

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 MONTEBELLO VICENTINO DAL Km 33+463,75 AL Km 33+722,75

PILE

Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni

| | | | | | | | | | |
|---|--|----------------------------------|--|------------------|--|--|--|-------|--|
| GENERAL CONTRACTOR | | | | DIRETTORE LAVORI | | | | SCALA | |
| IL PROGETTISTA INTEGRATORE | | Conorzio | | | | | | - | |
| Ing. Giovanni MALAVENDA ALBO INGEGNERI PROV. DI MESSINA n. 4503 | | Iricav Due ing: Paolo Carmona | | | | | | | |
| Data: | | 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 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 8 | B | - | - | - | P | - | - | - |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | |
|--|----------------------------|------|
| | VISTO CONSORZIO IRICAV DUE | |
| | Firma | Data |
| | Ing. Alberto LEVORATO | |

Progettazione:

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | IL PROGETTISTA |
|------|--|---------|----------|-------------|----------|-------------|----------|----------------|
| A | EMISSIONE | E.d.in | Apr 2021 | M. Proietti | Apr 2021 | G. Grimaldi | Apr 2021 | |
| B | EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI2100001A | E.d.in | Lug.2022 | M. Proietti | Lug.2022 | G. Grimaldi | Lug.2022 | |

| | | |
|-----------------|----------------------|-----------------------------|
| CIG. 8377957CD1 | CUP: J41E91000000009 | File: IN1712EI2CLVI2104008B |
| | | Cod. origine: |



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

| | | | | |
|--|---|------------------------|---------------------------------------|----------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>IRICAV2</p> | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | | | |
| | <p>Progetto</p> <p>IN17</p> | <p>Lotto</p> <p>12</p> | <p>Codifica</p> <p>EI2CLVI2104008</p> | <p>B</p> |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 Travi Incorporate - C.A.P. | 14 |
| 4.4 | Sistemi di riferimento ed unità di misura..... | 15 |
| 5 | AZIONI DI PROGETTO | 16 |
| 5.1 | Pulvini | 16 |
| 5.2 | Ritegni sismici e baggioli | 23 |
| 6 | MODELLI DI ANALISI E VERIFICA | 25 |
| 7 | PULVINO TIPOLOGICO C.A.P. – C.A.P. | 28 |
| 7.1 | Meccanismo in direzione longitudinale..... | 28 |
| 7.1.1 | Caratteristiche geometriche | 28 |
| 7.1.2 | Modellazione agli elementi finiti | 28 |
| 7.1.3 | Sollecitazioni | 29 |
| 7.1.4 | Armatura longitudinale | 32 |
| 7.1.5 | Verifica dei tiranti | 33 |
| 7.1.6 | Verifiche dei puntoni | 35 |
| 7.1.7 | Verifiche dei nodi | 36 |
| 7.2 | Meccanismo in direzione trasversale..... | 37 |
| 7.2.1 | Caratteristiche geometriche | 37 |
| 7.2.2 | Modellazione agli elementi finiti | 37 |
| 7.2.3 | Sollecitazioni | 38 |
| 7.2.4 | Armatura trasversale..... | 41 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.2.5 | Verifica dei tiranti | 42 |
| 7.2.6 | Verifiche dei puntoni | 44 |
| 7.2.7 | Verifiche dei nodi | 45 |
| 7.3 | Ritegni sismici | 47 |
| 7.3.1 | Ritegno sismico longitudinale | 47 |
| 7.3.2 | Ritegno sismico trasversale | 50 |
| 7.4 | Baggioli | 53 |
| 8 | PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – MISTO 4 TRAVI | 56 |
| 8.1 | Meccanismo in direzione longitudinale | 56 |
| 8.1.1 | Caratteristiche geometriche | 56 |
| 8.1.2 | Modellazione agli elementi finiti | 56 |
| 8.1.3 | Sollecitazioni | 57 |
| 8.1.4 | Armatura longitudinale | 60 |
| 8.1.5 | Verifica dei tiranti | 60 |
| 8.1.6 | Verifiche dei puntoni | 62 |
| 8.1.7 | Verifiche dei nodi | 63 |
| 8.2 | Meccanismo in direzione trasversale | 64 |
| 8.2.1 | Caratteristiche geometriche | 64 |
| 8.2.2 | Modellazione agli elementi finiti | 64 |
| 8.2.3 | Sollecitazioni | 65 |
| 8.2.4 | Armatura trasversale | 68 |
| 8.2.5 | Verifica dei tiranti | 68 |
| 8.2.6 | Verifiche dei puntoni | 70 |
| 8.2.7 | Verifiche dei nodi | 71 |
| 8.2.8 | Verifica della mensola al di sotto del ritegno trasversale | 73 |
| 8.3 | Ritegni sismici | 74 |
| 8.3.1 | Ritegno sismico longitudinale | 74 |
| 8.3.2 | Ritegno sismico trasversale | 79 |
| 8.4 | Baggioli | 83 |
| 9 | PULVINO DI TRANSIZIONE: C.A.P. – TRAVI INCORPORATE | 86 |
| 9.1 | Meccanismo in direzione longitudinale | 86 |
| 9.1.1 | Caratteristiche geometriche | 86 |
| 9.1.2 | Modellazione agli elementi finiti | 86 |
| 9.1.3 | Sollecitazioni | 87 |
| 9.1.4 | Armatura longitudinale | 90 |
| 9.1.5 | Verifica dei tiranti | 90 |
| 9.1.6 | Verifiche dei puntoni | 92 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

