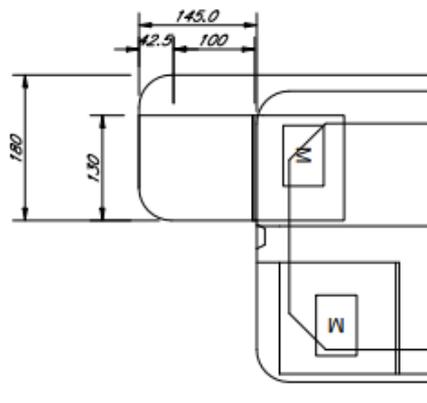


Figura 8-7: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato in Misto

Si deve prevedere due strati di $\phi 26/20$ aggiuntivo superiore, in grado di contrastare l'azione sismica proveniente dal ritegno trasversale lato impalcato in Misto, pari a 4956 kN, come si può dedurre dalle tabelle del par. 5.2.

T_{ed}	4956	kN	Taglio di progetto dal singolo ritegno trasversale Resistenza di calcolo acciaio
f_{yd}	391.30	MPa	

$A_{s,min}$	12665.33	mm ²	Area minima di acciaio necessaria
-------------	----------	-----------------	-----------------------------------

ϕ	24	mm	Diametro
n per fila	10		Numero di ferri per strato
n file	1		Numero di strati
ϕ	26	mm	Diametro
n per fila	10		Numero di ferri per strato
n file	2		Numero di strati
A_s	15142.48	mm ²	
F_s	1.20		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

8.2 Meccanismo in direzione trasversale

8.2.1 *Caratteristiche geometriche*

Il meccanismo trasversale lato impalcato in C.A.P. si considera implicitamente verificato, in quanto del tutto analogo a quello riportato al par. 7.2.

Invece, lato impalcato Misto 6 travi, il carico presente sul pulvino, mediante gli apparecchi d'appoggio, scarica direttamente all'interno del fusto pila, senza generare nessun particolare meccanismo tirante-puntone all'interno del pulvino.

Si prevede la medesima armatura trasversale presente sul lato del pulvino con impalcato in C.A.P.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

8.3 Ritegni sismici

8.3.1 Ritegno sismico longitudinale

Il ritegno sismico longitudinale lato impalcato in C.A.P. ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.63m, una larghezza media nella direzione longitudinale del ponte di 0.42 m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 8.84 m.

Il ritegno sismico longitudinale lato impalcato in Misto ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45m, una larghezza media nella direzione longitudinale del ponte di 0.40m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 8.84 m.

Il dimensionamento e la verifica del ritegno sismico longitudinale lato impalcato in C.A.P. sono stati condotti considerando l'allineamento fisso degli appoggi sotto l'impalcato in C.A.P. e considerando quindi come azione sollecitante quella riportata al par. 7.3.1, pari a 7026 kN.

Il dimensionamento e la verifica del ritegno sismico longitudinale lato impalcato in Misto sono stati condotti considerando l'allineamento fisso degli appoggi sotto l'impalcato in Misto 6 travi. L'azione sollecitante è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari al taglio complessivo in direzione longitudinale in combinazione sismica:

$$V_{Ed} = 4481 + 4391 = 8872 \text{ kN}$$

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

Nelle figure che seguono è riportata la geometria dei ritegni longitudinali e lo schema di applicazione delle forze sismiche.

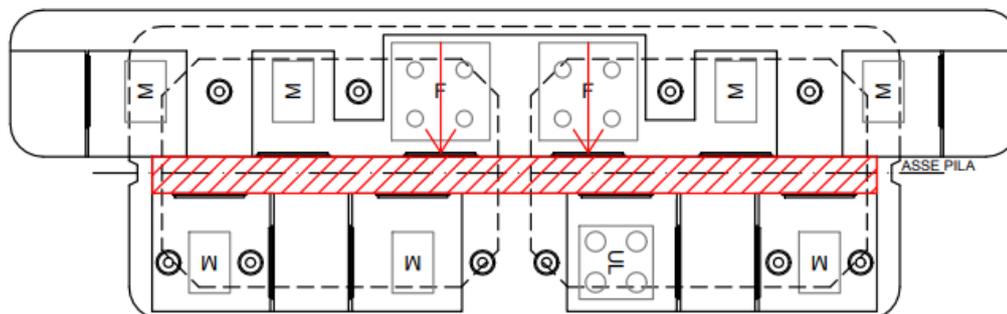


Figura 8-8: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

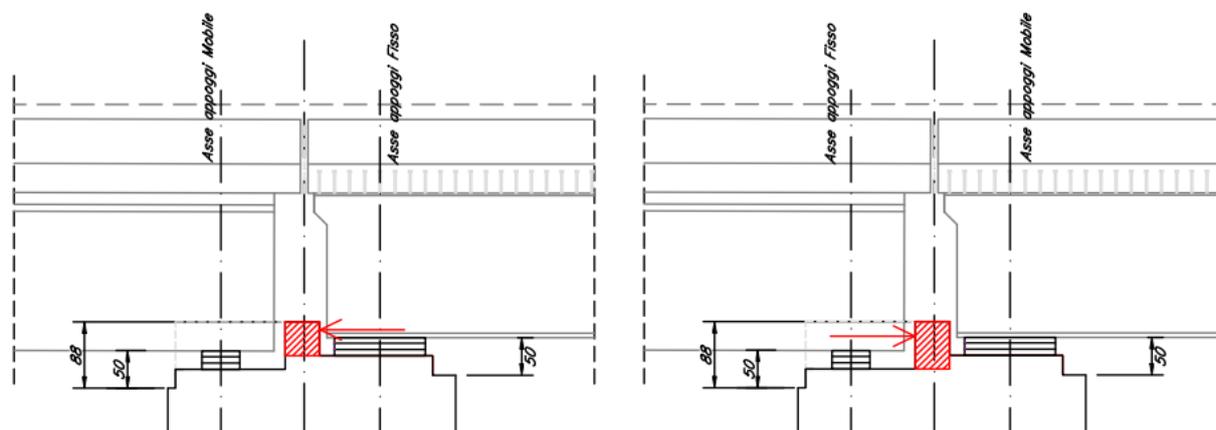


Figura 8-9: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto) a) Allineamento fisso lato impalcato in Misto; b) Allineamento fisso lato impalcato in C.A.P.

L'armatura resistente a trazione è costituita da un solo strato di $\phi 22$ passo 10 cm. La verifica è stata effettuata considerando gli appoggi fissi sia lato impalcato in C.A.P., sia lato impalcato in Misto, come esplicitato nelle tabelle che seguono.

Verifiche ritegno longitudinale – Fisso Lato impalcato C.A.P.

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	7026	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	400	mm
Lunghezza della mensola	lc	630	mm
Distanza di applicazione carico	a	430	mm
Profondità mensola	b	8840	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	61	mm
Altezza utile tirante superiore	d	339	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	305.1	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	497.8	mm
ctg Ψ	λ	1.632	
Inclinazione puntone	Ψ	0.550	rad

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	22	mm
Numero di barre per strato	n strato	86	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	86	
Area barre	As	32691.41	mm ²

Resistenza tirante	PRs	7840.35	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.12	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	8903.28	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.27	
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	As,tot	65382.83	mm ²
Resistenza a tranciamento	V _{rd}	14771.27	kN
Verifica	V _{rd} >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _t	2.10	

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	As	65383	mm ²
Area totale cls	Ac	3536000	mm ²
As/Ac	ρ	0.018	
Resistenza di progetto	τ_{rd}	4.62	MPa
Tensione agente	τ_{ed}	1.99	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	2.33	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Verifiche ritegno longitudinale – Fisso Lato impalcato Misto 6 travi

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	8872	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	400	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	61	mm
Altezza utile tirante superiore	d	339	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	305.1	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	417.8	mm
ctg Ψ	λ	1.369	
Inclinazione puntone	Ψ	0.631	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	22	mm
Numero di barre per strato	n strato	86	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	86	
Area barre	As	32691.41	mm ²

Resistenza tirante	PRs	9341.62	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.05	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	11339.91	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.28	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	A _{s,tot}	65382.83	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	14771.27	kN
Verifica	V _{rd} >P _{ed}	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _t	1.66	

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	65383	mm ²
Area totale cls	A _c	3536000	mm ²
As/Ac	ρ	0.018	
Resistenza di progetto	τ _{rd}	4.62	MPa
Tensione agente	τ _{ed}	2.51	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.84	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

8.3.2 Ritegno sismico trasversale

Sono presenti quattro ritegni sismici trasversali, due lato impalcato in C.A.P. e due lato impalcato in Misto.

Ognuno dei due ritegni sismici trasversali lato impalcato in C.A.P. presenta un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45 m, una larghezza minima nella direzione trasversale del ponte di 0.91 m e una larghezza minima nella direzione longitudinale di 1.38 m.

Ognuno dei due ritegni sismici trasversali lato impalcato in Misto presenta invece un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.53 m, una larghezza nella direzione trasversale del ponte di 0.95m e una larghezza massima nella direzione longitudinale di 1.3 m.

La verifica è stata effettuata sia sul singolo ritegno trasversale lato impalcato in C.A.P. (vedi par. 7.3.2), sia su quello lato impalcato in Misto.

L'azione sollecitante per la verifica dei ritegni lato impalcato in Misto è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari al taglio trasversale in combinazione sismica dell'appoggio unidirezionale longitudinale:

$$V_{Ed} = 4956 \text{ kN}$$

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

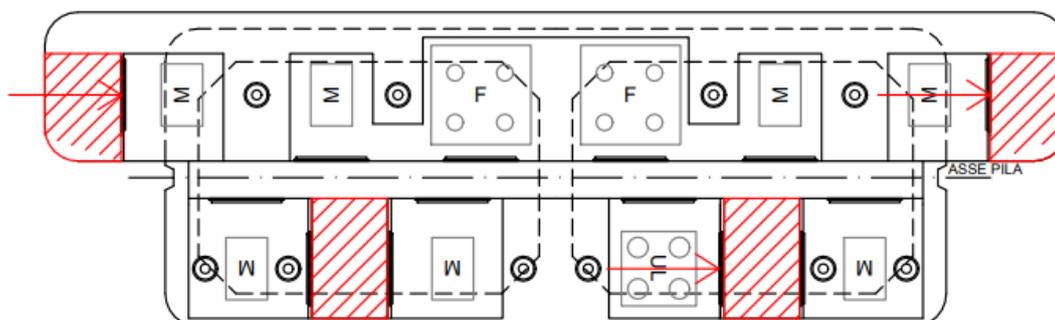


Figura 8-10: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

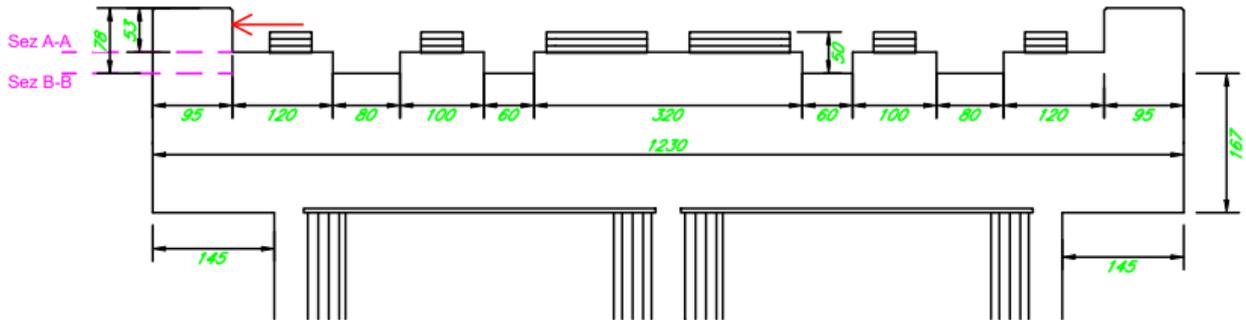


Figura 8-11: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Sezione trasversale)

L'armatura resistente a trazione dei ritegni sismici trasversali lato impalcato in C.A.P. è costituita da uno strato di $\Phi 22$ passo 10 cm, mentre quella dei ritegni lato impalcato in Misto è costituita da due strati di $\Phi 30$ passo 10 cm. Nelle tabelle che seguono sono esplicitate le verifiche del ritegno trasversale lato impalcato in Misto 6 travi, sia in corrispondenza della sezione ad estradosso baggiolo (Sez. A-A), sia in corrispondenza della sezione ad estradosso pulvno (Sez. B-B).

A favore di sicurezza, la verifica del ritegno longitudinale viene condotta considerando una larghezza del ritegno longitudinale in direzione longitudinale pari a 1.1m.

Sez A-A

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	4956	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	950	mm
Lunghezza della mensola	lc	530	mm
Distanza di applicazione carico	a	330	mm
Profondità mensola	b	1100	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	80	mm
Altezza utile tirante superiore	d	870	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	783	mm

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Proiezione orizzontale del puntone ctg Ψ	I	504	mm
Inclinazione puntone	λ	0.644	
	Ψ	0.999	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	11	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	22	
Area barre	As	15550.88	mm ²

Resistenza tirante	PRs	9453.68	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.91	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	7361.95	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.49	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	Verificato con il minimo di armatura	

Sez B-B

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	4956	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	950	mm
Lunghezza della mensola	lc	780	mm
Distanza di applicazione carico	a	580	mm
Profondità mensola	b	1100	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	80	mm
Altezza utile tirante superiore	d	870	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	783	mm

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Proiezione orizzontale del puntone ctg Ψ	l	754	mm
Inclinazione puntone	λ	0.963	
	Ψ	0.804	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	11	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	22	
Area barre	As	15550.88	mm ²

Resistenza tirante	PRs	6319.17	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.28	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	5402.47	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.09	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	Verificato con il minimo di armatura	

Verifiche a tranciamento

Nelle verifiche a tranciamento vengono considerati, oltre ai due strati di $\phi 30/10$, anche gli ulteriori 14 $\phi 26$ presenti sugli altri due lati di ogni singolo ritegno sismico trasversale.

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	As,tot	38534.78	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	8705.76	kN
Verifica	V _{rd} >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _t	1.76	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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	fyd	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	fcd	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	38534.78	mm ²
Area totale cls	Ac	104500	mm ²
As/Ac	ρ	0.037	
Resistenza di progetto	τ_{rd}	8.94	MPa
Tensione agente	τ_{ed}	4.74	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.89	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

8.4 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

Sul baggiolo dei due appoggi fissi lato impalcato in misto 6 travi è necessario disporre dei ferri verticali $\phi 26$ passo 10 cm, con un numero totale di braccia pari a 76, per soddisfare le verifiche a tranciamento descritte al par. 6. Sul baggiolo dell'appoggio unidirezionale trasversale lato impalcato in C.A.P. è invece necessario disporre dei $\phi 26$ passo 10 cm, con un numero totale di braccia pari a 47.

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:

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

	Fissi	Uni Long
V_{long}	8872	0
V_{trasv}	4481	4956
V_{ris}	8973	4956

Viene di seguito esplicitata solo la verifica della tipologia di appoggio più gravosa, ovvero il fisso.

