

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 SAN BONIFACIO DAL km 24+874,95 AL km 25+314,95**

**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	6	0	4	0	0	7	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 IN1710E09ISVI0600001A	E.d.in	Gen.2023	M. Proietti 	Gen.2023	G. Grimaldi 	Gen.2023	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12CLVI0604007B
		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><b>IRICAV2</b></p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>			
	<p>Progetto</p> <p>IN17</p>	<p>Lotto</p> <p>12</p>	<p>Codifica</p> <p>EI2CLVI0604007</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
2.1	Normative.....	4
2.2	Elaborati di riferimento .....	4
3	MATERIALI.....	5
3.1	Calcestruzzo per pulvini, ritegni e baggioli .....	5
3.2	Acciaio per barre di armatura .....	5
3.3	Stati limite .....	7
3.3.1	Stati limite ultimi .....	7
3.3.2	Stati limite d'esercizio .....	7
4	DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI .....	10
4.1	Descrizione del pulvino tipologico C.A.P. - C.A.P .....	10
4.2	Descrizione del pulvino di transizione Misto 6 travi – C.A.P.....	11
4.3	Sistemi di riferimento ed unità di misura.....	13
5	AZIONI DI PROGETTO.....	14
5.1	Pulvini .....	14
5.2	Ritegni sismici e baggioli .....	19
6	MODELLI DI ANALISI E VERIFICA .....	21
7	PULVINO TIPOLOGICO C.A.P. – C.A.P. ....	24
7.1	Meccanismo in direzione longitudinale.....	24
7.1.1	Caratteristiche geometriche.....	24
7.1.2	Modellazione agli elementi finiti .....	24
7.1.3	Sollecitazioni .....	25
7.1.4	Armatura longitudinale .....	28
7.1.5	Verifica dei tiranti .....	29
7.1.6	Verifiche dei puntoni .....	31
7.1.7	Verifiche dei nodi .....	32
7.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	33
7.2.1	Caratteristiche geometriche.....	33
7.2.2	Modellazione agli elementi finiti .....	33
7.2.3	Sollecitazioni .....	34
7.2.4	Armatura trasversale.....	37
7.2.5	Verifica dei tiranti .....	38

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

7.2.6	Verifiche dei puntoni .....	40
7.2.7	Verifiche dei nodi .....	41
7.3	Ritegni sismici .....	43
7.3.1	Ritegno sismico longitudinale .....	43
7.3.2	Ritegno sismico trasversale .....	46
7.4	Baggioli .....	49
8	PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 6 TRAVI .....	52
8.1	Meccanismo in direzione longitudinale .....	52
8.1.1	Caratteristiche geometriche .....	52
8.1.2	Modellazione agli elementi finiti .....	52
8.1.3	Sollecitazioni .....	53
8.1.4	Armatura longitudinale .....	57
8.1.5	Verifica dei tiranti .....	57
8.1.6	Verifiche dei puntoni .....	59
8.1.7	Verifiche dei nodi .....	60
8.1.1	Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale.....	61
8.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	62
8.2.1	Caratteristiche geometriche .....	62
8.3	Ritegni sismici .....	63
8.3.1	Ritegno sismico longitudinale .....	63
8.3.2	Ritegno sismico trasversale .....	68
8.4	Baggioli .....	73
9	VERIFICA DELLE PREDALLES .....	76
10	VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (rif. Par. 10.2 DM 14/01/2008).....	84

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento dei pulvini, dei ritegni sismici e dei baggioli del *Viadotto San Bonifacio – VI06*, che si inserisce nell'ambito della progettazione esecutiva del collegamento della linea AV/AC Verona-Padova.

Il viadotto, a doppio binario con intervalla 4.5 m, si estende dal km 24+874.947 al km 25+314.947 della tratta Verona-Padova per uno sviluppo complessivo di 440 m ed è costituito da 17 campate isostatiche, di cui:

- 16 campate di luce pari a 25.0m, con impalcato in c.a.p. con quattro travi a cassoncino;
- Una campata di luce pari a 40.0m, con impalcato in misto acciaio-cls a 6 travi.

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 P10, di altezza pari a 5.5 m;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi*: Pila P8, di altezza pari a 6.0-6.2m.

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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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:

- IN1712E12CLVI0604003: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P8 e P9
- IN1712E12CLVI0604005: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile da P10 a P16

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007 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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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:

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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.