| | | |
|-------|---|-----|
| 9.1.7 | Verifiche dei nodi | 93 |
| 9.1.8 | Verifica della mensola verticale | 94 |
| 9.1.9 | 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 | 100 |
| 9.3.1 | Ritegno sismico longitudinale | 100 |
| 9.3.2 | Ritegno sismico trasversale | 104 |
| 9.4 | Baggioli | 108 |
| 10 | VERIFICA DELLE PREDALLES | 110 |
| 11 | VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (rif. Par. 10.2 DM 14/01/2008)..... | 118 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento dei pulvini, dei ritegni sismici e dei baggioli del *Viadotto Rio Acquetta - VI21*, che si inserisce nell'ambito della progettazione esecutiva del collegamento della linea AV/AC Verona-Padova.

Il viadotto, a doppio binario con intervalla 4.2 m, si estende dal km 33+463,75 al km 33+722.75 della tratta Verona-Padova per uno sviluppo complessivo di 259 m ed è costituito da 10 campate isostatiche, di cui:

- La prima campata è realizzata con tipologia mista acciaio-calcestruzzo, a quattro travi, e ha luce L=40.0 m;
- La terza e la quinta campata sono realizzate con la tipologia a travi incorporate, con luce L=22.0 m;
- Le restanti campate sono costituite da quattro cassoncini in c.a.p. e luce L=25.0 m.

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

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

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

- *Pulvino tipologico C.A.P – C.A.P:* pila P10, di altezza pari a 10.50 m;
- *Pulvino di transizione C.A.P – Misto 4 travi:* Pila P1, di altezza pari a 8.5 m;
- *Pulvino di transizione C.A.P – Travi incorporate:* Pila P3, di altezza media pari a 9.2 m.

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

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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:

- IN1712EI2CLVI2104001: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P1 e P2;
- IN1712EI2CLVI2104003: Relazione di calcolo pile e plinto – Pile da P3 a P6;
- IN1712EI2CLVI2104005: Relazione di calcolo pile e plinto – Pila P10.