ϕ	26	mm	<i>Diametro ferri</i>
n strato	76		<i>Numero di ferri per strato</i>
strati	1		<i>Numero di strati</i>
n tot	76		<i>Numero di ferri totali (sui 4 lati del baggiolo)</i>
As	40350.6	mm ²	<i>Area totale dei ferri baggiolo</i>

Verifica a tranciamento (Acciaio)

<i>Resistenza di calcolo acciaio</i>	fyd	391.30	MPa
<i>Area totale ferri</i>	As,tot	40350.6	mm ²
<i>Resistenza a tranciamento</i>	Vrd	9116.0	kN
<i>Taglio agente</i>	Ved	8973.3	kN
<i>Verifica</i>	Vrd>Ped	ok	
<i>Coefficiente di sicurezza</i>	Ft	1.02	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	fyd	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	fcd	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	40350.6	mm ²
Area totale cls	Ac	4800000	mm ²
As/Ac	ρ	0.008	
Resistenza di progetto	trd	2.26	MPa
Tensione agente	ted	1.87	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.21	

Verifica a compressione del cls

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale sull'apparecchio d'appoggio più caricato, pari a 4293 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		
fcd	18.13	MPa	Resistenza cilindrica di progetto		
Fr,du	9616.7	kN	Forza di compressione ultima		
Fr,du*(2/3)	6443.2	kN	Forza di compressione ultima ridotta		
Ned	4293	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
Ft	1.50		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Verifica dell'armatura di confinamento del cls

Il massimo sforzo di compressione riscontrato in corrispondenza di un apparecchio d'appoggio multidirezionale è pari a 4293 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
nbr	4	
nstr	2	
Aw	2513.27	mm ²

Diametro staffe
Numero braccia
Numero strati
Area staffe

ϕ_w	16	mm
nbr	2	
nstr	1	
Aw	402.12	mm ²

Nrd	5704.0	kN
Ned	4293	kN
Verifica Ft	ok	
	1.33	

Forza resistente di progetto
Sforzo di compressione massimo

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

9 PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 4 TRAVI

9.1 Meccanismo in direzione longitudinale

9.1.1 Caratteristiche geometriche

Il sistema considerato di bielle compresse e bielle tese viene evidenziato nella figura di seguito riportata. A favore di sicurezza, il meccanismo tirante-puntone in direzione longitudinale viene schematizzato considerando l'altezza minima del pulvino di transizione, pari a 1.68 m.

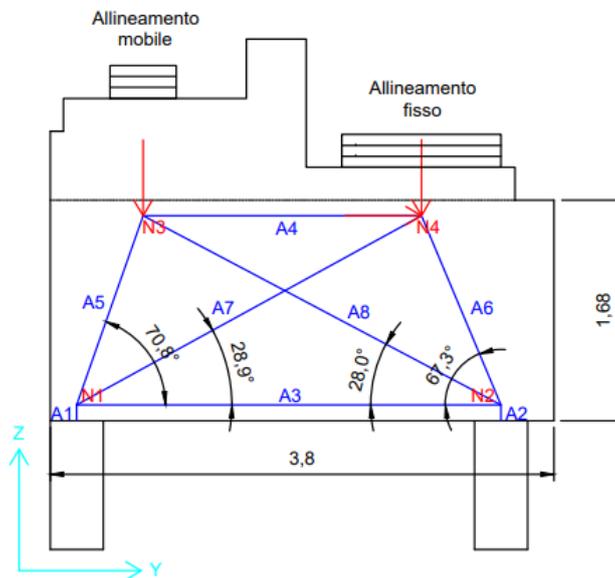


Figura 9-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

Altezza pulvino	H	1.68 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)	D	2.1 m
Distanza longitudinale nodi 3-2	La	2.7 m
Distanza longitudinale nodi 1-3	Lb	0.5 m

9.1.2 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, in modo analogo a quanto descritto nel par. 7.1.2 per il pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

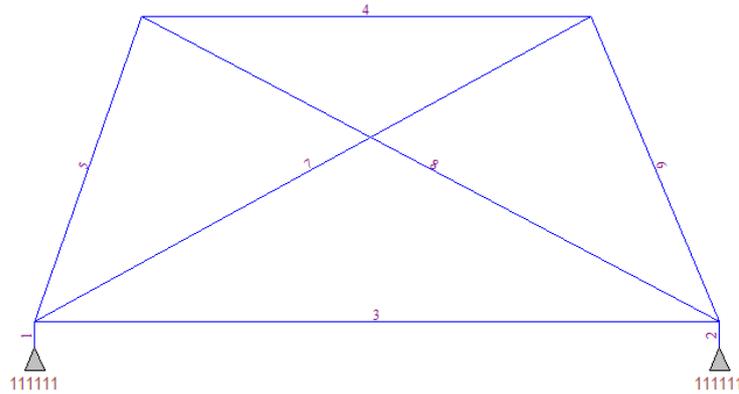


Figura 9-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

9.1.3 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.

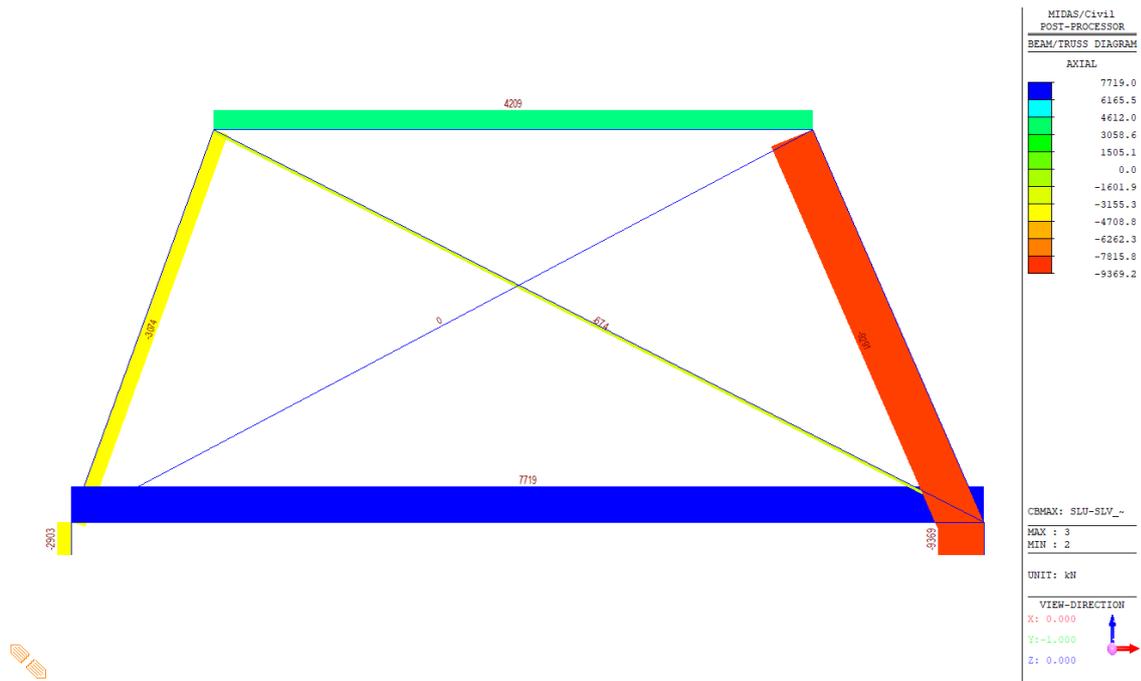


Figura 9-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

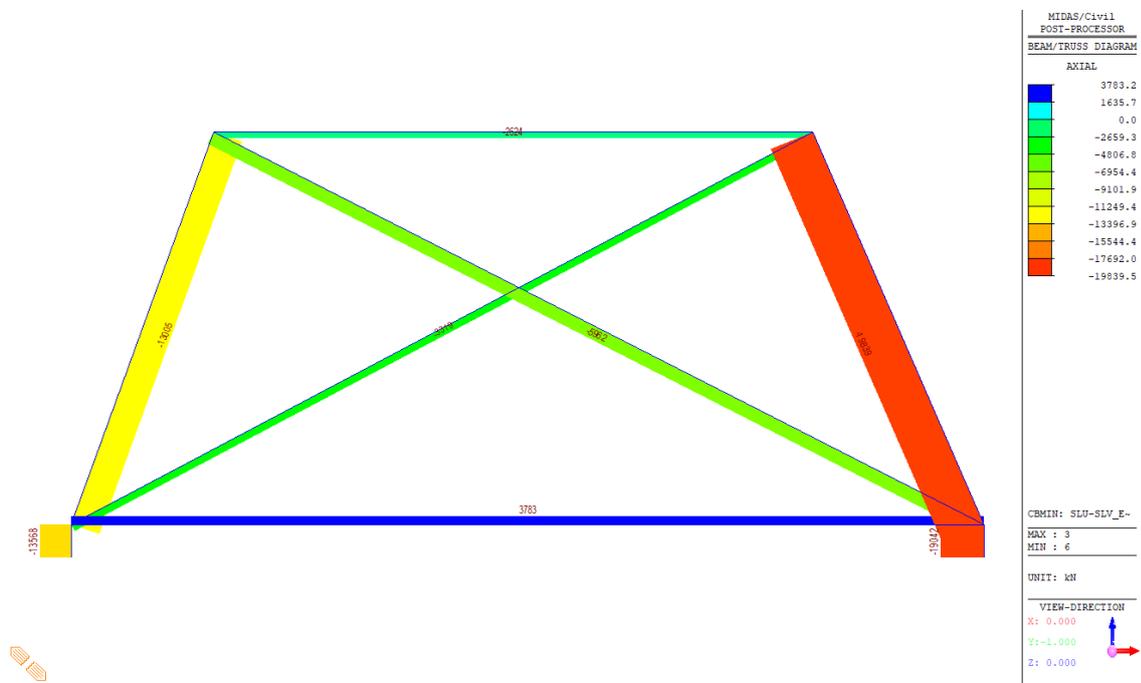


Figura 9-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

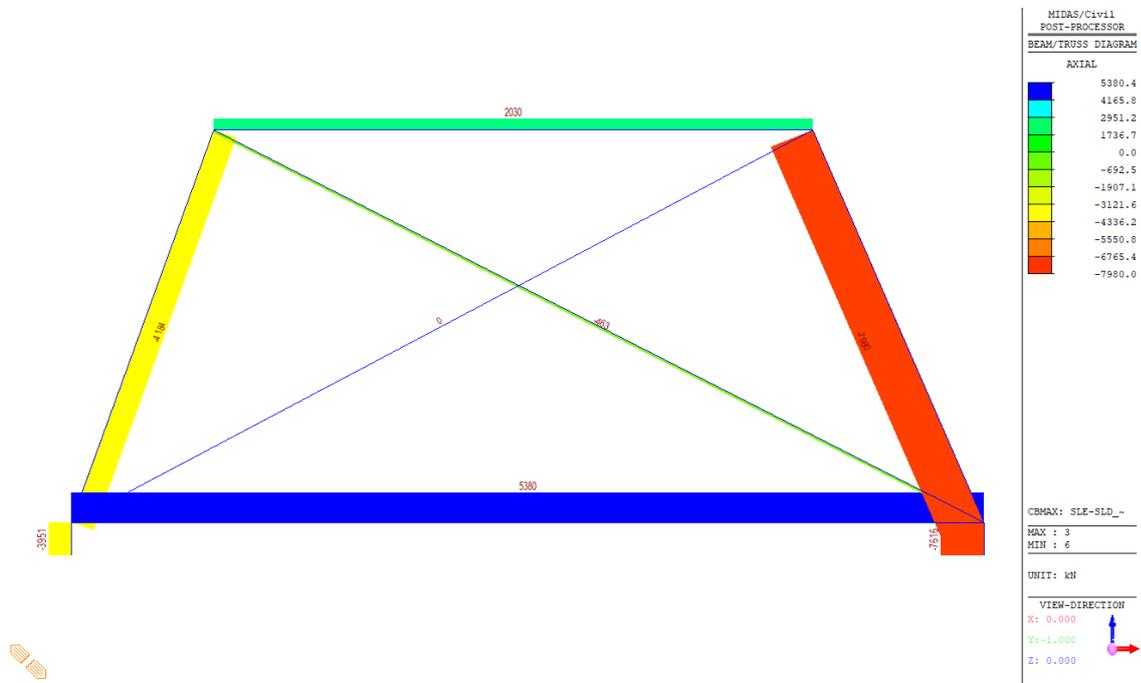


Figura 9-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021
			B

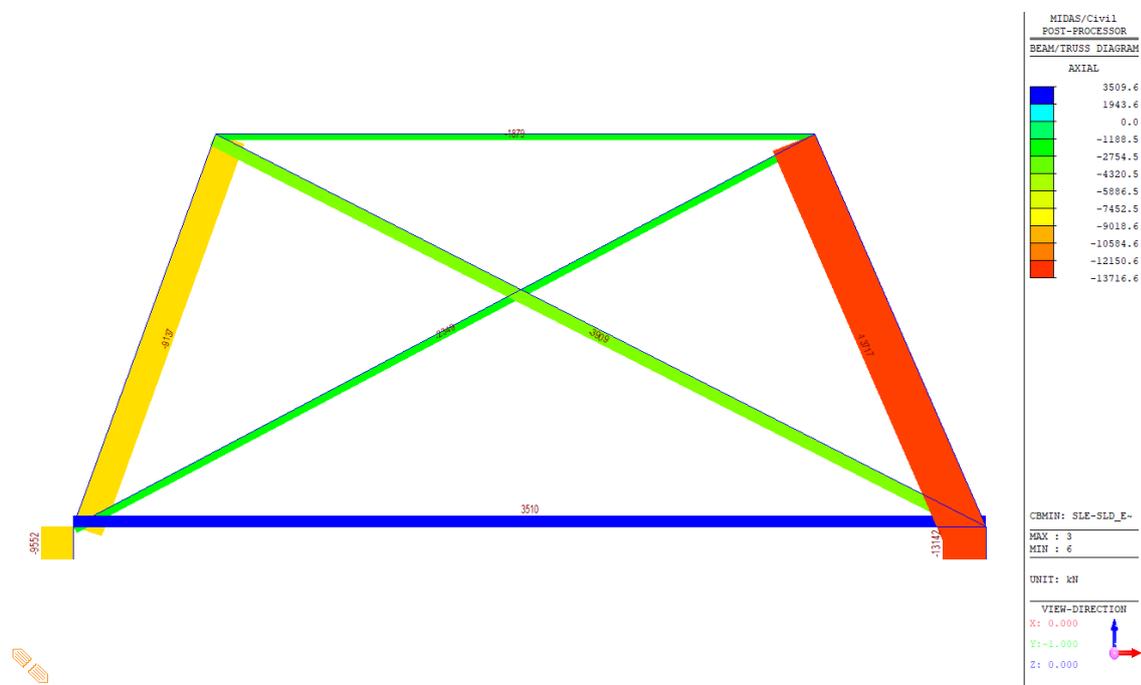


Figura 9-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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.

