

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 FIBBIO DAL km 7+657,67 AL km 10+036,67**

**PILE**

**Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni**

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

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	C	L	V	I	0	1	0	4	0	2	1	B	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Ing. Alberto LEVORATO	Data

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	E.d.in	Giu.2021	M. Proietti	Giu.2021	G. Grimaldi	Giu.2021	
B	EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0100001A	E.d.in	Ott.2022	M. Proietti	Ott.2022	G. Grimaldi	Ott.2022	

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2CLVI0104021B
		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>EI2CLVI0104021</p>	<p>B</p>

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Normative.....	5
2.2	Elaborati di riferimento .....	5
3	MATERIALI.....	6
3.1	Calcestruzzo per pulvini, ritegni e baggioli .....	6
3.2	Acciaio per barre di armatura .....	6
3.3	Stati limite .....	8
3.3.1	Stati limite ultimi .....	8
3.3.2	Stati limite d'esercizio .....	8
4	DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI .....	11
4.1	Descrizione del pulvino tipologico C.A.P. - C.A.P .....	11
4.2	Descrizione del pulvino di transizione Misto 4 travi - C.A.P. ....	12
4.3	Descrizione del pulvino di transizione Misto 6 travi – C.A.P.....	14
4.4	Descrizione del pulvino di transizione Travi Incorporate - C.A.P. ....	16
4.5	Sistemi di riferimento ed unità di misura.....	17
5	AZIONI DI PROGETTO .....	18
5.1	Pulvini .....	18
5.2	Ritegni sismici e baggioli .....	27
6	MODELLI DI ANALISI E VERIFICA .....	30
7	PULVINO TIPOLOGICO C.A.P. – C.A.P. ....	33
7.1	Meccanismo in direzione longitudinale .....	33
7.1.1	Caratteristiche geometriche .....	33
7.1.2	Modellazione agli elementi finiti .....	33
7.1.3	Sollecitazioni .....	34
7.1.4	Armatura longitudinale .....	37
7.1.5	Verifica dei tiranti .....	38
7.1.6	Verifiche dei puntoni .....	40
7.1.7	Verifiche dei nodi .....	41
7.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	42
7.2.1	Caratteristiche geometriche .....	42
7.2.2	Modellazione agli elementi finiti .....	42
7.2.3	Sollecitazioni .....	43

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

7.2.4	Armatura trasversale.....	46
7.2.5	Verifica dei tiranti .....	47
7.2.6	Verifiche dei puntoni .....	49
7.2.7	Verifiche dei nodi .....	50
7.3	Ritegni sismici.....	52
7.3.1	Ritegno sismico longitudinale .....	52
7.3.2	Ritegno sismico trasversale.....	55
7.4	Baggioli .....	58
8	PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 4 TRAVI .....	61
8.1	Meccanismo in direzione longitudinale.....	61
8.1.1	Caratteristiche geometriche.....	61
8.1.2	Modellazione agli elementi finiti .....	61
8.1.3	Sollecitazioni .....	62
8.1.4	Armatura longitudinale.....	65
8.1.5	Verifica dei tiranti .....	65
8.1.6	Verifiche dei puntoni .....	67
8.1.7	Verifiche dei nodi .....	68
8.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	69
8.2.1	Caratteristiche geometriche.....	69
8.2.2	Modellazione agli elementi finiti .....	69
8.2.3	Sollecitazioni .....	70
8.2.4	Armatura trasversale.....	73
8.2.5	Verifica dei tiranti .....	73
8.2.6	Verifiche dei puntoni .....	75
8.2.7	Verifiche dei nodi .....	76
8.2.8	Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale.....	78
8.3	Ritegni sismici.....	79
8.3.1	Ritegno sismico longitudinale .....	79
8.3.2	Ritegno sismico trasversale.....	84
8.4	Baggioli .....	88
9	PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 6 TRAVI .....	91
9.1	Meccanismo in direzione longitudinale.....	91
9.1.1	Caratteristiche geometriche.....	91
9.1.2	Modellazione agli elementi finiti .....	91
9.1.3	Sollecitazioni .....	92
9.1.4	Armatura longitudinale.....	95
9.1.5	Verifica dei tiranti .....	95

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

9.1.6	Verifiche dei puntoni .....	97
9.1.7	Verifiche dei nodi .....	98
9.1.1	Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale.....	99
9.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	100
9.2.1	Caratteristiche geometriche .....	100
9.3	Ritegni sismici .....	101
9.3.1	Ritegno sismico longitudinale .....	101
9.3.2	Ritegno sismico trasversale .....	106
9.4	Baggioli .....	111
10	PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – TRAVI INCORPORATE .....	114
10.1	Meccanismo in direzione longitudinale .....	114
10.1.1	Caratteristiche geometriche .....	114
10.1.2	Modellazione agli elementi finiti .....	114
10.1.3	Sollecitazioni .....	115
10.1.4	Armatura longitudinale .....	118
10.1.5	Verifica dei tiranti .....	118
10.1.6	Verifiche dei puntoni .....	120
10.1.7	Verifiche dei nodi .....	121
10.1.8	Verifica della mensola verticale .....	122
10.1.9	Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale.....	127
10.2	Meccanismo in direzione trasversale.....	128
10.2.1	Caratteristiche geometriche .....	128
10.3	Ritegni sismici .....	128
10.3.1	Ritegno sismico longitudinale .....	128
10.3.2	Ritegno sismico trasversale .....	132
10.4	Baggioli .....	137
11	VERIFICA DELLE PREDALLES .....	139
12	VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (rif. Par. 10.2 DM 14/01/2008).....	147

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento dei pulvini, dei ritegni sismici e dei baggioli del *Viadotto Fibbio – VI01*, 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 7+657.67 al km 10+036.67 della tratta Verona-Padova per uno sviluppo complessivo di 2379 m ed è costituito da 91 campate isostatiche, di cui:

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

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

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

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

- *Pulvino tipologico C.A.P – C.A.P:* pila P71, di altezza pari a 7.0 m;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi:* Pila P51, di altezza pari a 5.5-6.0 m;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi:* Pila P16, di altezza pari a 7.0-7.2m;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Travi incorporate:* Pila P61, di altezza media pari a 6.7 m.

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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:

- IN1712EI2CLVI0104019: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P71;
- IN1712EI2CLVI0104011: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P3, P4 e da P51 a P54;
- IN1712EI2CLVI0104007: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P16 e P17;
- IN1712EI2CLVI0104017: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P60 e P61.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 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 EI2CLVI0104021	B

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### 3.3 Stati limite

#### 3.3.1 *Stati limite ultimi*

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

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

#### 3.3.2 *Stati limite d'esercizio*

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

##### 3.3.2.1 Verifica tensionale

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

##### Tensione massima di compressione del calcestruzzo

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

##### Tensione massima di trazione dell'acciaio

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### 3.3.2.2 Verifica fessurazione

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

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

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

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

Tabella 2 - Descrizione delle condizioni ambientali

Risultando:

- w1= 0.2 mm
- w2= 0.3 mm
- w3= 0.4 mm

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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 EI2CLVI0104021	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.

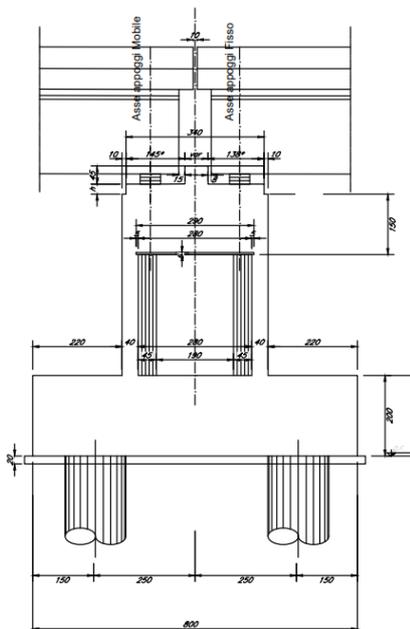


Figura 4-1: Sezione longitudinale pila

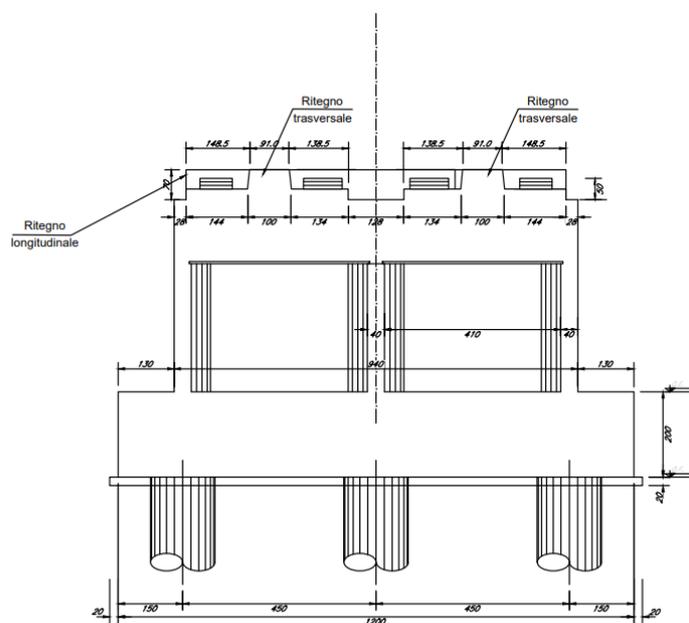


Figura 4-2: Sezione trasversale pila

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

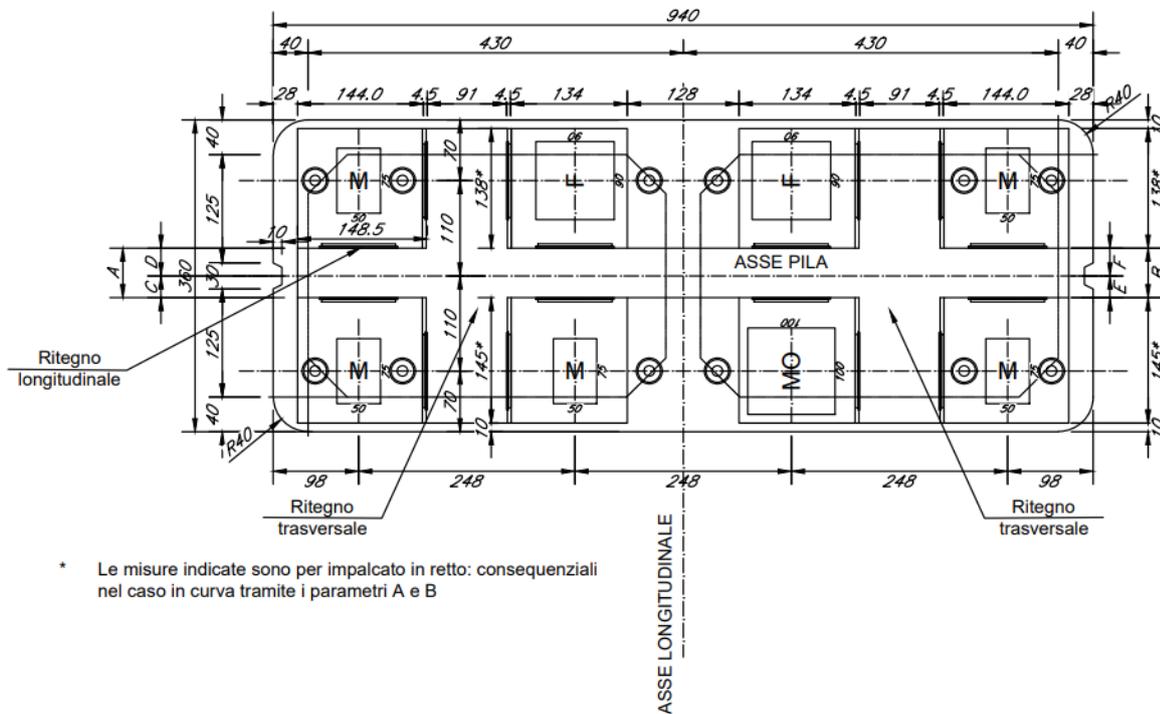


Figura 4-3: Pianta pulvino e schema appoggi

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

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

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

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

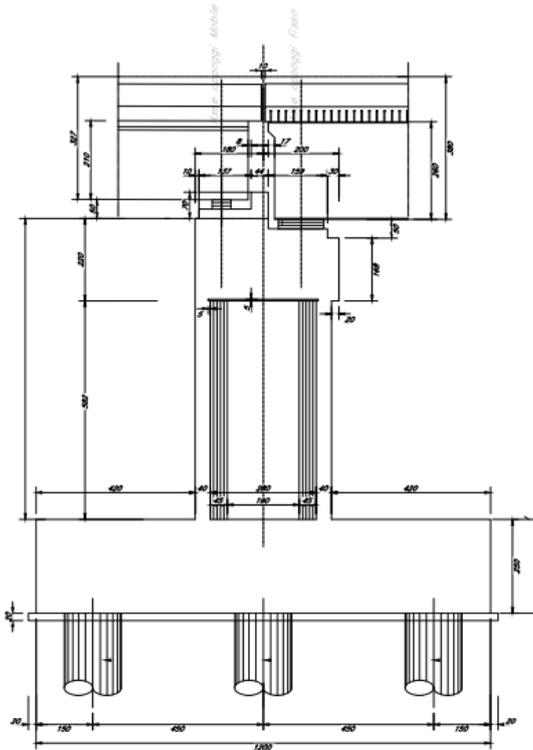


Figura 4-4: Sezione longitudinale pila

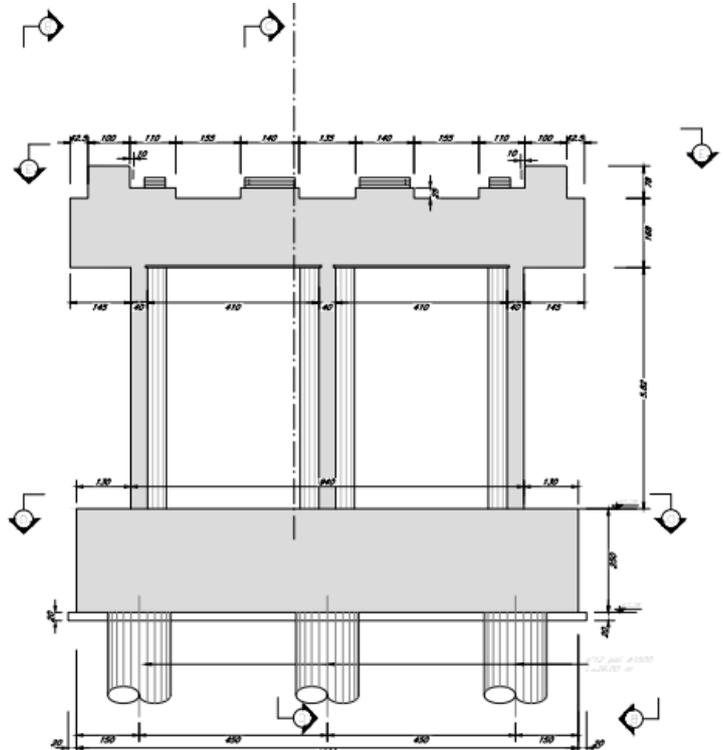


Figura 4-5: Sezione trasversale pila

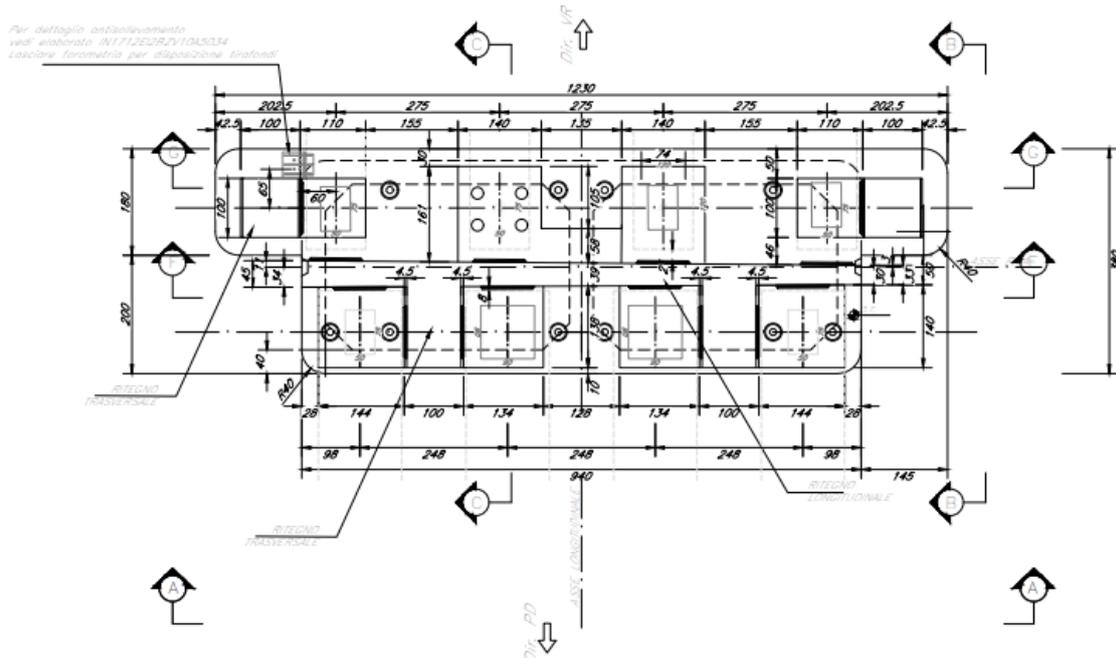


Figura 4-6: Pianta pulvino e schema appoggi (Allineamento fisso lato impalcato in Misto)





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

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

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

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

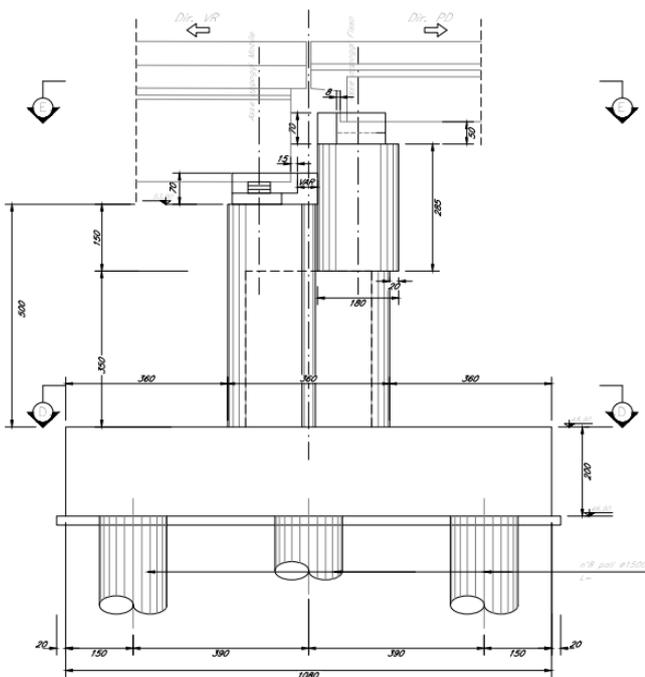


Figura 4-10: Sezione longitudinale pila

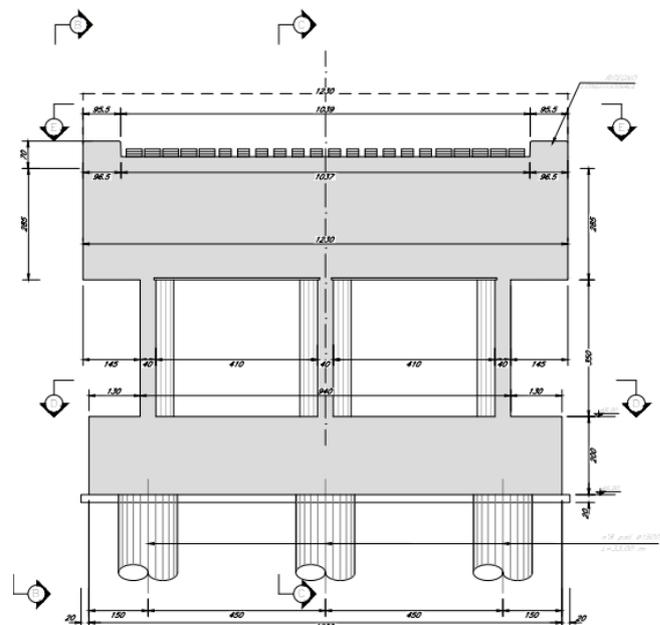
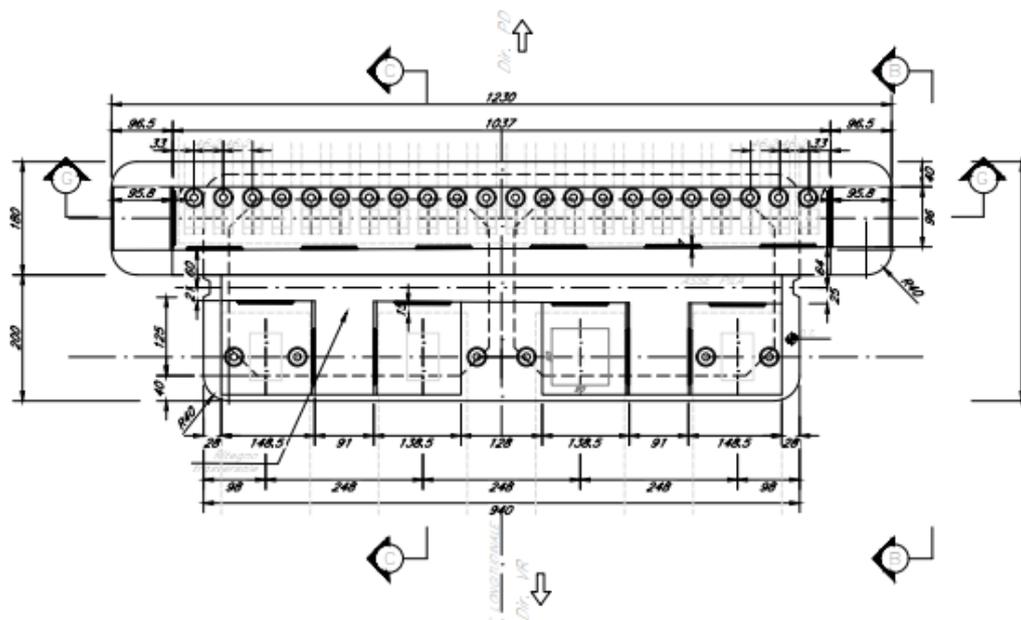


Figura 4-11: Sezione trasversale pila (lato Travi Incorporate)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B



CAMPATA A TRAVI INCORPORATE 22m

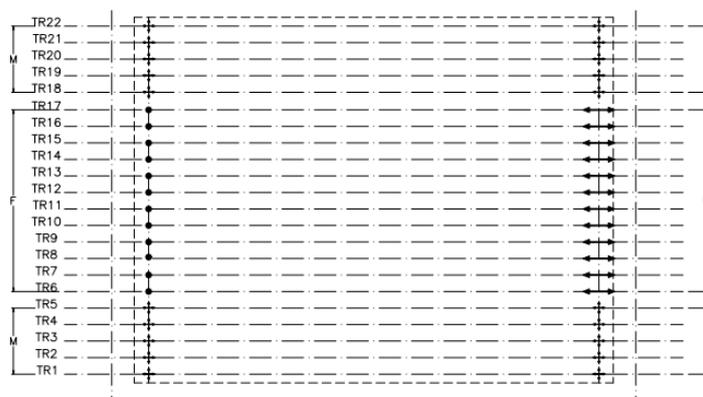


Figura 4-12: Pianta pulvino e schema appoggi

#### 4.5 Sistemi di riferimento ed unità di misura

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

- Asse X: parallelo all'asse trasversale dell'impalcato
- Asse Y: parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z: verticale
- [Lunghezze] m
- [Forze] KN

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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 IN1712EI2CLVI0104019;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi.:* relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0104011;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 6 travi.:* relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0104007;
- *Pulvino tipologico C.A.P. – Travi Incorporate:* relazione di calcolo IN1712EI2CLVI0104017.