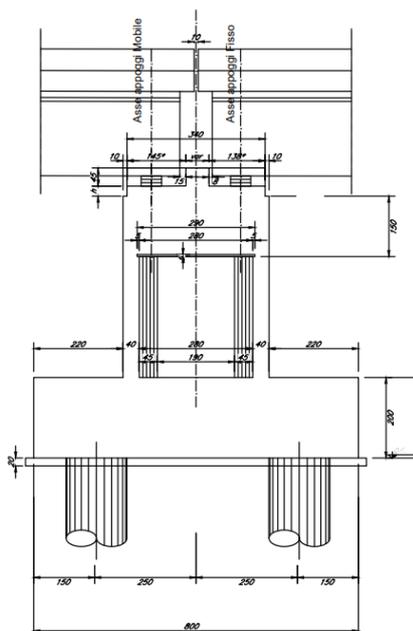


Figura 4-1: Sezione longitudinale pila

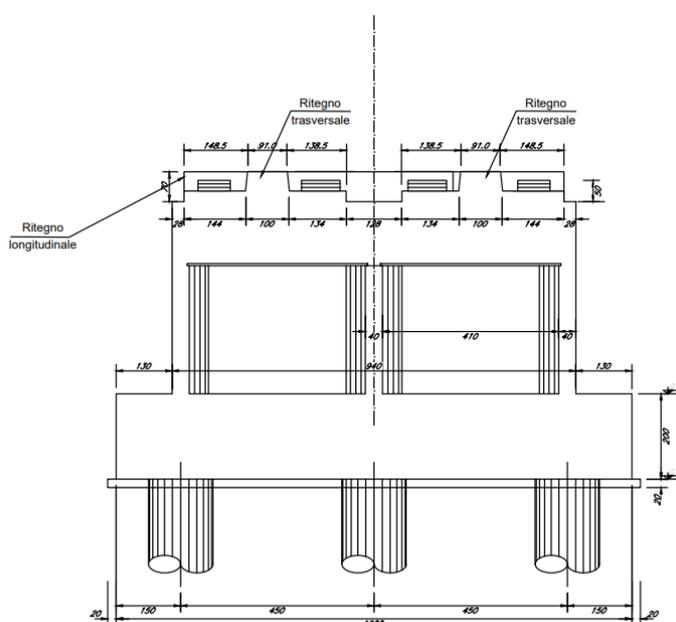


Figura 4-2: Sezione trasversale pila

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

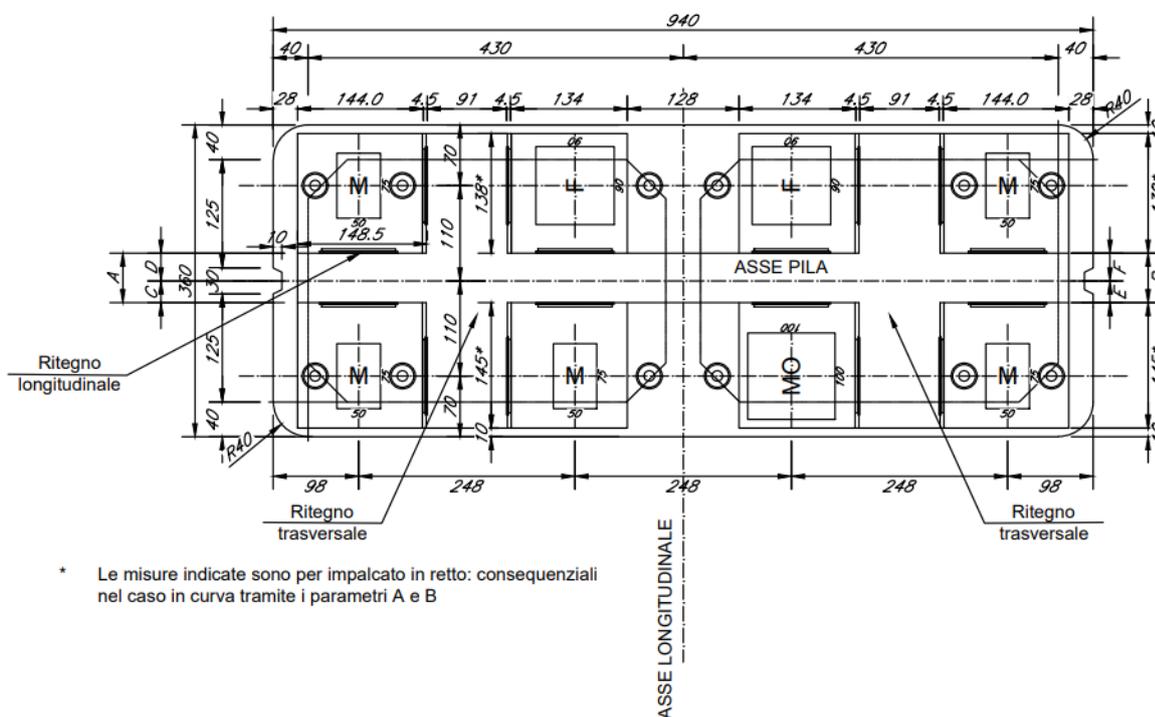


Figura 4-3: Pianta pulvino e schema appoggi

## 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	EI2CLVI0604007	B

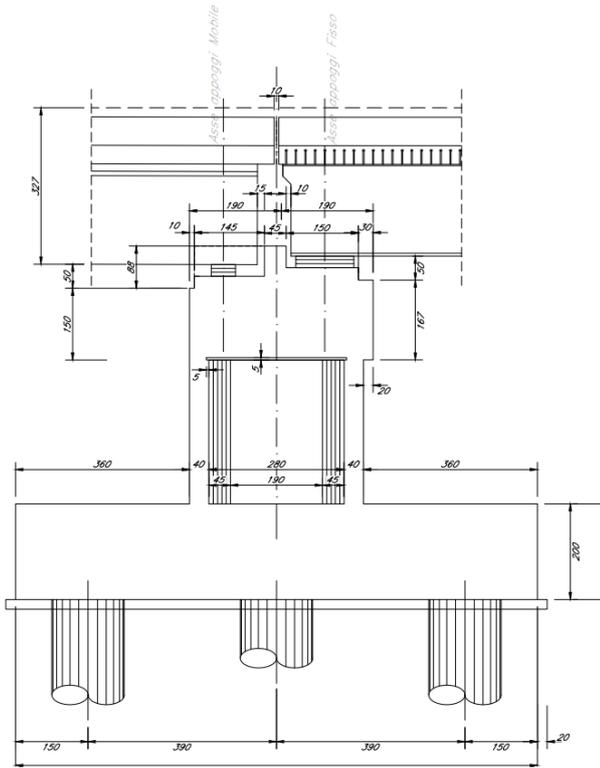


Figura 4-4: Sezione longitudinale pila

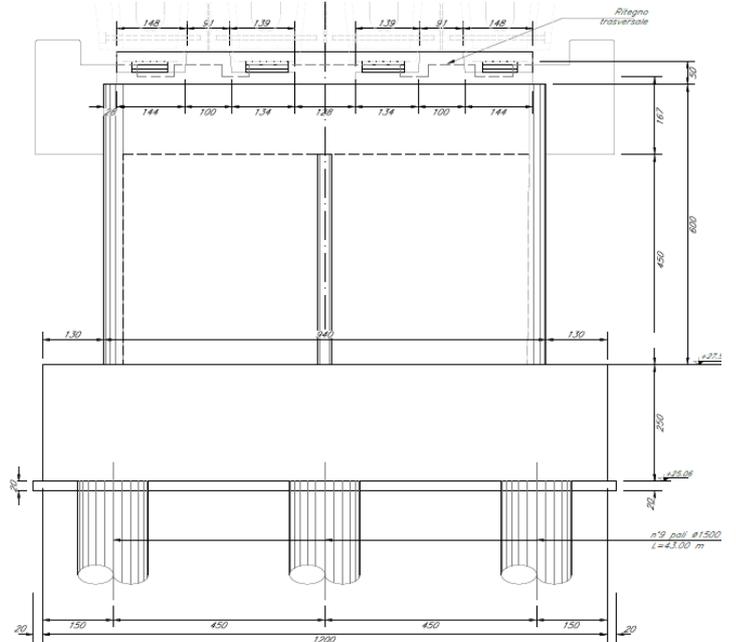


Figura 4-5: Sezione trasversale pila

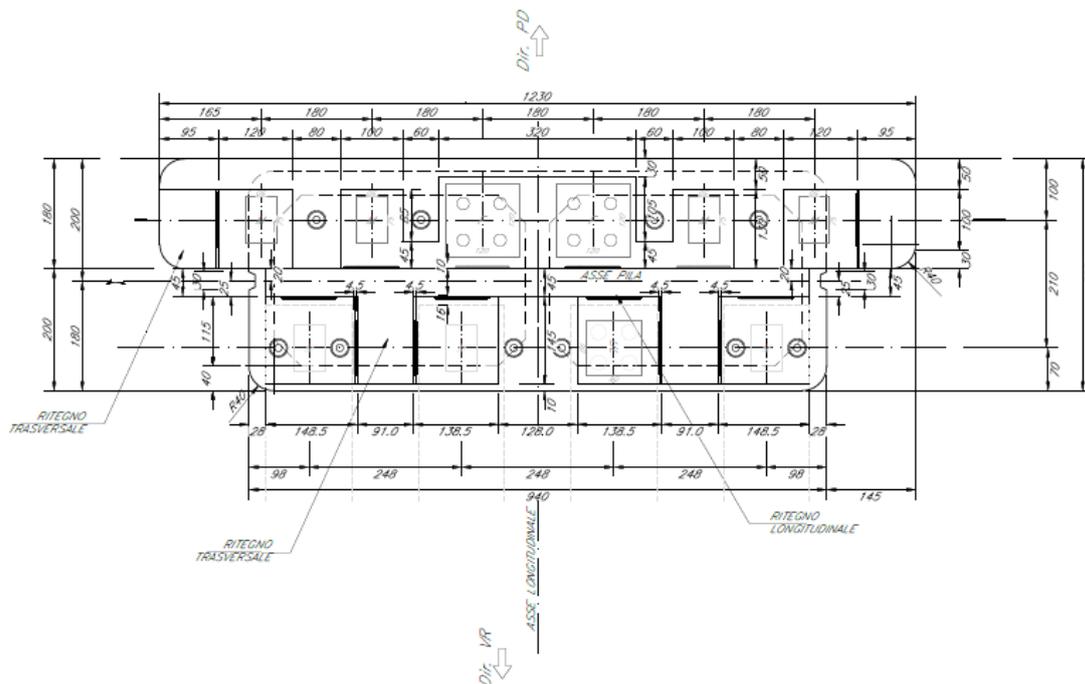


Figura 4-6: Pianta pulvino e schema appoggi (Allineamento fisso lato impalcato in Misto)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

### 4.3 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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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 IN1712EI2CLVI0604005;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi.*: relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0604003.

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 <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	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	1841	1702	1636	12705	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		18059	260	1702	395	10750	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		26086	3134	1077	2282	9495	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		17900	194	754	539	7219	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

		Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb
		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
		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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007
			B

		Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb
	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 <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	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	2244	1890	5677	15528	0	A1_SLU_gr1+vento_T1	
		21465	304	1890	3998	12365	0	A1_SLU_gr2+vento_T1	
		31942	3806	1232	6458	12130	0	A1_SLU_gr3+vento_T1	
		21236	219	955	3946	9282	0	A1_SLU_vento_gr1_T1	
		21236	219	955	3946	9282	0	A1_SLU_vento_gr2_T1	
		21236	219	955	3946	9282	0	A1_SLU_vento_gr3_T1	
		26419	1169	791	4411	5975	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1	
		20132	96	791	3449	4078	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1	
		26419	2107	395	4879	3936	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1	
		Treno 2	27296	1980	1318	10249	8996	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2
			20485	173	1318	3584	6796	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi							
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb	
		27296	3543	659	11030	5598	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2	
		28276	2112	1890	10664	14565	0	A1_SLU_gr1+vento_T2	
		21465	304	1890	3998	12365	0	A1_SLU_gr2+vento_T2	
		28276	3674	1232	11445	11167	0	A1_SLU_gr3+vento_T2	
		21236	219	955	3946	9282	0	A1_SLU_vento_gr1_T2	
		21236	219	955	3946	9282	0	A1_SLU_vento_gr2_T2	
		21236	219	955	3946	9282	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		2055	1890	5408	26770	0	A1_SLU_gr1+vento_T3	
	21465		304	1890	3998	12365	0	A1_SLU_gr2+vento_T3	
	26713		3618	1232	6189	23373	0	A1_SLU_gr3+vento_T3	
	21236		219	955	3946	9282	0	A1_SLU_vento_gr1_T3	
	21236		219	955	3946	9282	0	A1_SLU_vento_gr2_T3	
	21236		219	955	3946	9282	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	16919	8850	2029	4556	7068	0	E_103x_SLV_T1
			16919	2715	6764	1489	22541	0	E_103y_SLV_T1
20631			2715	2029	1489	7068	0	E_103z_SLV_T1	
Treno 2		16413	8840	2029	5248	6935	0	E_103x_SLV_T2	
		16413	2705	6764	2181	22408	0	E_103y_SLV_T2	
		20125	2705	2029	2181	6935	0	E_103z_SLV_T2	
Treno 3		16197	8836	2029	4525	8618	0	E_103x_SLV_T3	
		16197	2701	6764	1458	24091	0	E_103y_SLV_T3	
		19909	2701	2029	1458	8618	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	1419	1291	3832	10581	0	SLE_rar_gr1+vento_T1	
		15022	168	1291	2718	8400	0	SLE_rar_gr2+vento_T1	
		22248	2496	836	4371	8238	0	SLE_rar_gr3+vento_T1	
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr1_T1	
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr2_T1	
		14850	146	636	2695	6188	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	1358	1291	7286	9917	0	SLE_rar_gr1+vento_T2	
		15022	168	1291	2718	8400	0	SLE_rar_gr2+vento_T2	
		19719	2436	836	7825	7573	0	SLE_rar_gr3+vento_T2	
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr1_T2	
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr2_T2	
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr3_T2	
	Treno 3	17989	1245	909	3392	14621	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007
			B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb
		14369	81	909	2442	4687	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3
		17989	2323	454	3931	12278	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3
		18642	1332	1291	3668	18334	0	SLE_rar_gr1+vento_T3
		15022	168	1291	2718	8400	0	SLE_rar_gr2+vento_T3
		18642	2410	836	4207	15991	0	SLE_rar_gr3+vento_T3
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr1_T3
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr2_T3
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr3_T3
SISMA SLD	Treno 1	15744	6080	1266	3171	4573	0	E_103x_SLD_T1
		15744	1884	4219	1073	14224	0	E_103y_SLD_T1
		16714	1884	1266	1073	4573	0	E_103z_SLD_T1
	Treno 2	15238	6070	1266	3863	4440	0	E_103x_SLD_T2
		15238	1874	4219	1765	14091	0	E_103y_SLD_T2
		16208	1874	1266	1765	4440	0	E_103z_SLD_T2
	Treno 3	15022	6066	1266	3140	6123	0	E_103x_SLD_T3
		15022	1870	4219	1042	15775	0	E_103y_SLD_T3
		15992	1870	1266	1042	6123	0	E_103z_SLD_T3
FESSURAZIONE	Treno 1	18461	1472	545	3364	4121	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1
		19114	1559	927	3640	7834	0	SLE_rar_gr4+vento_T1
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr4_T1
	Treno 2	16944	1435	545	5436	3722	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2
		17597	1523	927	5712	7435	0	SLE_rar_gr4+vento_T2
		14850	146	636	2695	6188	0	SLE_rar_vento_gr4_T2
	Treno 3	16298	1420	545	3265	8773	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3
		16951	1507	927	3542	12486	0	SLE_rar_gr4+vento_T3
		14850	146	636	2695	6188	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

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	EI2CLVI0604007	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  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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)
	<b>4293</b>	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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	<i>Nodo CCC</i>
$k_2$	0.85	<i>Nodo CCT</i>
$k_3$	0.75	<i>Nodo CTT</i>

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0604007	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:

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

dove c e  $\mu$  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;

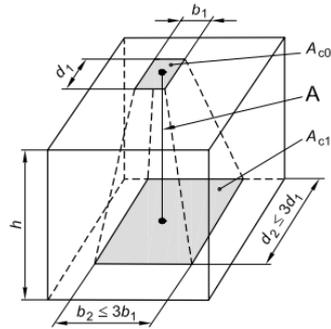
$A_{c1}$  è la massima area di diffusione del carico utilizzata per il calcolo e che ha una forma ometetica a quella di  $A_{c0}$ .

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0604007	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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.

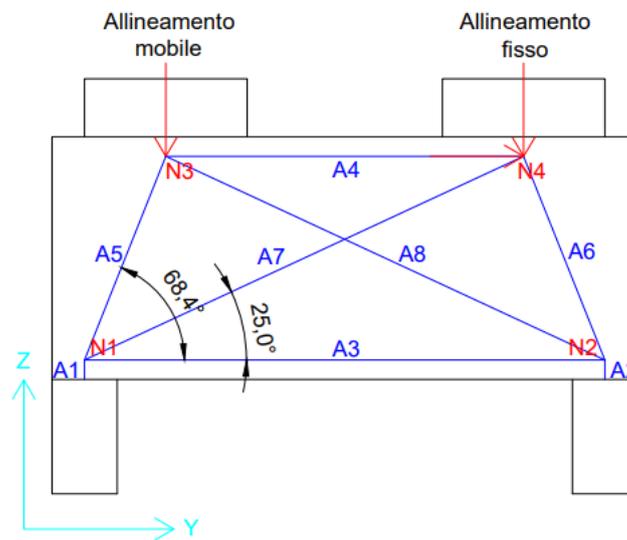


Figura 7-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

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	$\alpha$	68.4 °
Angolo dell'asta A7 rispetto all'orizzontale	$\beta$	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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.