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Asta A3	7719	5380	4598	3359
Asta A4	4209	2030	-	-

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

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Asta A4	-2624	-1879	-1548	-1460
Asta A5	-13005	-9137	-7637	-5841
Asta A6	-19839	-13717	-11454	-7592

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

9.1.4 **Armatura longitudinale**

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

Diametro ferro ϕ	24	20	mm
Passo s	200	200	mm
Numero di strati	1	1	
Numero di ferri per strato	44	44	
Area totale A_s	33728.14		mm ²

Armatura longitudinale superiore: asta A4

Diametro ferro ϕ	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	44	
Area totale A_s	19905.13	mm ²

9.1.5 **Verifica dei tiranti**

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

9.1.5.1 Verifica SLU

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	33728.14	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	13197.97	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	7718.97	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.71		<i>Fattore di sicurezza</i>

Armatura longitudinale superiore: asta A4

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	19905.13	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	7788.96	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	4208.60	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.85		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

9.1.5.2 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	Limite tensionale dell'acciaio
T_{ed}	5380.39	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
A_s	33728.14	mm ²	Area totale ferri
σ_s	159.52	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok	
F_s	2.12	Fattore di sicurezza

9.1.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

T_{ed}	4597.95	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
E_s	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	33345.8	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	33728.1	mm ²	Area di acciaio teso
σ_s	136.3	MPa	Tensione nell'armatura tesa
h	1.68	m	Altezza pulvino
b	9.4	m	Larghezza pulvino direzione trasversale
c^*	0.087	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
d	1.593	m	Altezza utile
$h_{c,ef}$	0.2175	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
$A_{c,eff}$	2.04	m ²	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
ρ_{eff}	0.016		Rapporto geometrico d'armatura
ϵ_{sm}	0.00039		Deformazione unitaria media delle barre d'armatura

k_1	0.8		Barre ad aderenza migliorata
k_2	0.50		Flessione
k_3	3.4		
k_4	0.425		
c	0.05	m	Ricoprimento dell'armatura
ϕ	24	mm	Diametro armatura
Δ_{sm}	245.5	mm	Distanza media tra le fessure
w_k	0.163	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
w_{max}	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.23		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

9.1.6 Verifiche dei puntoni

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

9.1.6.1 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. 9.1.7. 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}	-19839.49	kN	Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)
a	435.39	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4092661.70	mm ²	Area puntone
σ _c	4.85	MPa	Tensione di compressione agente
f _{cd}	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	1.96		Fattore di sicurezza

9.1.6.2 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. 9.1.7.

a	435.39	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4092661.70	mm ²	Area puntone
N _{ed}	-7979.95	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ _c	1.95	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f _{ck}	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	9.03		Fattore di sicurezza

N _{ed}	-7592.41	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ _c	1.86	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f _{ck}	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	6.90		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

9.1.7 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
$\phi_{t,t}$	24	mm	Diametro tirante
c^*	62	mm	Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)
i_v	24	mm	Interferro verticale
s	48	mm	Distanza due strati di tiranti
u	172	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)
A6	1.17	435.39	9400	4092661.7
A8	0.49	339.66	9400	3192762.7
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	-19839.5	4092661.701	4.85	13.44	ok	2.77
A2	-19042.1	3760000	5.06	13.44	ok	2.65

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

9.2 Meccanismo in direzione trasversale

9.2.1 Caratteristiche geometriche

Il sistema considerato di bielle compresse e bielle tese viene evidenziato nella figura di seguito riportata. A favore di sicurezza, per la verifica del meccanismo trasversale verrà considerata solo la metà pulvino (in senso longitudinale) lato appoggi fissi, coincidente con il lato su cui scarica l'impalcato in misto.

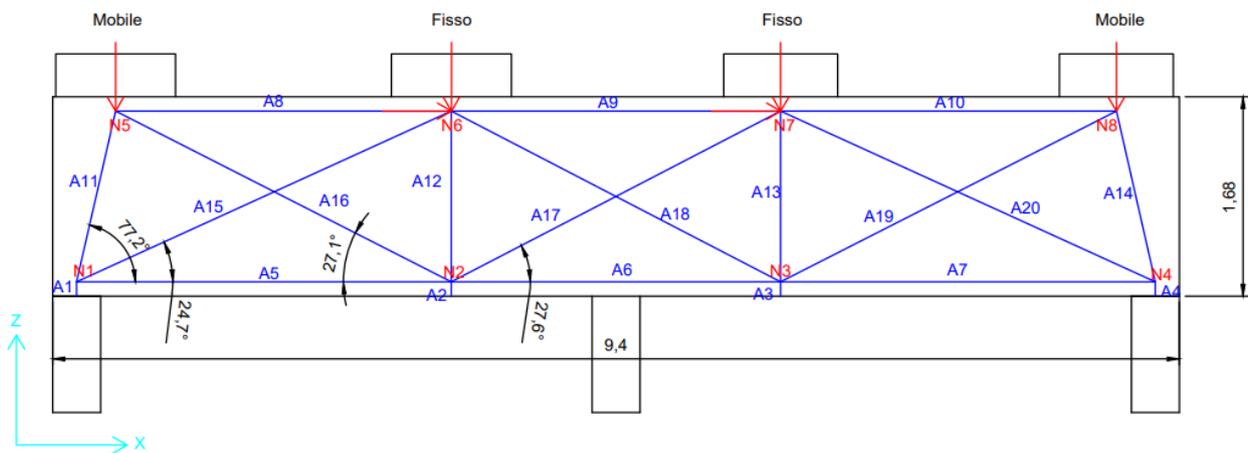


Figura 9-7: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione trasversale)

Altezza pulvino	H	1.68 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 asse appoggi impalcato	D	2.80 m
Distanza longitudinale nodi 1-2	La	3.125 m
Distanza longitudinale nodi 2-3	Lb	2.75 m

9.2.2 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, in modo analogo a quanto descritto nel par. 7.2.2 per il pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

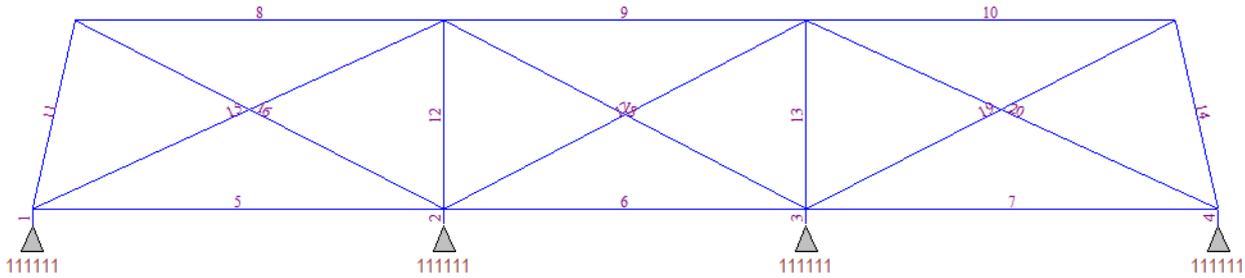


Figura 9-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

9.2.3 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.

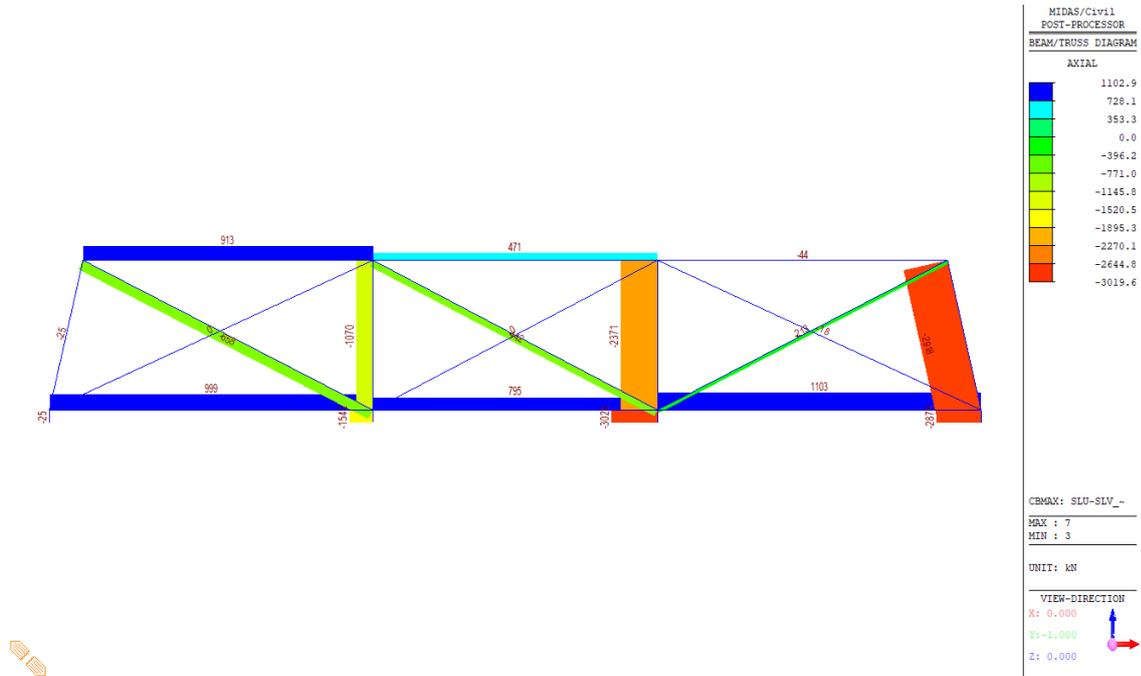


Figura 9-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

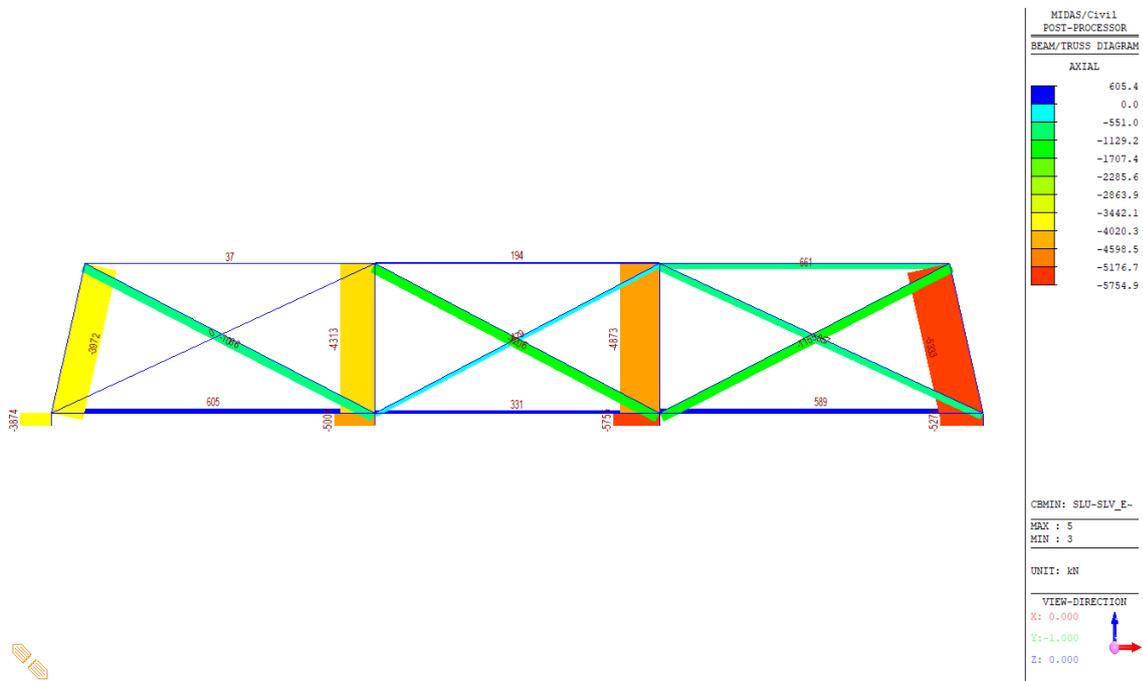


Figura 9-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

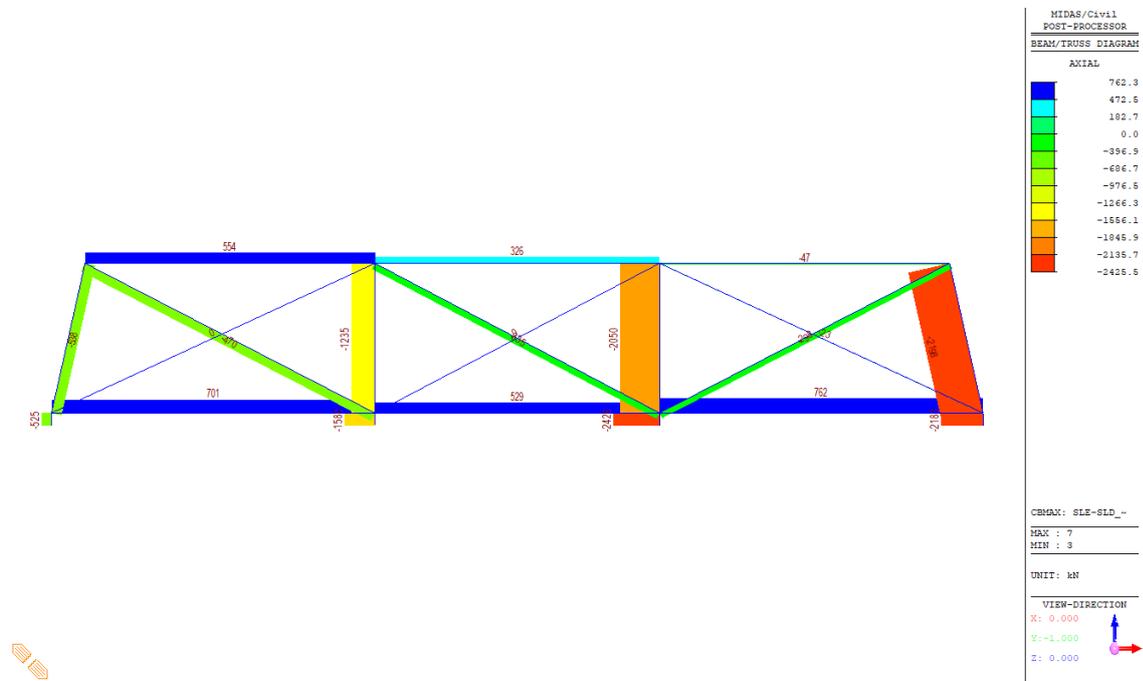


Figura 9-11: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

9.2.4 **Armatura trasversale**

Armatura trasversale inferiore

Diametro ferro ϕ	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	2	
Numero di ferri per strato	10	
Area totale As	9047.8	mm ²

Armatura trasversale superiore

Diametro ferro ϕ	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	10	
Area totale As	4523.9	mm ²

9.2.5 **Verifica dei tiranti**

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

9.2.5.1 Verifica SLU

Armatura trasversale inferiore

fyd	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
As	9047.8	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
Trd	3540.4	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
Ted	1102.87	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	3.21		<i>Fattore di sicurezza</i>

Armatura trasversale superiore

fyd	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
As	4523.9	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
Trd	1770.2	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
Ted	913.45	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.94		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504021
				B

9.2.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

0.75 fyk	337.50	MPa	Limite tensionale dell'acciaio
Ted	762.32	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
As	9047.8	mm ²	Area totale ferri
σs	84.26	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok	
Fs	4.01	Fattore di sicurezza

9.2.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

4).