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 B |

3 MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per pulvini, ritegni e baggioli

Classe C32/40

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

3.2 Acciaio per barre di armatura

B450C

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

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 EI2CLVI2104008 | 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 EI2CLVI2104008 | B |

3.3.2.2 Verifica fessurazione

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

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

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

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

Tabella 2 - Descrizione delle condizioni ambientali

Risultando:

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

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

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

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

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

4 DESCRIZIONE DEGLI ELEMENTI

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

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

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

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

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

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

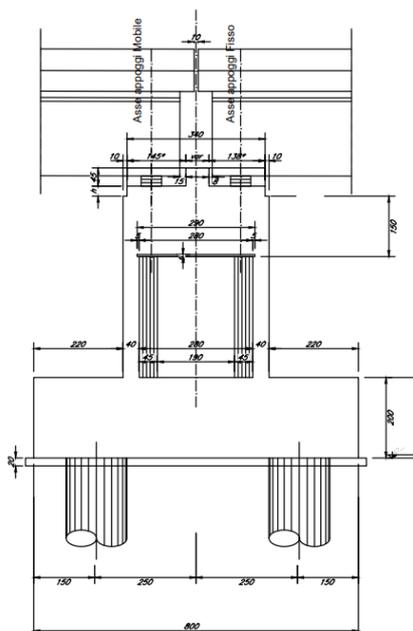


Figura 4-1: Sezione longitudinale pila

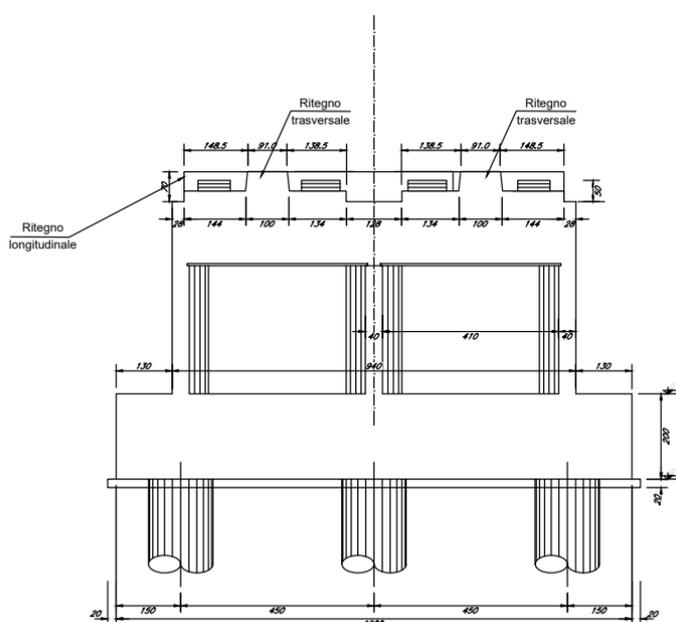


Figura 4-2: Sezione trasversale pila

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

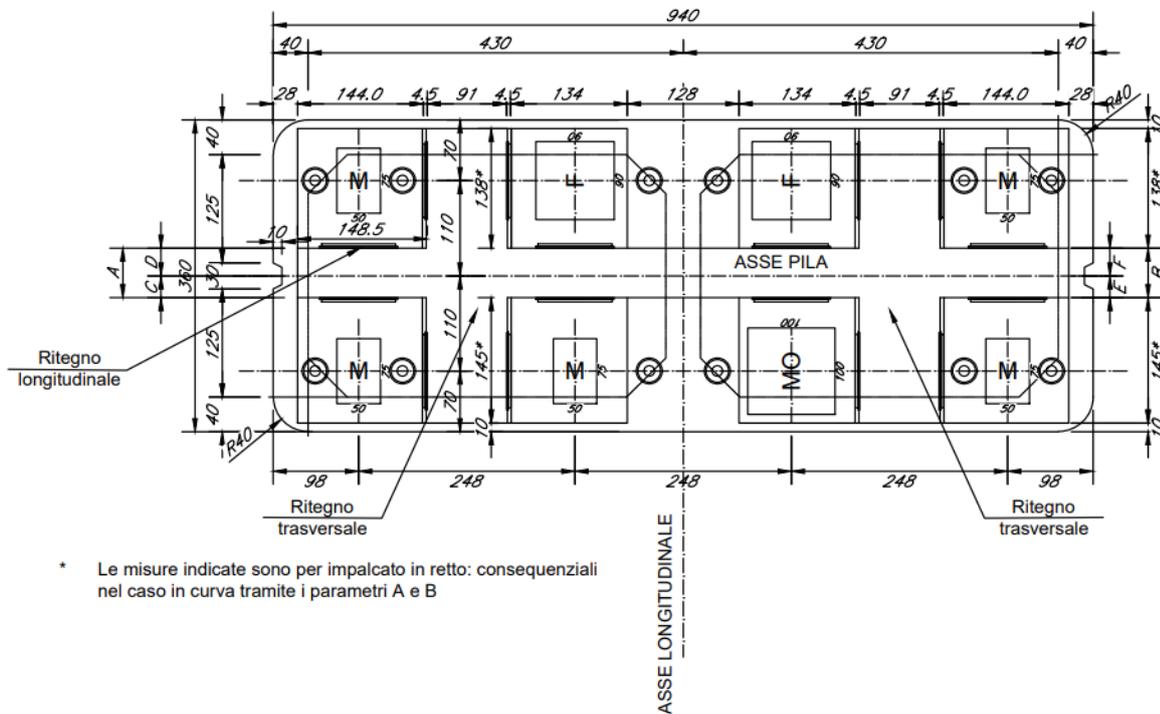


Figura 4-3: Pianta pulvino e schema appoggi

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.