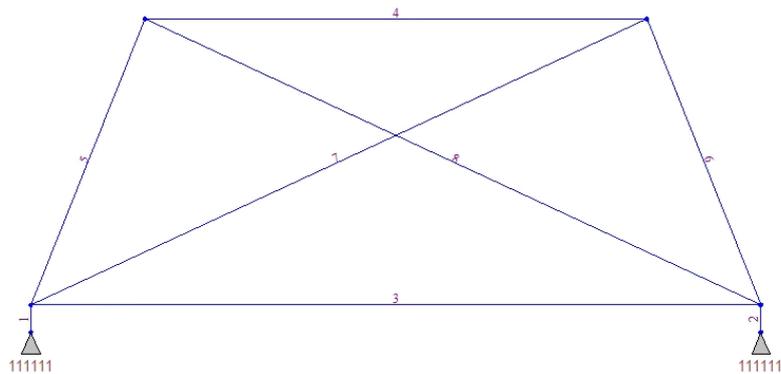


Figura 7-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

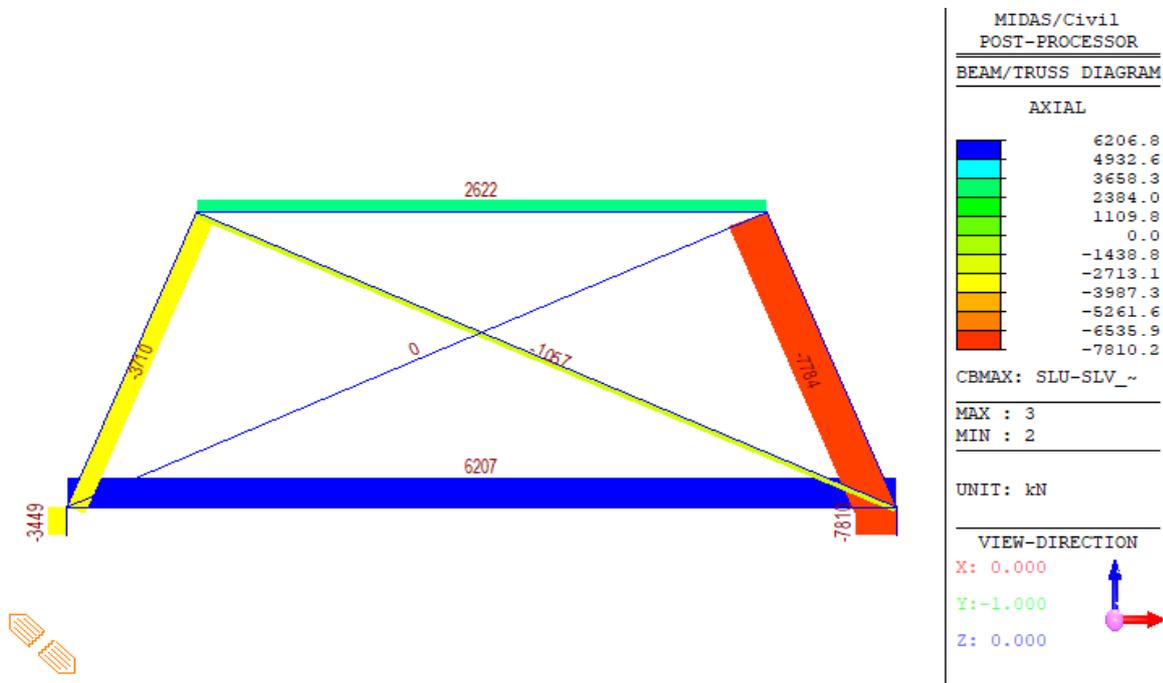


Figura 7-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

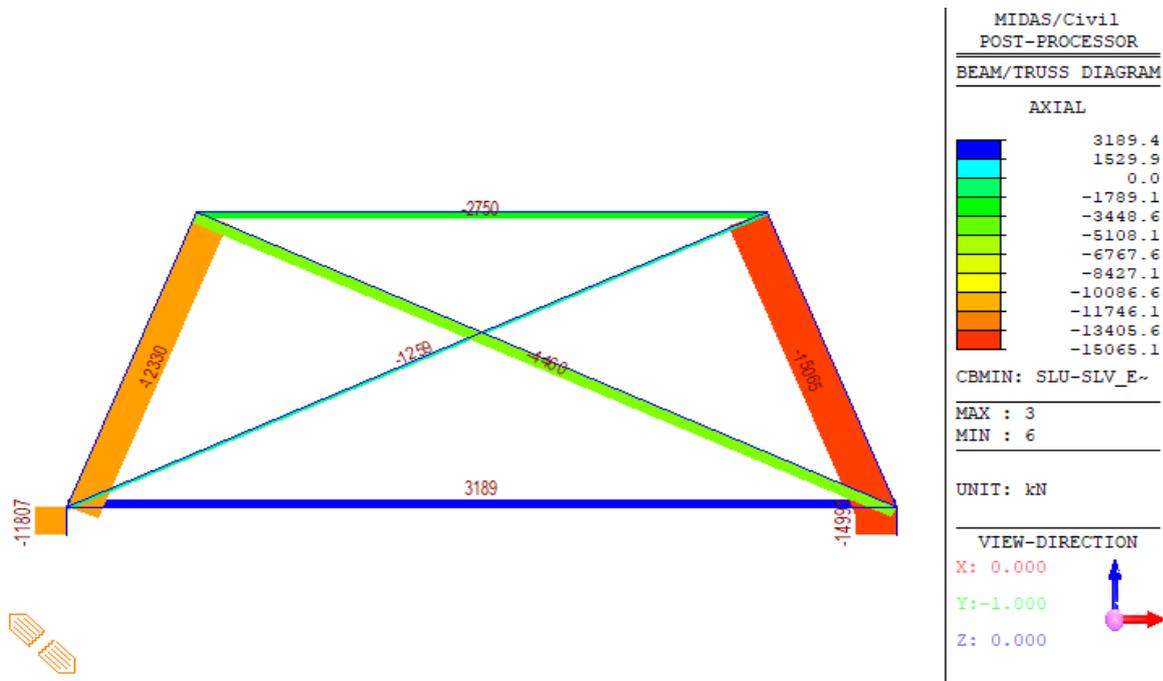


Figura 7-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

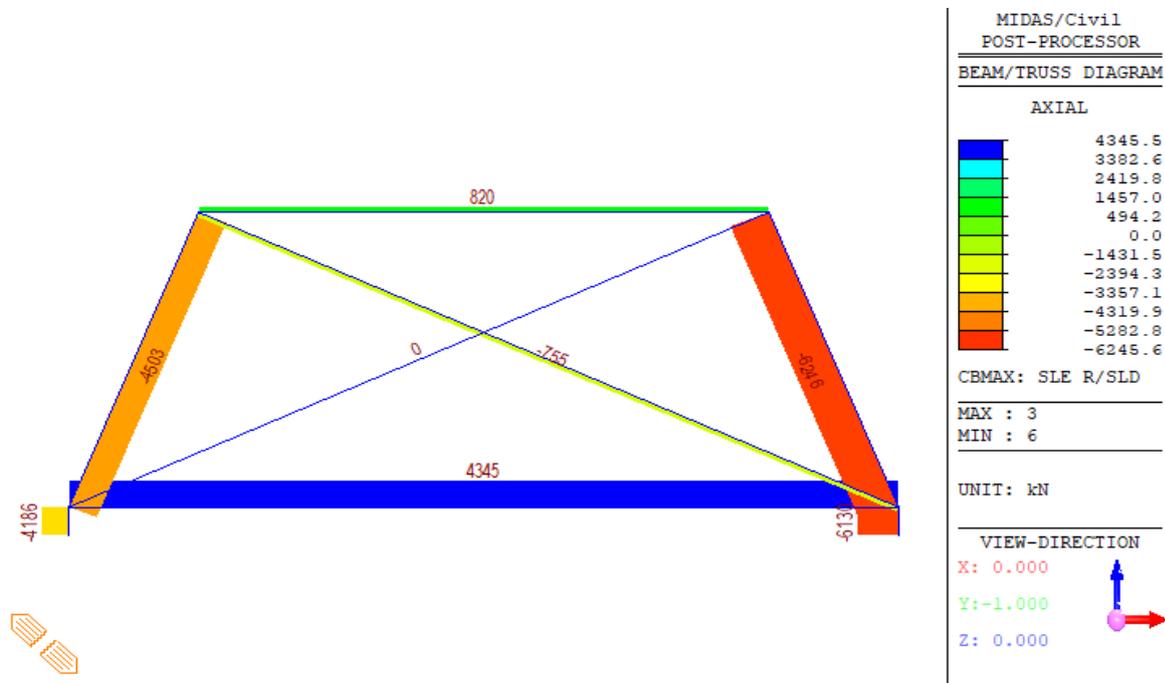


Figura 7-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

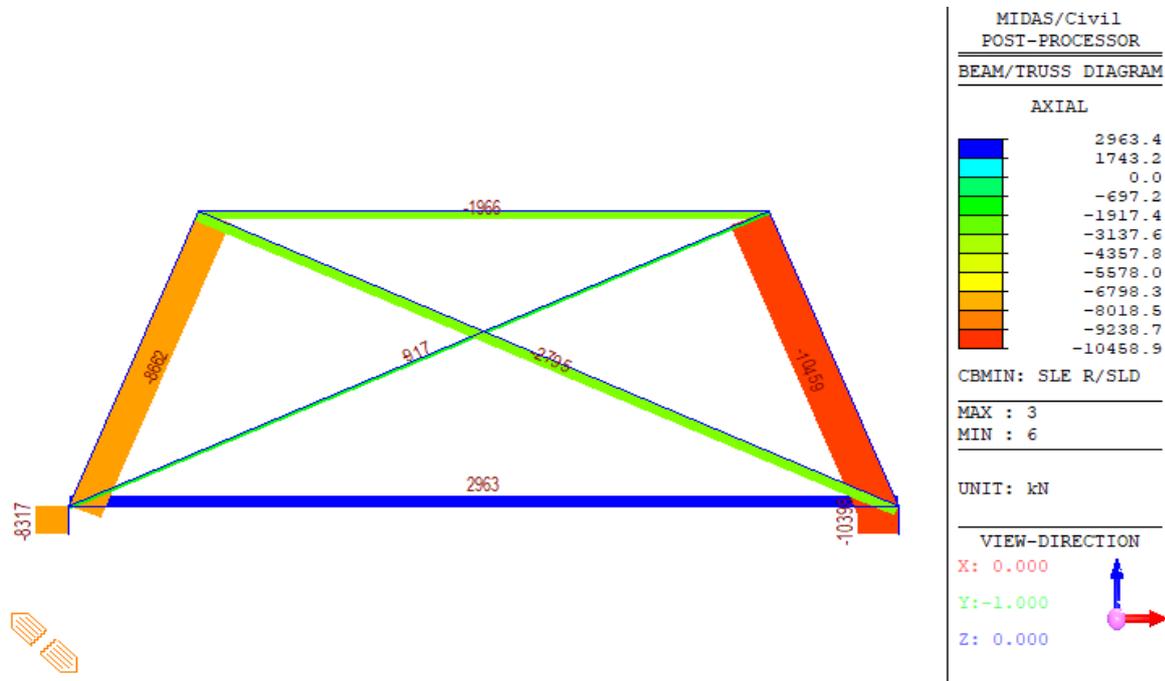


Figura 7-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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 E12CLVI0604007	B

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Asta A3</b>	6207	4345	3752	2854
<b>Asta A4</b>	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
<b>Asta A4</b>	-2750	-1966	-1615	-1535
<b>Asta A5</b>	-12330	-8662	-7447	-5964
<b>Asta A6</b>	-15065	-10459	-8825	-6004

#### 7.1.4 **Armatura longitudinale**

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

Diametro ferro $\phi$	20	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	2	
Numero di ferri per strato	44	
Area totale $A_s$	27646.02	mm <sup>2</sup>

Armatura longitudinale superiore: asta A4

Diametro ferro $\phi$	20	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	44	
Area totale $A_s$	13823.01	mm <sup>2</sup>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

### 7.1.5 Verifica dei tiranti

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

#### 7.1.5.1 Verifica SLU

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

$f_{yd}$	391.30	MPa	Tensione di snervamento di progetto
$A_s$	27646.02	mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	Area totale ferri
$\sigma_s$	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	EI2CLVI0604007	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
$\alpha_e$	6.30		$E_s/E_{cm}$
$k_t$	0.4		Fattore per la durata del carico

$A_s$	27646.0	mm <sup>2</sup>	Area di acciaio teso
$\sigma_s$	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 <sup>2</sup>	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	0.014		Rapporto geometrico d'armatura

$\epsilon_{sm}$	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
$\phi$	20	mm	Diametro armatura
$\Delta_{sm}$	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	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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 <sub>ed</sub>	-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 <sup>2</sup>	Area puntone
σ <sub>c</sub>	3.71	MPa	Tensione di compressione agente
f <sub>cd</sub>	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 <sup>2</sup>	Area puntone
N <sub>ed</sub>	-10458.88	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ <sub>c</sub>	2.57	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f <sub>ck</sub>	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	6.84		Fattore di sicurezza

N <sub>ed</sub>	-6004.19	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ <sub>c</sub>	1.48	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f <sub>ck</sub>	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	8.66		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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
$\phi_w$	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	$\theta$ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )
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 <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
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 E12CLVI0604007	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.