Ted	645.78	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
-----	--------	----	--

Es	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
Ecm	33345.8	MPa	Modulo elastico cls
fctm	3.02	MPa	Resistenza a trazione media cls
αe	6.30		Es/Ecm
kt	0.4		Fattore per la durata del carico

As	9047.8	mm ²	Area di acciaio teso
σs	71.4	MPa	Tensione nell'armatura tesa
h	1.68	m	Altezza pulvino
b	1.9	m	Metà larghezza pulvino direzione trasversale
c*	0.111	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
d	1.569	m	Altezza utile
hc,ef	0.2775	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
Ac,eff	0.53	m ²	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
peff	0.017		Rapporto geometrico d'armatura

εsm	0.00020		Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
-----	---------	--	--

k1	0.8		Barre ad aderenza migliorata
ε1	0.00034		Deformazione barre inferiori
ε2	0.00028		Deformazione barre superiori
k2	0.91		Trazione eccentrica
k3	3.4		
k4	0.425		
c	0.05	m	Ricoprimento dell'armatura
φ	24	mm	Diametro armatura
Δsm	355.9	mm	Distanza media tra le fessure

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504021
				B

wk	0.123	mm	<i>Ampiezza caratteristica delle fessure</i>
wmax	0.2	mm	<i>Ampiezza limite delle fessure</i>
FS	1.62		<i>Fattore di sicurezza</i>

9.2.6 Verifiche dei puntoni

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

9.2.6.1 Verifica SLU

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

Ned	-5754.93	kN	<i>Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)</i>
a	400.0	mm	<i>Larghezza direzione trasv.</i>
b	1900	mm	<i>Larghezza direzione long.</i>
A	760000	mm ²	<i>Area puntone</i>
oc	7.57	MPa	<i>Tensione di compressione agente</i>
fcd	9.49	MPa	<i>Resistenza di progetto del cls</i>
Verifica	ok		
FS	1.25		<i>Fattore di sicurezza</i>

9.2.6.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

a	400.0	mm	<i>Larghezza direzione trasv.</i>
b	1900	mm	<i>Larghezza direzione long.</i>
A	760000	mm ²	<i>Area puntone</i>
Ned	-3981.47	kN	<i>Forza di compressione agente (comb. Rara)</i>
oc	5.24	MPa	<i>Tensione di compressione agente</i>
0.55 fck	17.60	MPa	<i>Resistenza di progetto del cls</i>
Verifica	ok		
FS	3.36		<i>Fattore di sicurezza</i>

Ned	-2146.46	kN	<i>Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)</i>
oc	2.82	MPa	<i>Tensione di compressione agente</i>
0.40 fck	12.80	MPa	<i>Resistenza di progetto del cls</i>
Verifica	ok		
FS	4.53		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

9.2.7 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	24	mm	Diametro eventuale ferro altra direzione
$\phi_{t,t}$	24	mm	Diametro tirante
c*	86	mm	Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)
i,v	24	mm	Interferro verticale
s	48	mm	Distanza due strati di tiranti
u	220	mm	Spessore complessivo tirante

L,nodo	1900	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	1.35	438.69	1900	833511.69
A15 – A20	0.43	367.02	1900	697335.39
A1- A4	1.57	400.00	1900	760000

Verifiche

Nodo 4						
Elemento	N (kN)	A (mm ²)	σ_c (MPa)	σ_{Rd} (MPa)	Verifica	γ_s
A14	-5333.35	833511.6914	6.40	13.44	ok	2.10
A4	-5278.60	760000	6.95	13.44	ok	1.93

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Geometria nodo N3

u	220	mm	<i>Spessore complessivo tirante (vedi geometria nodi N1 e N4)</i>
L,nodo	1900	mm	<i>Profondità del nodo nell'altra direzione</i>
S	400	mm	<i>Larghezza pareti fusto pila</i>

Asta	Inclinazione asta θ (rad)	Larghezza Trasn a (mm)	Larghezza Long b (mm)	Area nodo A (mm ²)
A16 – A17 – A18 – A19	0.47	378.29	1900	718747.05
A2 – A3 – A12 – A13	1.57	400.00	1900	760000

Verifiche

Nodo 3						
Elemento	N (kN)	A (mm ²)	σ_c (MPa)	σ_{Rd} (MPa)	Verifica	γ_s
A13	-4872.99	760000	6.41	13.44	ok	2.10
A3	-5754.93	760000	7.57	13.44	ok	1.78

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

9.2.8 Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale

Al di sotto del ritegno sismico trasversale lato impalcato in Misto, il pulvino presenta una mensola di dimensioni pari a 1.8m e 1.45m rispettivamente nelle direzioni longitudinale e trasversale del viadotto e un'altezza pari a quella del pulvino (1.68m).

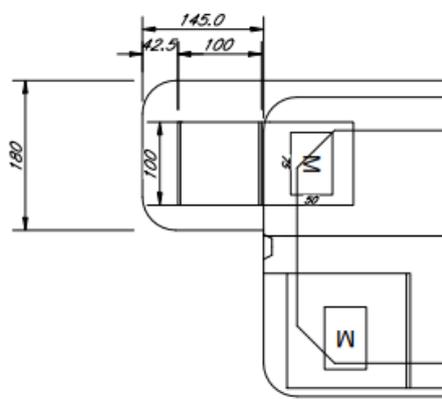


Figura 9-13: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato in Misto

Si devono prevedere due strati di $\phi 26/20$ aggiuntivi superiori, in grado di contrastare l'azione sismica proveniente dal ritegno trasversale lato impalcato in Misto, pari a 4735 kN, come si può dedurre dalle tabelle del par. 5.2.

T_{ed}	4735	kN	Taglio di progetto dal singolo ritegno trasversale Resistenza di calcolo acciaio
f_{yd}	391.30	MPa	

$A_{s,min}$	12100.56	mm ²	Area minima di acciaio necessaria
-------------	----------	-----------------	-----------------------------------

ϕ	24	mm	Diametro
n per fila	10		Numero di ferri per strato
n file	1		Numero di strati
ϕ	26	mm	Diametro
n per fila	10		Numero di ferri per strato
n file	2		Numero di strati
A_s	15142.48	mm ²	
F_s	1.25		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

9.3 Ritegni sismici

9.3.1 Ritegno sismico longitudinale

Il ritegno sismico longitudinale lato impalcato in C.A.P. ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45m, una larghezza media nella direzione longitudinale del ponte di 0.40 m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 9.4 m.

Il ritegno sismico longitudinale lato impalcato in Misto ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.97m, una larghezza nella direzione longitudinale del ponte di 0.8m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 9.4 m.

Il dimensionamento e la verifica del ritegno sismico longitudinale lato impalcato in C.A.P. sono stati condotti considerando l'allineamento fisso degli appoggi sotto l'impalcato in C.A.P. e considerando quindi come azione sollecitante quella riportata al par. 7.3.1, pari a 7026 kN.

Il dimensionamento e la verifica del ritegno sismico longitudinale lato impalcato in Misto sono stati condotti considerando l'allineamento fisso degli appoggi sotto l'impalcato in Misto 4 travi. L'azione sollecitante è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari al taglio complessivo in direzione longitudinale in combinazione sismica:

$$V_{Ed} = 4220 + 4224 = 8444 \text{ kN}$$

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

Nelle figure che seguono è riportata la geometria dei ritegni longitudinali e lo schema di applicazione delle forze sismiche.

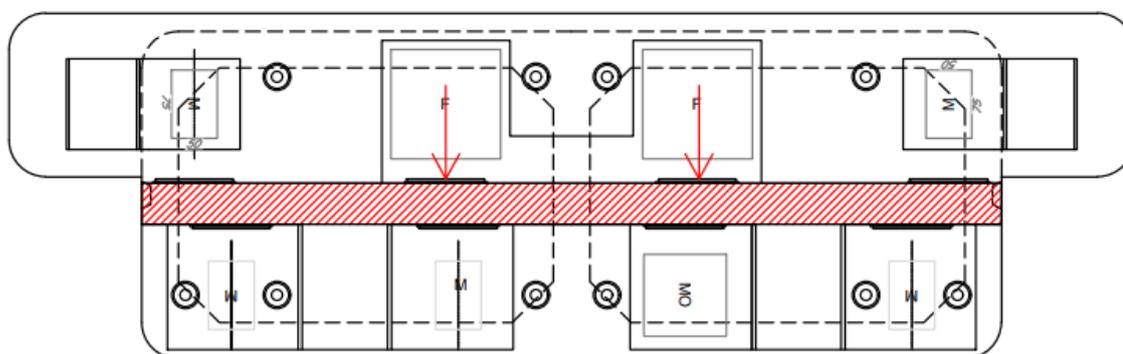


Figura 9-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

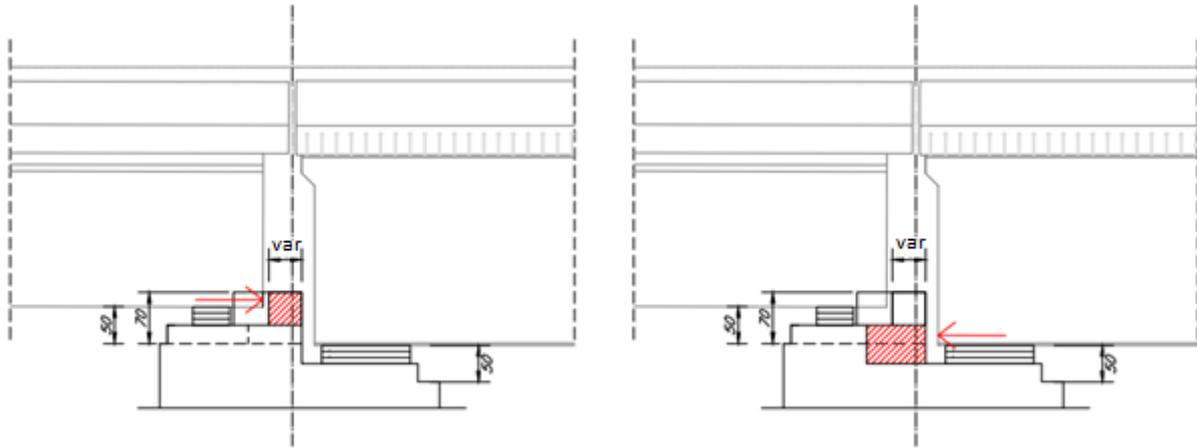


Figura 9-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto) a) Allineamento fisso lato impalcato C.A.P.; b) Allineamento fisso lato impalcato in Misto

L'armatura resistente a trazione è costituita da un solo strato di $\phi 22$ passo 10 cm. La verifica è stata effettuata considerando gli appoggi fissi sia lato impalcato in C.A.P., sia lato impalcato in Misto, come esplicitato nelle tabelle che seguono.

Verifiche ritegno longitudinale – Fisso Lato impalcato C.A.P.

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	7026	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	400	mm
Lunghezza della mensola	lc	450	mm
Distanza di applicazione carico	a	350	mm
Profondità mensola	b	9400	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	61	mm
Altezza utile tirante superiore	d	339	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	305.1	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	417.8	mm
ctg Ψ	λ	1.369	
Inclinazione puntone	Ψ	0.631	rad

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	22	mm
Numero di barre per strato	n strato	92	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	92	
Area barre	As	34972.21	mm ²

Resistenza tirante	PRs	9993.36	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.42	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	12058.28	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.72	
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	As,tot	69944.42	mm ²
Resistenza a tranciamento	V _{rd}	15801.82	kN
Verifica	V _{rd} >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _t	2.25	

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	As	69944	mm ²
Area totale cls	Ac	3760000	mm ²
As/Ac	ρ	0.019	
Resistenza di progetto	τ_{rd}	4.65	MPa
Tensione agente	τ_{ed}	1.87	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	2.49	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Verifica armatura frettaggio sotto ritegno long. Lato CAP

Ved	7026	kN	Taglio di progetto del ritegno longitudinale
Llong	9.4	m	Lunghezza ritegno longitudinale
fyd	391.30	MPa	Resistenza di calcolo acciaio

As,min	17955.33	mm ²	Area minima di acciaio necessaria
--------	----------	-----------------	-----------------------------------

φ	24	mm	Diametro
n	40		Numero di ferri
As	18095.57	mm ²	Area di acciaio presente
FS	1.01		Fattore di sicurezza

Verifiche ritegno longitudinale – Fisso Lato impalcato Misto 4 travi

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	8444	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	800	mm
Lunghezza della mensola	lc	520	mm
Distanza di applicazione carico	a	385	mm
Profondità mensola	b	9400	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	61	mm
Altezza utile tirante superiore	d	739	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	665.1	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	532.8	mm
ctg ψ	λ	0.801	
Inclinazione puntone	ψ	0.895	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	22	mm
Numero di barre per strato	n strato	92	
Numero strati	strati	1	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Numero totale di barre	n tot	92	
Area barre	As	34972.21	mm ²

Resistenza tirante	PRs	17082.86	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	2.02	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	46036.11	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	5.45	
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	As,tot	69944.42	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	15801.82	kN
Verifica	V _{rd} >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _t	1.87	

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	As	69944	mm ²
Area totale cls	Ac	7520000	mm ²
As/Ac	ρ	0.009	
Resistenza di progetto	τ _{rd}	2.47	MPa
Tensione agente	τ _{ed}	1.12	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	2.20	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

9.3.2 Ritegno sismico trasversale

Sono presenti quattro ritegni sismici trasversali, due lato impalcato in C.A.P. e due lato impalcato in Misto.

Ognuno dei due ritegni sismici trasversali lato impalcato in C.A.P. presenta un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45 m, una larghezza minima nella direzione trasversale del ponte di 0.91 m e una larghezza minima nella direzione longitudinale di 1.38 m.

Ognuno dei due ritegni sismici trasversali lato impalcato in Misto presenta invece un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.53 m, una larghezza nella direzione trasversale del ponte di 1.0 m e una larghezza nella direzione longitudinale di 1.0m.

La verifica è stata effettuata sia sul singolo ritegno trasversale lato impalcato in C.A.P. (vedi par.7.3.2), sia su quello lato impalcato in Misto.

L'azione sollecitante per la verifica dei ritegni lato impalcato in Misto è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari al taglio trasversale in combinazione sismica degli appoggi fissi:

$$V_{Ed} = 4735 \text{ kN}$$

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

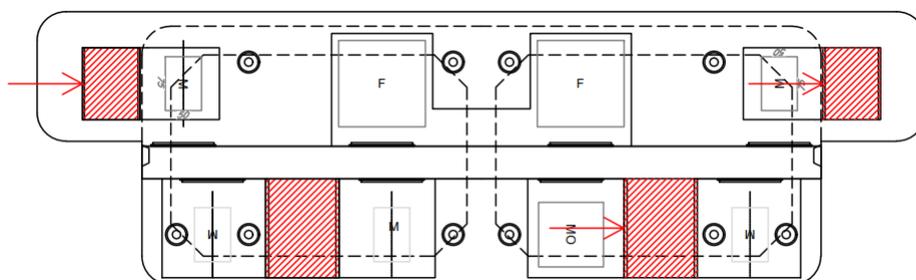


Figura 9-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

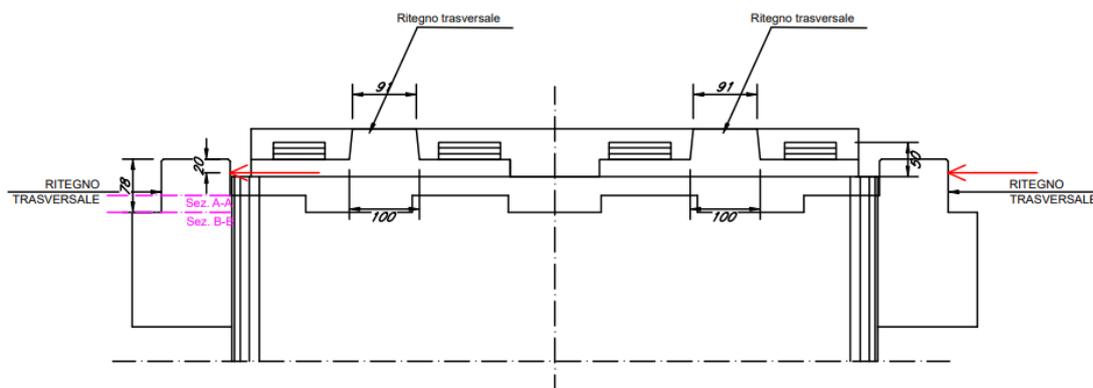


Figura 9-17: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

L'armatura resistente a trazione dei ritegni sismici trasversali lato impalcato in C.A.P. è costituita da uno strato di $\Phi 22$ passo 10 cm, mentre quella dei ritegni lato impalcato in Misto è costituita da due strati di $\Phi 30$ passo 10 cm. Nelle tabelle che seguono sono esplicitate le verifiche del ritegno trasversale lato impalcato in Misto 4 travi, sia in corrispondenza della sezione ad estradosso baggiolo (Sez. A-A), sia in corrispondenza della sezione ad estradosso spalla (Sez. B-B).