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	1873	1714	1845	12785	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		18059	292	1714	605	10830	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		26086	3165	1089	2491	9575	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		17900	247	774	888	7352	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		17900	247	774	888	7352	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		17900	247	774	888	7352	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		21857	960	750	750	5024	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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 2	17041	80	750	40	3851	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1	
		21857	1735	375	1138	3098	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1	
		21762	1596	1250	4798	8076	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2	
		17305	144	1250	72	6419	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2	
		21762	2889	625	5445	4867	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2	
		22515	1744	1714	5331	12488	0	A1_SLU_gr1+vento_T2	
		18059	292	1714	605	10830	0	A1_SLU_gr2+vento_T2	
		22515	3037	1089	5977	9278	0	A1_SLU_gr3+vento_T2	
		17900	247	774	888	7352	0	A1_SLU_vento_gr1_T2	
		17900	247	774	888	7352	0	A1_SLU_vento_gr2_T2	
		17900	247	774	888	7352	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	1725	1714	1620	21606	0	A1_SLU_gr1+vento_T3	
		18059	292	1714	605	10830	0	A1_SLU_gr2+vento_T3	
		21983	3018	1089	2266	18397	0	A1_SLU_gr3+vento_T3	
		17900	247	774	888	7352	0	A1_SLU_vento_gr1_T3	
		17900	247	774	888	7352	0	A1_SLU_vento_gr2_T3	
		17900	247	774	888	7352	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	14239	6626	1712	3375	5589	0	E_103x_SLV_T1
			14239	2037	5706	1081	18001	0	E_103y_SLV_T1
			17297	2037	1712	1081	5589	0	E_103z_SLV_T1
		Treno 2	13746	6616	1712	3860	5548	0	E_103x_SLV_T2
13746			2027	5706	1565	17960	0	E_103y_SLV_T2	
16804			2027	1712	1565	5548	0	E_103z_SLV_T2	
Treno 3		13673	6614	1712	3348	6806	0	E_103x_SLV_T3	
		13673	2026	5706	1054	19218	0	E_103y_SLV_T3	
		16731	2026	1712	1054	6806	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	1190	1172	1211	8716	0	SLE_rar_gr1+vento_T1	
		12689	166	1172	389	7368	0	SLE_rar_gr2+vento_T1	
		18225	2081	741	1657	6502	0	SLE_rar_gr3+vento_T1	
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr1_T1	
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr2_T1	
	12568	165	516	592	4901	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	1131	1172	3630	8511	0	SLE_rar_gr1+vento_T2	
		12689	166	1172	389	7368	0	SLE_rar_gr2+vento_T2	
		15762	2022	741	4076	6297	0	SLE_rar_gr3+vento_T2	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021
			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	12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr1_T2
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr2_T2
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr3_T2
		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	1122	1172	1073	14800	0	SLE_rar_gr1+vento_T3
		12689	166	1172	389	7368	0	SLE_rar_gr2+vento_T3
		15395	2013	741	1518	12586	0	SLE_rar_gr3+vento_T3
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr1_T3
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr2_T3
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr3_T3
SISMA SLD	Treno 1	13271	4468	1106	2296	3707	0	E_103x_SLD_T1
		13271	1390	3687	757	11727	0	E_103y_SLD_T1
		14070	1390	1106	757	3707	0	E_103z_SLD_T1
	Treno 2	12778	4458	1106	2781	3666	0	E_103x_SLD_T2
		12778	1380	3687	1242	11686	0	E_103y_SLD_T2
		13577	1380	1106	1242	3666	0	E_103z_SLD_T2
	Treno 3	12705	4456	1106	2269	4923	0	E_103x_SLD_T3
		12705	1379	3687	730	12943	0	E_103y_SLD_T3
		13504	1379	1106	730	4923	0	E_103z_SLD_T3
FESSURAZIONE	Treno 1	15325	1212	517	792	3465	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1
		15828	1311	827	1147	6406	0	SLE_rar_gr4+vento_T1
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr4_T1
	Treno 2	13848	1177	517	2244	3342	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2
		14350	1275	827	2599	6283	0	SLE_rar_gr4+vento_T2
		12568	165	516	592	4901	0	SLE_rar_vento_gr4_T2
Treno 3	13627	1171	517	709	7115	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3	
	14130	1270	827	1064	10056	0	SLE_rar_gr4+vento_T3	
	12568	165	516	592	4901	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 4 travi						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb
SLU	Treno 1	30673	2110	1318	4943	10657	0	A1_SLU_gr1_Treno_T1
		20195	171	1318	3265	7494	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T1
		30673	3673	659	5725	6910	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1
		31653	2237	1920	5331	16464	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		21175	298	1920	3652	13301	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		31653	3800	1261	6112	12716	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		26129	1168	791	4092	6394	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1
		19843	95	791	3130	4497	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb
	Treno 2	26129	2105	395	4560	4146	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1
		27006	1978	1318	9930	9694	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2
		20195	171	1318	3265	7494	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2
		27006	3541	659	10711	5947	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2
		27986	2105	1920	10317	15501	0	A1_SLU_gr1+vento_T2
		21175	298	1920	3652	13301	0	A1_SLU_gr2+vento_T2
		27986	3668	1261	11098	11754	0	A1_SLU_gr3+vento_T2
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr1_T2
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr2_T2
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr3_T2
		23929	1121	791	7099	5816	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T2
		19843	95	791	3130	4497	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T2
	23929	2058	395	7568	3568	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T2	
	Treno 3	25444	1922	1318	4674	21900	0	A1_SLU_gr1_Treno_T3
		20195	171	1318	3265	7494	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3
		25444	3484	659	5455	18152	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3
		26424	2049	1920	5061	27706	0	A1_SLU_gr1+vento_T3
		21175	298	1920	3652	13301	0	A1_SLU_gr2+vento_T3
		26424	3611	1261	5843	23959	0	A1_SLU_gr3+vento_T3
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr1_T3
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr2_T3
		20947	212	1004	3582	9678	0	A1_SLU_vento_gr3_T3
		22992	1100	791	3953	13140	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T3
		19843	95	791	3130	4497	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T3
22992		2038	395	4421	10891	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T3	
SISMA SLV (q=1.5)	Treno 1	16719	8472	2044	4367	8227	0	E_103x_SLV_T1
		16719	2601	6815	1432	26405	0	E_103y_SLV_T1
		20467	2601	2044	1432	8227	0	E_103z_SLV_T1
	Treno 2	16214	8462	2044	5059	8094	0	E_103x_SLV_T2
		16214	2591	6815	2124	26272	0	E_103y_SLV_T2
		19961	2591	2044	2124	8094	0	E_103z_SLV_T2
	Treno 3	15998	8457	2044	4336	9777	0	E_103x_SLV_T3
		15998	2587	6815	1401	27955	0	E_103y_SLV_T3
		19746	2587	2044	1401	9777	0	E_103z_SLV_T3
RARA	Treno 1	21380	1331	909	3320	7350	0	SLE_rar_gr1_Treno_T1
		14155	80	909	2205	5168	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T1
		21380	2408	454	3858	4765	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1
		22034	1415	1311	3578	11221	0	SLE_rar_gr1+vento_T1
		14808	164	1311	2463	9040	0	SLE_rar_gr2+vento_T1
		22034	2493	856	4117	8637	0	SLE_rar_gr3+vento_T1
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr1_T1
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr2_T1
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr3_T1
	Treno 2	18852	1270	909	6774	6686	0	SLE_rar_gr1_Treno_T2
		14155	80	909	2205	5168	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T2
		18852	2347	454	7312	4101	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2
		19505	1354	1311	7032	10557	0	SLE_rar_gr1+vento_T2
		14808	164	1311	2463	9040	0	SLE_rar_gr2+vento_T2
		19505	2432	856	7571	7972	0	SLE_rar_gr3+vento_T2
14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr1_T2		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021
			B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi								
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb		
	<b>Treno 3</b>	14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr2_T2		
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr3_T2		
		17774	1244	909	3156	15103	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3		
		14155	80	909	2205	5168	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3		
		17774	2321	454	3694	12519	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3		
		18427	1329	1311	3414	18974	0	SLE_rar_gr1+vento_T3		
		14808	164	1311	2463	9040	0	SLE_rar_gr2+vento_T3		
		18427	2406	856	3953	16390	0	SLE_rar_gr3+vento_T3		
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr1_T3		
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr2_T3		
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr3_T3		
		<b>SISMA SLD</b>	<b>Treno 1</b>	15533	5763	1293	3013	5363	0	E_103x_SLD_T1
				15533	1789	4310	1026	16859	0	E_103y_SLD_T1
				16512	1789	1293	1026	5363	0	E_103z_SLD_T1
<b>Treno 2</b>	15027		5753	1293	3704	5230	0	E_103x_SLD_T2		
	15027		1779	4310	1717	16726	0	E_103y_SLD_T2		
	16007		1779	1293	1717	5230	0	E_103z_SLD_T2		
<b>Treno 3</b>	14812		5748	1293	2981	6914	0	E_103x_SLD_T3		
	14812		1774	4310	994	18410	0	E_103y_SLD_T3		
	15791		1774	1293	994	6914	0	E_103z_SLD_T3		
<b>FESSURAZIONE</b>	<b>Treno 1</b>	18247	1471	545	3127	4410	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1		
		18900	1555	947	3386	8281	0	SLE_rar_gr4+vento_T1		
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr4_T1		
	<b>Treno 2</b>	16730	1434	545	5200	4011	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2		
		17383	1519	947	5458	7882	0	SLE_rar_gr4+vento_T2		
		14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr4_T2		
<b>Treno 3</b>	16083	1419	545	3029	9062	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3			
	16736	1503	947	3287	12933	0	SLE_rar_gr4+vento_T3			
	14635	141	670	2429	6452	0	SLE_rar_vento_gr4_T3			
<b>Q.P.</b>	<b>Treno 1</b>	13547	54	0	2025	0	0	SLE_qp_T1		
	<b>Treno 2</b>	13547	54	0	2025	0	0	SLE_qp_T2		
	<b>Treno 3</b>	13547	54	0	2025	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	
<b>SLU</b>	<b>Treno 1</b>	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	2265	1899	5828	15586	0	A1_SLU_gr1+vento_T1	
		21465	325	1899	4149	12423	0	A1_SLU_gr2+vento_T1	
		31942	3827	1240	6609	12188	0	A1_SLU_gr3+vento_T1	
		21236	254	968	4197	9378	0	A1_SLU_vento_gr1_T1	
		21236	254	968	4197	9378	0	A1_SLU_vento_gr2_T1	
		21236	254	968	4197	9378	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	
		<b>Treno 2</b>	27296	1980	1318	10249	8996	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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
		20485	173	1318	3584	6796	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2
		27296	3543	659	11030	5598	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2
		28276	2133	1899	10814	14623	0	A1_SLU_gr1+vento_T2
		21465	325	1899	4149	12423	0	A1_SLU_gr2+vento_T2
		28276	3695	1240	11595	11225	0	A1_SLU_gr3+vento_T2
		21236	254	968	4197	9378	0	A1_SLU_vento_gr1_T2
		21236	254	968	4197	9378	0	A1_SLU_vento_gr2_T2
		21236	254	968	4197	9378	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
	20485		173	1318	3584	6796	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3
	25733		3487	659	5775	17803	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3
	26713		2076	1899	5558	26828	0	A1_SLU_gr1+vento_T3
	21465		325	1899	4149	12423	0	A1_SLU_gr2+vento_T3
	26713		3639	1240	6340	23430	0	A1_SLU_gr3+vento_T3
	21236		254	968	4197	9378	0	A1_SLU_vento_gr1_T3
	21236		254	968	4197	9378	0	A1_SLU_vento_gr2_T3
	21236		254	968	4197	9378	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	16996	11030	2530	5646	8703	0
16996			3369	8433	1816	27992	0	E_103y_SLV_T1
20889			3369	2530	1816	8703	0	E_103z_SLV_T1
Treno 2		16490	11019	2530	6338	8570	0	E_103x_SLV_T2
		16490	3359	8433	2508	27859	0	E_103y_SLV_T2
		20383	3359	2530	2508	8570	0	E_103z_SLV_T2
Treno 3		16275	11015	2530	5615	10254	0	E_103x_SLV_T3
		16275	3355	8433	1785	29542	0	E_103y_SLV_T3
		20167	3355	2530	1785	10254	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	1433	1296	3933	10619	0	SLE_rar_gr1+vento_T1
		15022	182	1296	2818	8438	0	SLE_rar_gr2+vento_T1
		22248	2511	842	4471	8276	0	SLE_rar_gr3+vento_T1
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr1_T1
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr2_T1
		14850	169	645	2862	6252	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	1372	1296	7387	9955	0	SLE_rar_gr1+vento_T2
		15022	182	1296	2818	8438	0	SLE_rar_gr2+vento_T2
		19719	2450	842	7925	7612	0	SLE_rar_gr3+vento_T2
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr1_T2
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr2_T2
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr3_T2

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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
	<b>Treno 3</b>	17989	1245	909	3392	14621	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3
		14369	81	909	2442	4687	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3
		17989	2323	454	3931	12278	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3
		18642	1347	1296	3769	18373	0	SLE_rar_gr1+vento_T3
		15022	182	1296	2818	8438	0	SLE_rar_gr2+vento_T3
		18642	2424	842	4307	16029	0	SLE_rar_gr3+vento_T3
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr1_T3
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr2_T3
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr3_T3
<b>SISMA SLD</b>	<b>Treno 1</b>	15764	6080	1402	3171	5018	0	E_103x_SLD_T1
		15764	1884	4674	1073	15709	0	E_103y_SLD_T1
		16781	1884	1402	1073	5018	0	E_103z_SLD_T1
	<b>Treno 2</b>	15258	6070	1402	3863	4885	0	E_103x_SLD_T2
		15258	1874	4674	1765	15576	0	E_103y_SLD_T2
		16275	1874	1402	1765	4885	0	E_103z_SLD_T2
	<b>Treno 3</b>	15043	6066	1402	3140	6569	0	E_103x_SLD_T3
		15043	1870	4674	1042	17260	0	E_103y_SLD_T3
		16060	1870	1402	1042	6569	0	E_103z_SLD_T3
<b>FESSURAZIONE</b>	<b>Treno 1</b>	18461	1472	545	3364	4121	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1
		19114	1573	932	3740	7872	0	SLE_rar_gr4+vento_T1
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr4_T1
	<b>Treno 2</b>	16944	1435	545	5436	3722	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2
		17597	1537	932	5813	7474	0	SLE_rar_gr4+vento_T2
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr4_T2
	<b>Treno 3</b>	16298	1420	545	3265	8773	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3
		16951	1521	932	3642	12524	0	SLE_rar_gr4+vento_T3
		14850	169	645	2862	6252	0	SLE_rar_vento_gr4_T3
<b>Q.P.</b>	<b>Treno 1</b>	13761	55	0	2262	0	0	SLE_qp_T1
	<b>Treno 2</b>	13761	55	0	2262	0	0	SLE_qp_T2
	<b>Treno 3</b>	13761	55	0	2262	0	0	SLE_qp_T3

		Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb
<b>SLU</b>	<b>Treno 1</b>	25490	1721	1224	3695	8317	0	A1_SLU_gr1_Treno_T1
		17613	145	1224	2625	6278	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T1
		25490	3013	612	4341	5178	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1
		26199	1862	1629	4181	12210	0	A1_SLU_gr1+vento_T1
		18321	286	1629	3112	10170	0	A1_SLU_gr2+vento_T1
		26199	3155	1016	4827	9071	0	A1_SLU_gr3+vento_T1
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr1_T1
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr2_T1
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr3_T1
		22092	959	735	3182	4990	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T1
		17366	81	735	2574	3767	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T1
		22092	1734	367	3570	3107	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T1
	<b>Treno 2</b>	22269	1605	1224	7425	7870	0	A1_SLU_gr1_Treno_T2
		17613	145	1224	2625	6278	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T2
		22269	2897	612	8072	4731	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	Tor	Comb
		22977	1746	1629	7912	11763	0	A1_SLU_gr1+vento_T2
		18321	286	1629	3112	10170	0	A1_SLU_gr2+vento_T2
		22977	3039	1016	8558	8624	0	A1_SLU_gr3+vento_T2
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr1_T2
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr2_T2
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr3_T2
		20159	917	735	5434	4722	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T2
		17366	81	735	2574	3767	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T2
		20159	1693	367	5822	2839	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T2
	Treno 3	21507	1577	1224	3346	16881	0	A1_SLU_gr1_Treno_T3
		17613	145	1224	2625	6278	0	A1_SLU_gr2_Scarico_T3
		21507	2869	612	3992	13742	0	A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3
		22216	1719	1629	3833	20773	0	A1_SLU_gr1+vento_T3
		18321	286	1629	3112	10170	0	A1_SLU_gr2+vento_T3
		22216	3011	1016	4479	17635	0	A1_SLU_gr3+vento_T3
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr1_T3
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr2_T3
		18176	236	674	3316	6488	0	A1_SLU_vento_gr3_T3
		19702	907	735	2990	10128	0	A1_SLU_Scalz_gr1_T3
		17366	81	735	2574	3767	0	A1_SLU_Scalz_gr2_T3
19702	1683	367	3378	8245	0	A1_SLU_Scalz_gr3_T3		
SISMA SLV (q=1.5)	Treno 1	14672	6846	1752	3468	5725	0	E_103x_SLV_T1
		14672	2104	5840	1097	18427	0	E_103y_SLV_T1
		18030	2104	1752	1097	5725	0	E_103z_SLV_T1
	Treno 2	14228	6837	1752	3987	5663	0	E_103x_SLV_T2
		14228	2095	5840	1616	18365	0	E_103y_SLV_T2
		17586	2095	1752	1616	5663	0	E_103z_SLV_T2
	Treno 3	14123	6835	1752	3425	6906	0	E_103x_SLV_T3
		14123	2093	5840	1054	19608	0	E_103y_SLV_T3
		17481	2093	1752	1054	6906	0	E_103z_SLV_T3
RARA	Treno 1	17920	1090	844	2549	5736	0	SLE_rar_gr1_Treno_T1
		12488	68	844	1844	4329	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T1
		17920	1981	422	2995	3571	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1
		18393	1184	1114	2874	8331	0	SLE_rar_gr1+vento_T1
		12960	163	1114	2169	6925	0	SLE_rar_gr2+vento_T1
		18393	2075	692	3319	6166	0	SLE_rar_gr3+vento_T1
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr1_T1
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr2_T1
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr3_T1
	Treno 2	15698	1036	844	5135	5427	0	SLE_rar_gr1_Treno_T2
		12488	68	844	1844	4329	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T2
		15698	1928	422	5581	3263	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2
		16171	1131	1114	5460	8023	0	SLE_rar_gr1+vento_T2
		12960	163	1114	2169	6925	0	SLE_rar_gr2+vento_T2
		16171	2022	692	5905	5858	0	SLE_rar_gr3+vento_T2
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr1_T2
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr2_T2
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr3_T2
	Treno 3	15173	1024	844	2325	11642	0	SLE_rar_gr1_Treno_T3
		12488	68	844	1844	4329	0	SLE_rar_gr2_Scarico_T3

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021
			B

		Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate						
		N	T <sub>long</sub>	T <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	T <sub>or</sub>	Comb
SISMA SLD	Treno 1	15173	1915	422	2771	9477	0	SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3
		15646	1118	1114	2650	14237	0	SLE_rar_gr1+vento_T3
		12960	163	1114	2169	6925	0	SLE_rar_gr2+vento_T3
		15646	2010	692	3095	12072	0	SLE_rar_gr3+vento_T3
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr1_T3
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr2_T3
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr3_T3
	Treno 2	13609	4705	1093	2398	3677	0	E_103x_SLD_T1
		13609	1462	3643	776	11600	0	E_103y_SLD_T1
		14487	1462	1093	776	3677	0	E_103z_SLD_T1
		13165	4696	1093	2916	3615	0	E_103x_SLD_T2
		13165	1453	3643	1294	11538	0	E_103y_SLD_T2
14043		1453	1093	1294	3615	0	E_103z_SLD_T2	
Treno 3	13060	4694	1093	2354	4858	0	E_103x_SLD_T3	
	13060	1451	3643	733	12781	0	E_103y_SLD_T3	
	13938	1451	1093	733	4858	0	E_103z_SLD_T3	
FESSURAZIONE	Treno 1	15577	1212	507	2519	3441	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T1
		16049	1306	776	2844	6037	0	SLE_rar_gr4+vento_T1
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr4_T1
	Treno 2	14244	1180	507	4071	3256	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T2
		14716	1274	776	4395	5852	0	SLE_rar_gr4+vento_T2
		12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr4_T2
Treno 3	13929	1172	507	2385	6985	0	SLE_rar_gr4_Centrif_T3	
	14401	1267	776	2709	9580	0	SLE_rar_gr4+vento_T3	
	12849	157	449	2318	4325	0	SLE_rar_vento_gr4_T3	
Q.P.	Treno 1	12062	48	0	1801	0	0	SLE_qp_T1
	Treno 2	12062	48	0	1801	0	0	SLE_qp_T2
	Treno 3	12062	48	0	1801	0	0	SLE_qp_T3

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

Impalcato Misto 4 travi – L=40 m

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°1	SLU			
	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5367	211	-	-
	SLV (ξ=10%)			
N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]	
3678	218	-	-	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°5	SLU			
	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5266	356	-	-
	SLV (ξ=10%)			
N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]	
3579	329	-	-	

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

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°6	SLU			
	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5858	1351	-	-
	SLV (ξ=10%)			
N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]	
3426	1020	-	-	

LATO FISSO FISSO APPOGGIO N°3	SLU			
	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5940	1244	2450	<b>1285</b>
	SLV, N max (ξ=10%)			
N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]	
3736	725	4224	<b>3836</b>	

LATO MOBILE UNIDIREZIONALE APPOGGIO N°7	SLU			
	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5801	1406	-	<b>-1233</b>
	SLV (ξ=10%)			
N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]	
3019	1426	-	<b>-4735</b>	

LATO FISSO MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°4	SLU			
	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5275	358	-	-
	SLV (ξ=10%)			
N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]	
3675	219	-	-	

LATO MOBILE MULTIDIREZIONALE APPOGGIO N°8	SLU			
	N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]
	5357	347	-	-
	SLV (ξ=10%)			
N <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	VI [kN]	Vt [kN]	
4411	-501	-	-	

Impalcato Travi Incorporate – L=22 m

FISSI	Combinazioni statiche SLU			
	N <sub>max</sub> (KN)	N <sub>min</sub> (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	685.3	269.8	189.5	46.6
	Combinazioni sismiche SLV			
N <sub>max</sub> (KN)	N <sub>min</sub> (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
434.1	191	730.2	355.6	

UNIDIREZIONALI LONGITUDINALI	Combinazioni statiche SLU			
	N <sub>max</sub> (KN)	N <sub>min</sub> (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	685.3	269.8	0	46.6
	Combinazioni sismiche SLV			
N <sub>max</sub> (KN)	N <sub>min</sub> (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
434.1	191	0	355.6	

MULTIDIREZIONALI	Combinazioni statiche SLU			
	N <sub>max</sub> (KN)	N <sub>min</sub> (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)
	727.4	219.7	0	0
	Combinazioni sismiche SLV			
N <sub>max</sub> (KN)	N <sub>min</sub> (KN)	Vlong (KN)	Vtrasv (KN)	
451.6	154.9	0	0	



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104021

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 EI2CLVI0104021	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. 0.