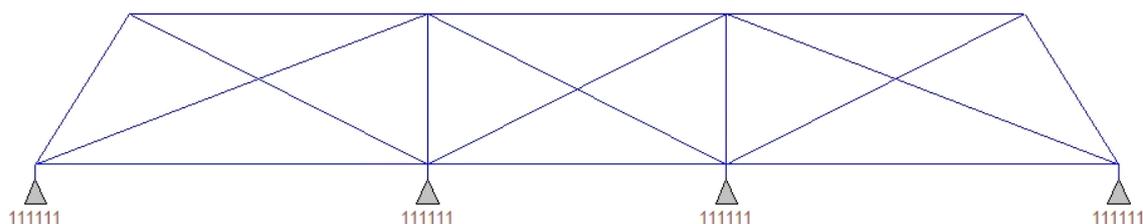


Figura 7-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

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.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0604007	B

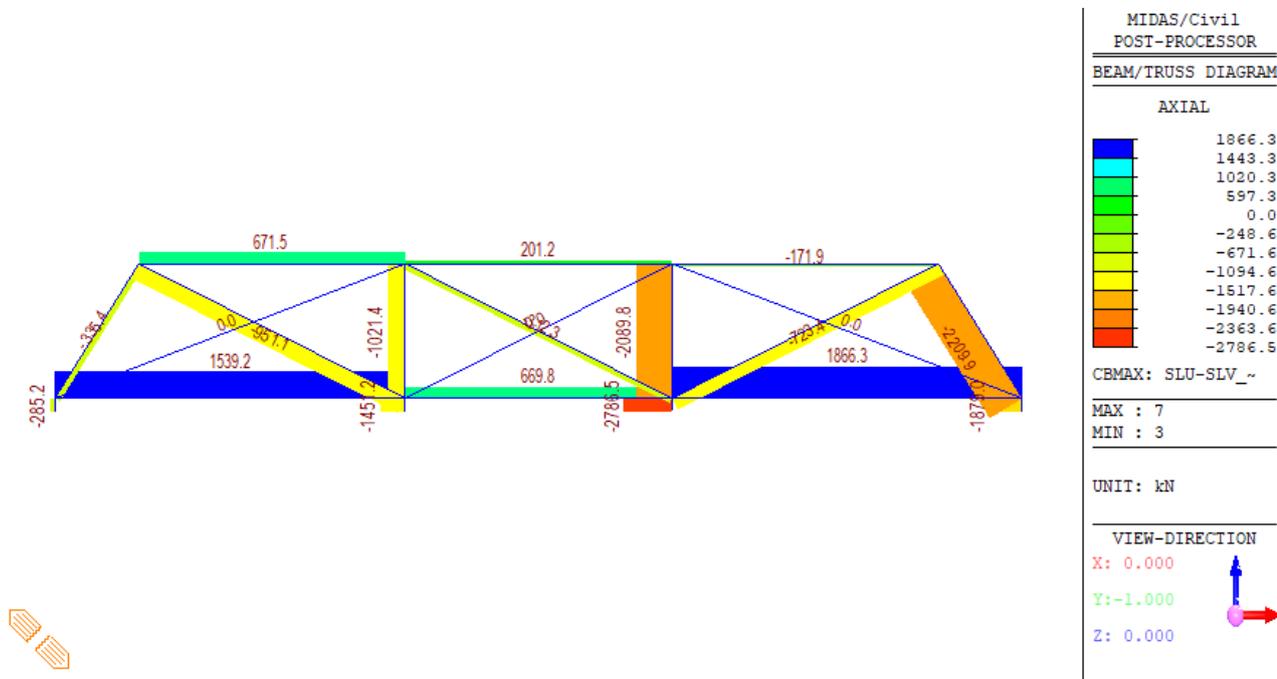


Figura 7-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

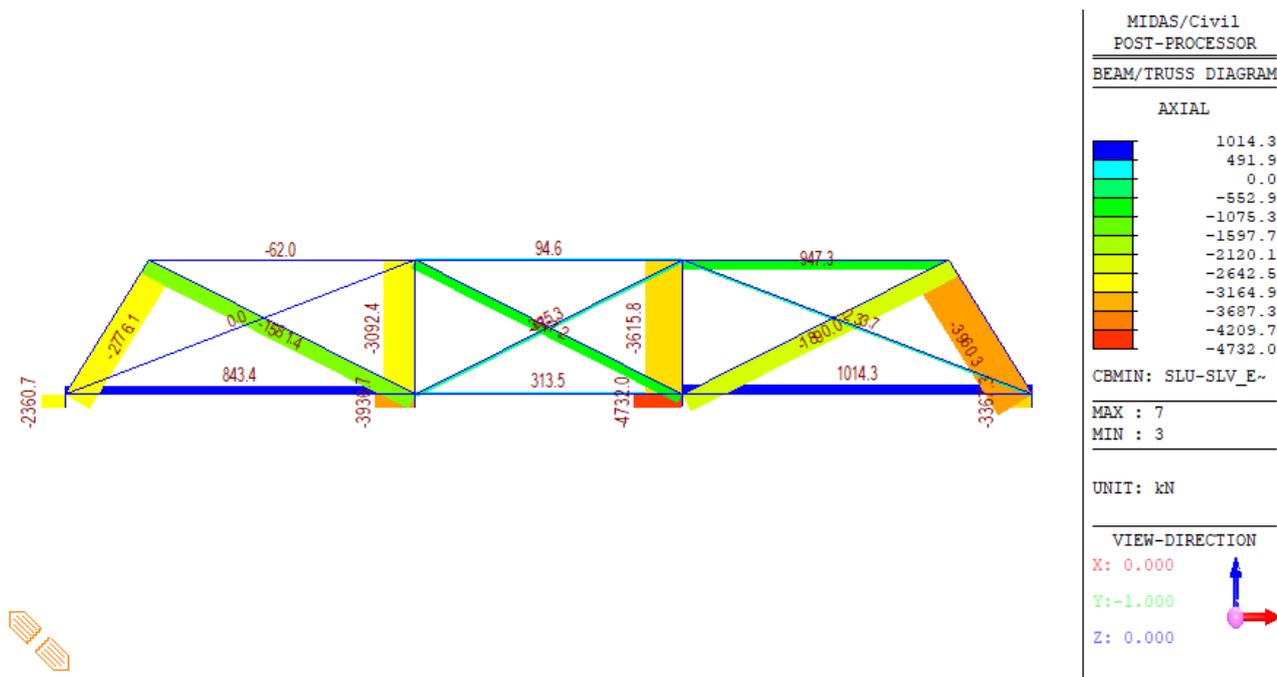


Figura 7-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

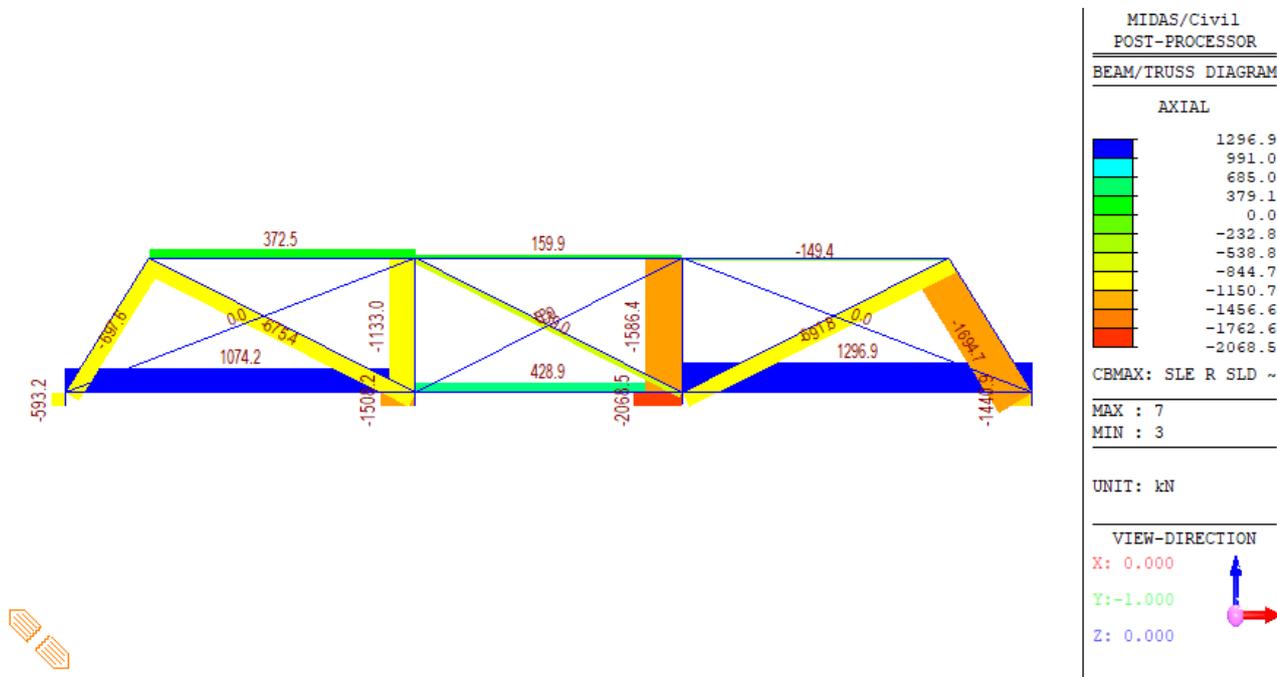


Figura 7-11: Sforzo assiale – Inviluppo SLE Rara/SLD (Max)