Sez A-A

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	4735	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	1000	mm
Lunghezza della mensola	lc	530	mm
Distanza di applicazione carico	a	330	mm
Profondità mensola	b	1000	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	80	mm
Altezza utile tirante superiore	d	920	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	828	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	514	mm
ctg Ψ	λ	0.621	
Inclinazione puntone	Ψ	1.015	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm ²

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.0	cm

Resistenza tirante	PRs	8020.23	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.69	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	7225.27	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.53	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	Verificato con il minimo di armatura	

Sez B-B

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	4735	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	1000	mm
Lunghezza della mensola	lc	780	mm
Distanza di applicazione carico	a	580	mm
Profondità mensola	b	1000	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	80	mm
Altezza utile tirante superiore	d	920	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	828	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	764	mm
ctg ψ	λ	0.923	
Inclinazione puntone	ψ	0.826	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm ²

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.0	cm

Resistenza tirante	PRs	5395.81	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.14	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	5406.55	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.14	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	Verificato con il minimo di armatura	

Verifiche a tranciamento

Nelle verifiche a tranciamento vengono considerati, oltre ai due strati di $\Phi 30$ passo 10 cm, anche gli ulteriori 14 $\Phi 20$ presenti sugli altri due lati di ogni singolo ritegno sismico trasversale.

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	A _{s,tot}	29845.13	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	6742.60	kN
Verifica	V _{rd} >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _t	1.42	

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
	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	29845.13	mm ²
Area totale cls	A _c	1000000	mm ²
As/Ac	ρ	0.030	
Resistenza di progetto	tr _d	7.29	MPa
Tensione agente	te _d	4.74	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.54	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

9.4 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 49, 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}	4224	0
V_{trasv}	3836	4735
V_{ris}	4378	4735

Nel caso in esame, il taglio di progetto è pari a: $V_{Ed} = 4735 \text{ kN}$.

ϕ	26	mm	<i>Diametro ferri</i>
n strato	49		<i>Numero di ferri per strato</i>
strati	1		<i>Numero di strati</i>
n tot	51		<i>Numero di ferri totali (sui 4 lati del baggiolo)</i>
As	26015.5	mm ²	<i>Area totale dei ferri baggiolo</i>

Verifica a tranciamento (Acciaio)

<i>Resistenza di calcolo acciaio</i>	f _{yd}	391.30	MPa
<i>Area totale ferri</i>	As,tot	26015.5	mm ²
<i>Resistenza a tranciamento</i>	V _{rd}	5877.42	kN
<i>Taglio agente</i>	V _{ed}	4735	kN
<i>Verifica</i>	V _{rd} >V _{ed}	ok	
<i>Coefficiente di sicurezza</i>	F _t	1.24	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	27077.4	mm ²
Area totale cls	A _c	2100000	mm ²
As/Ac	ρ	0.012	
Resistenza di progetto	trd	3.19	MPa
Tensione agente	ted	2.25	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.42	

Verifica a compressione del cls

Si riporta esclusivamente la verifica più gravosa, ovvero quella dell'appoggio multidirezionale più caricato. L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale sull'apparecchio d'appoggio più caricato, pari a 6028 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 baggio		
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	kN	Forza di compressione ultima ridotta		
Ned	6028	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
F _t	1.06		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Verifica dell'armatura di confinamento del cls

Il massimo sforzo di compressione riscontrato in corrispondenza degli apparecchi d'appoggio è pari a 6028 kN. Tale sforzo assiale massimo si ha in corrispondenza dell'appoggio fisso.

Risultano verificati 1 strato di $\phi 20$ 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
nbr	4	
nstr	2	
Aw	2513.27	mm ²

Diametro staffe
Numero braccia
Numero strati
Area staffe

ϕ_w	20	mm
nbr	2	
nstr	1	
Aw	628.32	mm ²

Nrd	6147	kN
Ned	6028	kN
Verifica Ft	ok	
	1.02	

Forza resistente di progetto
Sforzo di compressione massimo

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

10 PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – TRAVI INCORPORATE

10.1 Meccanismo in direzione longitudinale

10.1.1 Caratteristiche geometriche

Il sistema considerato di bielle compresse e bielle tese viene evidenziato nella figura di seguito riportata. A favore di sicurezza, il meccanismo tirante-puntone in direzione longitudinale viene schematizzato considerando l'altezza minima del pulvino di transizione, pari a 1.50 m.

La parte sommitale del pulvino, al di sotto del baggioio dell'impalcato a travi incorporate, può invece essere schematizzata come una mensola, di altezza pari a 1.65m e larghezza pari a 1.8m.

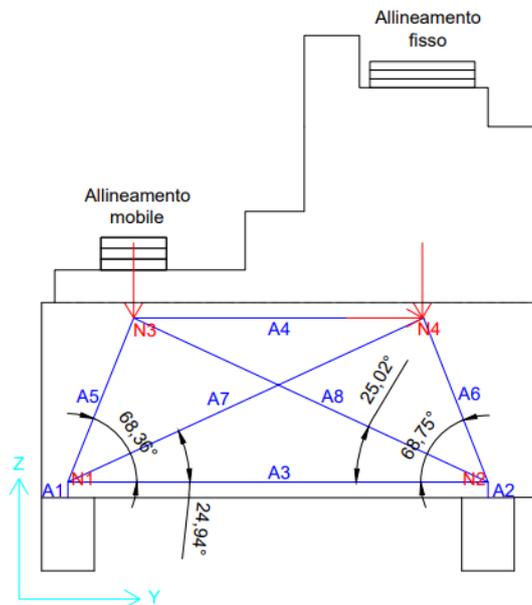


Figura 10-1: Modello a traliccio di puntone e tiranti (direzione longitudinale)

Altezza pulvino	H	1.50 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)	D	2.21 m
Distanza longitudinale nodi 3-2	La	2.7 m
Distanza longitudinale nodi 1-3	Lb	0.5 m

10.1.2 Modellazione agli elementi finiti

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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.

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 rigidità 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 rigidità flessionale abbattuta di un fattore $k1=0.0001$ ed una rigidità 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.

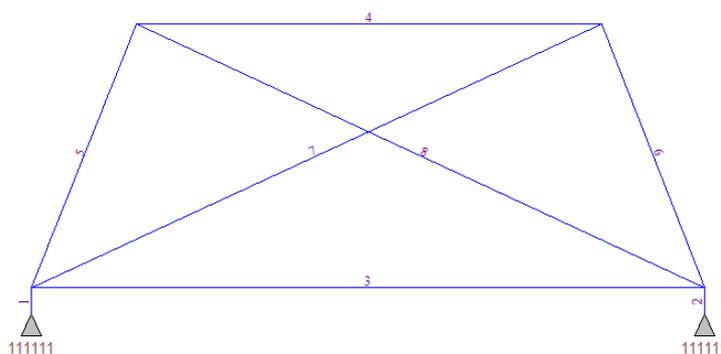


Figura 10-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

10.1.3 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.

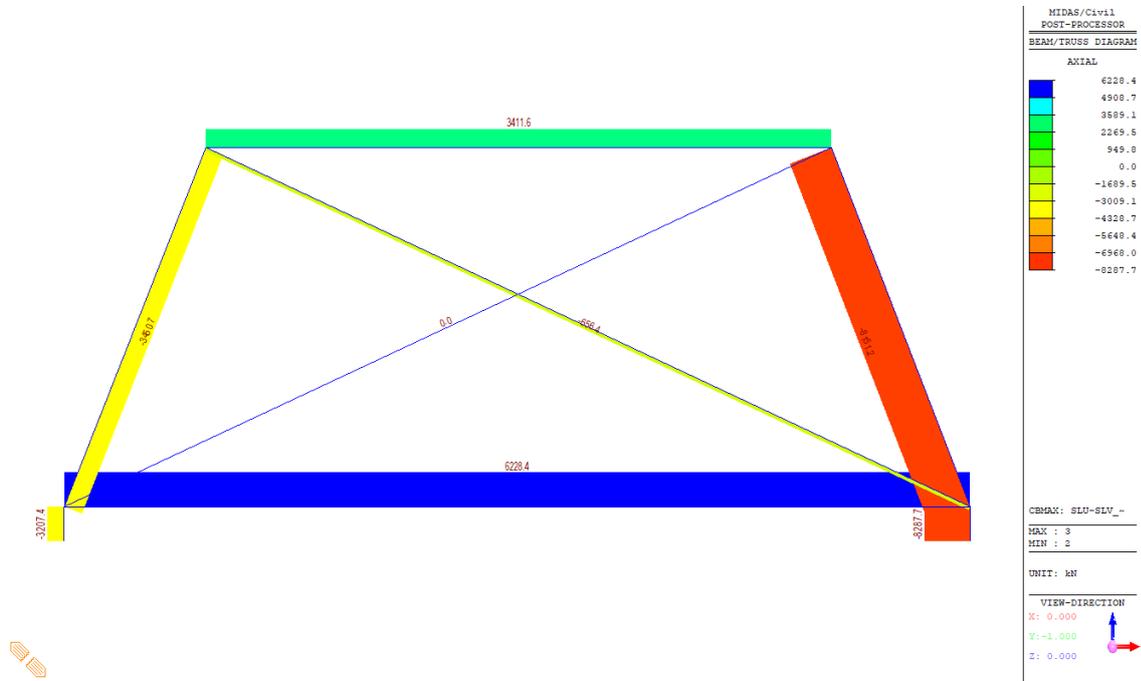


Figura 10-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

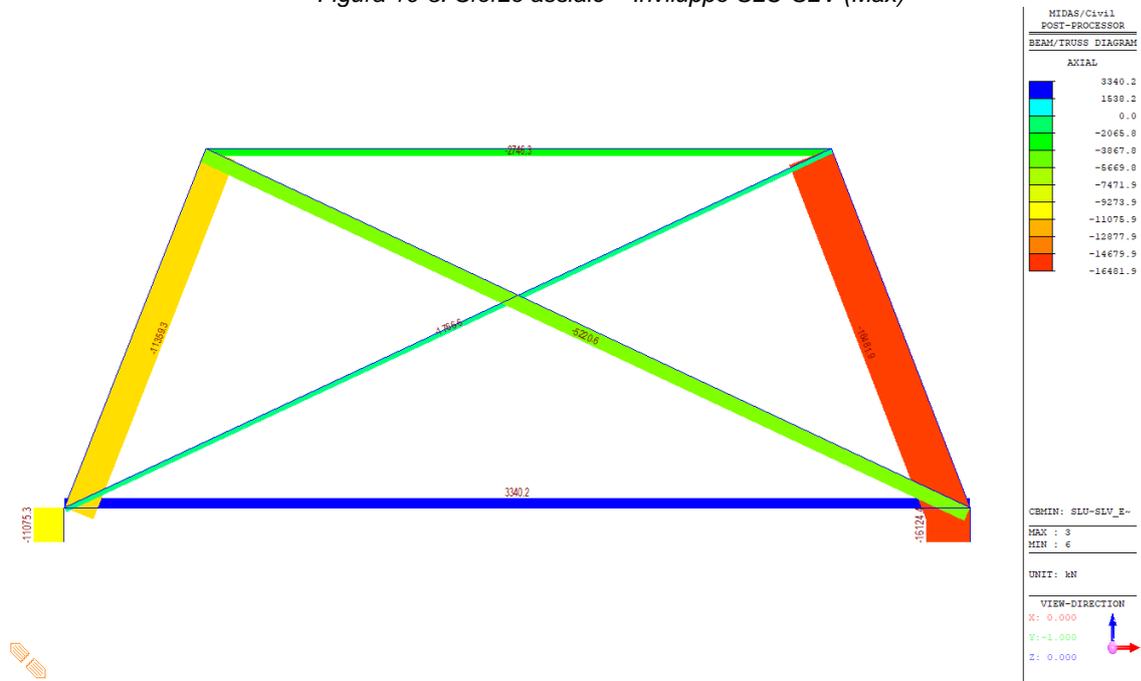


Figura 10-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

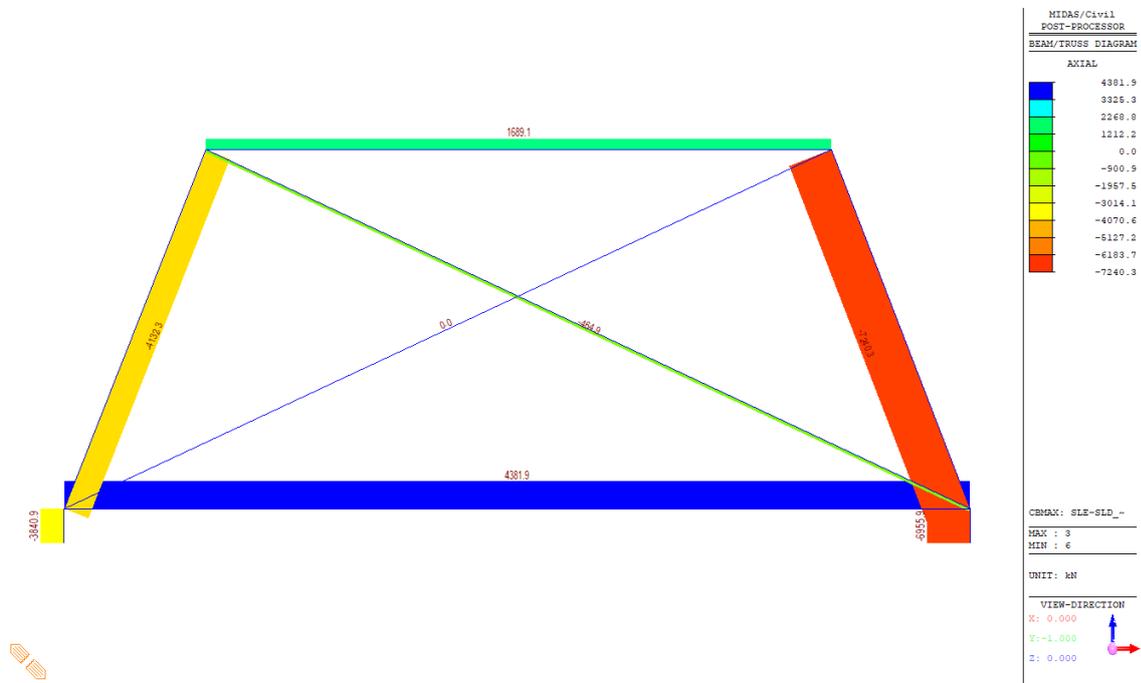


Figura 10-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

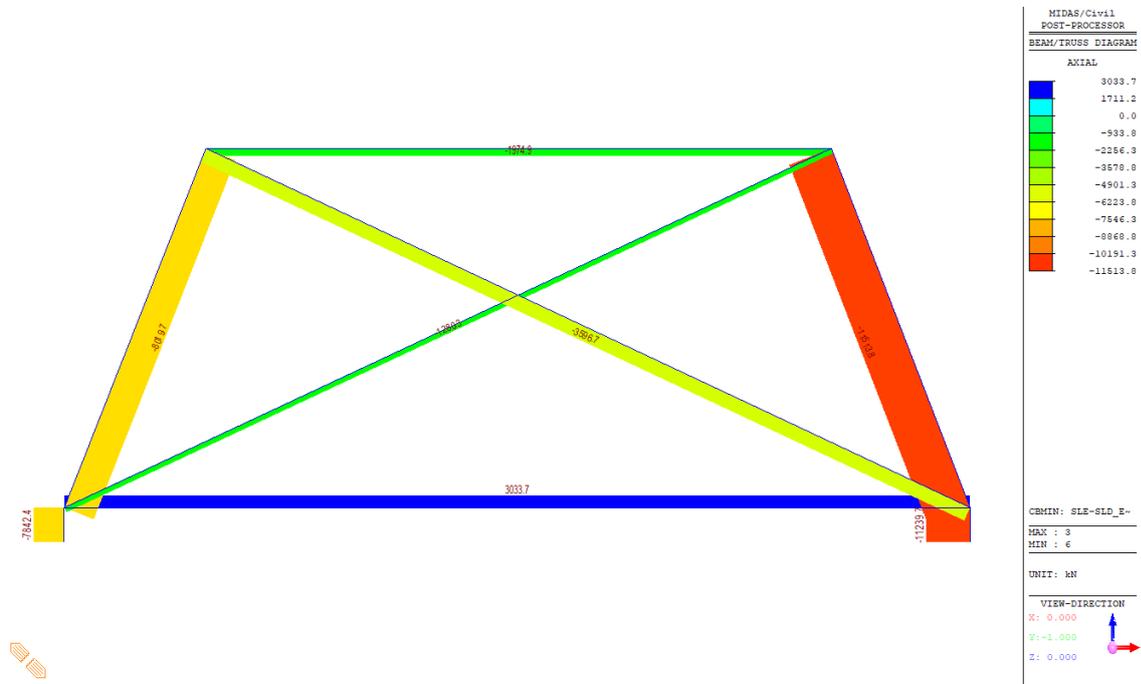


Figura 10-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di trazione 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 A3	6228	4382	3806	2931
Asta A4	3412	1689	-	-