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

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

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

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

$k_1$	1	Nodo CCC
$k_2$	0.85	Nodo CCT
$k_3$	0.75	Nodo CTT

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

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

- Verifica a tranciamento dell'acciaio:

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

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

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

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

dove c e  $\mu$  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;

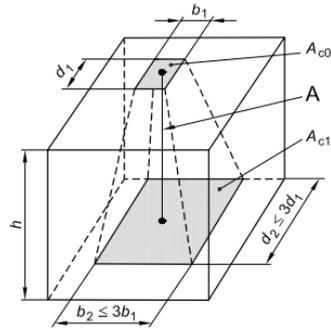
$A_{c1}$  è la massima area di diffusione del carico utilizzata per il calcolo e che ha una forma omotetica a quella di  $A_{c0}$ .

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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 EI2CLVI0104021	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.

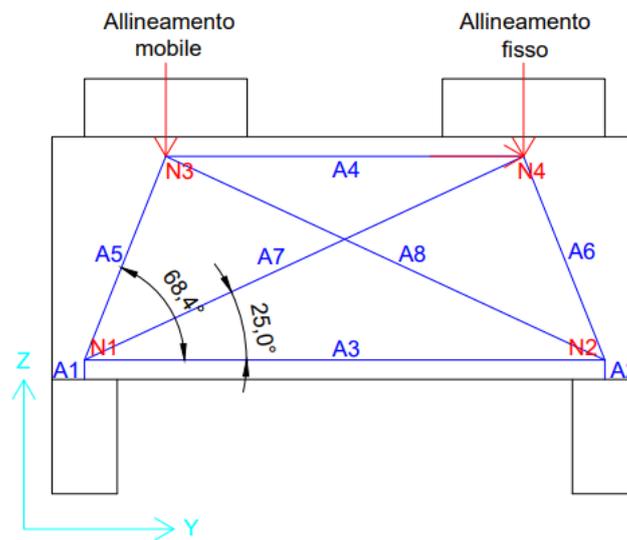


Figura 7-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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.

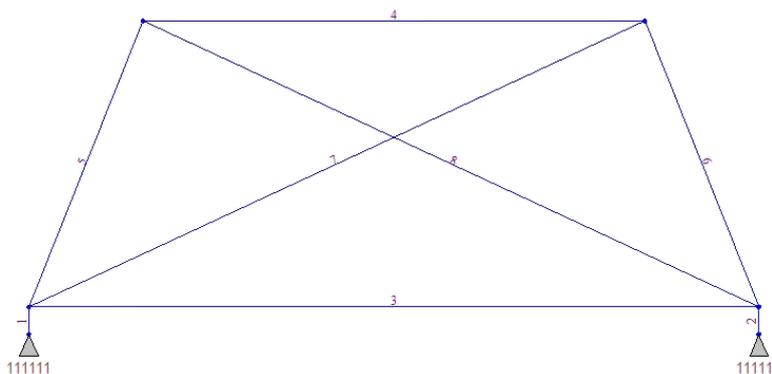


Figura 7-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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 EI2CLVI0104021	B

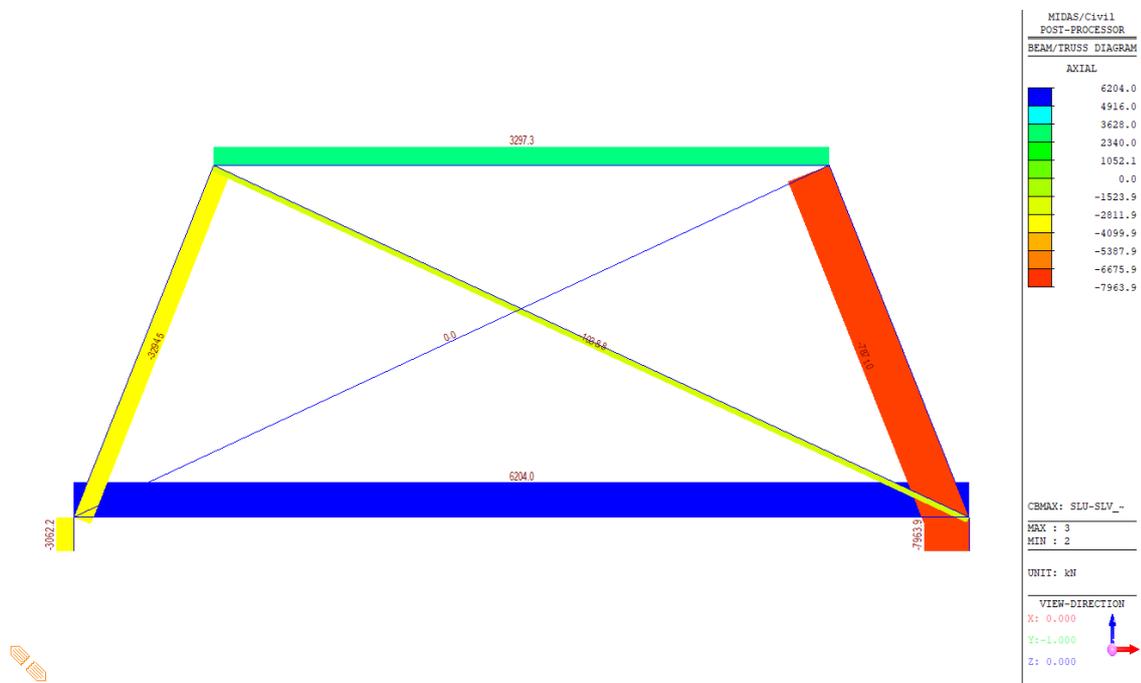


Figura 7-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

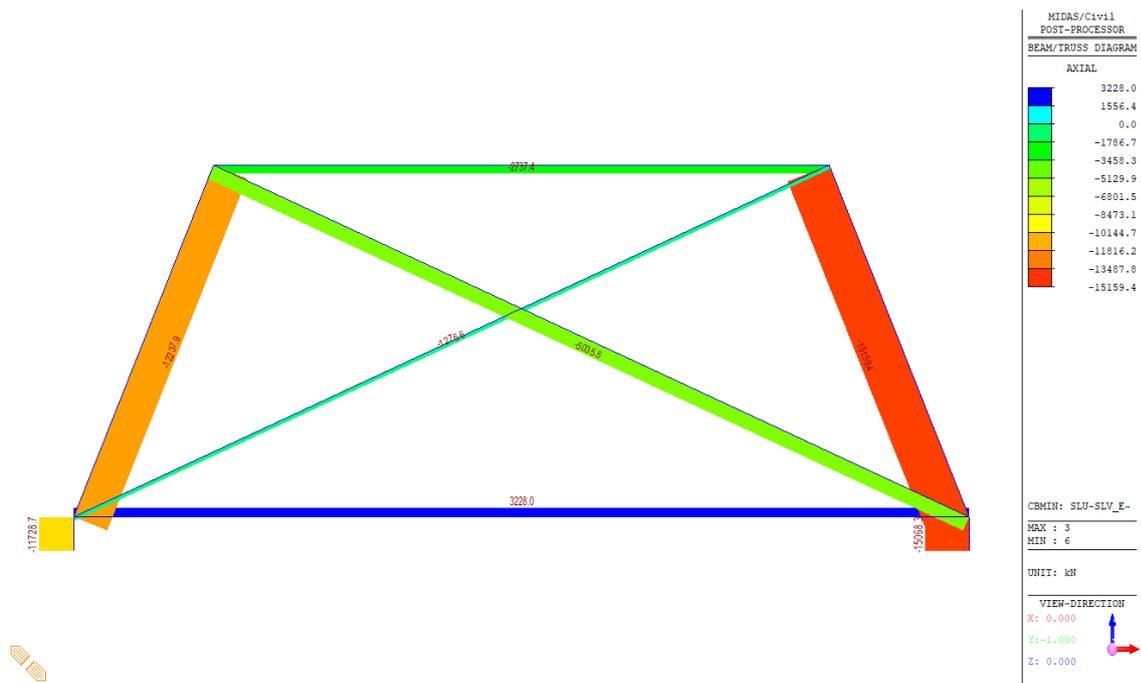


Figura 7-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

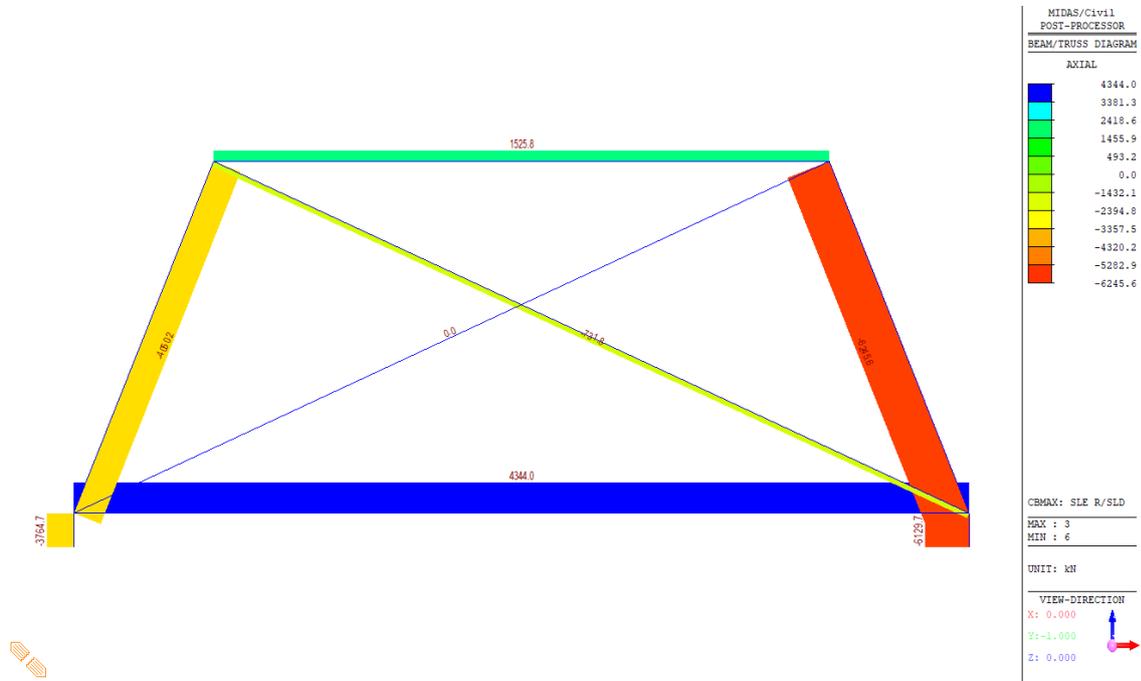


Figura 7-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

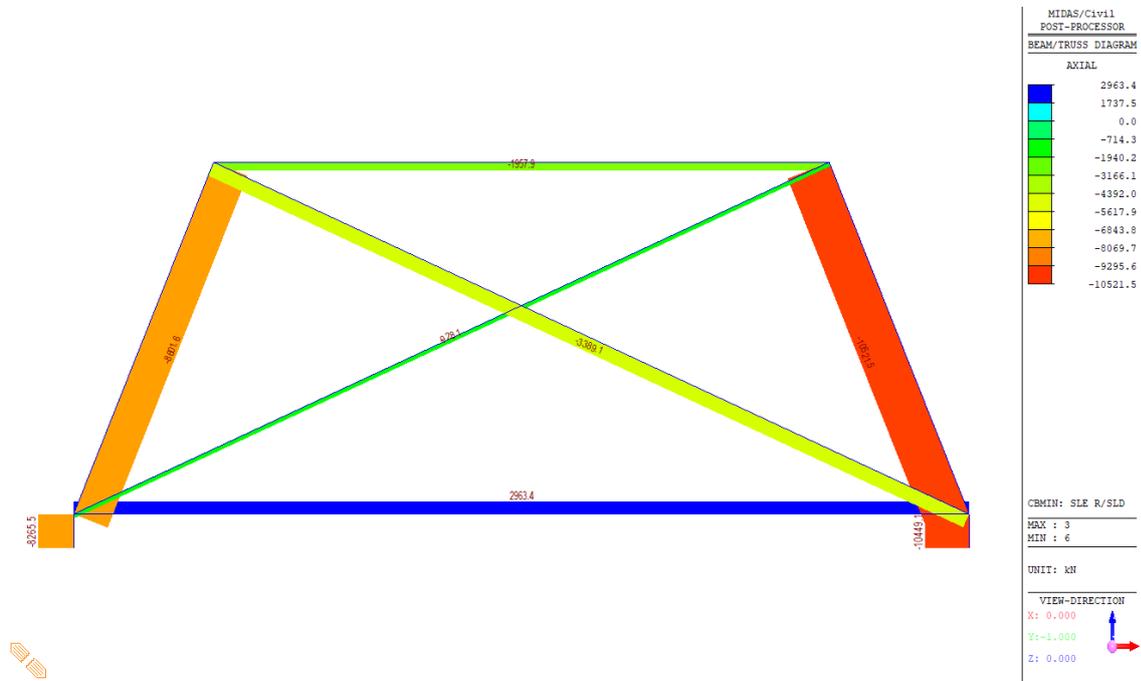


Figura 7-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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 EI2CLVI0104021	B

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Asta A3</b>	6204	4344	3750	2854
<b>Asta A4</b>	3297	1526	-	-

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>	-2737	-1958	-1601	-1535
<b>Asta A5</b>	-12238	-8602	-7385	-5964
<b>Asta A6</b>	-15159	-10522	-8888	-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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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
$T_{ed}$	6204.02	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
$T_{ed}$	3297.33	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	1.64		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
$T_{ed}$	4344.01	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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

### 7.1.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

$T_{ed}$	3750.04	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
$\sigma_s$	135.6	MPa	Tensione nell'armatura tesa

$h$	1.5	m	Altezza pulvino
$b$	9.4	m	Larghezza pulvino direzione trasversale
$c^*$	0.083	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
$d$	1.417	m	Altezza utile
$h_{c,ef}$	0.2075	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
$A_{c,eff}$	1.95	m <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 IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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>	-15159.41	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>	3.75	MPa	Tensione di compressione agente
f <sub>cd</sub>	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	2.53		Fattore di sicurezza

#### 7.1.6.1 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

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

a	432.29	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4063493.75	mm <sup>2</sup>	Area puntone
N <sub>ed</sub>	-10521.50	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ <sub>c</sub>	2.59	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f <sub>ck</sub>	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	6.80		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	EI2CLVI0104021	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	<i>Copriferro netto</i>
$\phi_w$	24	mm	<i>Diametro eventuale ferro altra direzione</i>
$\phi_{t,t}$	20	mm	<i>Diametro tirante</i>
$c^*$	60	mm	<i>Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)</i>
$i_v$	24	mm	<i>Interferro verticale</i>
$s$	44	mm	<i>Distanza due strati di tiranti</i>
$u$	164	mm	<i>Spessore complessivo tirante</i>

$L_{nodo}$	9400	mm	<i>Profondità del nodo nell'altra direzione</i>
$S$	400	mm	<i>Larghezza pareti fusto pila</i>

	Inclinazione asta	Larghezza Long	Larghezza Trasv	Area nodo
Asta	$\theta$ (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	-15159.4	4063493.752	3.73	13.44	ok	3.60
A2	-15068.3	3760000	4.01	13.44	ok	3.35



GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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.