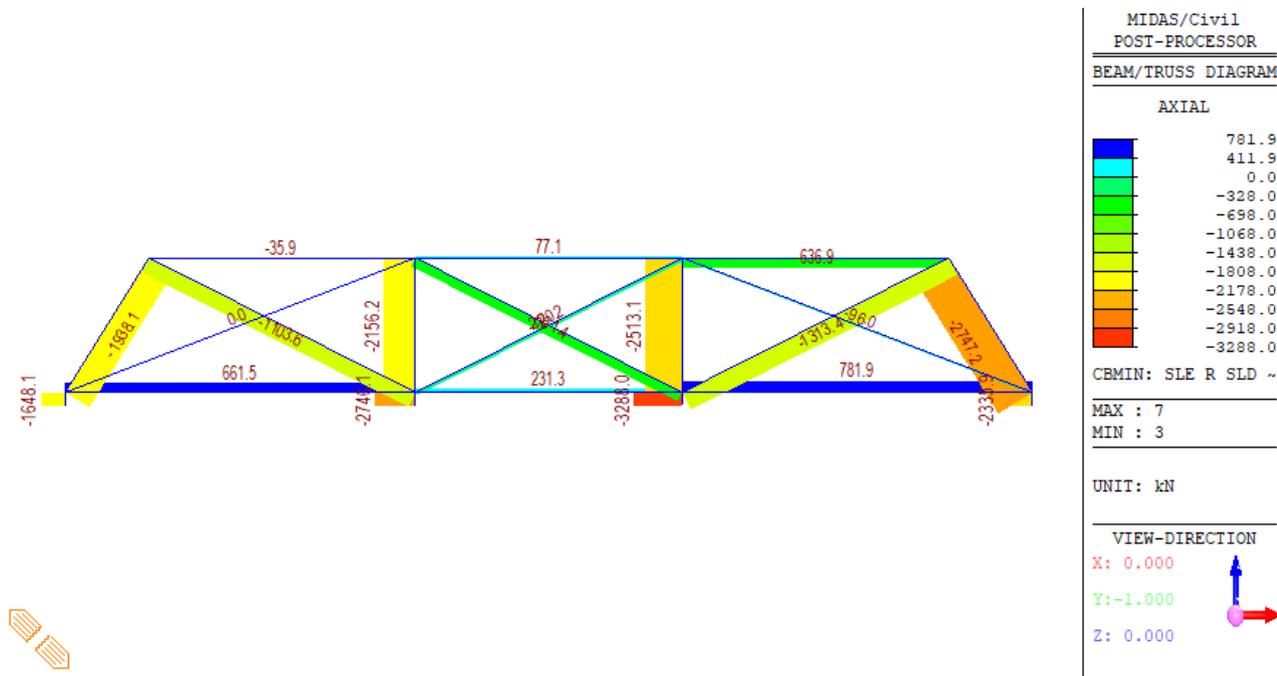


Figura 7-12: Sforzo assiale – Inviluppo SLE Rara/SLD (Min)

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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Tirante inferiore</b>	1866	1297	1113	705
<b>Tirante superiore</b>	671	372	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
<b>Max Montanti A1-A2-A3-A4</b>	-4732	-3286	-2815	-1799
<b>Max Montanti A11-A12-A13-A14</b>	-3960	-2747	-2316	-1393
<b>Max Elementi Superiori A8-A9-A10</b>	-947	-637	-222	-56

#### 7.2.4 *Armatura trasversale*

##### Armatura trasversale inferiore

Diametro ferro $\phi$	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	2	
Numero di ferri per strato	9	
Area totale $A_s$	8143.01	mm <sup>2</sup>

##### Armatura trasversale superiore

Diametro ferro $\phi$	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	9	
Area totale $A_s$	4071.50	mm <sup>2</sup>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

## 7.2.5 Verifica dei tiranti

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

### 7.2.5.1 Verifica SLU

#### Armatura trasversale inferiore

$f_{yd}$	391.30	MPa	Tensione di snervamento di progetto
$A_s$	8143.01	mm <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	Area totale ferri
$\sigma_s$	159.27	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok		
Fs	2.12		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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
$\alpha_e$	6.30		Es/Ecm
$k_t$	0.4		Fattore per la durata del carico
$A_s$	8143.0	mm <sup>2</sup>	Area di acciaio teso
$\sigma_s$	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 <sup>2</sup>	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	0.017		Rapporto geometrico d'armatura
$\epsilon_{sm}$	0.00039		Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
$k_1$	0.8		Barre ad aderenza migliorata
$\epsilon_1$	0.00065		Deformazione barre inferiori
$\epsilon_2$	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
$\phi$	24	mm	Diametro armatura
$\Delta_{sm}$	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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 <sup>2</sup>	Area puntone
$\sigma_c$	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 <sup>2</sup>	Area puntone
$N_{ed}$	-3287.99	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
$\sigma_c$	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)
$\sigma_c$	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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
$\phi_w$	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	$\theta$ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )
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 <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
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	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

### Geometria nodo N3

u	208	mm	<i>Spessore complessivo tirante (vedi geometria nodi N1 e N4)</i>
L <sub>nodo</sub>	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	$\theta$ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )
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 <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
A13	-3615.81	720000	5.02	13.44	ok	2.68
A3	-4732.05	720000	6.57	13.44	ok	2.05

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0604007	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 minima nella direzione longitudinale del ponte di 0.57 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.

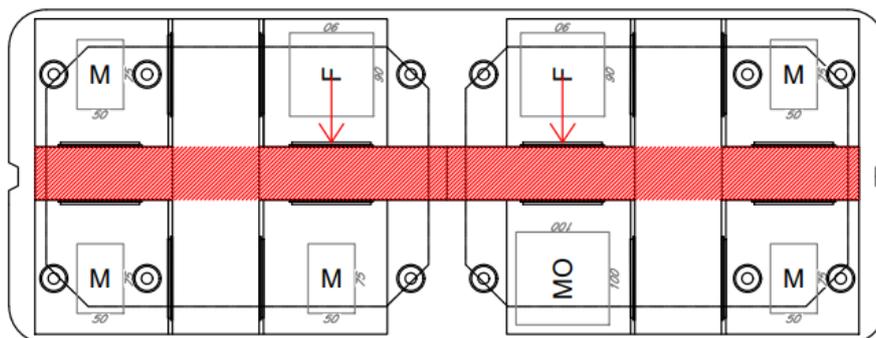


Figura 7-13: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

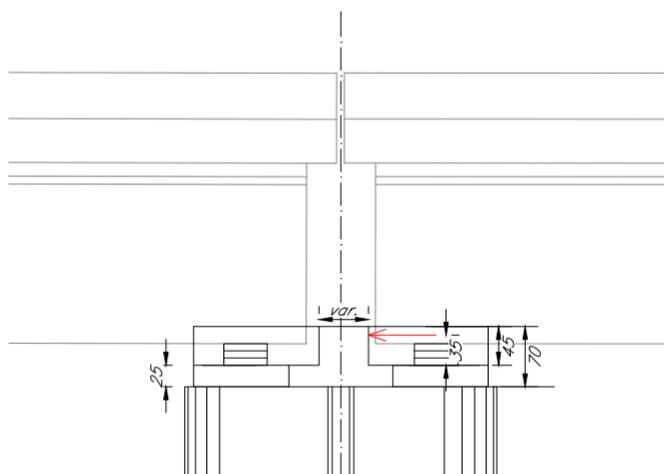


Figura 7-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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	570	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	510	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	459	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	452	mm
ctg $\Psi$	$\lambda$	0.985	
Inclinazione puntone	$\Psi$	0.793	rad

### RESISTENZE E VERIFICHE

#### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\phi$	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 <sup>2</sup>

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	8	cm

Resistenza tirante	PRs	10985.54	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.56	

#### 2) Puntone e G.d.R.

In presenza di staffe $c=1.5$ , altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	24902.58	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	3.54	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

## Verifiche a tranciamento

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	A <sub>s,tot</sub>	55292.03	mm <sup>2</sup>

Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	12491.56	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >P <sub>ed</sub>	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	1.78	

### Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	μ	0.6	
Resistenza a trazione cls	f <sub>ctd</sub>	1.41	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	f <sub>cd</sub>	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	A <sub>s</sub>	55292	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	5038800	mm <sup>2</sup>
As/Ac	ρ	0.011	
Resistenza di progetto	τ <sub>rd</sub>	2.86	MPa
Tensione agente	τ <sub>ed</sub>	1.39	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	2.05	

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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.

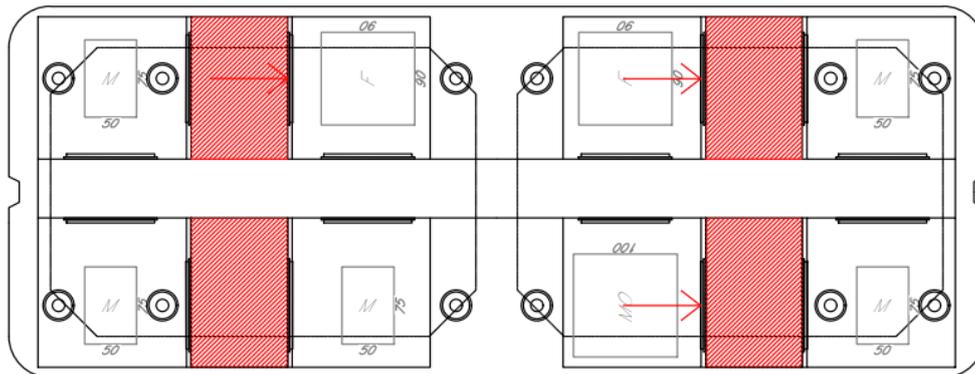


Figura 7-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

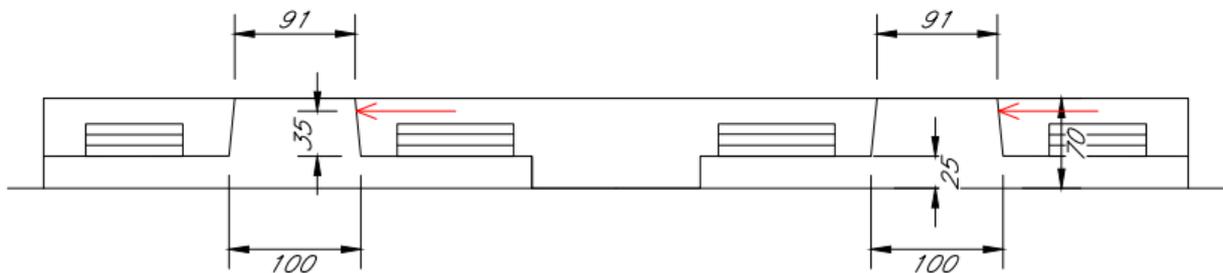


Figura 7-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

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	EI2CLVI0604007	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 $\Psi$	$\lambda$	0.680	
Inclinazione puntone	$\Psi$	0.973	rad

## RESISTENZE E VERIFICHE

### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	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 <sup>2</sup>

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	EI2CLVI0604007	B

### Verifiche a tranciamento

#### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	A <sub>s,tot</sub>	9883.45	mm <sup>2</sup>

Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	2232.87	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >P <sub>ed</sub>	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	1.09	

#### Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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	$f_{yd}$	391.30	MPa
Area totale ferri	$A_{s,tot}$	25484.6	mm <sup>2</sup>

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	EI2CLVI0604007	B

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	$\mu$	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	$\alpha$	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	25484.6	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	Ac	1956400	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.013	
Resistenza di progetto	trd	3.34	MPa
Tensione agente	ted	2.09	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	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 <sup>2</sup>	Area caricata		
Ac,1	0.75	mm <sup>2</sup>	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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

$\phi_w$	<b>20</b>	mm	<i>Diametro staffe</i>
nbr	<b>4</b>		<i>Numero braccia</i>
nstr	<b>2</b>		<i>Numero strati</i>
Aw	2513.27	mm <sup>2</sup>	<i>Area staffe</i>

$\phi_w$	<b>16</b>	mm
nbr	<b>2</b>	
nstr	<b>1</b>	
Aw	402.12	mm <sup>2</sup>

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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.