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	-2746	-1975	-1639	-1574
Asta A5	-11359	-8020	-6818	-5411
Asta A6	-16482	-11514	-9876	-6998

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

10.1.4 **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 As	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 As	13823.01	mm ²

10.1.5 **Verifica dei tiranti**

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

10.1.5.1 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>
Tr _d	10818.01	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T _{ed}	6228.38	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.74		<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>
Tr _d	5409.00	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T _{ed}	3411.61	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.59		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

10.1.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

0.75 fyk	337.50	MPa	Limite tensionale dell'acciaio
Ted	4381.87	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
As	27646.02	mm ²	Area totale ferri
σs	158.50	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok	
Fs	2.13	Fattore di sicurezza

10.1.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

Ted	3805.55	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
-----	---------	----	--

Es	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
Ecm	33345.8	MPa	Modulo elastico cls
fctm	3.02	MPa	Resistenza a trazione media cls
αe	6.30		Es/Ecm
kt	0.4		Fattore per la durata del carico

As	27646.0	mm ²	Area di acciaio teso
σs	137.7	MPa	Tensione nell'armatura tesa

h	2.2	m	Altezza pulvino
b	9.4	m	Larghezza pulvino direzione trasversale
c*	0.083	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
d	2.117	m	Altezza utile
hc,ef	0.2075	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
Ac,eff	1.95	m ²	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
peff	0.014		Rapporto geometrico d'armatura

esm	0.00039	Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
-----	---------	--

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021
				B

k1	0.8		<i>Barre ad aderenza migliorata</i>
k2	0.50		<i>Flessione</i>
k3	3.4		
k4	0.425		
c	0.05	m	<i>Ricoprimento dell'armatura</i>
φ	20	mm	<i>Diametro armatura</i>
Δsm	241.1	mm	<i>Distanza media tra le fessure</i>

wk	0.161	mm	<i>Ampiezza caratteristica delle fessure</i>
wmax	0.2	mm	<i>Ampiezza limite delle fessure</i>
FS	1.24		<i>Fattore di sicurezza</i>

10.1.6 Verifiche dei puntoni

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

10.1.6.1 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. 10.1.7. 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: $\sigma_{Rd,max} = 0.6 v' f_{cd}$.

Ned	-16481.94	kN	<i>Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)</i>
a	432.24	mm	<i>Larghezza direzione long.</i>
b	9400	mm	<i>Larghezza direzione trasv.</i>
A	4063084.07	mm ²	<i>Area puntone</i>
σc	4.06	MPa	<i>Tensione di compressione agente</i>
fcd	9.49	MPa	<i>Resistenza di progetto del cls</i>
Verifica	ok		
FS	2.34		<i>Fattore di sicurezza</i>

10.1.6.2 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. 10.1.7.

a	432.24	mm	<i>Larghezza direzione long.</i>
b	9400	mm	<i>Larghezza direzione trasv.</i>
A	4063084.07	mm ²	<i>Area puntone</i>

<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>EI2CLVI0504021</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Ned	-11513.79	kN	<i>Forza di compressione agente (comb. Rara)</i>
σ_c	2.83	MPa	<i>Tensione di compressione agente</i>
0.55 fck	17.60	MPa	<i>Resistenza di progetto del cls</i>
Verifica	ok		
FS	6.21		<i>Fattore di sicurezza</i>

Ned	-6997.83	kN	<i>Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)</i>
σ_c	1.72	MPa	<i>Tensione di compressione agente</i>
0.40 fck	12.80	MPa	<i>Resistenza di progetto del cls</i>
Verifica	ok		
FS	7.43		<i>Fattore di sicurezza</i>

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

L,nodo	9400	mm	<i>Profondità del nodo nell'altra direzione</i>
S	400	mm	<i>Larghezza pareti fusto pila</i>

	Inclinazione asta	Larghezza Long	Larghezza Trasv	Area nodo
Asta	θ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm ²)
A6	1.20	432.24	9400	4063084.1
A8	0.44	317.78	9400	2987170.7
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	-16481.9	4063084.068	4.06	13.44	ok	3.31
A2	-16124.4	3760000	4.29	13.44	ok	3.13

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

10.1.8 Verifica della mensola verticale

Nel caso in cui l'allineamento fisso degli appoggi si trova lato impalcato a travi incorporate, la mensola verticale del pulvino è soggetta ad un'azione orizzontale, pari alla risultante del taglio nella direzione longitudinale del viadotto, agente all'estradosso del baggiolo.

I tagli longitudinali massimi per le varie combinazioni di verifica si possono ricavare dal par. 0 e sono riportati nella tabella che segue.

La forza di taglio T_{ed} genera in corrispondenza della sezione di incastro della mensola, un momento flettente M_{ed} pari a:

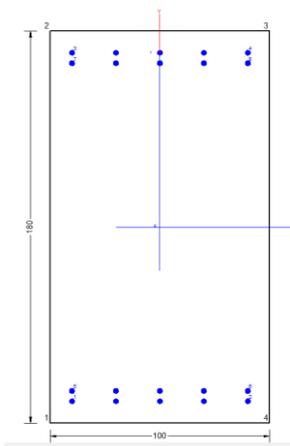
$$M_{Ed} = T_{Ed} \cdot (h_{mens} + h_{bagg})$$

h	1.65	m	Altezza della mensola + baggioli
Ltrasv	7	m	Larghezza della mensola in dir. trasv. In cui sono presenti gli app. fissi
Llong	1.8	m	Larghezza della mensola in direzione long.

f _{yd}	391.30	MPa
-----------------	--------	-----

	SLU/SLV	SLE/SLD	FESS	QP		
T _{ed}	6979	4705	1378	48	kN	Forza di taglio longitudinale complessiva (massima)
M _{ed}	11514.67	7762.92	2273.70	79.61	kNm	Momento alla base della mensola
Med	1645	1109	325	11	kNm/m	Momento alla base della mensola al metro lineare

Si dovrà quindi prevedere nella mensola verticale del pulvino un'armatura verticale costituita da due strati di $\phi 24/20$.



Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale sono state effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC. L'output di verifica è di seguito riportato.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
NOME FILE SEZIONE: Mensola pulvino Inc

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
Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit : Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:	C32/40
Resis. compr. di progetto fcd:	18.130 MPa
Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33646.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.030 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	176.00 daN/cm ²
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 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:	337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-90.0
2	-50.0	90.0
3	50.0	90.0
4	50.0	-90.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.0	-80.0	24
2	40.0	-80.0	24
3	-40.0	80.0	24

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

4	40.0	80.0	24
5	-40.0	-75.2	24
6	40.0	-75.2	24
7	-40.0	75.2	24
8	40.0	75.2	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	2	3	24
2	3	4	3	24
3	5	6	3	24
4	7	8	3	24

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	1645.00	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	1109.00	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	310.00 (1911.61)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (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)		

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	11.00 (1911.61)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.8 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 (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1645.00	0.00	2893.58	1.76	67.9(31.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
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	0.072	-50.0	90.0	0.00065	-40.0	80.0	-0.04496	-40.0	-80.0

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	0.000285042	-0.022153823	0.072	0.700

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 conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.06	-50.0	90.0	-160.9	20.0	-80.0	3038	45.2

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; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ 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 Coprifero [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 = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \cdot \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(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	-0.00087	0	0.500	24.0	88	0.00048 (0.00048)	573	0.277 (990.00)	1911.61	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.85	-50.0	90.0	-45.0	20.0	-80.0	3038	45.2

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	-0.00024	0	0.500	24.0	88	0.00013 (0.00013)	573	0.077 (0.20)	1911.61	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.03	-50.0	90.0	-1.6	20.0	-80.0	3038	45.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI 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	-0.00001	0	0.500	24.0	88	0.00000 (0.00000)	573	0.003 (990.00)	1911.61	0.00

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

10.1.9 Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale

Al di sotto del ritegno sismico trasversale lato impalcato a Travi incorporate, il pulvino presenta una mensola di dimensioni pari a 1.8m e 1.45m nelle direzioni longitudinale e trasversale e un'altezza pari a quella del pulvino (2.85m).

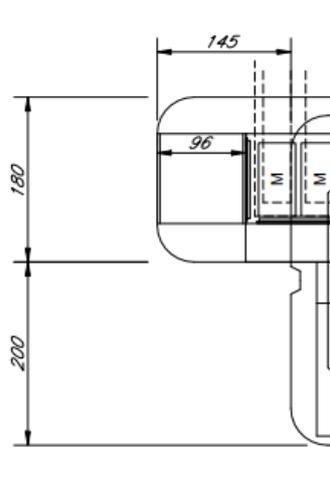


Figura 10-7: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato a Travi Incorporate

Si devono prevedere due strati di $\phi 26/20$ aggiuntivi superiori, in grado di contrastare l'azione sismica proveniente dal ritegno trasversale lato impalcato a Travi Incorporate, pari a 4267 kN, come si può dedurre dalle tabelle del par. 5.2.

T_{ed}	4267	kN	<i>Taglio di progetto del singolo ritegno trasversale</i> <i>Resistenza di calcolo acciaio</i>
f_{yd}	391.30	MPa	

$A_{s,min}$	10904.56	mm ²	<i>Area minima di acciaio necessaria</i>
-------------	----------	-----------------	--

ϕ	24	mm	<i>Diametro</i>
n per fila	8		<i>Numero di ferri per strato</i>
n file	1		<i>Numero di strati</i>
ϕ	26	mm	<i>Diametro</i>
n per fila	8		<i>Numero di ferri per strato</i>
n file	2		<i>Numero di strati</i>
A_s	12113.98	mm ²	
Fs	1.11		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

10.2 Meccanismo in direzione trasversale lato impalcato C.A.P.

10.2.1 Caratteristiche geometriche

Il sistema considerato di bielle compresse e bielle tese viene evidenziato nella figura di seguito riportata. A favore di sicurezza, per la verifica del meccanismo trasversale lato impalcato in C.A.P. verrà considerata solo la metà pulvino (in senso longitudinale) con l'allineamento di appoggi fissi.

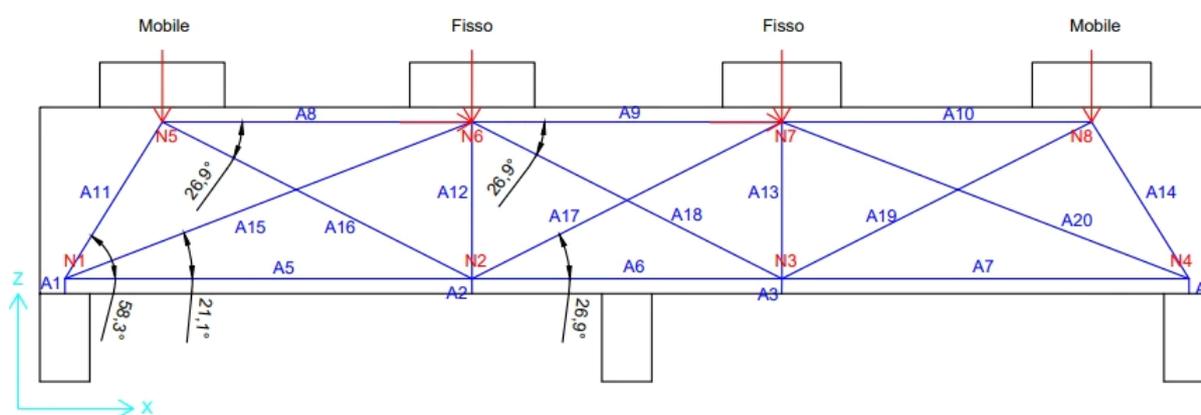


Figura 10-8: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione trasversale)

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 asse appoggi impalcato	D	2.48 m
Distanza longitudinale nodi 1-2	La	3.25 m
Distanza longitudinale nodi 2-3	Lb	2.48 m

10.2.1 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 A5-A6-A7-A8-A9-A10-A11-A12-A13-A14 sono state modellate mediante degli elementi di tipo "truss", reagenti quindi solo a sforzo assiale, sia di trazione che di compressione.

Le aste A15-A16-A17-A18-A19-A20 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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 $k1=0.0001$ ed una rigidezza assiale incrementata di $k2=100000$. 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.

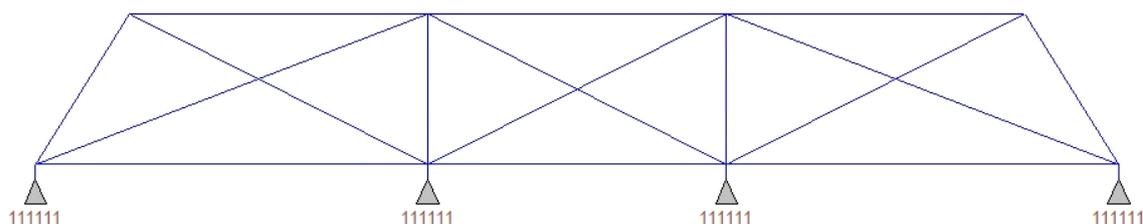


Figura 10-9: Prospetto del modello agli elementi finiti

Le azioni, descritte nel par. 5.1, sono state applicate mediante delle forze nodali in corrispondenza dei nodi N5, N6, N7 e N8. In particolar modo, per dimensionare le armature trasversali del pulvino lato impalcato in C.A.P., sono state prese a riferimento le azioni del pulvino tipologico C.A.P.-C.A.P.