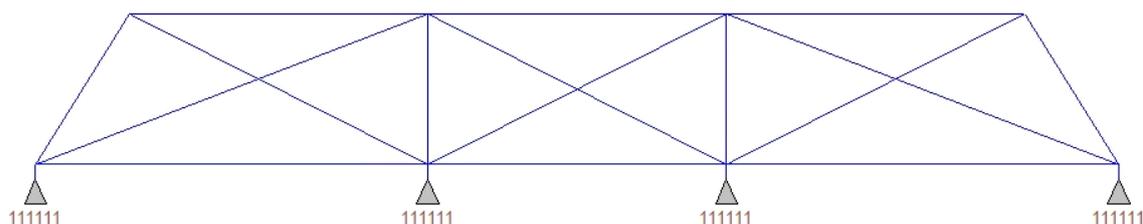


Figura 7-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

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 EI2CLVI0104021	B

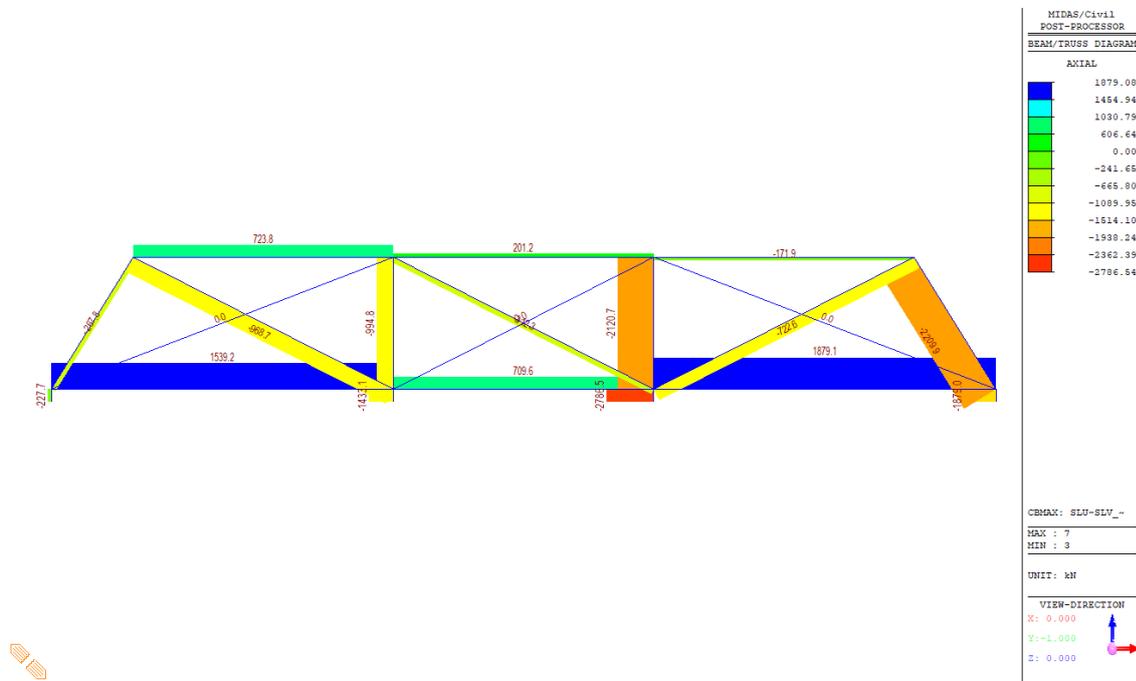


Figura 7-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

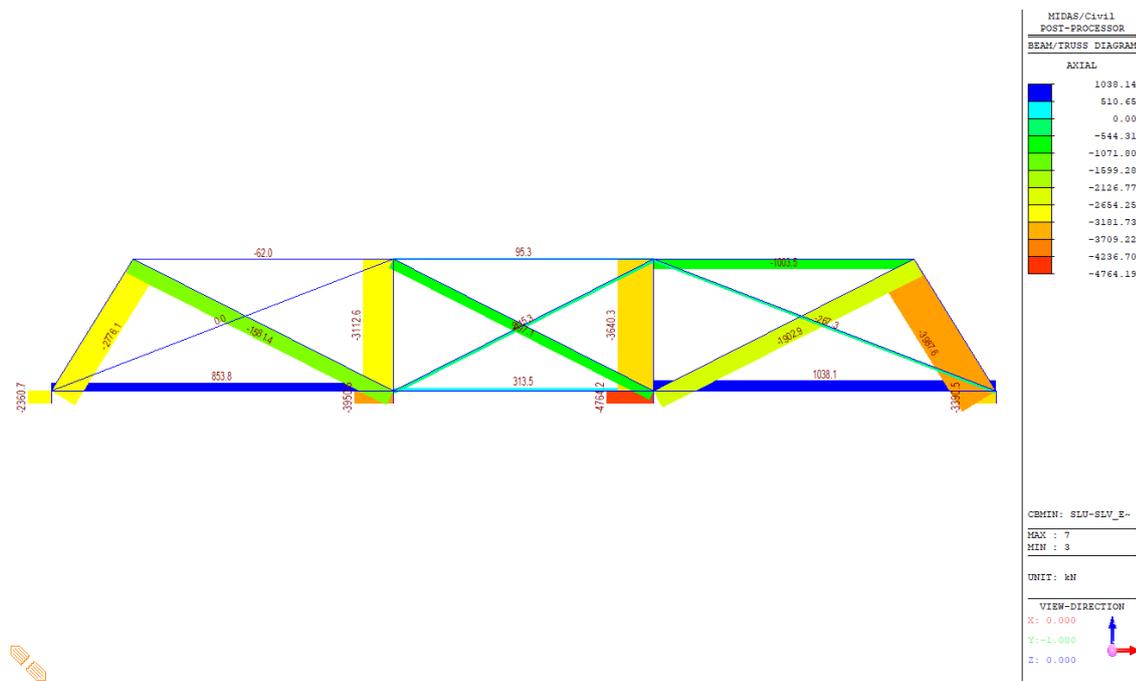


Figura 7-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

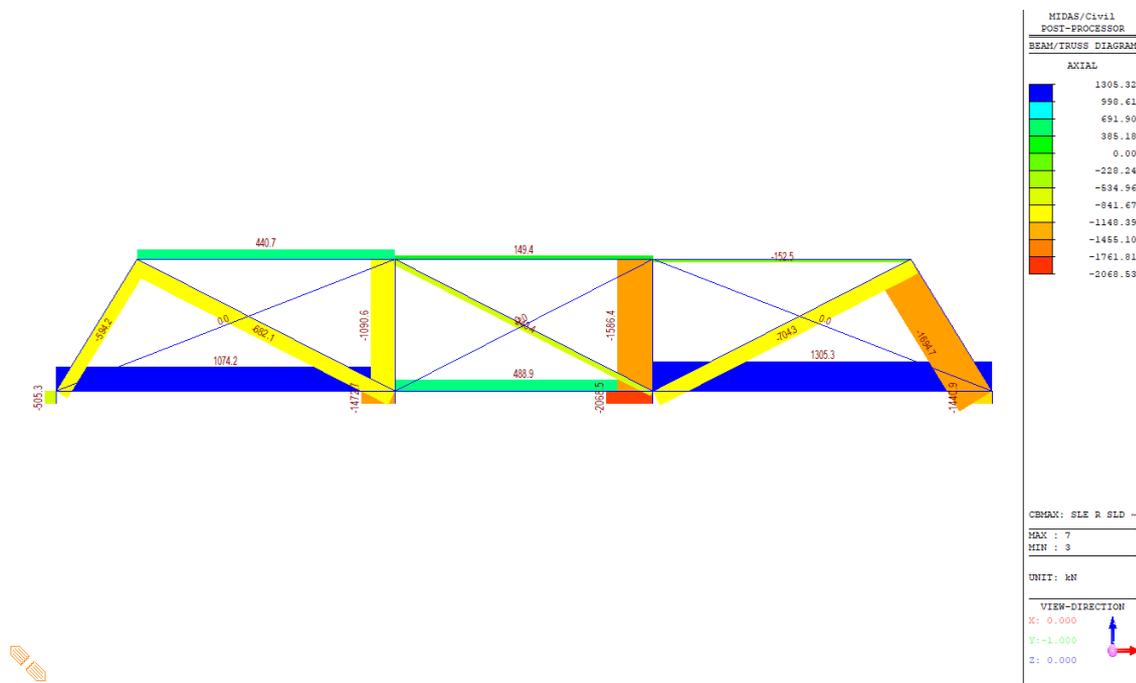


Figura 7-11: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

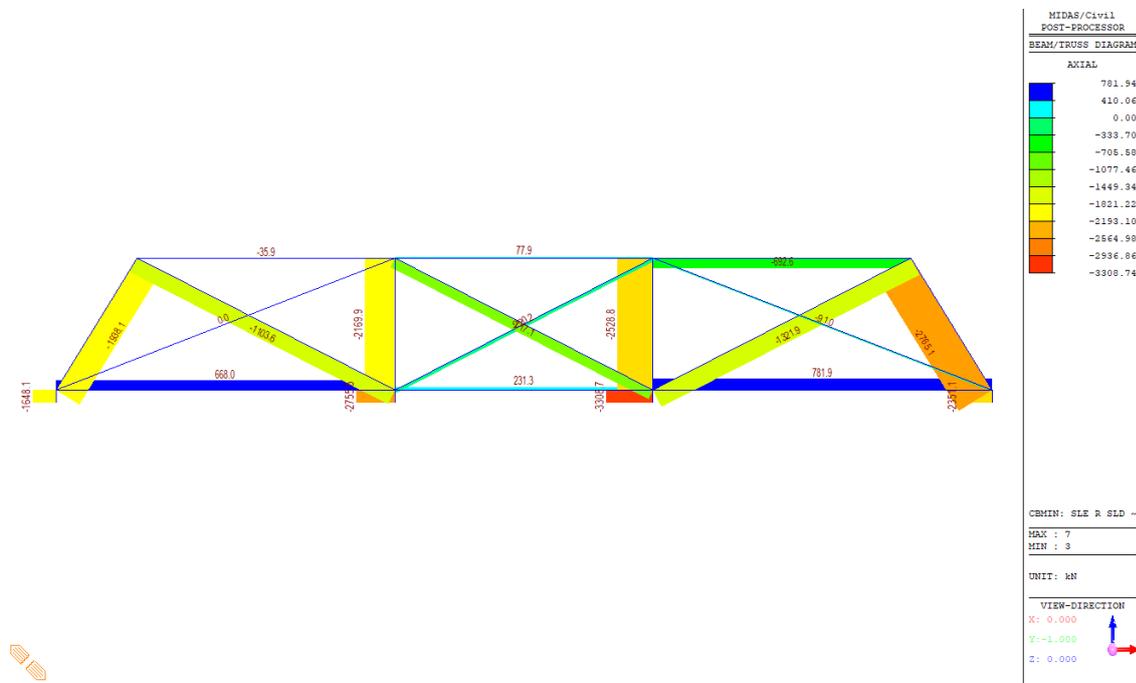


Figura 7-12: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

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

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Max Montanti A1-A2-A3-A4</b>	-4764	-3309	-2838	-1799
<b>Max Montanti A11-A12-A13-A14</b>	-3988	-2765	-2304	-1393
<b>Max Elementi Superiori A8-A9-A10</b>	-1004	-693	-224	-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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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
$T_{ed}$	1879.08	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	1.70		Fattore di sicurezza

#### Armatura trasversale superiore

$f_{yd}$	391.30	MPa	Tensione di snervamento di progetto
$A_s$	4071.50	mm <sup>2</sup>	Area totale ferri
$T_{rd}$	1593.19	kN	Forza di trazione resistente
$T_{ed}$	723.76	kN	Forza di trazione di progetto
Verifica	ok		
FS	2.20		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
$T_{ed}$	1305.32	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
$A_s$	8143.01	mm <sup>2</sup>	Area totale ferri
$\sigma_s$	160.30	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok		
Fs	2.11		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0104021
				B

### 7.2.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

$T_{ed}$	1121.70	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
$E_s$	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
$E_{cm}$	33345.8	MPa	Modulo elastico cls
$f_{ctm}$	3.02	MPa	Resistenza a trazione media cls
$\alpha_e$	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
$\sigma_s$	137.7	MPa	Tensione nell'armatura tesa
$h$	1.5	m	Altezza pulvino
$b$	1.8	m	Metà larghezza pulvino direzione trasversale
$c^*$	0.105	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
$d$	1.395	m	Altezza utile
$h_{c,ef}$	0.2625	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
$A_{c,eff}$	0.47	m <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
$\epsilon_1$	0.00066		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
$w_k$	0.179	mm	Ampiezza caratteristica delle fessure
$w_{max}$	0.2	mm	Ampiezza limite delle fessure
FS	1.12		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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).

$N_{ed}$	-4764.19	kN	Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)
a	400.0	mm	Larghezza direzione trasv.
b	1800	mm	Larghezza direzione long.
A	720000	mm <sup>2</sup>	Area puntone
$\sigma_c$	6.62	MPa	Tensione di compressione agente
$f_{cd}$	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	1.43		Fattore di sicurezza

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

$N_{ed}$	-1798.83	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
$\sigma_c$	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	EI2CLVI0104021	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	-3987.57	809268.095	4.93	13.44	ok	2.73
A4	-3390.49	720000	4.71	13.44	ok	2.85

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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	-3640.25	720000	5.06	13.44	ok	2.65
A3	-4764.19	720000	6.62	13.44	ok	2.03

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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 0.54 m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 8.84 m.

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

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

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

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

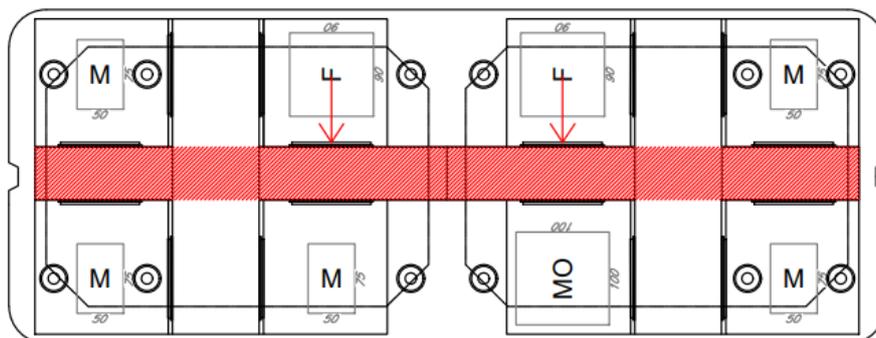


Figura 7-13: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

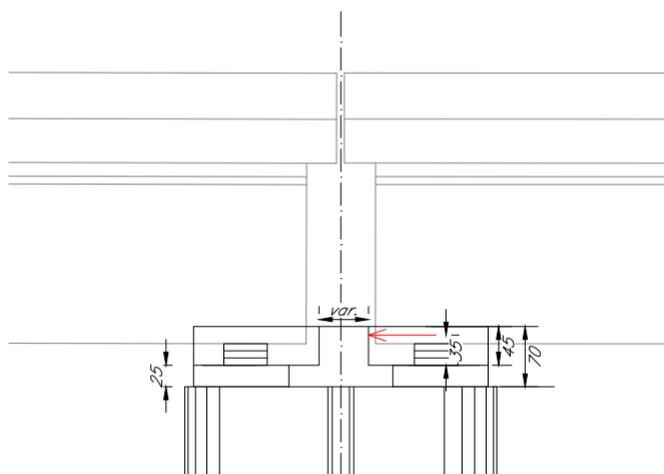


Figura 7-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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	540	mm
Lunghezza della mensola	lc	450	mm
Distanza di applicazione carico	a	350	mm
Profondità mensola	b	8840	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	60	mm
Altezza utile tirante superiore	d	480	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	432	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	446	mm
ctg $\psi$	$\lambda$	1.032	
Inclinazione puntone	$\psi$	0.769	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>

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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>	4773600	mm <sup>2</sup>
As/Ac	ρ	0.012	
Resistenza di progetto	τ <sub>rd</sub>	3.00	MPa
Tensione agente	τ <sub>ed</sub>	1.47	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	2.04	

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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.

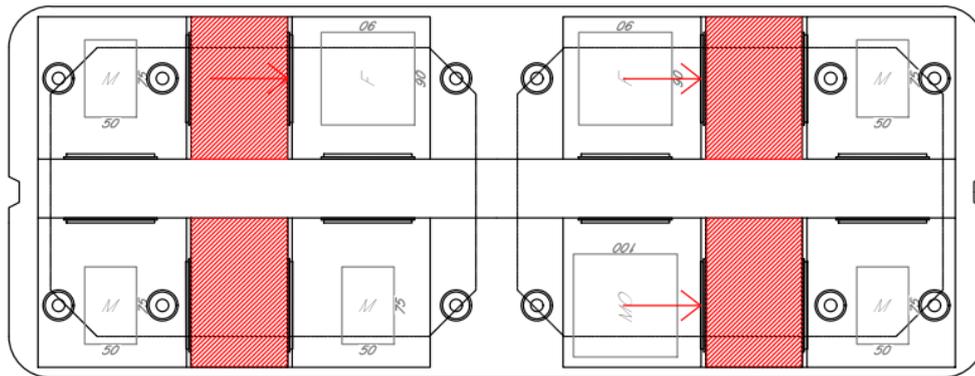


Figura 7-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

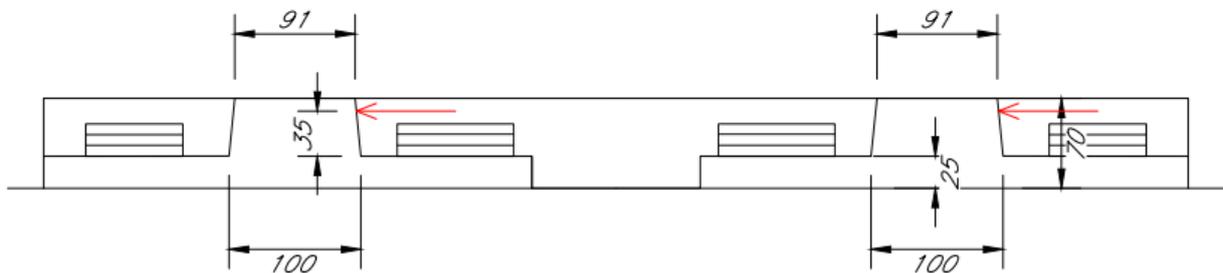


Figura 7-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

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	EI2CLVI0104021	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	EI2CLVI0104021	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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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	EI2CLVI0104021	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>	25484.6	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	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	F <sub>s</sub>	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		
f <sub>cd</sub>	18.13	MPa	Resistenza cilindrica di progetto		
Fr,du	9616.7	kN	Forza di compressione ultima		
Fr,du*2/3	6411.10	kN	Forza di compressione ultima ridotta		
Ned	4623	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
F <sub>t</sub>	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 EI2CLVI0104021	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 EI2CLVI0104021	B

## 8 PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 4 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 1.68 m.

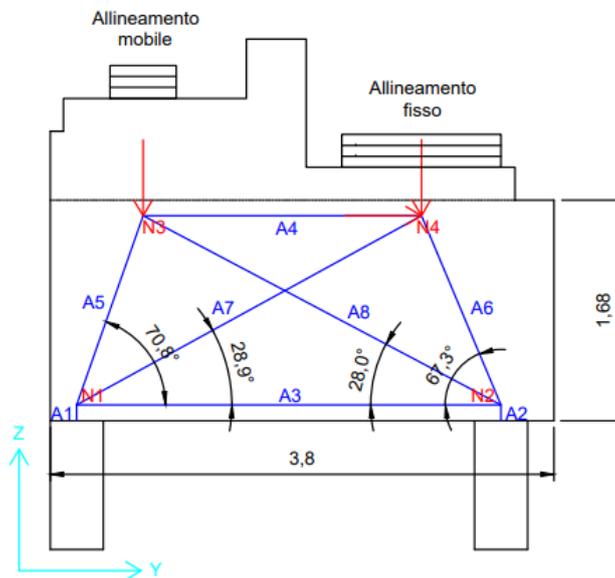


Figura 8-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

Altezza pulvino	H	1.68 m
Copriferro netto	c netto	0.05 m
Distanza baricentro tirante – estradosso pulvino	s	0.12 m
Larghezza pareti fusto pile	S	0.40 m
Distanza nodi 3-4 (distanza asse appoggi impalcato)	D	2.1 m
Distanza longitudinale nodi 3-2	La	2.7 m
Distanza longitudinale nodi 1-3	Lb	0.5 m

#### 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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

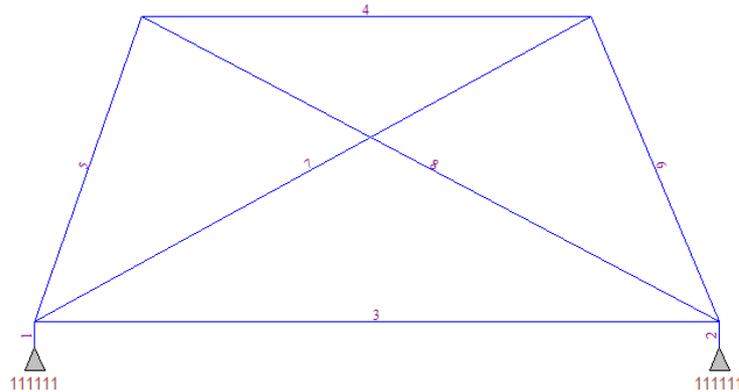


Figura 8-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

### 8.1.3 Sollecitazioni

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

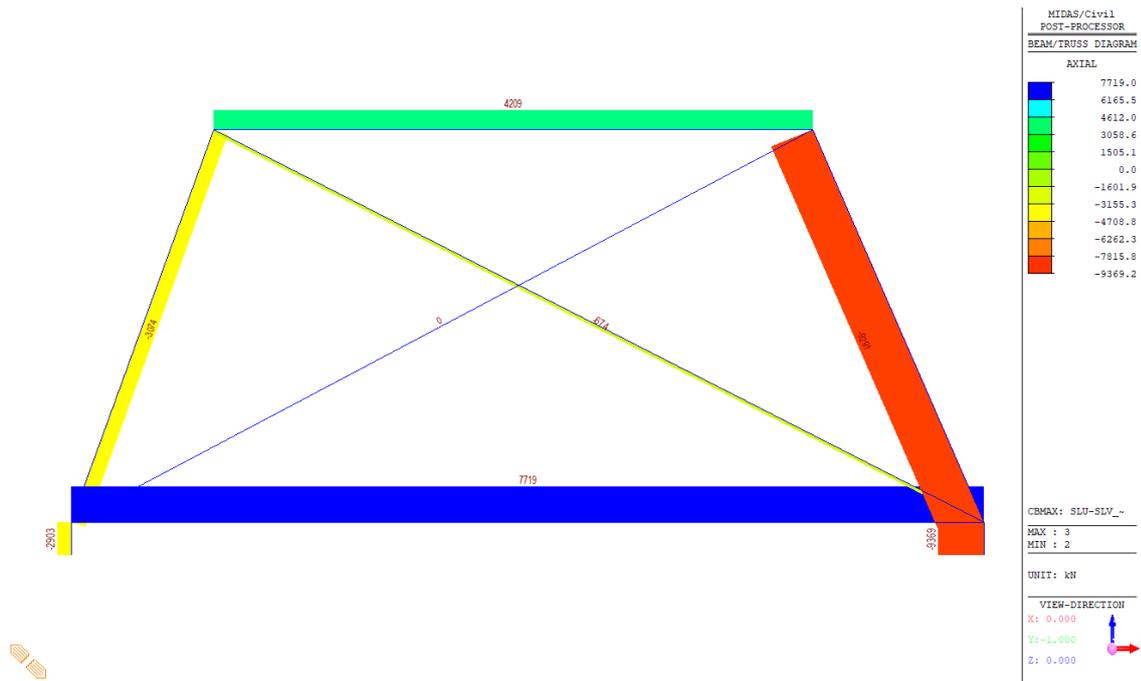


Figura 8-3: Sforzo assiale - Involuppo SLU-SLV (Max)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