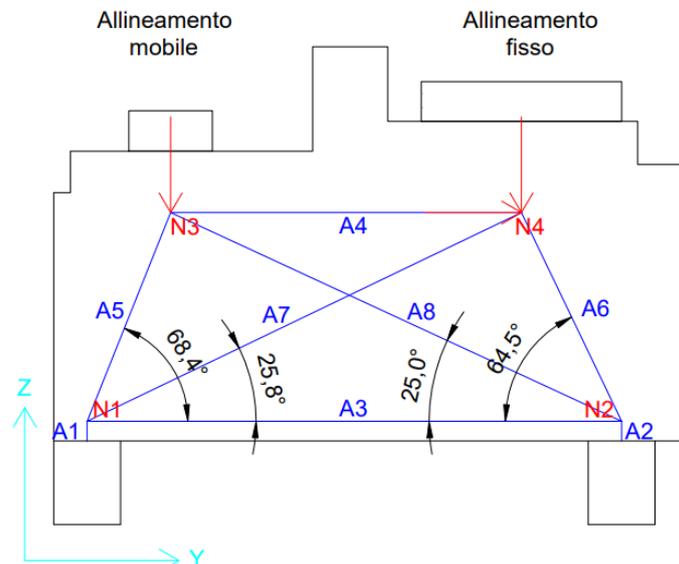


Figura 8-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0604007	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

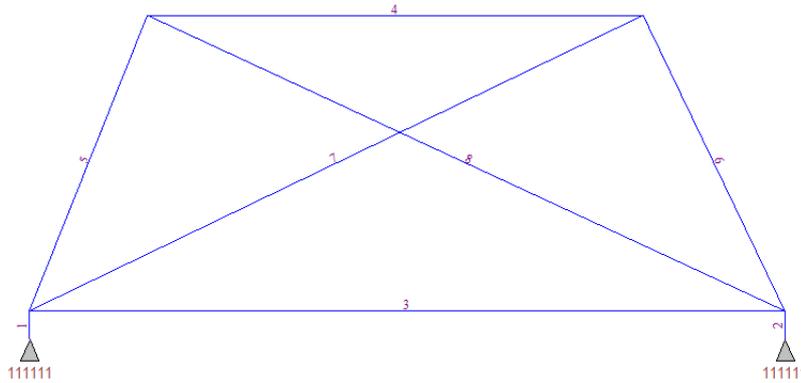


Figura 8-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0604007	B

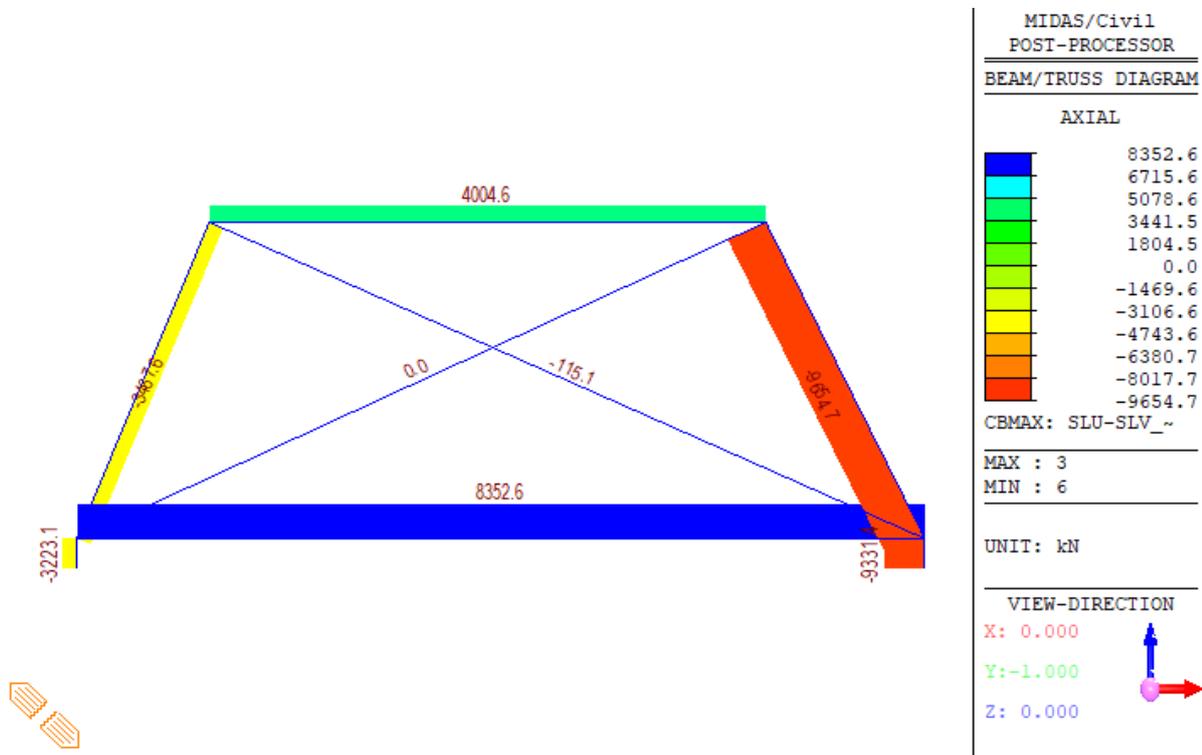


Figura 8-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

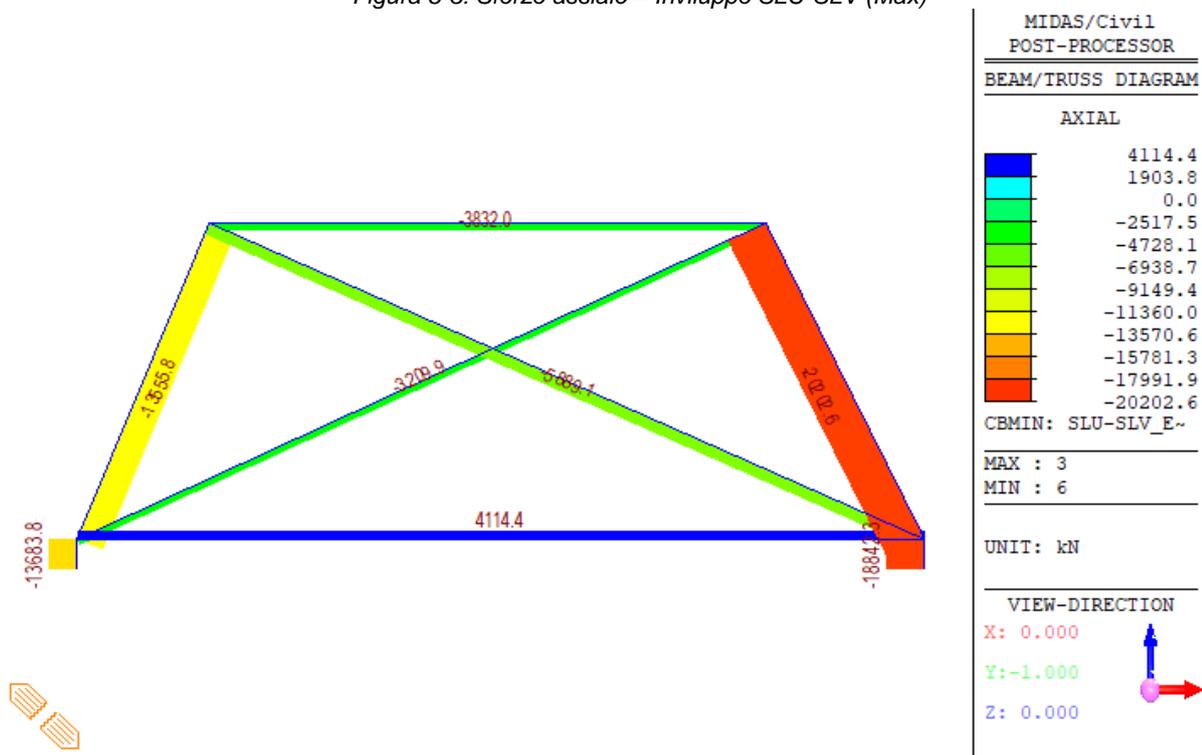


Figura 8-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

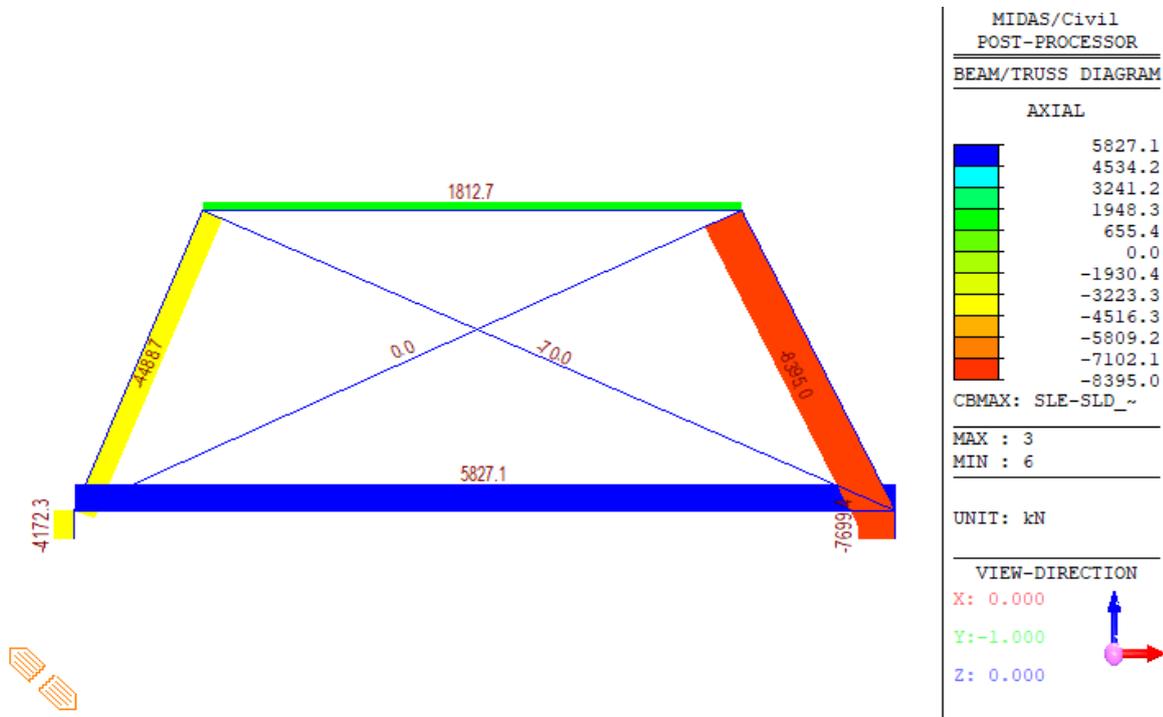


Figura 8-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

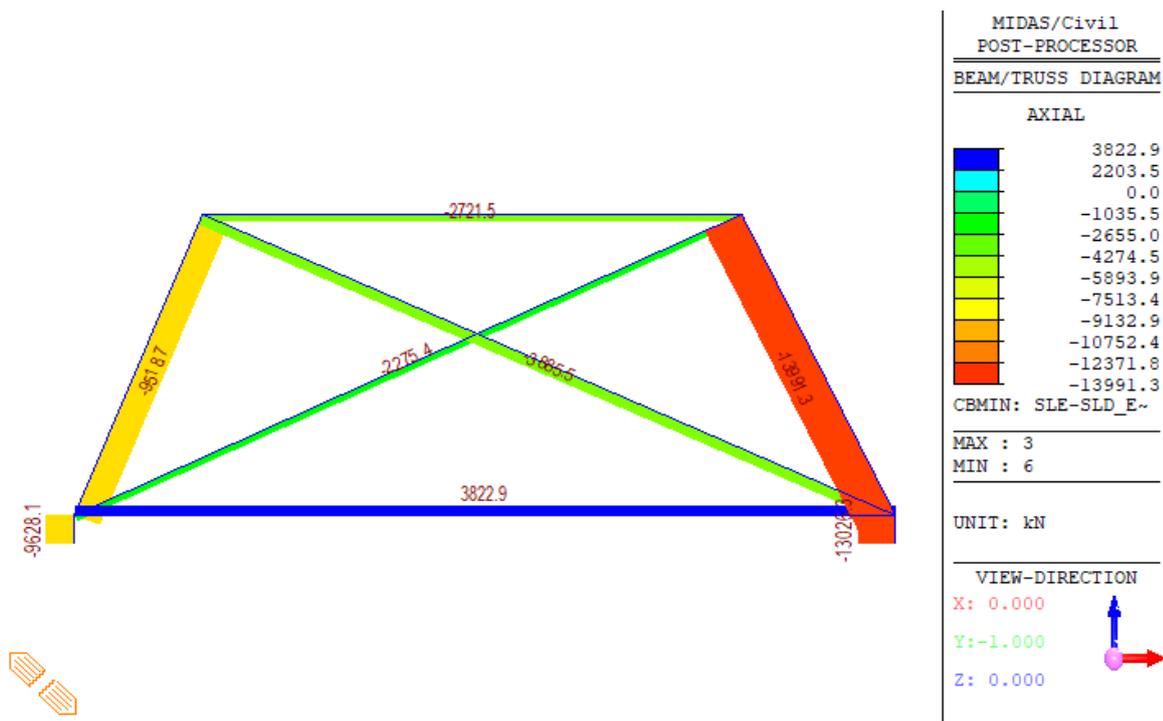


Figura 8-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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.