10.2.2 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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

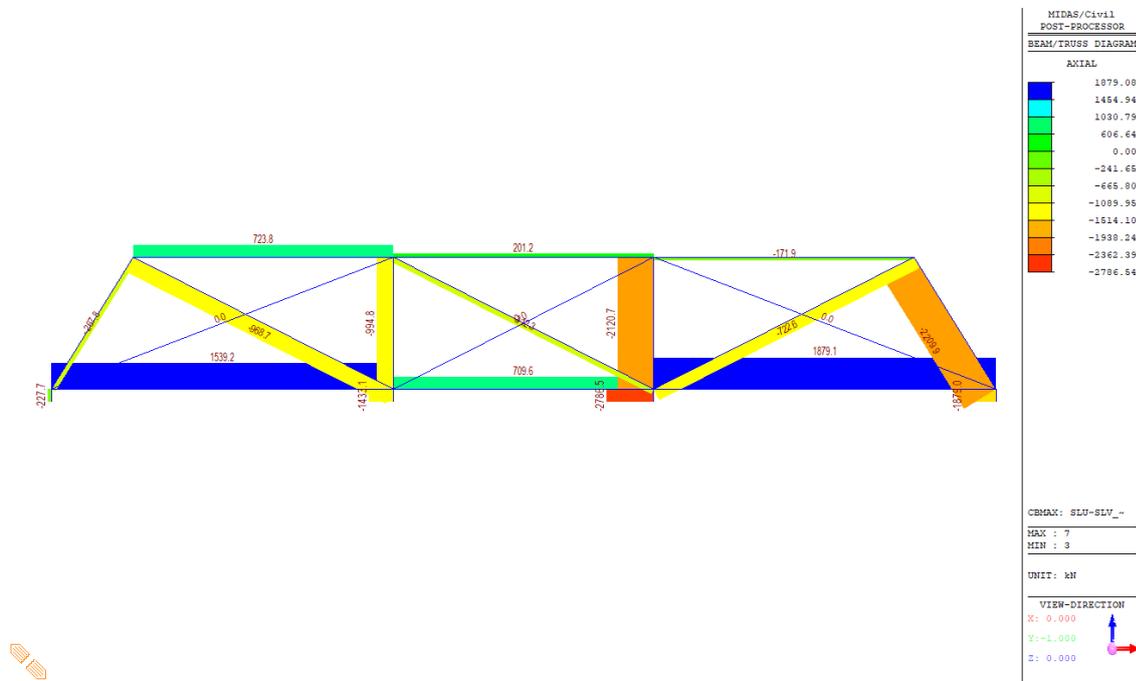


Figura 10-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

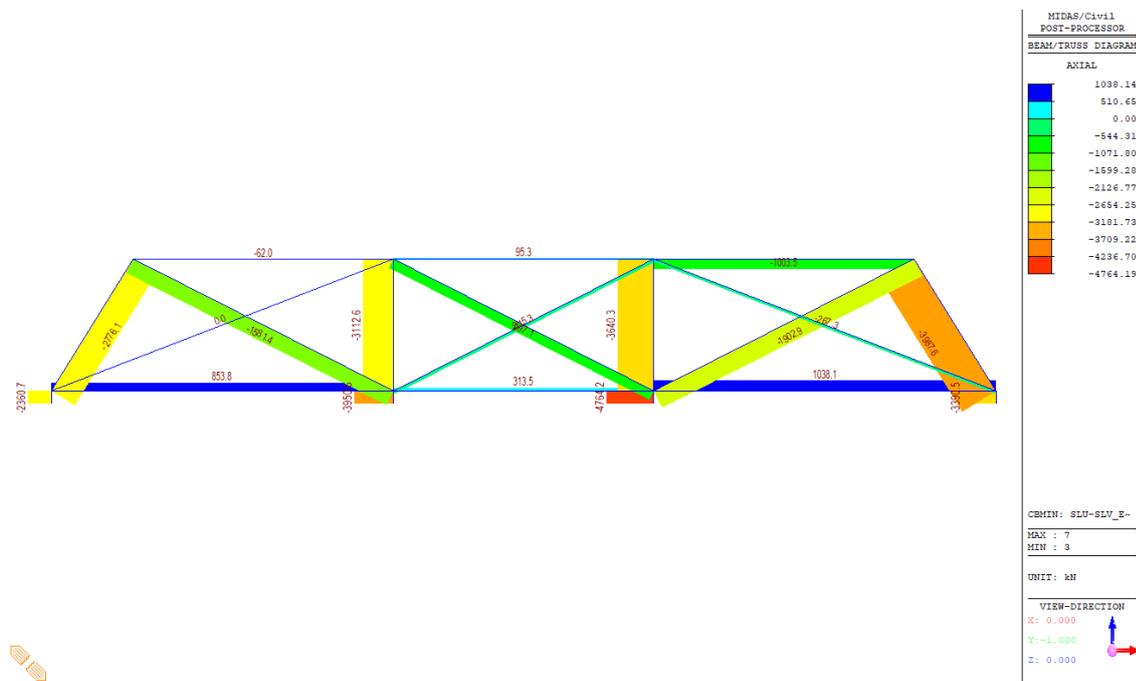


Figura 10-11: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

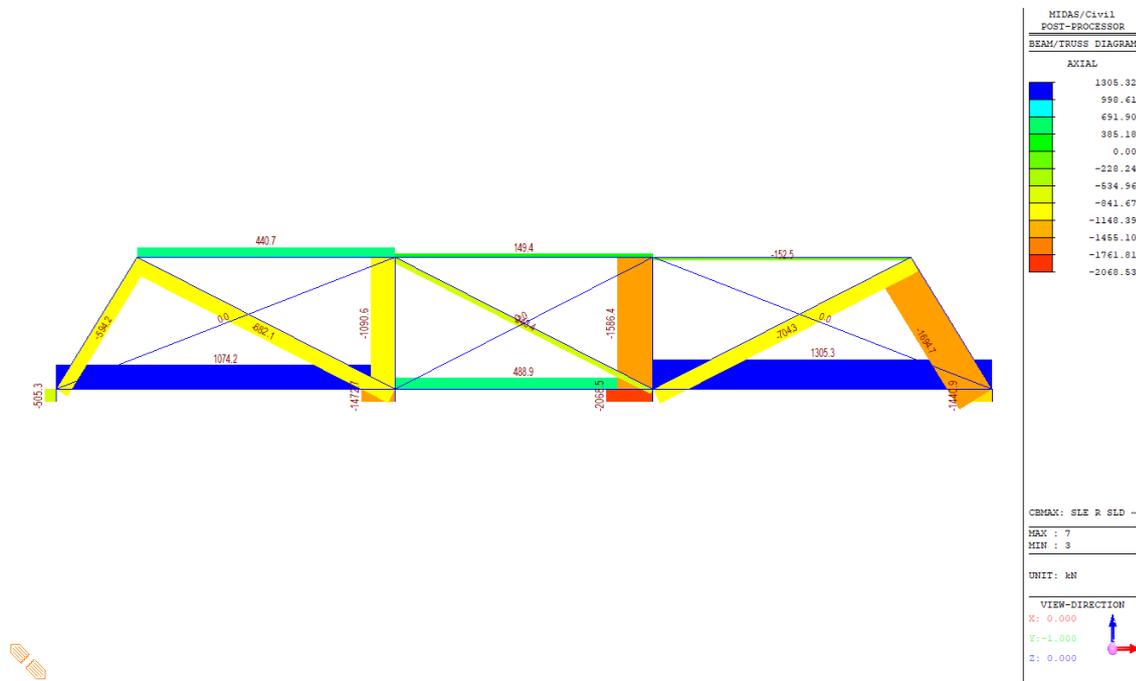


Figura 10-12: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

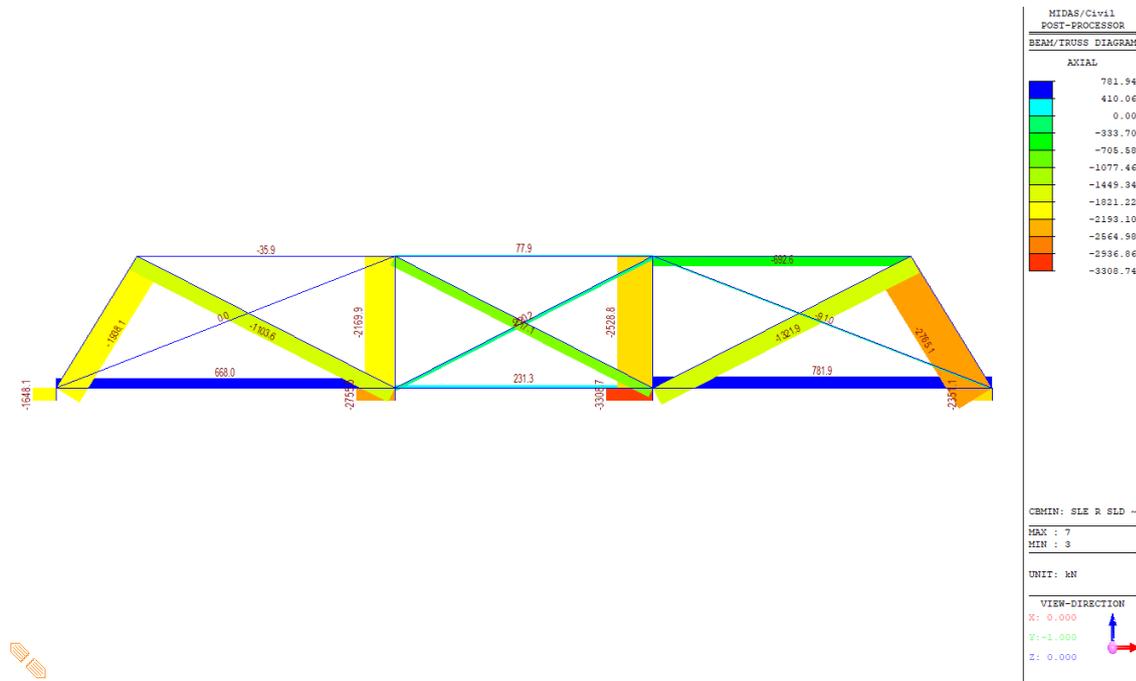


Figura 10-13: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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 EI2CLVI0504021	B

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
Tirante inferiore	1879	1305	1122	705
Tirante superiore	724	441	116	93

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	-4764	-3309	-2838	-1799
Max Montanti A11-A12-A13-A14	-3988	-2765	-2304	-1393
Max Elementi Superiori A8-A9-A10	-1004	-693	-224	-56

10.2.3 *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 A_s	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 A_s	4071.50	mm ²

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

10.2.4 **Verifica dei tiranti**

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

10.2.4.1 Verifica SLU

Armatura trasversale inferiore

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	8143.01	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	3186.39	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	1879.08	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.70		<i>Fattore di sicurezza</i>

Armatura trasversale superiore

f_{yd}	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A_s	4071.50	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
T_{rd}	1593.19	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T_{ed}	723.76	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	2.20		<i>Fattore di sicurezza</i>

10.2.4.2 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}	1305.32	kN	<i>Trazione di progetto (comb. Rara)</i>
A_s	8143.01	mm ²	<i>Area totale ferri</i>
σ_s	160.30	MPa	<i>Tensione acciaio</i>

Verifica	ok		
Fs	2.11		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

10.2.4.3 Verifica SLE: fessurazione

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

T_{ed}	1121.70	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
E_s	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
E_{cm}	33345.8	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	137.7	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	0.60		Trazione eccentrica
k_3	3.4		
k_4	0.425		
c	0.05	m	Ricoprimento dell'armatura
ϕ	24	mm	Diametro armatura
Δ_{sm}	268.1	mm	Distanza media tra le fessure
w_k	0.179	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
w_{max}	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.12		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

10.2.5 Verifiche dei puntoni

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 0.

10.2.5.1 Verifica SLU

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

N_{ed}	-4764.19	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	6.62	MPa	Tensione di compressione agente
f_{cd}	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	1.43		Fattore di sicurezza

10.2.5.2 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}	-3308.74	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ_c	4.60	MPa	Tensione di compressione agente
$0.55 f_{ck}$	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	3.83		Fattore di sicurezza

N_{ed}	-1798.83	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ_c	2.50	MPa	Tensione di compressione agente
$0.40 f_{ck}$	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	5.12		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0504021
				B

10.2.6 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	-3987.57	809268.095	4.93	13.44	ok	2.73
A4	-3390.49	720000	4.71	13.44	ok	2.85

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

10.3 Meccanismo in direzione trasversale lato impalcato a Travi Incorporate

Il carico presente sul pulvino lato impalcato a Travi Incorporate si può considerare come un carico uniformemente distribuito che scarica direttamente all'interno del fusto pila, senza generare nessun particolare meccanismo tirante-puntone all'interno del pulvino.

Si prevede quindi la medesima armatura trasversale del pulvino lato impalcato in C.A.P., riportata al par. 10.2.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

10.4 Ritegni sismici

10.4.1 Ritegni sismici longitudinali

Il ritegno sismico longitudinale lato impalcato in C.A.P. ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45m, una larghezza media nella direzione longitudinale del ponte di 0.44m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 8.84m.

Il ritegno sismico trasversale lato impalcato a Travi Incorporate ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.40m, una larghezza media nella direzione longitudinale del ponte di 0.34m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 10.38m.

Viene di seguito esplicitata solo la verifica del ritegno sismico longitudinale più critico, ovvero quello lato impalcato a Travi Incorporate.

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

$$V_{Ed} = 730.2 \cdot 12 = 8762 \text{ kN}$$

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

Il ritegno lavora essenzialmente come un blocco monolitico, vista la disposizione dei cuscinetti, e le verifiche possono essere quindi effettuate considerando l'intera larghezza in direzione trasversale del ritegno.

Nelle figure che seguono è riportata la geometria dei ritegni longitudinali e lo schema di applicazione delle forze sismiche.

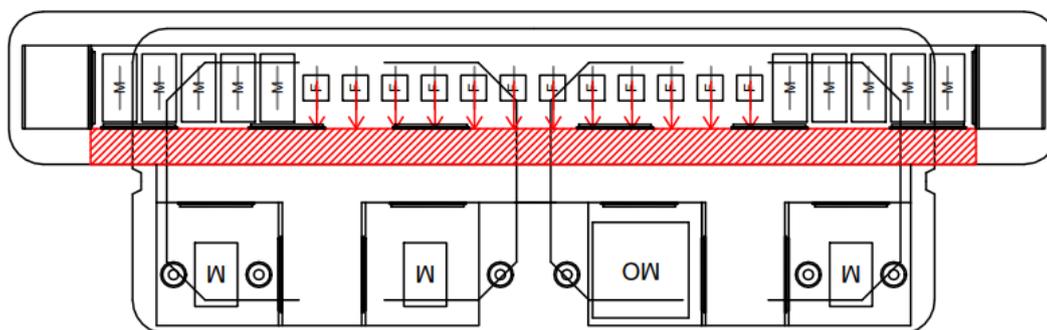


Figura 10-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale con appoggi fissi lato impalcato a Travi Incorporate (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

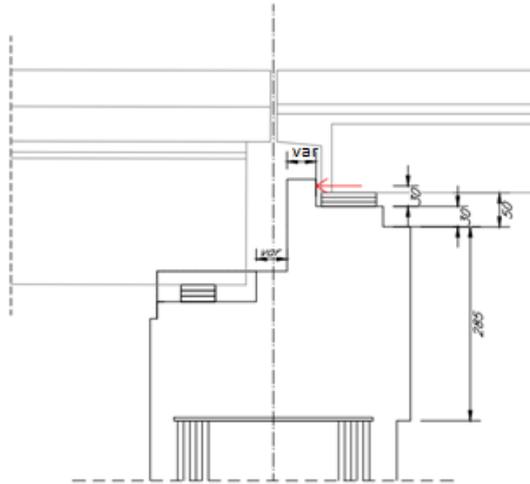


Figura 10-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale con appoggi fissi lato impalcato a Travi Incorporate (Prospetto)

L'armatura resistente a trazione del ritegno longitudinale lato impalcato a Travi Incorporate è costituita da un solo strato di $\phi 24$ passo 10 cm. Le verifiche sono esplicitate nelle tabelle che seguono.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Verifiche ritegno longitudinale – Lato impalcato Travi Incorporate

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	8762	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	340	mm
Lunghezza della mensola	lc	400	mm
Distanza di applicazione carico	a	300	mm
Profondità mensola	b	10380	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	62	mm
Altezza utile tirante superiore	d	278	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	250.2	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	355.6	mm
ctg Ψ	λ	1.421	
Inclinazione puntone	Ψ	0.613	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	24	mm
Numero di barre per strato	n strato	103	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	103	
Area barre	As	46596.1	mm ²

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.6	cm

Resistenza tirante	PRs	12828.91	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.46	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	10385.99	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.19	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	Soddisfatta con il minimo di armatura necessario
----------------------------	---------	--

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	A _{s,tot}	93192.2	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	21053.95	kN
Verifica	V _{rd} >P _{ed}	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	2.40	

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	93192	mm ²
Area totale cls	A _c	3525800	mm ²
As/Ac	ρ	0.026	
Resistenza di progetto	τ _{rd}	4.74	MPa
Tensione agente	τ _{ed}	2.48	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.91	

Verifica dell'armatura di frettaggio al di sotto del ritegno sismico longitudinale

Sono necessari 5 φ24 al metro lineare, per contrastare il taglio di progetto del ritegno sismico longitudinale.