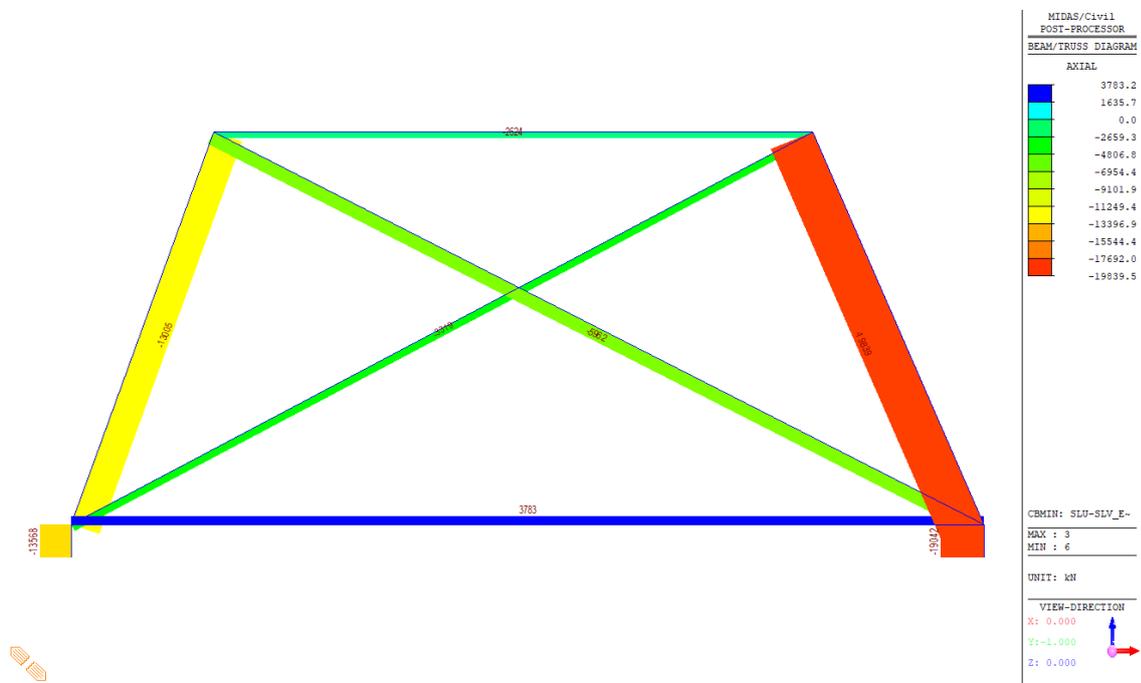


Figura 8-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

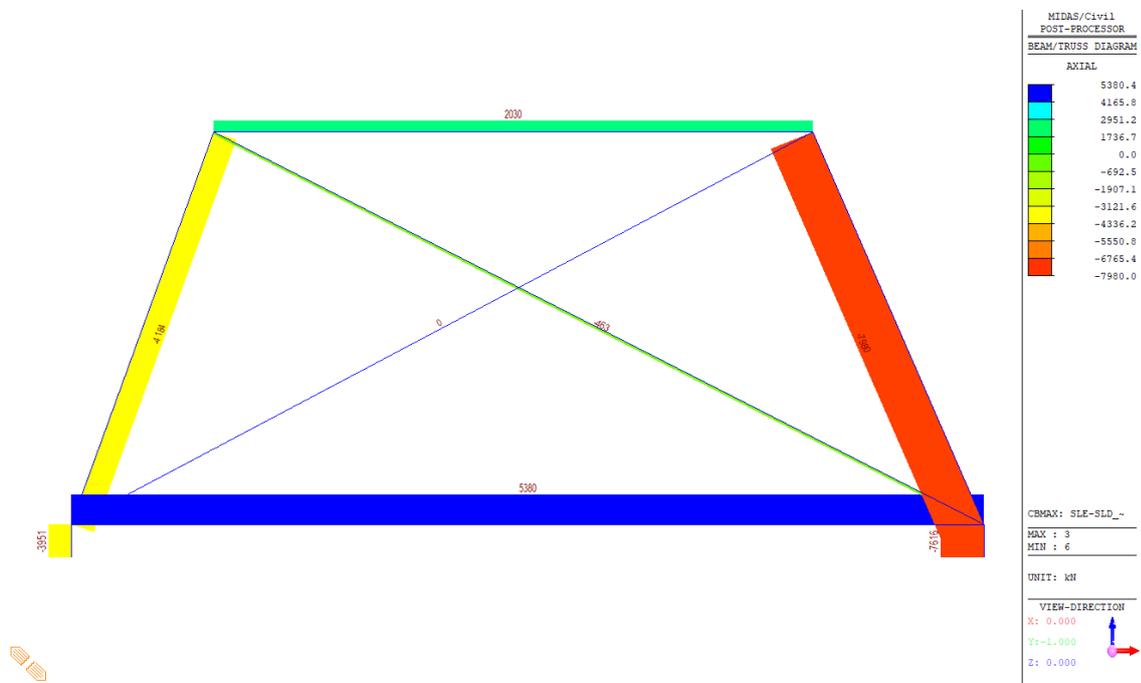


Figura 8-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021
			B

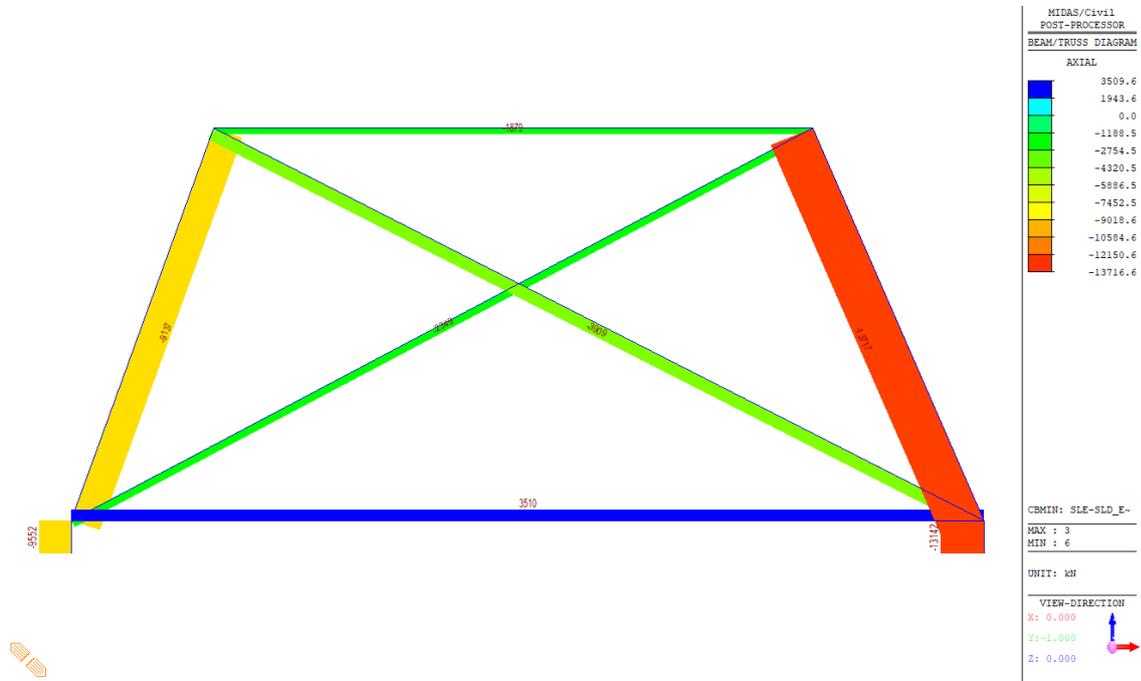


Figura 8-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 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>
$T_{ed}$	7718.97	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.71		<i>Fattore di sicurezza</i>

Armatura longitudinale superiore: asta A4

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 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
$T_{ed}$	5380.39	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
$A_s$	33728.14	mm <sup>2</sup>	Area totale ferri
$\sigma_s$	159.52	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok	
$F_s$	2.12	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).

$T_{ed}$	4597.95	kN	Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)
$E_s$	210000	MPa	Modulo elastico acciaio
$E_{cm}$	33345.8	MPa	Modulo elastico cls
$f_{ctm}$	3.02	MPa	Resistenza a trazione media cls
$\alpha_e$	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
$\sigma_s$	136.3	MPa	Tensione nell'armatura tesa
$h$	1.68	m	Altezza pulvino
$b$	9.4	m	Larghezza pulvino direzione trasversale
$c^*$	0.087	m	Distanza intradosso pulvino - asse tirante
$d$	1.593	m	Altezza utile
$h_{c,ef}$	0.2175	m	Altezza dell'area efficace di cls teso
$A_{c,eff}$	2.04	m <sup>2</sup>	Area efficace di cls teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	0.016		Rapporto geometrico d'armatura
$\epsilon_{sm}$	0.00039		Deformazione unitaria media delle barre d'armatura

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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>	-19839.49	kN	Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)
a	435.39	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4092661.70	mm <sup>2</sup>	Area puntone
σ <sub>c</sub>	4.85	MPa	Tensione di compressione agente
f <sub>cd</sub>	9.49	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	1.96		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	435.39	mm	Larghezza direzione long.
b	9400	mm	Larghezza direzione trasv.
A	4092661.70	mm <sup>2</sup>	Area puntone
N <sub>ed</sub>	-7979.95	kN	Forza di compressione agente (comb. Rara)
σ <sub>c</sub>	1.95	MPa	Tensione di compressione agente
0.55 f <sub>ck</sub>	17.60	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	9.03		Fattore di sicurezza
N <sub>ed</sub>	-7592.41	kN	Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)
σ <sub>c</sub>	1.86	MPa	Tensione di compressione agente
0.40 f <sub>ck</sub>	12.80	MPa	Resistenza di progetto del cls
Verifica	ok		
FS	6.90		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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	1.17	435.39	9400	4092661.7
A8	0.49	339.66	9400	3192762.7
A2	1.57	400.00	9400	3760000

#### Verifica

Nodo 2						
Elemento	N (kN)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
A6	-19839.5	4092661.701	4.85	13.44	ok	2.77
A2	-19042.1	3760000	5.06	13.44	ok	2.65



GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

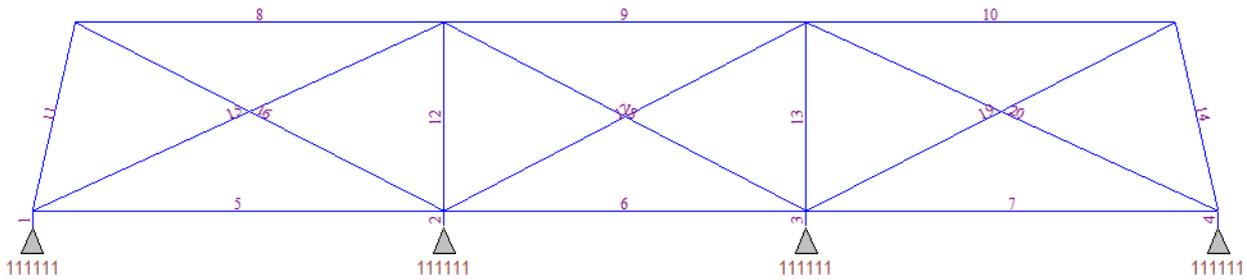


Figura 8-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

### 8.2.3 Sollecitazioni

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

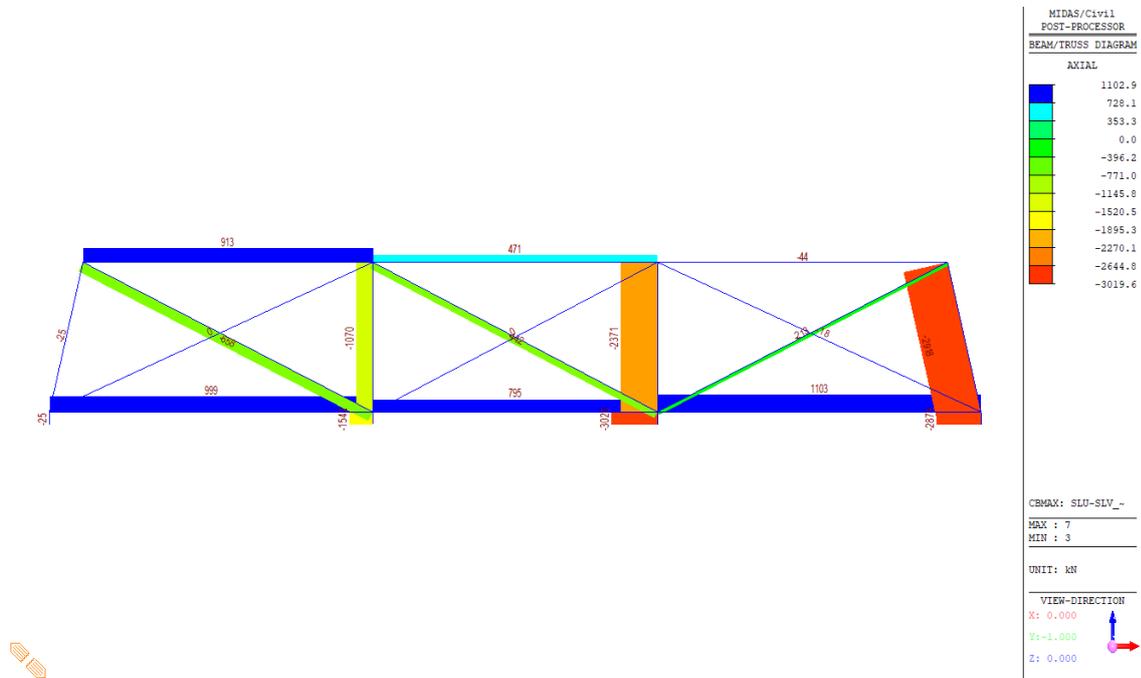


Figura 8-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

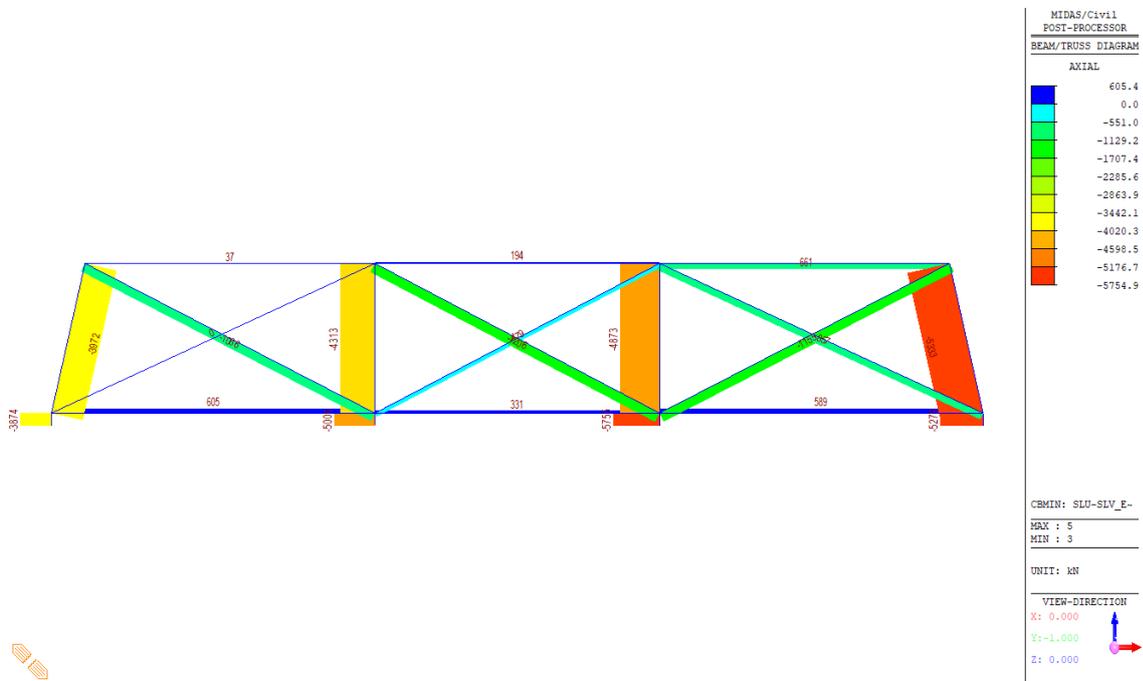


Figura 8-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

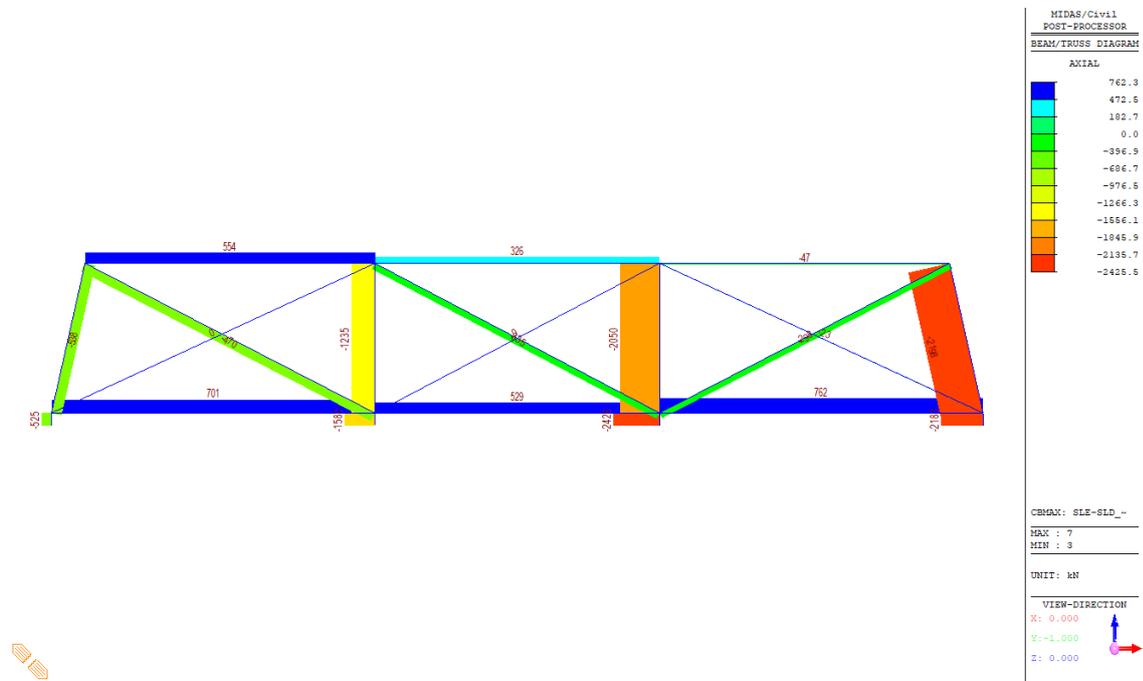


Figura 8-11: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

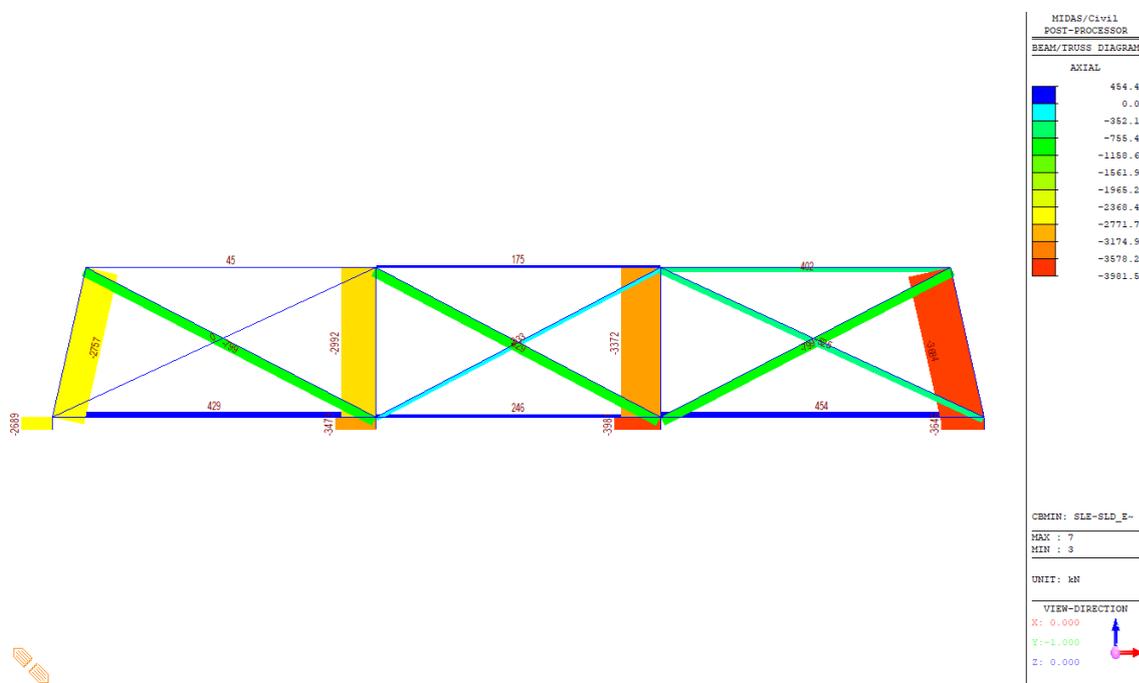


Figura 8-12: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Tirante inferiore</b>	1103	762	646	394
<b>Tirante superiore</b>	913	554	268	202

Si riportano nella tabella che segue gli sforzi di compressione massimi nei montanti per gli involuppi 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>	-5755	-3982	-3389	-2146
<b>Max Montanti A11-A12-A13-A14</b>	-5333	-3684	-3098	-1838
<b>Max Elementi Superiori A8-A9-A10</b>	-661	-401	-95	-4

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

#### 8.2.4 **Armatura trasversale**

##### Armatura trasversale inferiore

Diametro ferro $\phi$	24	mm
Passo s	200	mm
Numero di strati	2	
Numero di ferri per strato	10	
Area totale As	9047.8	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	10	
Area totale As	4523.9	mm <sup>2</sup>

#### 8.2.5 **Verifica dei tiranti**

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

##### 8.2.5.1 Verifica SLU

##### Armatura trasversale inferiore

f <sub>yd</sub>	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A <sub>s</sub>	9047.8	mm <sup>2</sup>	<i>Area totale ferri</i>
Tr <sub>d</sub>	3540.4	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T <sub>ed</sub>	1102.87	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	3.21		<i>Fattore di sicurezza</i>

##### Armatura trasversale superiore

f <sub>yd</sub>	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A <sub>s</sub>	4523.9	mm <sup>2</sup>	<i>Area totale ferri</i>
Tr <sub>d</sub>	1770.2	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T <sub>ed</sub>	913.45	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.94		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

### 8.2.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

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

Verifica	ok	
Fs	4.01	Fattore di sicurezza

### 8.2.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

4).

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0104021
				B

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

### 8.2.6 Verifiche dei puntoni

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

#### 8.2.6.1 Verifica SLU

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

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

#### 8.2.6.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0104021	B

### 8.2.7 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
$\phi_w$	24	mm	Diametro eventuale ferro altra direzione
$\phi_{t,t}$	24	mm	Diametro tirante
c*	86	mm	Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)
i,v	24	mm	Interferro verticale
s	48	mm	Distanza due strati di tiranti
u	220	mm	Spessore complessivo tirante

L,nodo	1900	mm	Profondità del nodo nell'altra direzione
S	400	mm	Larghezza pareti fusto pila

	Inclinazione asta	Larghezza Trasv	Larghezza Long	Area nodo
Asta	$\theta$ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )
A11 – A14	1.35	438.69	1900	833511.69
A15 – A20	0.43	367.02	1900	697335.39
A1- A4	1.57	400.00	1900	760000

#### Verifiche

Nodo 4						
Elemento	N (kN)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
A14	-5333.35	833511.6914	6.40	13.44	ok	2.10
A4	-5278.60	760000	6.95	13.44	ok	1.93

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### Geometria nodo N3

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

	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	378.29	1900	718747.05
A2 – A3 – A12 – A13	1.57	400.00	1900	760000

### Verifiche

Nodo 3						
Elemento	N (kN)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
A13	-4872.99	760000	6.41	13.44	ok	2.10
A3	-5754.93	760000	7.57	13.44	ok	1.78

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

### 8.2.8 Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale

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

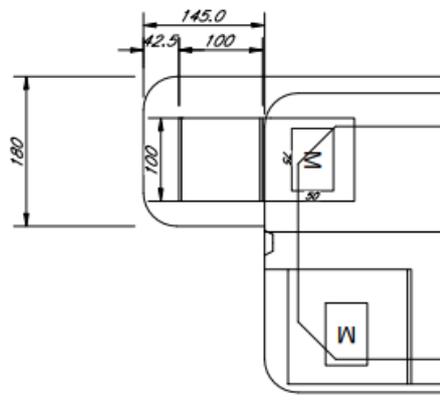


Figura 8-13: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato in Misto

Si deve prevedere uno strato di  $\phi 26/20$  aggiuntivo superiore, in grado di contrastare l'azione sismica proveniente dal ritegno trasversale lato impalcato in Misto, pari a 4735 kN, come si può dedurre dalle tabelle del par. 5.2.

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

$A_{s,min}$	12100.56	mm <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>	
$F_s$	1.25		Fattore di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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 0.45m, una larghezza media nella direzione longitudinale del ponte di 0.37 m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 9.4 m.