	<b>SLU/SLV</b>	<b>SLE Rara/SLD</b>	<b>SLE Fess</b>	<b>SLE Qp</b>
<b>Asta A3</b>	8353	5827	4984	3663
<b>Asta A4</b>	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.

	<b>SLU/SLV</b>	<b>SLE Rara/SLD</b>	<b>SLE Fess</b>	<b>SLE Qp</b>
<b>Asta A4</b>	-3832	-2721	-2214	-1985
<b>Asta A5</b>	-13556	-9519	-7969	-6065
<b>Asta A6</b>	-20203	-13991	-11787	-8003

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

#### 8.1.4 **Armatura longitudinale**

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

Diametro ferro $\phi$	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 <sup>2</sup>

Armatura longitudinale superiore: asta A4

Diametro ferro $\phi$	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	1	
Numero di ferri per strato	44	
Area totale $A_s$	19905.13	mm <sup>2</sup>

#### 8.1.5 **Verifica dei tiranti**

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

##### 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 <sup>2</sup>	<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 <sup>2</sup>	<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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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 <sup>2</sup>	Area totale ferri
$\sigma_s$	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
$\alpha_e$	6.30		$E_s/E_{cm}$
$k_t$	0.4		Fattore per la durata del carico
$A_s$	33728.1	mm <sup>2</sup>	Area di acciaio teso
$\sigma_s$	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 <sup>2</sup>	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	0.016		Rapporto geometrico d'armatura
$\epsilon_{sm}$	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
$\phi$	24	mm	Diametro armatura
$\Delta_{sm}$	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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 <sub>ed</sub>	-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 <sup>2</sup>	Area puntone
σ <sub>c</sub>	4.94	MPa	Tensione di compressione agente
f <sub>cd</sub>	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 <sup>2</sup>	Area puntone
N <sub>ed</sub>	-8395.01	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ <sub>c</sub>	2.05	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f <sub>ck</sub>	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	8.57		Fattore di sicurezza
N <sub>ed</sub>	-8002.68	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ <sub>c</sub>	1.96	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f <sub>ck</sub>	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	EI2CLVI0604007	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
$\phi_w$	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	$\theta$ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )
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 <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

### 8.1.1 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).

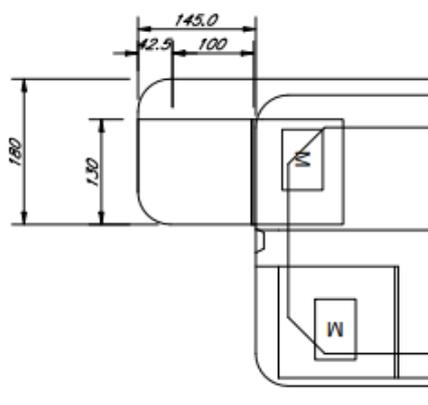


Figura 8-7: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato in Misto

Si 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 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 <sup>2</sup>	Area minima di acciaio necessaria
-------------	----------	-----------------	-----------------------------------

$\phi$	24	mm	Diametro
n per fila	10		Numero di ferri per strato
n file	1		Numero di strati
$\phi$	26	mm	Diametro
n per fila	10		Numero di ferri per strato
n file	2		Numero di strati
$A_s$	15142.48	mm <sup>2</sup>	
$F_s$	1.20		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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 E12CLVI0604007	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 nella direzione longitudinale del ponte di 0.42m 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.

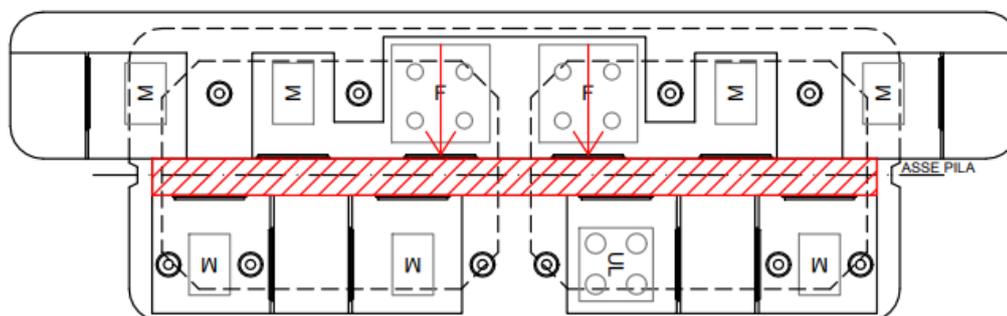


Figura 8-8: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

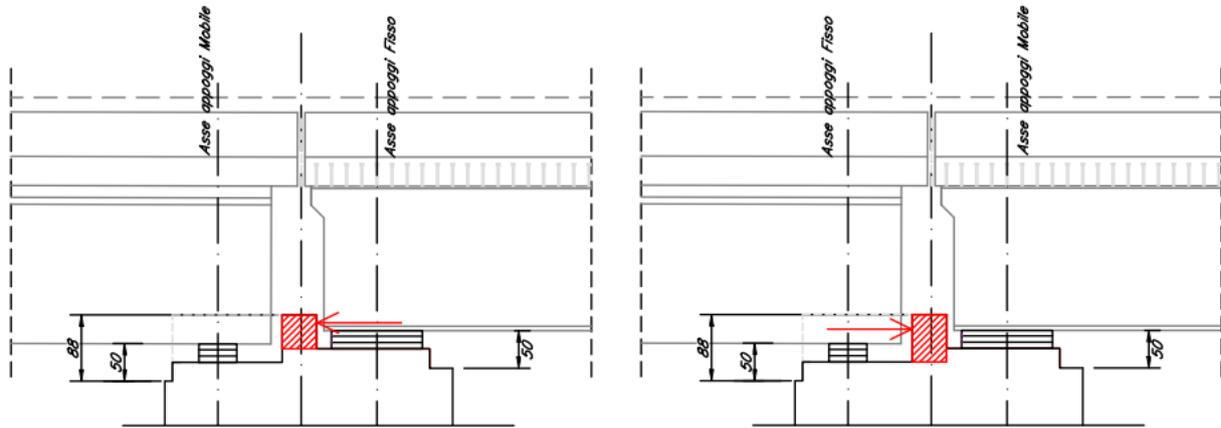


Figura 8-9: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto) a) Allineamento fisso lato impalcato in Misto; b) Allineamento fisso lato impalcato in C.A.P.

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 $\Psi$	$\lambda$	1.632	
Inclinazione puntone	$\Psi$	0.550	rad

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

## RESISTENZE E VERIFICHE

### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	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 <sup>2</sup>

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 <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	As,tot	65382.83	mm <sup>2</sup>
Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	16145.34	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>t</sub>	2.10	

### Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	$\mu$	0.6	
Resistenza a trazione cls	f <sub>ctd</sub>	1.41	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	f <sub>cd</sub>	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	$\alpha$	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	65383	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	Ac	3536000	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.018	
Resistenza di progetto	$\tau_{rd}$	4.62	MPa
Tensione agente	$\tau_{ed}$	1.99	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	2.33	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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 $\Psi$	$\lambda$	1.369	
Inclinazione puntone	$\Psi$	0.631	rad

**RESISTENZE E VERIFICHE**

**1) Tirante**

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	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 <sup>2</sup>

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	EI2CLVI0604007	B

## Verifiche a tranciamento

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	A <sub>s,tot</sub>	65382.83	mm <sup>2</sup>

Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	14771.27	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >P <sub>ed</sub>	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>t</sub>	1.66	

### Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	μ	0.6	
Resistenza a trazione cls	f <sub>ctd</sub>	1.41	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	f <sub>cd</sub>	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	α	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	A <sub>s</sub>	65383	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	3536000	mm <sup>2</sup>
As/Ac	ρ	0.018	
Resistenza di progetto	τ <sub>rd</sub>	4.62	MPa
Tensione agente	τ <sub>ed</sub>	2.51	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	1.84	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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.

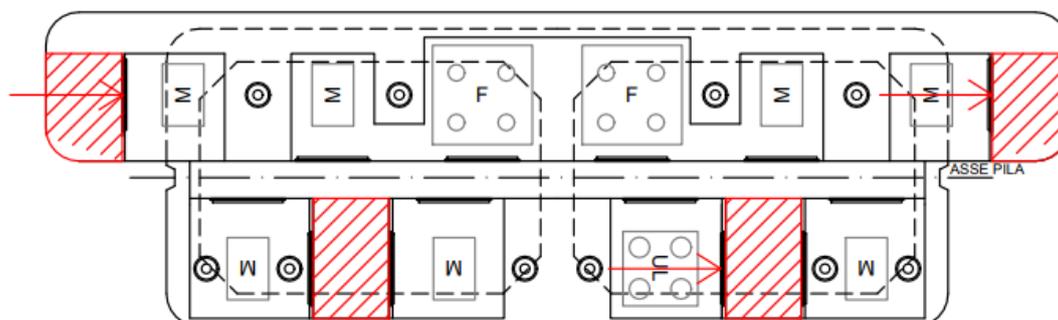


Figura 8-10: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007
			B

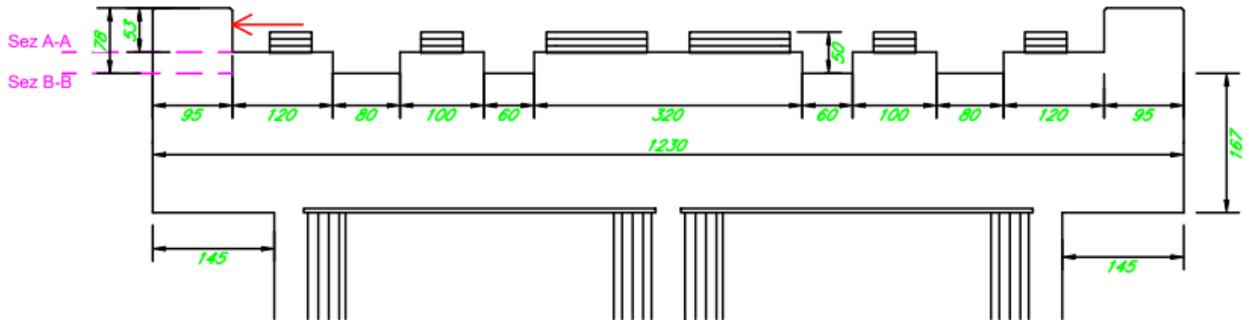


Figura 8-11: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Sezione trasversale)

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 pulvino (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
Proiezione orizzontale del puntone	l	504	mm

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

ctg $\psi$	$\lambda$	0.644	
Inclinazione puntone	$\psi$	0.999	rad

## **RESISTENZE E VERIFICHE**

### **1) Tirante**

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	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 <sup>2</sup>

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
Proiezione orizzontale del puntone	l	754	mm

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

ctg $\Psi$	$\lambda$	0.963	
Inclinazione puntone	$\Psi$	0.804	rad

### **RESISTENZE E VERIFICHE**

#### **1) Tirante**

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	<b>30</b>	mm
Numero di barre per strato	n strato	<b>11</b>	
Numero strati	strati	<b>2</b>	
Numero totale di barre	n tot	22	
Area barre	As	15550.88	mm <sup>2</sup>

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

#### **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	<b>ok</b>	
Coefficiente di sicurezza	Fc	<b>1.09</b>	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	<b>Verificato con il minimo di armatura</b>	

### **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 <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	As,tot	38534.78	mm <sup>2</sup>

Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	8705.76	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >Ped	<b>ok</b>	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>t</sub>	<b>1.76</b>	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	$\mu$	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	$\alpha$	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	As	38534.78	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	Ac	104500	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.037	
Resistenza di progetto	$\tau_{rd}$	8.94	MPa
Tensione agente	$\tau_{ed}$	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	EI2CLVI0604007	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.