V _{ed}	8762	kN	Taglio di progetto del ritegno longitudinale
L _{long}	10.37	m	Lunghezza ritegno longitudinale
V _{ed}	844.94	kN/m	Taglio di progetto al metro lineare
f _{yd}	391.30	MPa	Resistenza di calcolo acciaio
A _{s,min}	2159.28	mm ²	Area minima di acciaio necessaria
φ	24	mm	Diametro
n per fila	5		Numero di ferri per strato
n file	1		Numero di strati
A _s	2261.95	mm ²	
FS	1.05		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

10.4.2 Ritegni sismici trasversali

Sono presenti quattro ritegni sismici trasversali, due lato impalcato in C.A.P. e due lato impalcato a Travi Incorporate.

Ognuno dei due ritegni sismici trasversali lato impalcato in C.A.P. presenta un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45 m, una larghezza nella direzione trasversale del ponte di 0.91 m e una larghezza nella direzione longitudinale di 1.43 m.

Ognuno dei due ritegni sismici trasversali lato impalcato a Travi Incorporate presenta invece un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.40 m, una larghezza nella direzione trasversale del ponte di 0.97 m e una larghezza nella direzione longitudinale di 0.98 m.

La verifica è stata effettuata sia sul singolo ritegno trasversale lato impalcato in C.A.P., sia su quello lato impalcato a Travi Incorporate.

10.4.2.1 Ritegni sismici trasversali lato impalcato a Travi Incorporate

L'azione sollecitante per la verifica dei ritegni lato impalcato a Travi Incorporate è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari al taglio trasversale in combinazione sismica degli appoggi fissi:

$$V_{Ed} = 355.6 \cdot 12 = 4267 \text{ kN}$$

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

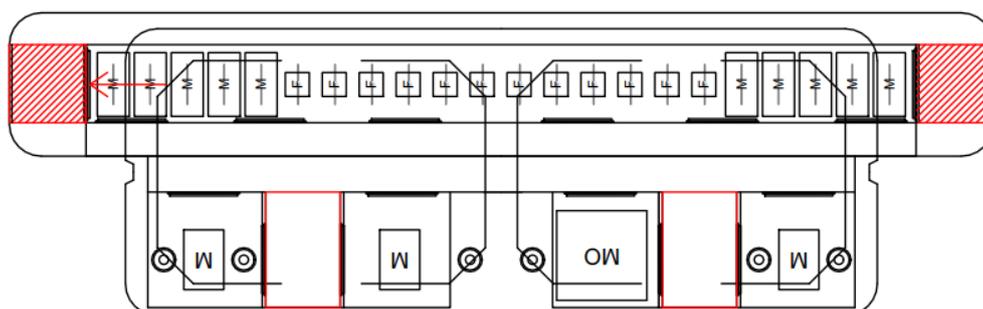


Figura 10-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

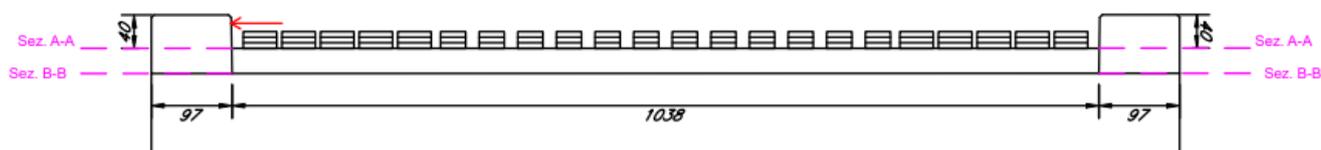


Figura 10-17: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

L'armatura resistente a trazione dei ritegni sismici trasversali lato impalcato a Travi Incorporate è costituita da due strati di $\Phi 30$ passo 10 cm. Nelle tabelle che seguono sono esplicitate le verifiche del ritegno trasversale lato impalcato a Travi incorporate sia in corrispondenza della sezione ad estradosso baggiolo (Sez. A-A), sia in corrispondenza della sezione ad estradosso spalla (Sez. B-B).

Sez. A-A

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	4267	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	965	mm
Lunghezza della mensola	lc	450	mm
Distanza di applicazione carico	a	350	mm
Profondità mensola	b	980	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	95	mm
Altezza utile tirante superiore	d	870	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	783	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	524	mm
ctg Ψ	λ	0.669	
Inclinazione puntone	Ψ	0.981	rad

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	φ	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm ²

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.0	cm

Resistenza tirante	PRs	7439.61	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.74	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	6406.91	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.50	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	Verificato con il minimo di armatura	

Sez. B-B

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	4267	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

3) Geometria della mensola

Altezza mensola	hc	965	mm
Lunghezza della mensola	lc	700	mm
Distanza di applicazione carico	a	600	mm
Profondità mensola	b	980	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	95	mm
Altezza utile tirante superiore	d	870	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	783	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	774	mm
ctg Ψ	λ	0.989	
Inclinazione puntone	Ψ	0.791	rad

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	ϕ	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm ²

Passo	s	10	cm
Interfero orizzontale	ih	7.0	cm

Resistenza tirante	PRs	5036.63	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.18	

2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$, altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	4691.76	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.10	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	Verificato con il minimo di armatura	

Verifiche a tranciamento

Nelle verifiche a tranciamento vengono considerati, oltre ai due strati di $\phi 30/10$, anche gli ulteriori 14 $\phi 20$ presenti sugli altri due lati di ogni singolo ritengo sismico trasversale.

Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f _{yd}	391.30	MPa
Area totale ferri	As,tot	29845.13	mm ²

Resistenza a tranciamento	V _{rd}	6742.6	kN
Verifica	V _{rd} >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.58	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

erifica 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	fyd	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	fcd	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	29845.13	mm ²
Area totale cls	Ac	945700	mm ²
As/Ac	ρ	0.032	
Resistenza di progetto	trd	7.69	MPa
Tensione agente	ted	4.51	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.70	

10.4.2.1 Ritegni sismici trasversali lato impalcato in C.A.P.

L'azione sollecitante per la verifica dei ritegni lato impalcato in C.A.P. è ottenuta dal par. 5.2 ed è pari al taglio trasversale in combinazione sismica degli appoggi fissi, ripartito tra i due ritegni.

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

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

L'armatura resistente a trazione dei ritegni sismici trasversali lato impalcato in C.A.P. è costituita da uno strato di $\Phi 22$ passo 10 cm. Nelle tabelle che seguono sono esplicitate le verifiche dei ritegni.

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

Profondità mensola	b	1430	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	9030.14	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	4.41	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	1301300	mm ²
As/Ac	ρ	0.008	
Resistenza di progetto	τ _{rd}	2.07	MPa
Tensione agente	τ _{ed}	1.57	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F _s	1.31	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

10.5 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.

10.5.1 *Baggiolo lato impalcato a travi incorporate*

Verifiche a tranciamento

Nel baggiolo sottostante l'impalcato a Travi Incorporate è necessario disporre dei ferri verticali $\phi 22$ passo 10 cm, per soddisfare le verifiche a tranciamento descritte al par. 6.

Il taglio di progetto è il massimo taglio risultante in combinazione sismica, considerando l'allineamento degli appoggi fissi. 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}	8762	0
V_{trasv}	4267	4267
V_{ris}	8855	4267

Nel caso in esame, il taglio di progetto è pari a: $V_{Ed} = 8855 \text{ kN}$.

ϕ	22	mm	<i>Diametro ferri</i>
n strato strati	55		<i>Numero di ferri per strato</i>
	2		<i>Numero di strati</i>
n tot	110		<i>Numero di ferri totali (sui 4 lati del baggiolo)</i>
As	41814.6	mm ²	<i>Area totale dei ferri baggiolo</i>

Verifica a tranciamento (Acciaio)

<i>Resistenza di calcolo acciaio</i>	f_{yd}	391.30	MPa
<i>Area totale ferri</i>	$A_{s,tot}$	41814.6	mm ²

<i>Resistenza a tranciamento</i>	V_{rd}	9446.74	kN
<i>Taglio agente</i>	V_{ed}	8855.42	kN
<i>Verifica</i>	$V_{rd} > V_{ed}$	ok	
<i>Coefficiente di sicurezza</i>	F_s	1.07	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	fyd	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	fcd	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	41814.6	mm ²
Area totale cls	Ac	10162600	mm ²
As/Ac	ρ	0.004	
Resistenza di progetto	trd	1.25	MPa
Tensione agente	ted	0.87	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.43	

Verifica a compressione del cls

L'azione sollecitante è data massimo sforzo assiale sull'apparecchio d'appoggio multidirezionale più esterno, pari a 727 kN.

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

b1	0.4	mm	Larghezza appoggio multidirezionale trasv	b2 < 3 b1	ok
d1	0.8	mm	Larghezza appoggio multidirezionale long	d2 < 3 d1	ok
h	0.30	mm	Altezza baggiolo		
b2	0.462	mm	Larghezza area diffusione direzione trasv		
d2	0.98	mm	Larghezza area diffusione direzione long		
Ac,0	0.32	mm ²	Area caricata		
Ac,1	0.45	mm ²	Area di massima diffusione del carico		
fcd	18.13	MPa	Resistenza cilindrica di progetto		
Fr,du	6902.2	kN	Forza di compressione ultima		
Fr,du*(2/3)	3451.1	kN	Forza di compressione ultima dimezzata		
Ned	727	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
Ft	4.75		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021 B

10.5.2 *Baggiolo lato impalcato in C.A.P.*

Verifiche a tranciamento

Sui baggioli degli appoggi fissi e unidirezionali longitudinali lato impalcato in C.A.P. 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. 0.

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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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	fyd	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	fcd	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	25484.6	mm ²
Area totale cls	Ac	2114000	mm ²
As/Ac	ρ	0.012	
Resistenza di progetto	trd	3.11	MPa
Tensione agente	ted	1.94	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.61	

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		
fcd	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				
Ft	1.39		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

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: $N_{Rd} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{\nu}$.

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

11 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.

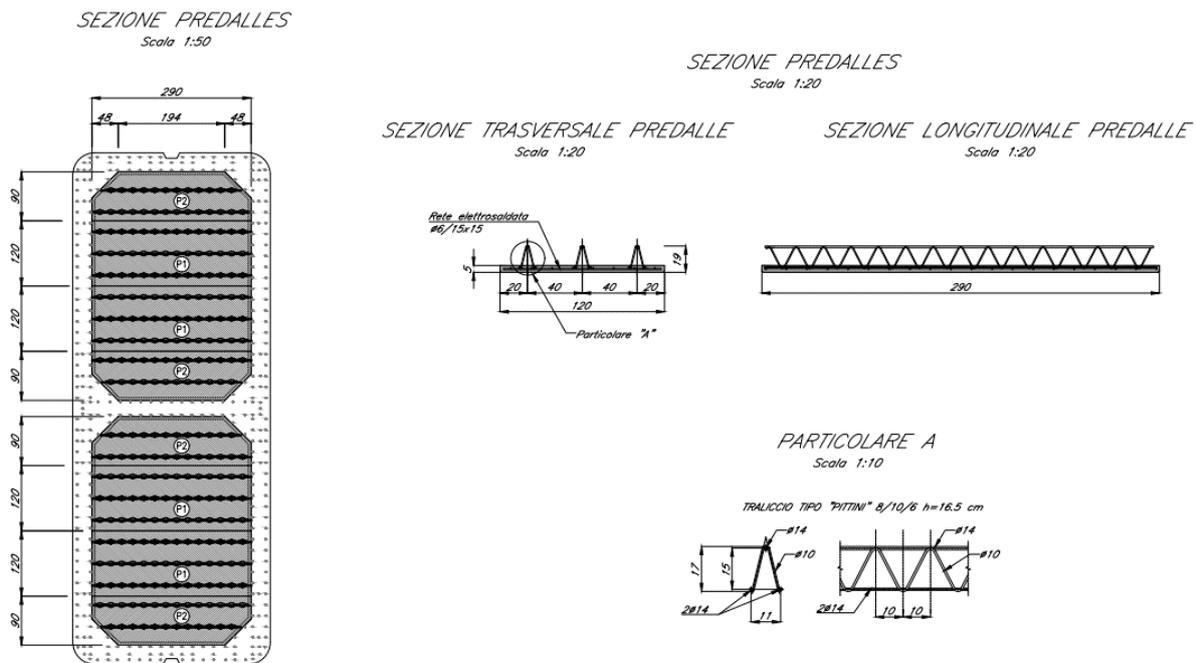


Figura 18: Predalles per getto del pulvino

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	EI2CLVI0504021
				B

CARATTERISTICHE DELLE PREDALLE PREFABBRICATE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo C35/45

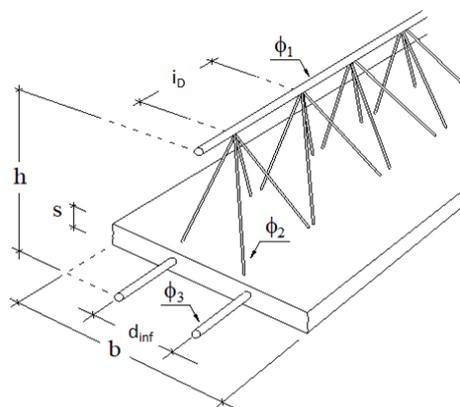
Peso proprio	γ_c	25	[kN/m ³]
Res. cubica car.	R_{ck}	45.0	[MPa]
Res. cilindrica car.	f_{ck}	35.0	[MPa]
Coeff. sicurezza	γ_M	1.50	[-]

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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 25%;">Codifica</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IN17</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">EI2CLVI0504021</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	Progetto	Lotto	Codifica		IN17	12	EI2CLVI0504021	B
Progetto	Lotto	Codifica							
IN17	12	EI2CLVI0504021	B						

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]				
<hr/>							
<i>Assiale corrente sup.</i>	N _{Ed,sup}	-35.8	[kN]				
<i>(instabilità)</i>	N _{Rd,sup}	-38.3	[kN]				
	η	0.94	[-] Ok				
<hr/>							
<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				
<hr/>							
<i>Assiale sul diagonale</i>	N _{Ed,diag}	-5.3	[kN]				
<i>(instabilità)</i>	N _{Rd,diag}	-19.1	[kN]				
	η	0.28	[-] Ok				
<hr/>							

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0504021	B

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

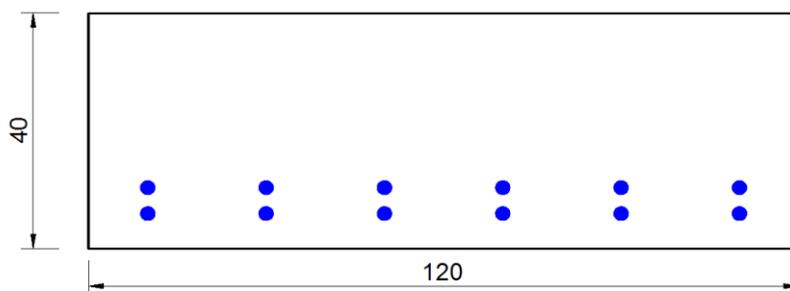
Azioni - Getto di completamento del cls

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit : 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	EI2CLVI0504021	B

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	EI2CLVI0504021	B

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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] 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}
Esito della verifica
e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2 = 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max Massima distanza tra le fessure [mm]
wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess. 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	EI2CLVI0504021	B

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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0504021	B

12 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.