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

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

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

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

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

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

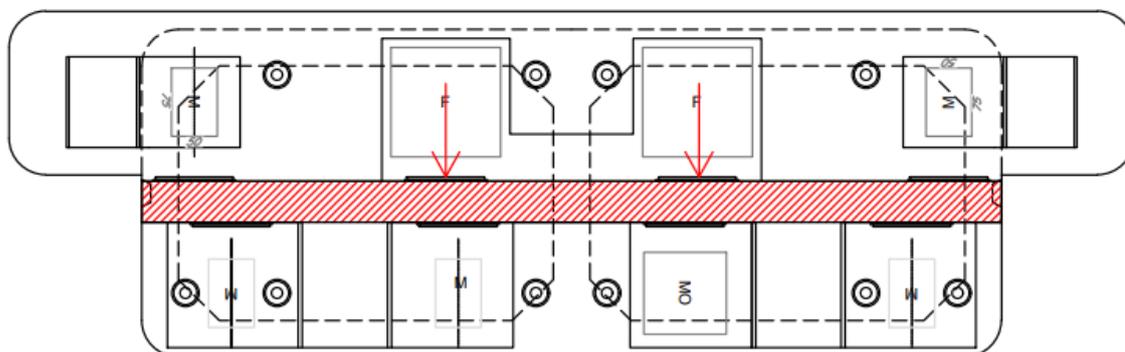


Figura 8-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

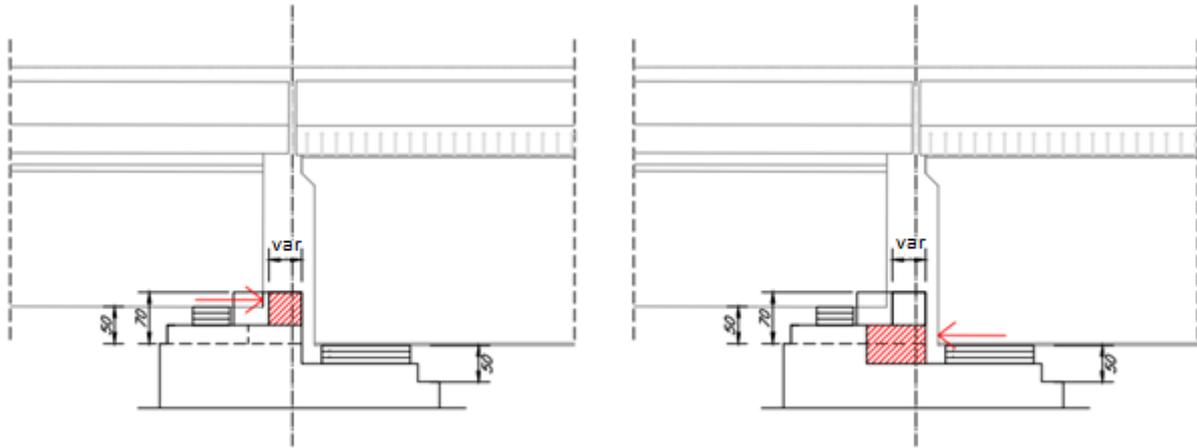


Figura 8-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto) a) Allineamento fisso lato impalcato C.A.P.; b) Allineamento fisso lato impalcato in Misto

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

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

##### **DATI DI INPUT**

##### **1) Resistenze materiali**

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

##### **2) Carichi agenti**

Carico verticale	Ped	7026	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

##### **3) Geometria della mensola**

Altezza mensola	hc	370	mm
Lunghezza della mensola	lc	450	mm
Distanza di applicazione carico	a	350	mm
Profondità mensola	b	9400	mm
Copriferro netto	c netto	50	mm
Copriferro da asse tirante	c tir	61	mm
Altezza utile tirante superiore	d	309	mm
Braccio delle forze interne (0.9d)	z	278.1	mm
Proiezione orizzontale del puntone	l	411.8	mm
ctg $\Psi$	$\lambda$	1.481	
Inclinazione puntone	$\Psi$	0.594	rad

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

## RESISTENZE E VERIFICHE

### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	22	mm
Numero di barre per strato	n strato	92	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	92	
Area barre	As	34972.21	mm <sup>2</sup>
Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.8	cm

Resistenza tirante	PRs	9241.71	kN
Verifica	PRs>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.32	

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

In presenza di staffe $c=1.5$ , altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	9898.35	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	1.41	
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	69944.42	mm <sup>2</sup>
Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	15801.82	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>t</sub>	2.25	

### 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	69944	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	Ac	3478000	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.020	
Resistenza di progetto	tr <sub>d</sub>	4.74	MPa
Tensione agente	te <sub>d</sub>	2.02	MPa

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

Verifica	Verifica	ok
Coefficiente di sicurezza	Fs	2.35

Verifiche ritegno longitudinale – Fisso Lato impalcato Misto 4 travi

**DATI DI INPUT**

**1) Resistenze materiali**

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

**2) Carichi agenti**

Carico verticale	Ped	8444	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

**3) Geometria della mensola**

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

**RESISTENZE E VERIFICHE**

**1) Tirante**

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	22	mm
Numero di barre per strato	n strato	92	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	92	
Area barre	As	34972.21	mm <sup>2</sup>

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

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

In presenza di staffe $c=1.5$ , altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	46036.11	kN

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

Verifica	PRc>Ped	ok
Coefficiente di sicurezza	Fc	5.45
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok

## Verifiche a tranciamento

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	A <sub>s,tot</sub>	69944.42	mm <sup>2</sup>

Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	15801.82	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >P <sub>ed</sub>	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>t</sub>	1.87	

### 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>	69944	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	7520000	mm <sup>2</sup>
As/Ac	ρ	0.009	
Resistenza di progetto	τ <sub>rd</sub>	2.47	MPa
Tensione agente	τ <sub>ed</sub>	1.12	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	2.20	

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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 1.0 m e una larghezza nella direzione longitudinale di 1.0m.

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

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

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

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

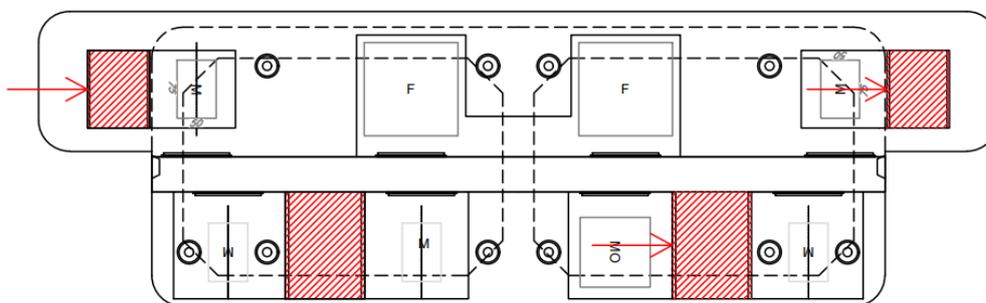


Figura 8-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

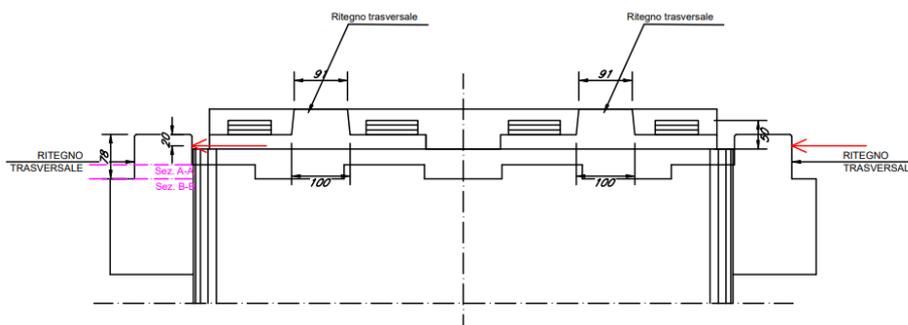


Figura 8-17: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

### Sez A-A

#### DATI DI INPUT

##### 1) Resistenze materiali

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

##### 2) Carichi agenti

Carico verticale	Ped	4735	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

##### 3) Geometria della mensola

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

#### RESISTENZE E VERIFICHE

##### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm <sup>2</sup>

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.0	cm

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

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

## Sez B-B

### DATI DI INPUT

#### 1) Resistenze materiali

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

#### 2) Carichi agenti

Carico verticale	Ped	4735	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

#### 3) Geometria della mensola

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

## RESISTENZE E VERIFICHE

#### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm <sup>2</sup>

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.0	cm

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

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

## Verifiche a tranciamento

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

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	A <sub>s,tot</sub>	29845.13	mm <sup>2</sup>
Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	6742.60	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>t</sub>	1.42	

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

Coeff. 1	c	0.2	
	$\mu$	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	A <sub>s</sub>	29845.13	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	1000000	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.030	
Resistenza di progetto	tr <sub>d</sub>	7.29	MPa
Tensione agente	te <sub>d</sub>	4.74	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	1.54	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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

Sui baggioli degli appoggi fissi e unidirezionali longitudinali è necessario disporre dei ferri verticali  $\phi 26$  passo 10 cm, con un numero totale di braccia pari a 49, per soddisfare le verifiche a tranciamento descritte al par. 6.

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

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

	Fisso	Uni Long
$V_{long}$	4224	0
$V_{trasv}$	3836	4735
$V_{ris}$	4378	4735

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

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

Verifica a tranciamento (Acciaio)

<i>Resistenza di calcolo acciaio</i>	$f_{yd}$	391.30	MPa
<i>Area totale ferri</i>	$A_{s,tot}$	26015.5	mm <sup>2</sup>

<i>Resistenza a tranciamento</i>	$V_{rd}$	5877.42	kN
<i>Taglio agente</i>	$V_{ed}$	4735	kN
<i>Verifica</i>	$V_{rd} > V_{ed}$	ok	
<i>Coefficiente di sicurezza</i>	$F_t$	1.24	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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	27077.4	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	Ac	2100000	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.012	
Resistenza di progetto	trd	3.19	MPa
Tensione agente	ted	2.25	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.42	

**Verifica a compressione del cls**

Si riporta esclusivamente la verifica più gravosa, ovvero quella dell'appoggio multidirezionale più caricato. L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale sull'apparecchio d'appoggio più caricato, pari a 6028 kN.

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

b1	0.5	mm	Larghezza appoggio multidirezionale trasv	b2 < 3 b1	ok
d1	0.75	mm	Larghezza appoggio multidirezionale long	d2 < 3 d1	ok
h	0.25	mm	Altezza 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	kN	Forza di compressione ultima ridotta		
Ned	6028	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
Ft	1.06		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

### Verifica dell'armatura di confinamento del cls

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

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

#### Verifica confinamento

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

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

$\phi_w$	20	mm
nbr	2	
nstr	1	
Aw	628.32	mm <sup>2</sup>

Nrd	6147	kN
Ned	6028	kN
Verifica Ft	ok	
	1.02	

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

### 9.1 Meccanismo in direzione longitudinale

#### 9.1.1 Caratteristiche geometriche

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

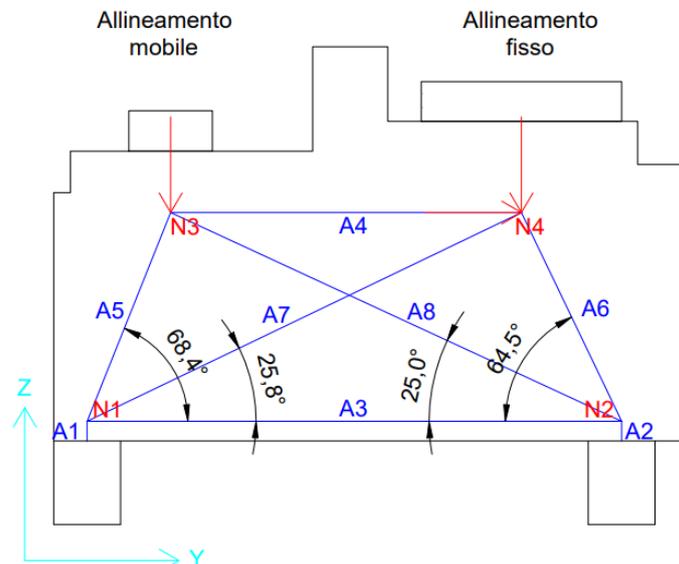


Figura 9-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

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

#### 9.1.2 Modellazione agli elementi finiti

La modellazione del traliccio di tiranti e puntoni è stata effettuata mediante il programma di calcolo agli elementi finiti Midas Civil, in modo analogo a quanto descritto nel par. 7.1.2 per il pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P.

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

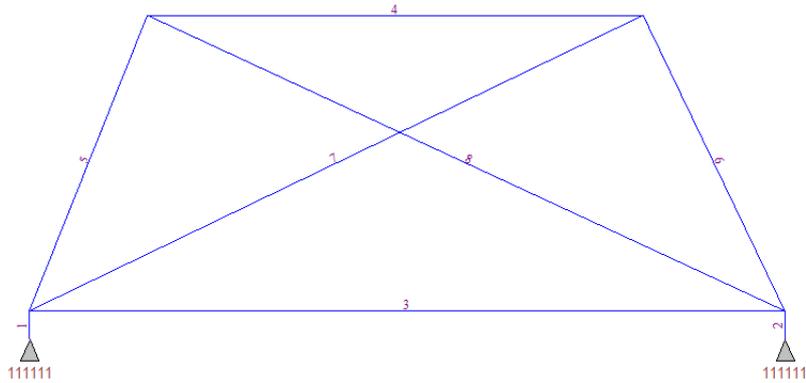


Figura 9-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

### 9.1.3 Sollecitazioni

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

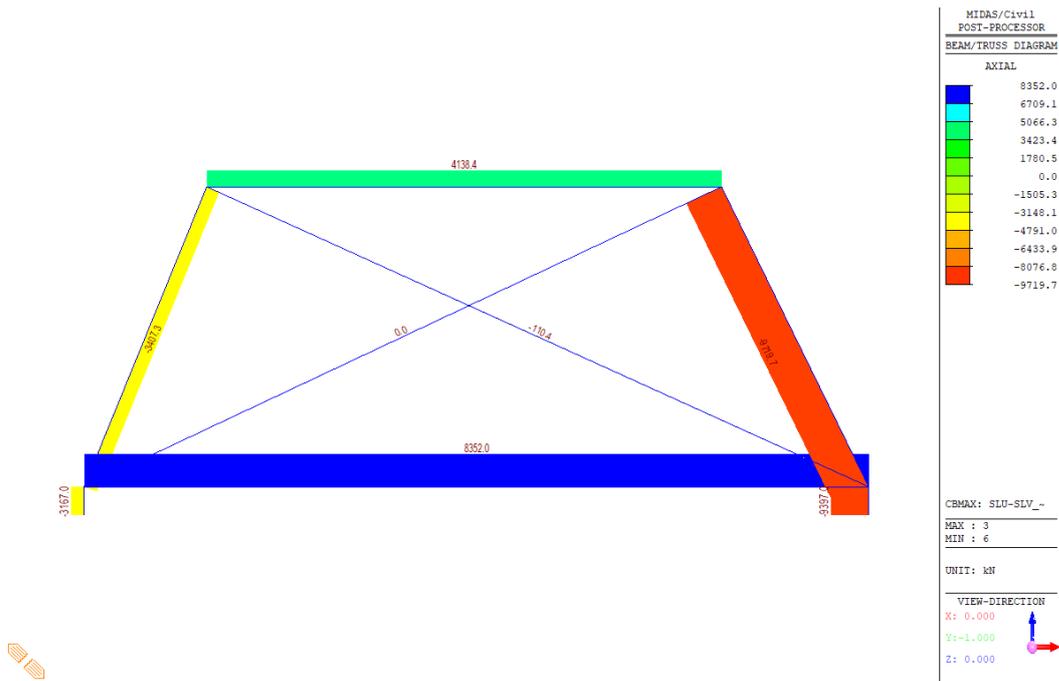


Figura 9-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLV10104021	B

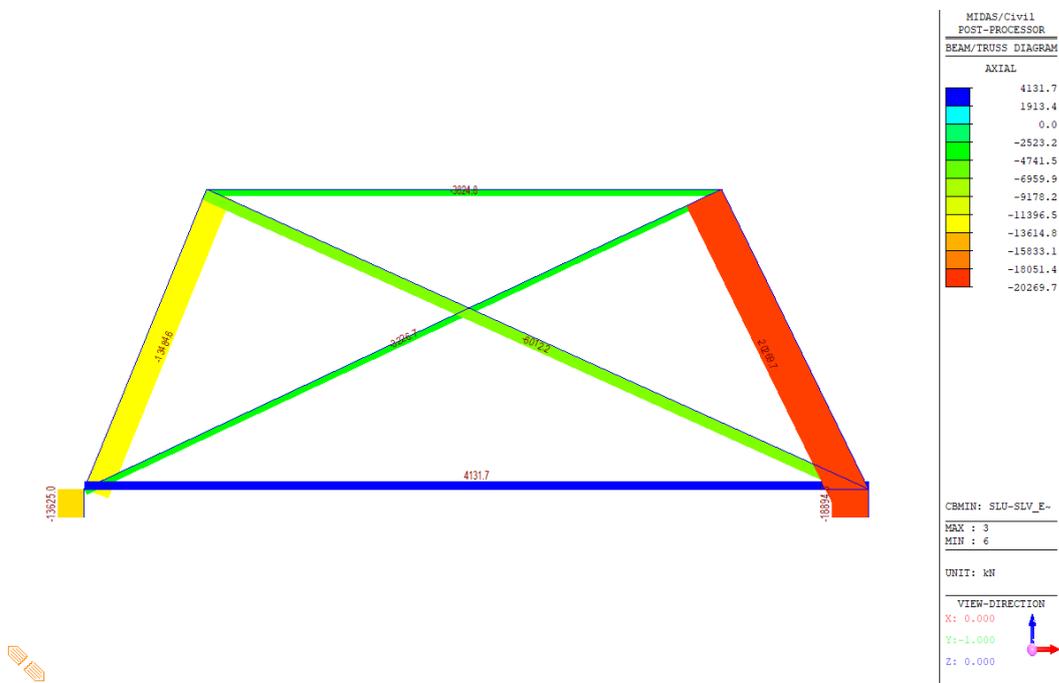


Figura 9-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

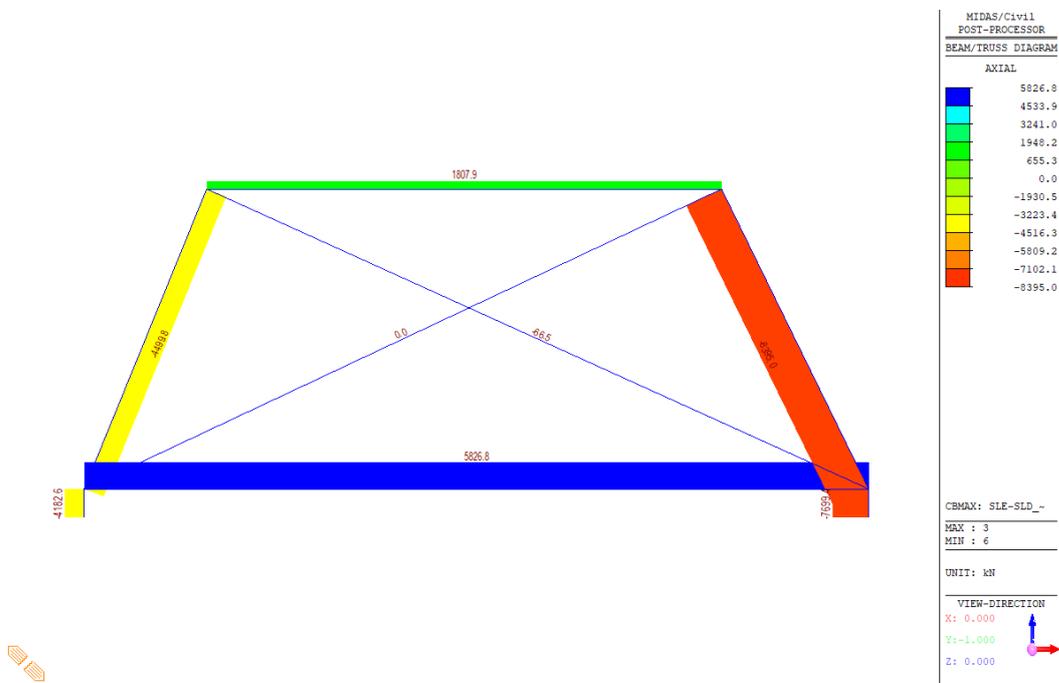


Figura 9-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

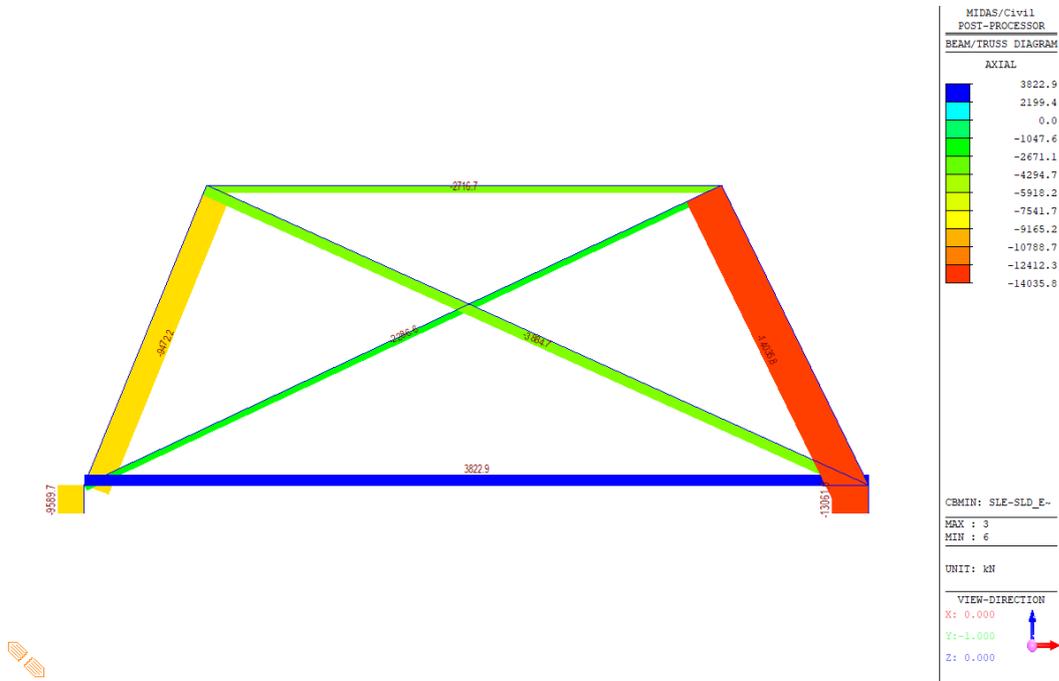


Figura 9-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Asta A3</b>	8352	5827	4984	3663
<b>Asta A4</b>	4138	1808	-	-

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

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Asta A4</b>	-3825	-2717	-2210	-1985
<b>Asta A5</b>	-13486	-9472	-7922	-6065
<b>Asta A6</b>	-20270	-14036	-11831	-8003

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

#### 9.1.4 **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>

#### 9.1.5 **Verifica dei tiranti**

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

##### 9.1.5.1 Verifica SLU

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

$f_{yd}$	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
$A_s$	33728.14	mm <sup>2</sup>	<i>Area totale ferri</i>
$T_{rd}$	13197.97	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
$T_{ed}$	8352.03	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>
$T_{ed}$	4138.4	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.88		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

### 9.1.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

0.75 $f_{yk}$	337.50	MPa	Limite tensionale dell'acciaio
$T_{ed}$	5826.84	kN	Trazione di progetto (comb. Rara)
$A_s$	33728.14	mm <sup>2</sup>	Area totale ferri
$\sigma_s$	172.76	MPa	Tensione acciaio

Verifica	ok	
$F_s$	1.95	Fattore di sicurezza

### 9.1.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

4).