$\phi$	<b>26</b>	mm	<i>Diametro ferri</i>
n strato	<b>76</b>		<i>Numero di ferri per strato</i>
strati	<b>1</b>		<i>Numero di strati</i>
n tot	<b>76</b>		<i>Numero di ferri totali (sui 4 lati del baggiolo)</i>
As	40350.6	mm <sup>2</sup>	<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 <sup>2</sup>
<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	EI2CLVI0604007	B

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

Coeff. 1	c	0.2	
Coeff. 2	$\mu$	0.6	
Resistenza a trazione cls	fctd	1.41	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Resistenza di calcolo cls	f <sub>cd</sub>	18.13	MPa
Angolo inclinazione ferri	$\alpha$	90	°
Coeff. 3	v	0.52	
Area totale ferri	A <sub>s</sub>	40350.6	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	4800000	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.008	
Resistenza di progetto	trd	2.26	MPa
Tensione agente	ted	1.87	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	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 <sup>2</sup>	Area caricata		
Ac,1	0.75	mm <sup>2</sup>	Area di massima diffusione del carico		
f <sub>cd</sub>	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				
F <sub>t</sub>	1.50		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0604007	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

$\phi_w$	<b>20</b>	mm
nbr	<b>4</b>	
nstr	<b>2</b>	
Aw	2513.27	mm <sup>2</sup>

*Diametro staffe*  
*Numero braccia*  
*Numero strati*  
*Area staffe*

$\phi_w$	<b>16</b>	mm
nbr	<b>2</b>	
nstr	<b>1</b>	
Aw	402.12	mm <sup>2</sup>

Nrd	5704.0	kN
Ned	4293	kN
Verifica Ft	<b>ok</b> <b>1.33</b>	

*Forza resistente di progetto*  
*Sforzo di compressione massimo*

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

## 9 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.

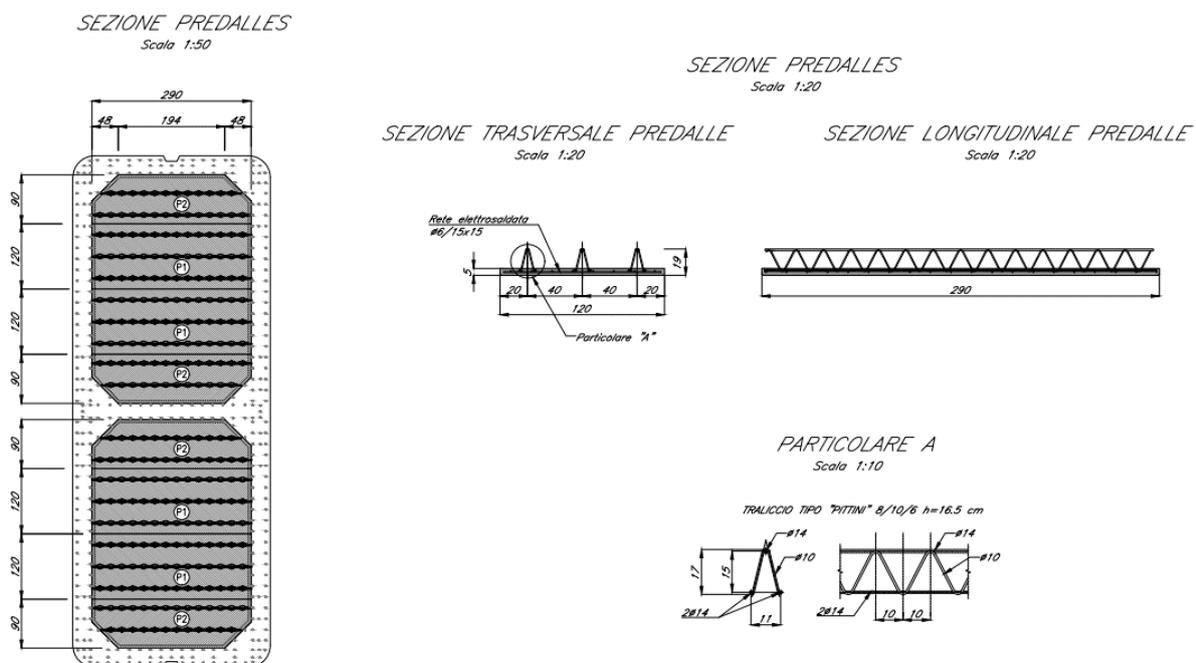


Figura 12: Predalles per getto del pulvino

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007 B

## CARATTERISTICHE DELLE PREDALLE PREFABBRICATE

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo C35/45

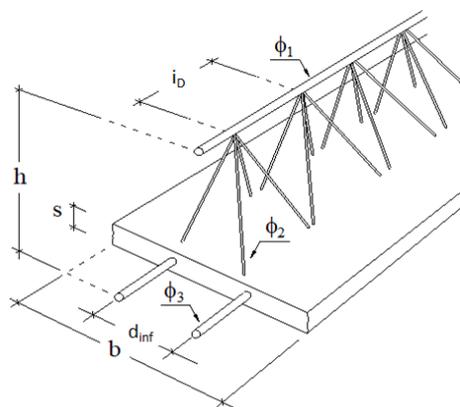
Peso proprio	$\gamma_c$	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
Res. cubica car.	$R_{ck}$	45.0	[MPa]
Res. cilindrica car.	$f_{ck}$	35.0	[MPa]
Coeff. sicurezza	$\gamma_M$	1.50	[-]

#### Acciaio per armature B450C

Snervamento car.	$f_{yk}$	450	[Mpa]
Modulo elastico	$E_s$	2.1E+05	[Mpa]
Coeff. sicurezza	$\gamma_{M0}$	1.15	[-]
	$\gamma_{M1}$	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	$\alpha$	15.3	[°]
Angolo in profilo staffe	$\beta$	29.6	[°]



### CORRENTE SUPERIORE

Diametro barra	$\Phi_1$	14	[mm]
Area sezione barra	A	154	[mm <sup>2</sup> ]
Inerzia sezione barra	J	1886	[mm <sup>4</sup> ]
Luce libera inflessione	$L_0$	200	[mm]
Carico critico	$N_{cr}$	97.7	[kN]
Snellezza adim.	$\lambda$	0.842	[-]
Coefficiente $\phi$	$\phi$	1.012	[-]
Coeff. di instabilità	$\chi$	0.636	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	60.2	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	38.3	[kN]

### CORRENTI INFERIORI

Diametro barra	$\Phi_3$	14	[mm]
Area sezione barra	A	154	[mm <sup>2</sup> ]
Inerzia sezione barra	J	1886	[mm <sup>4</sup> ]
Luce libera inflessione (*)	$L_0$	200	[mm]
Carico critico	$N_{cr}$	97.7	[kN]
Snellezza adim.	$\lambda$	0.842	[-]
Coefficiente $\phi$	$\phi$	1.012	[-]
Coeff. di instabilità	$\chi$	0.636	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	60.2	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	38.3	[kN]

### BARRE INCLINATE

Diametro barra	$\Phi_2$	10	[mm]
Area sezione barra	A	79	[mm <sup>2</sup> ]
Inerzia sezione barra	J	491	[mm <sup>4</sup> ]
Coefficiente di vincolo	$\beta$	0.70	[-]
Luce libera inflessione	$L_0$	147	[mm]
Carico critico	$N_{cr}$	47.2	[kN]
Snellezza adim.	$\lambda$	0.866	[-]
Coefficiente $\phi$	$\phi$	1.038	[-]
Coeff. di instabilità	$\chi$	0.621	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	30.7	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	19.1	[kN]

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007 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>	$\gamma_{G1}$	1.35	[-]
				<i>Coeff. parziale Q</i>	$\gamma_Q$	1.50	[-]

#### VERIFICHE DEL TRALICCIO IN FASE DI GETTO

<i>Luce di calcolo campata</i>	$L_c$	2.85	[m]
<b>Momento in appoggio</b>			
<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>	<b><math>M_{slu}</math></b>	<b>6.31</b>	<b>[kNm]</b>
<b>Taglio in appoggio</b>			
<i>PP predalla</i>	$V_{g1,pred}$	2.14	[kN]
<i>PP getto campata</i>	$V_{g1}$	14.25	[kN]
<i>SLU</i>	<b><math>V_{slu}</math></b>	<b>22.12</b>	<b>[kN]</b>
<i>SLU singolo traliccio</i>	<b><math>V_{slu}</math></b>	<b>8.85</b>	<b>[kNm]</b>
-----			
<i>Assiale corrente sup.</i>	$N_{Ed,sup}$	-35.8	[kN]
<i>(instabilità)</i>	$N_{Rd,sup}$	-38.3	[kN]
	$\eta$	0.94	[-] Ok
-----			
<i>Assiale corrente inf.</i>	$N_{Ed,inf}$	17.9	[kN]
<i>(resistenza trazione)</i>	$N_{Rd,inf}$	60.2	[kN]
	$\eta$	0.30	[-] Ok
-----			
<i>Assiale sul diagonale</i>	$N_{Ed,diag}$	-5.3	[kN]
<i>(instabilità)</i>	$N_{Rd,diag}$	-19.1	[kN]
	$\eta$	0.28	[-] Ok
-----			

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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

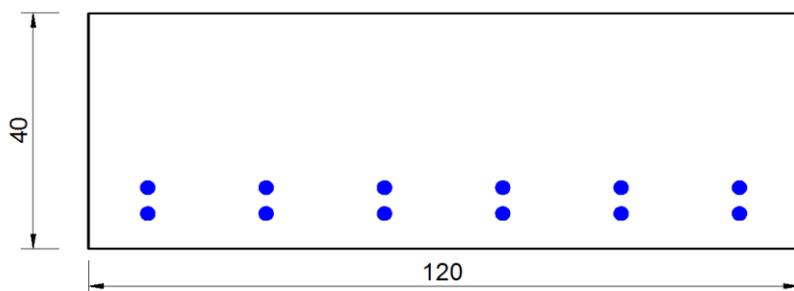
#### Azioni - Getto di completamento del cls

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 mezzzeria
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 mezzzeria SLU
T SLU, pp getto fase 2	63.48	kN/m	Taglio appoggio SLU

#### Armatura

$\varphi$	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	B

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

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <sup>2</sup>
	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0604007	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	EI2CLVI0604007	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 [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica E12CLVI0604007	B

## 10 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.