$T_{ed}$	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 IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### 9.1.6 Verifiche dei puntoni

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

#### 9.1.6.1 Verifica SLU

Viene riportata esclusivamente la verifica SLU del puntone compresso maggiormente sollecitato (asta A6). Il calcolo dettagliato della larghezza longitudinale del puntone oggetto della verifica è riportato nel par. 9.1.7. La tensione di progetto dei puntoni di cls con la presenza di tensioni trasversali di trazione, in accordo a quanto riportato nell'EC2, è pari a:  $\sigma_{Rd,max} = 0.6 v' f_{cd}$ .

N <sub>ed</sub>	-20269.73	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>	4.96	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

#### 9.1.6.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

Il calcolo dettagliato della larghezza longitudinale del puntone oggetto della verifica è riportato nel par. 9.1.7.

a	435.08	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	EI2CLVI0104021	B

### 9.1.7 Verifiche dei nodi

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

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

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

#### Geometria nodo

$C_{,netto}$	50	mm	Copriferro netto
$\phi_w$	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	-20269.7	4089771.01	4.96	13.44	ok	2.72
A2	-18894.3	3760000	5.03	13.44	ok	2.68

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

### 9.1.1 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).

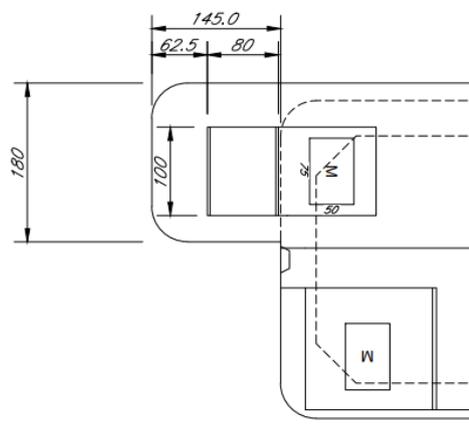


Figura 9-7: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato in Misto

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>	
Fs	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 EI2CLVI0104021	B

## 9.2 Meccanismo in direzione trasversale

### 9.2.1 *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 del pulvino tipologico C.A.P. – Misto 4 travi, riportata al par. 8.2.

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

## 9.3 Ritegni sismici

### 9.3.1 Ritegno sismico longitudinale

Il ritegno sismico longitudinale lato impalcato in C.A.P. ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.63m, 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.

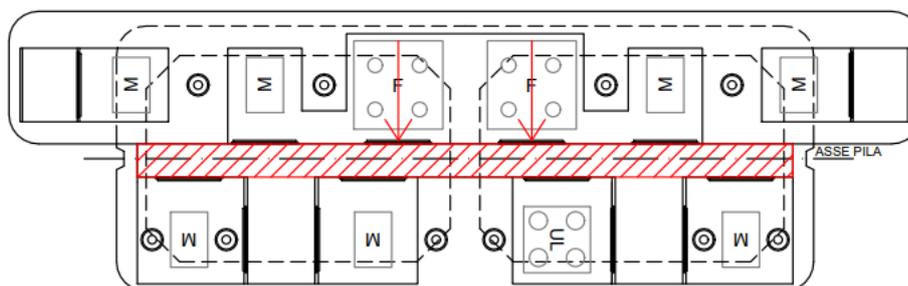


Figura 9-8: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

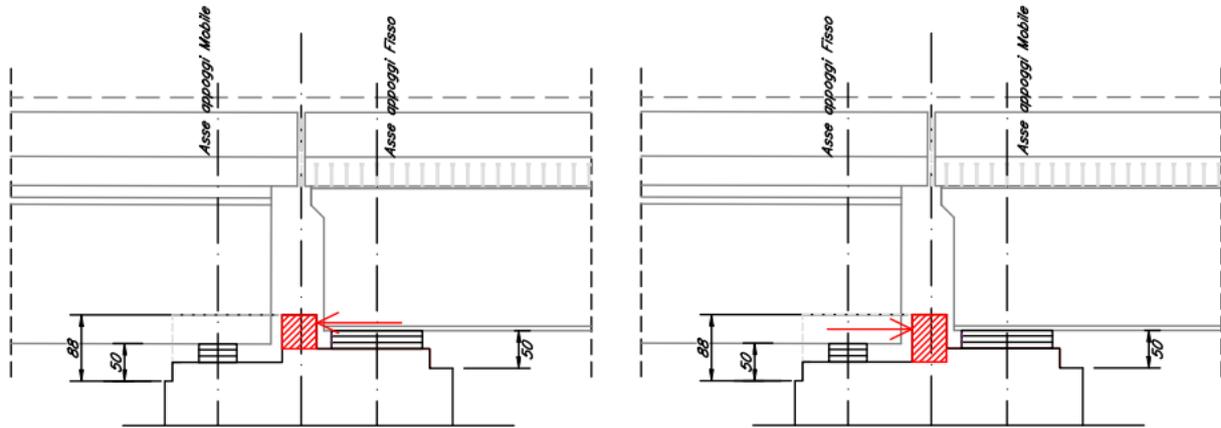


Figura 9-9: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto) a) Allineamento fisso lato impalcato in Misto; b) Allineamento fisso lato impalcato in C.A.P.

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	EI2CLVI0104021	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>	14771.29	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	3712800	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.018	
Resistenza di progetto	$\tau_{rd}$	4.42	MPa
Tensione agente	$\tau_{ed}$	1.89	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	EI2CLVI0104021	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	9798.9	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	EI2CLVI0104021	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### 9.3.2 Ritegno sismico trasversale

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

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

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

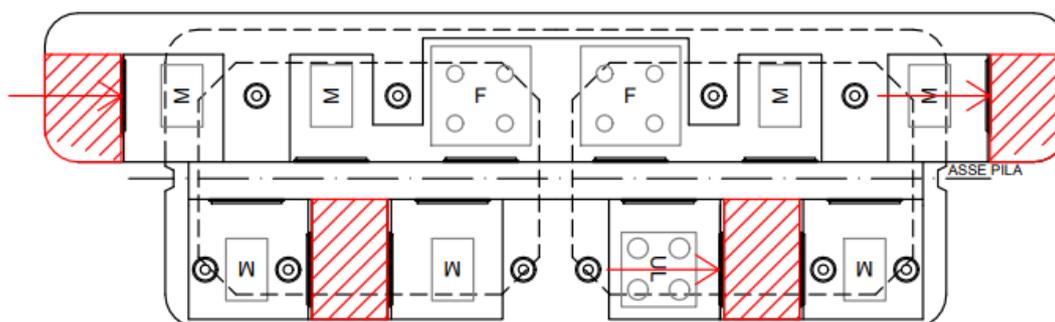


Figura 9-10: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

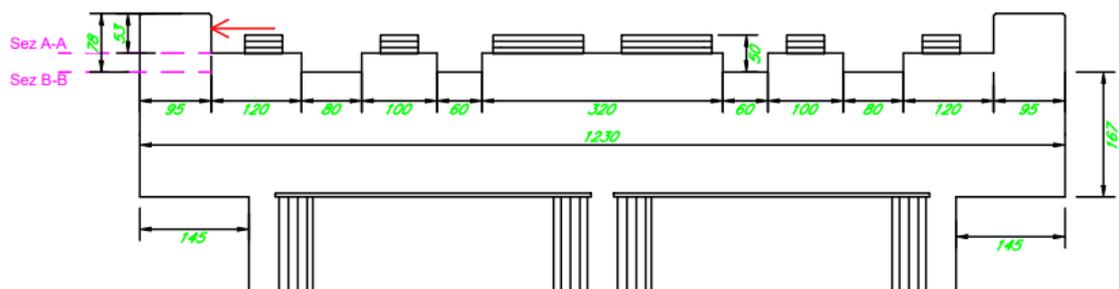


Figura 9-11: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Sezione trasversale)

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

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

### Sez A-A

#### DATI DI INPUT

##### 1) Resistenze materiali

Resistenza compressione cilindrica	f <sub>ck</sub>	32	MPa
Resistenza di calcolo cls	f <sub>cd</sub>	18.13	MPa
Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa

##### 2) Carichi agenti

Carico verticale	Ped	4956	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

##### 3) Geometria della mensola

Altezza mensola	h <sub>c</sub>	950	mm
Lunghezza della mensola	l <sub>c</sub>	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
ctg $\Psi$	$\lambda$	0.644	
Inclinazione puntone	$\Psi$	0.999	rad

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

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

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

## Verifiche a tranciamento

Nelle verifiche a tranciamento vengono considerati, oltre ai due strati di  $\phi 30/10$ , anche gli ulteriori 14  $\phi 26$  presenti sugli altri due lati di ogni singolo ritengo 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	Vrd	8705.76	kN
Verifica	Vrd>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Ft	1.76	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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	EI2CLVI0104021	B

## 9.4 Baggioli

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

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

### Verifiche a tranciamento

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	EI2CLVI0104021	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	40350.6	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	Ac	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	Fs	1.21	

**Verifica a compressione del cls**

L'azione sollecitante è data dal massimo sforzo assiale sull'apparecchio d'appoggio più caricato, pari a 4293 kN.

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

b1	0.5	mm	Larghezza appoggio multidirezionale trasv	b2 < 3 b1	ok
d1	0.75	mm	Larghezza appoggio multidirezionale long	d2 < 3 d1	ok
h	0.25	mm	Altezza baggiolo		
b2	0.75	mm	Larghezza area diffusione direzione trasv		
d2	1	mm	Larghezza area diffusione direzione long		
Ac,0	0.375	mm <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)	6443.2	kN	Forza di compressione ultima ridotta		
Ned	4293	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
Ft	1.50		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

### 10.1 Meccanismo in direzione longitudinale

#### 10.1.1 *Caratteristiche geometriche*

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

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

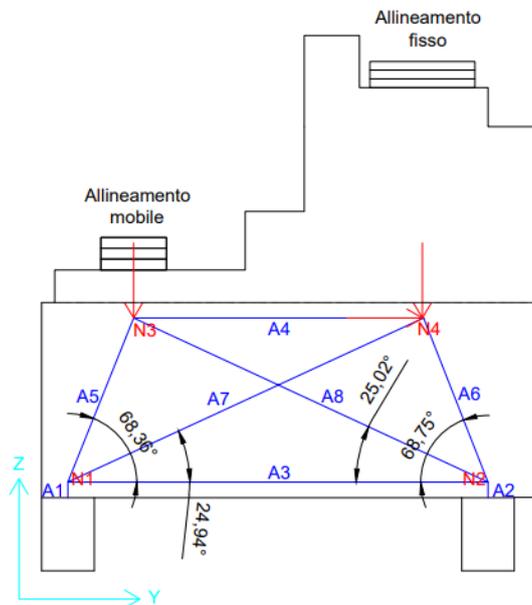


Figura 10-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

Altezza pulvino	H	1.50 m
Copriferro netto	c netto	0.05 m
Distanza baricentro tirante – estradosso pulvino	s	0.12 m
Larghezza pareti fusto pile	S	0.40 m
Distanza nodi 3-4 (distanza asse appoggi impalcato)	D	2.21 m
Distanza longitudinale nodi 3-2	La	2.7 m
Distanza longitudinale nodi 1-3	Lb	0.5 m

#### 10.1.2 *Modellazione agli elementi finiti*

La modellazione del traliccio di tiranti e 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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

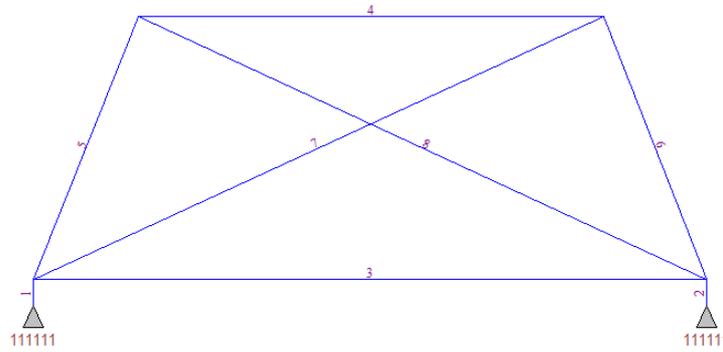


Figura 10-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

### 10.1.3 Sollecitazioni

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

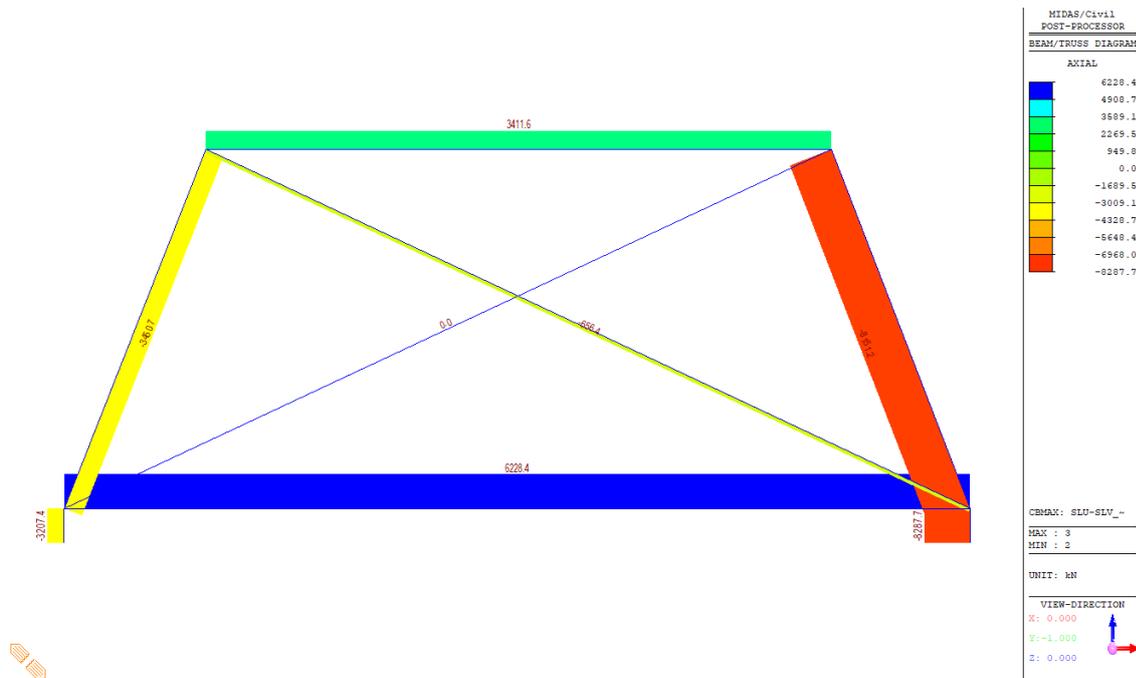


Figura 10-3: Sforzo assiale – Inviluppo SLU-SLV (Max)

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

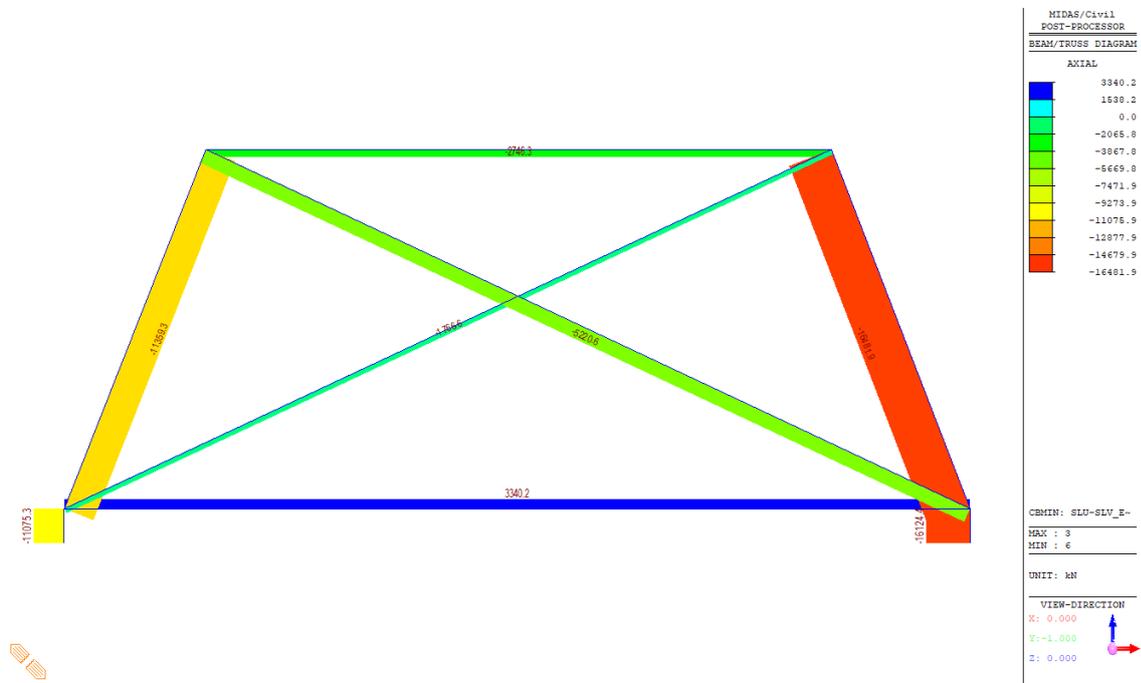


Figura 10-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

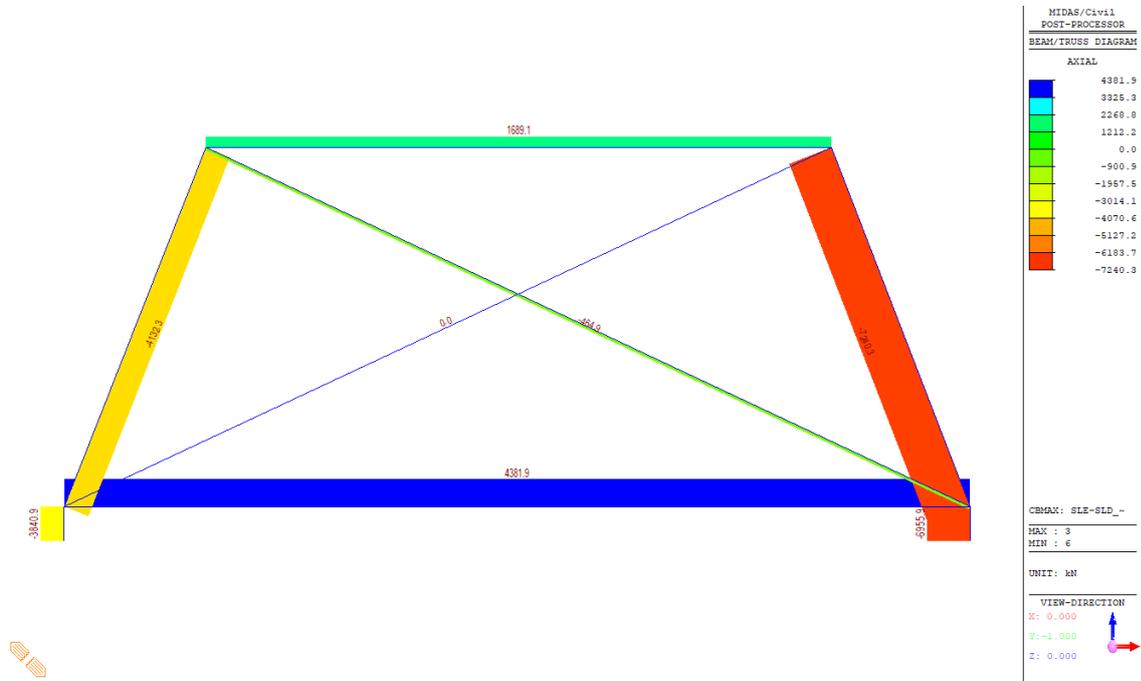


Figura 10-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

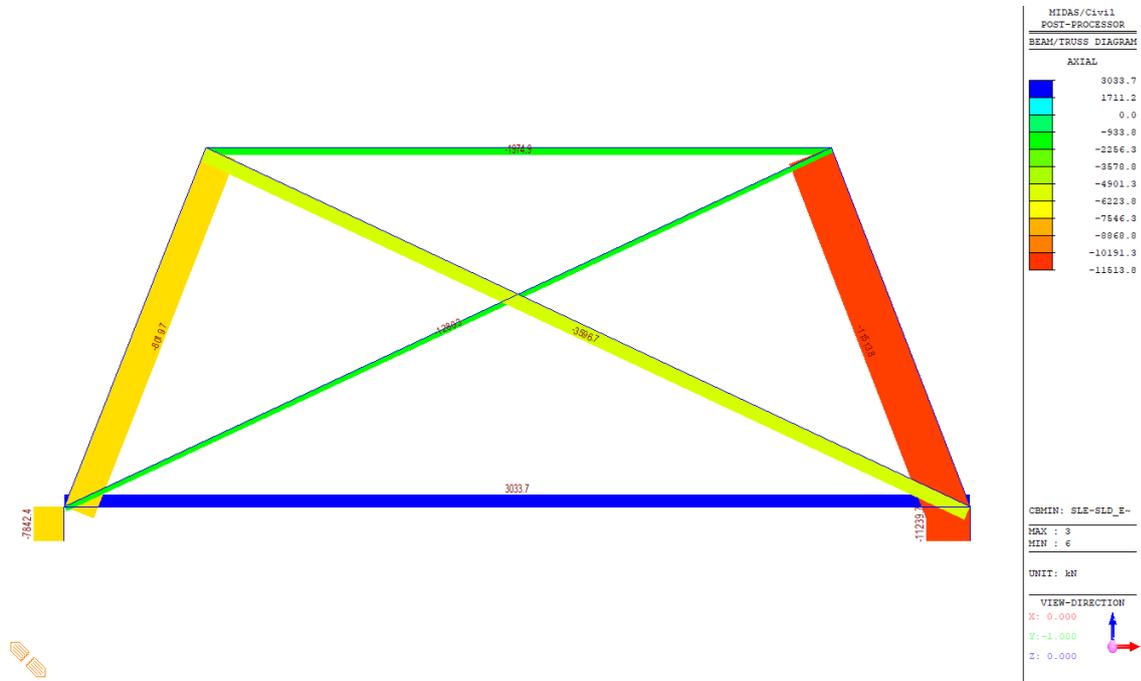


Figura 10-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Asta A3</b>	6228	4382	3806	2931
<b>Asta A4</b>	3412	1689	-	-

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

	SLU/SLV	SLE Rara/SLD	SLE Fess	SLE Qp
<b>Asta A4</b>	-2746	-1975	-1639	-1574
<b>Asta A5</b>	-11359	-8020	-6818	-5411
<b>Asta A6</b>	-16482	-11514	-9876	-6998

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021 B

#### 10.1.4 **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 As	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 As	13823.01	mm <sup>2</sup>

#### 10.1.5 **Verifica dei tiranti**

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

##### 10.1.5.1 Verifica SLU

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

f <sub>yd</sub>	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A <sub>s</sub>	27646.02	mm <sup>2</sup>	<i>Area totale ferri</i>
Tr <sub>d</sub>	10818.01	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T <sub>ed</sub>	6228.38	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.74		<i>Fattore di sicurezza</i>

Armatura longitudinale superiore: asta A4

f <sub>yd</sub>	391.30	MPa	<i>Tensione di snervamento di progetto</i>
A <sub>s</sub>	13823.01	mm <sup>2</sup>	<i>Area totale ferri</i>
Tr <sub>d</sub>	5409.00	kN	<i>Forza di trazione resistente</i>
T <sub>ed</sub>	3411.61	kN	<i>Forza di trazione di progetto</i>
Verifica	ok		
FS	1.59		<i>Fattore di sicurezza</i>

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

#### 10.1.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

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

Verifica	ok	
Fs	2.13	<i>Fattore di sicurezza</i>

#### 10.1.5.3 Verifica SLE: fessurazione

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

Ted	3805.55	kN	<i>Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4)</i>
-----	---------	----	---

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

As	27646.0	mm <sup>2</sup>	<i>Area di acciaio teso</i>
σs	137.7	MPa	<i>Tensione nell'armatura tesa</i>

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

esm	0.00039		<i>Deformazione unitaria media delle barre d'armatura</i>
-----	---------	--	---

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0104021
				B

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

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

#### 10.1.6 Verifiche dei puntoni

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

##### 10.1.6.1 Verifica SLU

Viene riportata esclusivamente la verifica SLU del puntone compresso maggiormente sollecitato (asta A6). Il calcolo dettagliato della larghezza longitudinale del puntone oggetto della verifica è riportato nel par. 10.1.7. La tensione di progetto dei puntoni di cls con la presenza di tensioni trasversali di trazione, in accordo a quanto riportato nell'EC2, è pari a:  $\sigma_{Rd,max} = 0.6 v' f_{cd}$ .

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

##### 10.1.6.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

Il calcolo dettagliato della larghezza longitudinale del puntone oggetto della verifica è riportato nel par. 10.1.7.

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

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

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

### 10.1.7 Verifiche dei nodi

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

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

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

#### Geometria nodo

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

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

	Inclinazione asta	Larghezza Long	Larghezza Trasv	Area nodo
Asta	$\theta$ (rad)	a (mm)	b (mm)	A (mm <sup>2</sup> )
A6	1.20	432.24	9400	4063084.1
A8	0.44	317.78	9400	2987170.7
A2	1.57	400.00	9400	3760000

#### Verifica

Nodo 2						
Elemento	N (kN)	A (mm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	$\sigma_{Rd}$ (MPa)	Verifica	$\gamma_s$
A6	-16481.9	4063084.068	4.06	13.44	ok	3.31
A2	-16124.4	3760000	4.29	13.44	ok	3.13

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### 10.1.8 Verifica della mensola verticale

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

I tagli longitudinali massimi per le varie combinazioni di verifica si possono ricavare dal par. 5 e sono riportati nella tabella che segue.

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

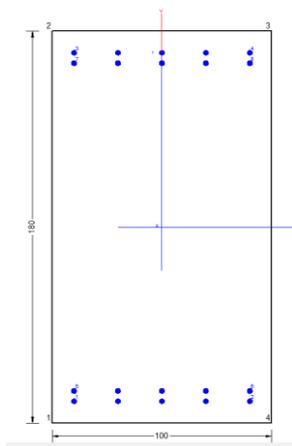
$$M_{Ed} = T_{Ed} \cdot (h_{mens} + h_{bagg})$$

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

f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
-----------------	--------	-----

	SLU/SLV	SLE/SLD	FESS	QP		
T <sub>ed</sub>	6846	4705	1306	48	kN	Forza di taglio longitudinale complessiva (massima)
M <sub>ed</sub>	11295.89	7762.92	2155.28	79.61	kNm	Momento alla base della mensola
Med	1614	1109	308	11	kNm/m	Momento alla base della mensola al metro lineare

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



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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

Descrizione Sezione:  
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
Tipologia sezione: Sezione generica di Trave  
Normativa di riferimento: N.T.C.  
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
Condizioni Ambientali: Moderat. aggressive  
Tipo di sollecitazione: Retta (asse neutro sempre parallelo all'asse X)  
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
Riferimento alla sismicit : Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

**CALCESTRUZZO -**

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

**ACCIAIO -**

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm <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:	337.50 MPa

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

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

**DATI BARRE ISOLATE**

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

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

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.		
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate		
N°Comb.	N	Mx	Vy
1	0.00	1614.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1109.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	308.00 (1911.61)	0.00 (0.00)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse X di riferimento (tra parentesi Mom.Fessurazione)		

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2		ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

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

## RISULTATI DEL CALCOLO

### Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.4 cm

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

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N Res	Mx Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1614.00	0.00	2893.58	1.79	67.9(31.5)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.072	-50.0	90.0	0.00065	-40.0	80.0	-0.04496	-40.0	-80.0

### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000285042	-0.022153823	0.072	0.700

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

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA			
					
		Progetto	Lotto	Codifica	
		IN17	12	EI2CLVI0104021	B

Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [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	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.06	-50.0	90.0	-160.9	20.0	-80.0	3038	45.2

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00087	0	0.500	24.0	88	0.00048 (0.00048)	573	0.277 (990.00)	1911.61	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.85	-50.0	90.0	-44.7	20.0	-80.0	3038	45.2

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00024	0	0.500	24.0	88	0.00013 (0.00013)	573	0.077 (0.20)	1911.61	0.00

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

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

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

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	24.0	88	0.00000 (0.00000)	573	0.003 (990.00)	1911.61	0.00

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### 10.1.9 Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale

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

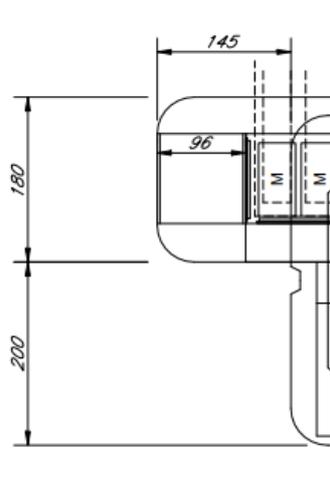


Figura 10-7: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato a Travi Incorporate

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

## 10.2 Meccanismo in direzione trasversale

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

Si prevede quindi la medesima armatura trasversale del pulvino tipologico C.A.P. - C.A.P., riportata al par. 7.2.4.

## 10.3 Ritegni sismici

### 10.3.1 *Ritegno sismico longitudinale*

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

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

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

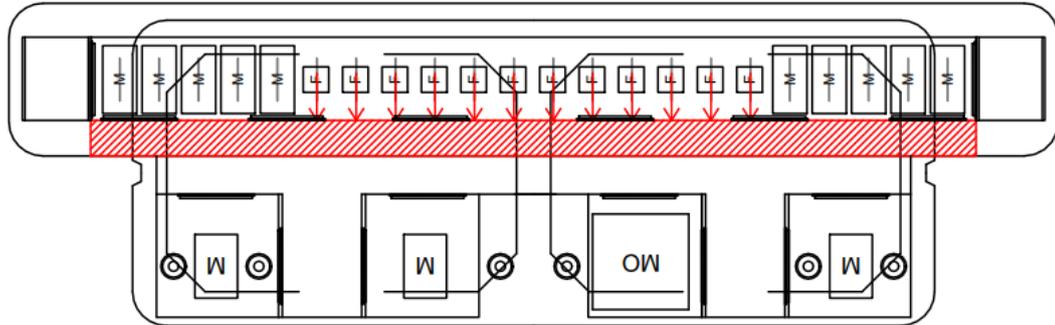


Figura 10-8: Schema di applicazione delle forze sul ritagno sismico longitudinale (Pianta)

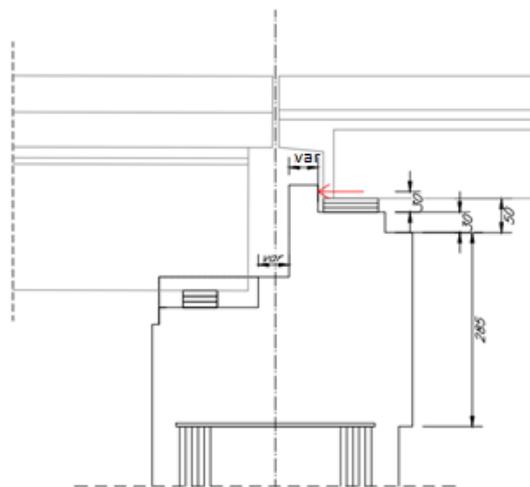


Figura 10-9: Schema di applicazione delle forze sul ritagno sismico longitudinale (Prospetto)

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

Verifiche ritegno longitudinale – Lato impalcato Travi Incorporate

**DATI DI INPUT**

**1) Resistenze materiali**

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

**2) Carichi agenti**

Carico verticale	Ped	8762	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

**3) Geometria della mensola**

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

**RESISTENZE E VERIFICHE**

**1) Tirante**

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	24	mm
Numero di barre per strato	n strato	103	
Numero strati	strati	1	
Numero totale di barre	n tot	103	
Area barre	As	46596.1	mm <sup>2</sup>

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.6	cm

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

## Verifiche a tranciamento

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	A <sub>s,tot</sub>	93192.2	mm <sup>2</sup>

Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	21053.95	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >P <sub>ed</sub>	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	2.40	

### 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>	93192	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	3525800	mm <sup>2</sup>
As/Ac	ρ	0.026	
Resistenza di progetto	τ <sub>rd</sub>	4.74	MPa
Tensione agente	τ <sub>ed</sub>	2.48	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	1.91	

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### 10.3.2 Ritegno sismico trasversale

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

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

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

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

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

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

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

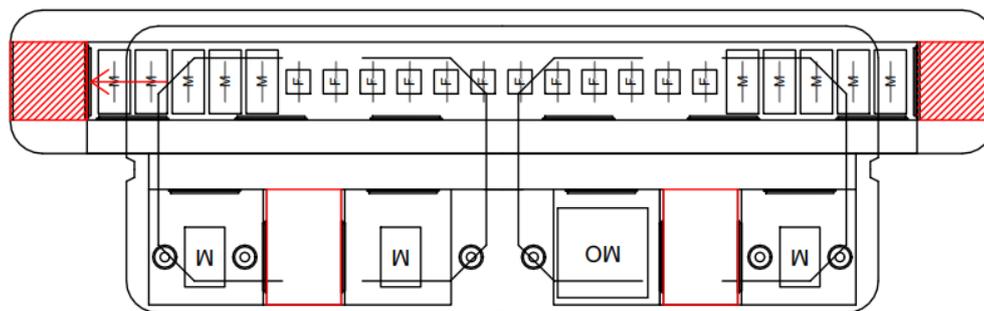


Figura 10-10: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

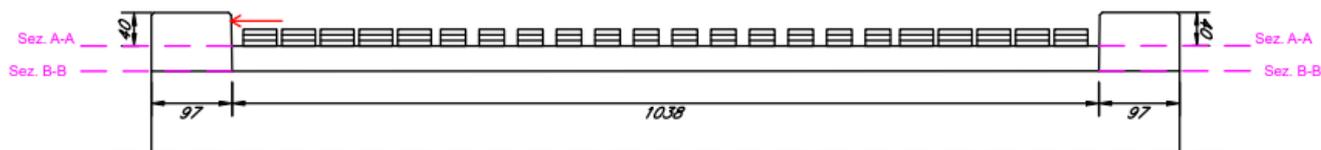


Figura 10-11: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

L'armatura resistente a trazione dei ritegni sismici trasversali lato impalcato a Travi Incorporate è costituita da due strati di  $\Phi 30$  passo 10 cm. Nelle tabelle che seguono sono esplicitate le verifiche del

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

ritegno trasversale lato impalcato a Travi incorporate sia in corrispondenza della sezione ad estradosso baggiolo (Sez. A-A), sia in corrispondenza della sezione ad estradosso spalla (Sez. B-B).

### Sez. A-A

#### DATI DI INPUT

##### 1) Resistenze materiali

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

##### 2) Carichi agenti

Carico verticale	Ped	4267	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

##### 3) Geometria della mensola

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

#### RESISTENZE E VERIFICHE

##### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm <sup>2</sup>

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.0	cm

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

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

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

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

### Sez. B-B

#### DATI DI INPUT

##### 1) Resistenze materiali

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

##### 2) Carichi agenti

Carico verticale	Ped	4267	kN
Carico orizzontale	Hed	0	kN

##### 3) Geometria della mensola

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

#### RESISTENZE E VERIFICHE

##### 1) Tirante

Diametro dell'armatura principale	$\varphi$	30	mm
Numero di barre per strato	n strato	9	
Numero strati	strati	2	
Numero totale di barre	n tot	18	
Area barre	As	12723.45	mm <sup>2</sup>

Passo	s	10	cm
Interferro orizzontale	ih	7.0	cm

Resistenza tirante	PRs	5036.63	kN
--------------------	-----	---------	----

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

Verifica	PRs>Ped	ok
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.18

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

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

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

In presenza di staffe $c=1.5$ , altrimenti $c=1$	c	1.5	
Resistenza puntone	PRc	5161.94	kN
Verifica	PRc>Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fc	2.42	
Gerarchia delle resistenze	PRc>PRs	ok	

## Verifiche a tranciamento

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

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	A <sub>s,tot</sub>	29845.13	mm <sup>2</sup>

Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	6742.6	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >Ped	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.58	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	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>	29845.13	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	A <sub>c</sub>	945700	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.032	
Resistenza di progetto	$\tau_{rd}$	7.69	MPa
Tensione agente	$\tau_{ed}$	4.51	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	1.70	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	B

## 10.4 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

Nel baggiolo sottostante l'impalcato a Travi Incorporate è necessario disporre dei ferri verticali  $\phi 20$  passo 10 cm, per soddisfare le verifiche a tranciamento descritte al par. 6.

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

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

	Fisso	Uni Long
$V_{long}$	8762	0
$V_{trasv}$	4267	4267
$V_{ris}$	8855	4267

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

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

### Verifica a tranciamento (Acciaio)

Resistenza di calcolo acciaio	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
Area totale ferri	As,tot	41814.6	mm <sup>2</sup>
Resistenza a tranciamento	V <sub>rd</sub>	9446.74	kN
Taglio agente	V <sub>ed</sub>	8855.42	kN
Verifica	V <sub>rd</sub> >V <sub>ed</sub>	ok	
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub>	1.07	

GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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	41814.6	mm <sup>2</sup>
Area totale cls	Ac	10162600	mm <sup>2</sup>
As/Ac	$\rho$	0.004	
Resistenza di progetto	trd	1.25	MPa
Tensione agente	ted	0.87	MPa
Verifica	Verifica	ok	
Coefficiente di sicurezza	Fs	1.43	

**Verifica a compressione del cls**

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

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

b1	0.4	mm	Larghezza appoggio multidirezionale trasv	b2 < 3 b1	ok
d1	0.8	mm	Larghezza appoggio multidirezionale long	d2 < 3 d1	ok
h	0.30	mm	Altezza baggiolo		
b2	0.462	mm	Larghezza area diffusione direzione trasv		
d2	0.98	mm	Larghezza area diffusione direzione long		
Ac,0	0.32	mm <sup>2</sup>	Area caricata		
Ac,1	0.45	mm <sup>2</sup>	Area di massima diffusione del carico		
fcd	18.13	MPa	Resistenza cilindrica di progetto		
Fr,du	6902.2	kN	Forza di compressione ultima		
Fr,du*(2/3)	3451.1	kN	Forza di compressione ultima dimezzata		
Ned	726	kN	Sforzo di compressione massimo		
Verifica	ok				
Ft	4.75		Coefficiente di sicurezza		

GENERAL CONTRACTOR  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

## 11 VERIFICA DELLE PREDALLES

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

Le caratteristiche delle predalles sono riportate nelle immagini sottostanti.

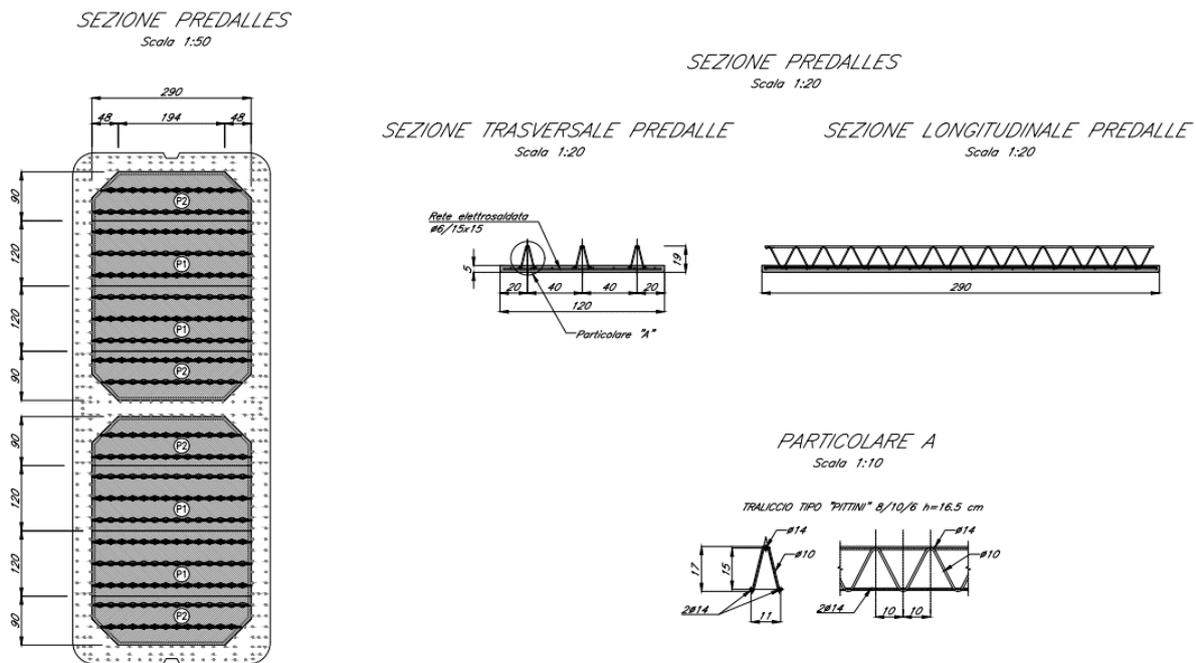


Figura 12: Predalles per getto del pulvino

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

GENERAL CONTRACTOR		ALTA SORVEGLIANZA		
				
		Progetto	Lotto	Codifica
		IN17	12	EI2CLVI0104021
				B

## CARATTERISTICHE DELLE PREDALLE PREFABBRICATE

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo C35/45

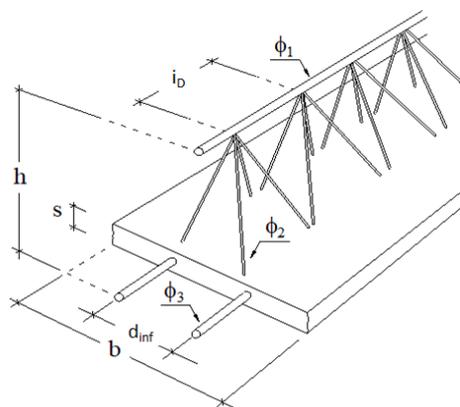
Peso proprio	$\gamma_c$	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
Res. cubica car.	$R_{ck}$	45.0	[MPa]
Res. cilindrica car.	$f_{ck}$	35.0	[MPa]
Coeff. sicurezza	$\gamma_M$	1.50	[-]

#### 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 intemo 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 EI2CLVI0104021
			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>[kN]</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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

### Verifica di fase II – Getto di completamento dei pulvini

#### Geometria sezione

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

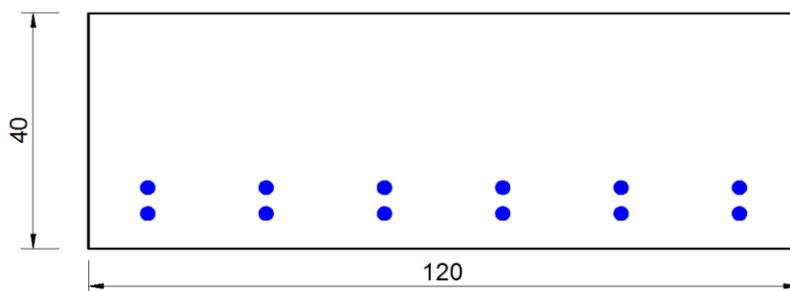
#### Azioni - Getto di completamento del cls

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

#### Armatura

$\varphi$	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	EI2CLVI0104021
			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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE		
	Progetto	Lotto	Codifica	
	IN17	12	EI2CLVI0104021	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	EI2CLVI0104021	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 EI2CLVI0104021	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  <b>IRICAV2</b>	ALTA SORVEGLIANZA  <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE			
	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica EI2CLVI0104021	B

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

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

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

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