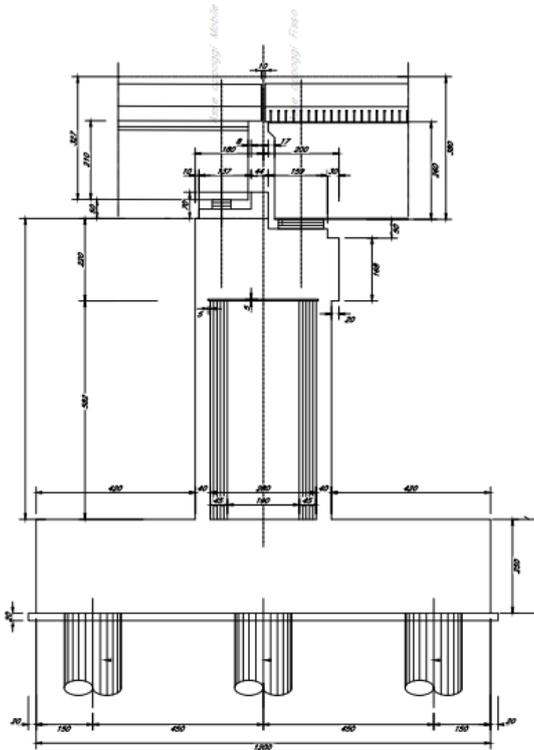


Figura 4-4: Sezione longitudinale pila

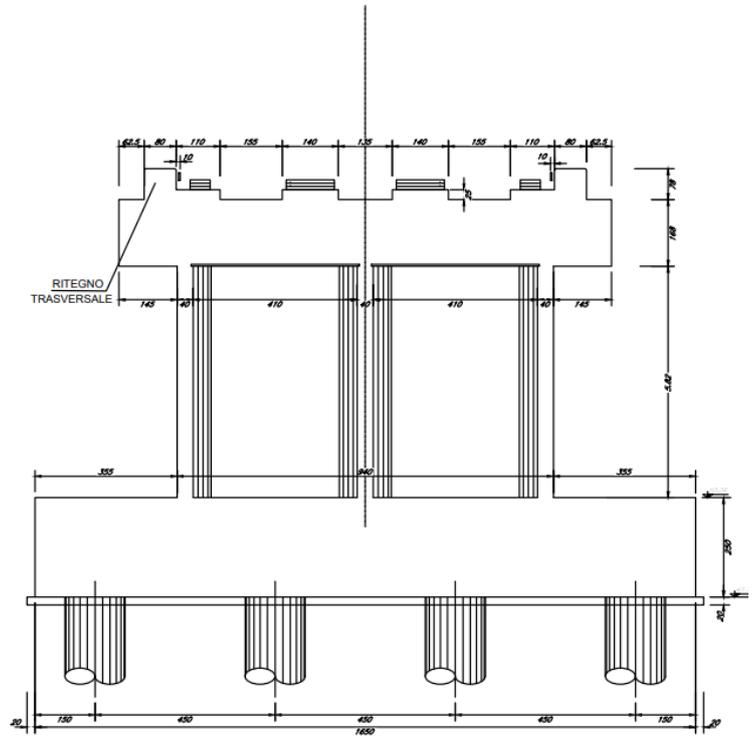


Figura 4-5: Sezione trasversale pila

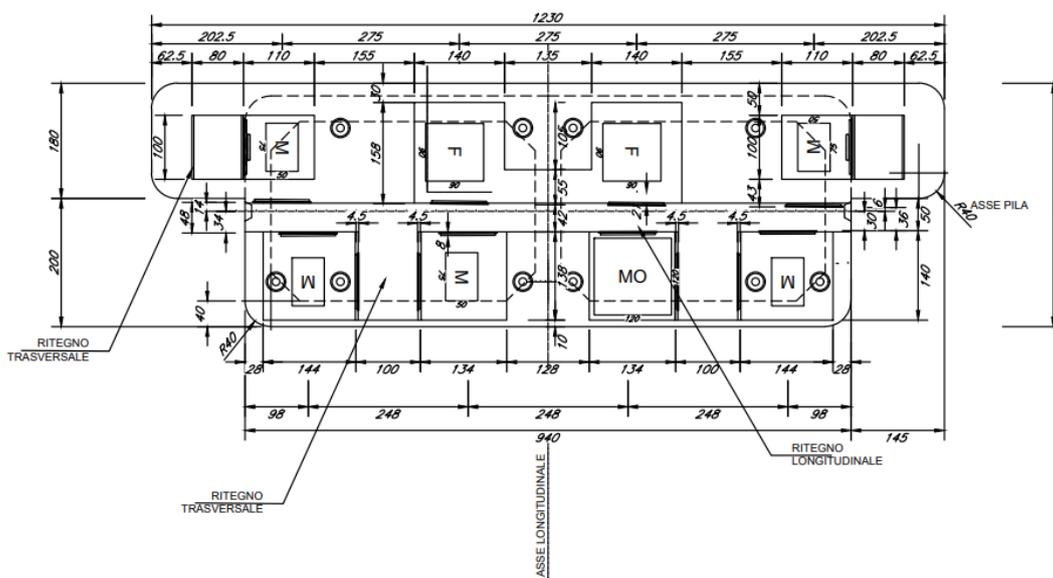


Figura 4-6: Pianta pulvino e schema appoggi (Allineamento fisso lato impalcato in Misto)

4.3 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 2.9 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.

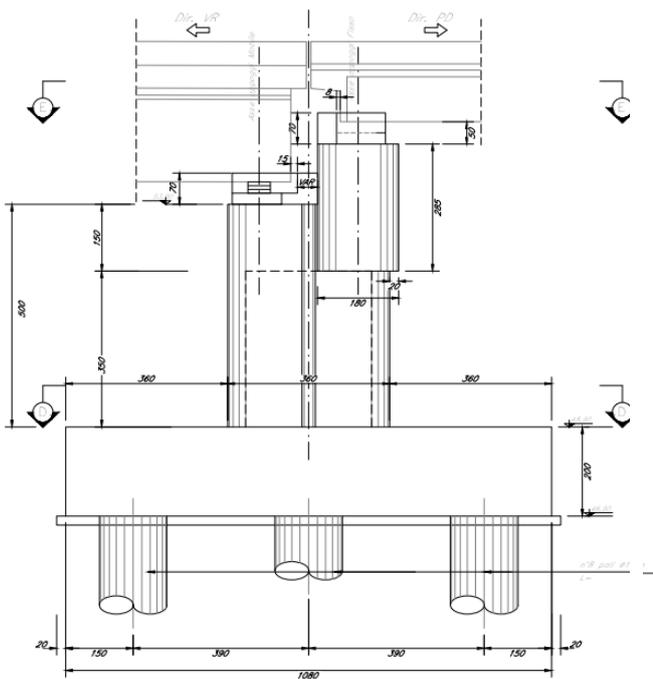


Figura 4-7: Sezione longitudinale pila

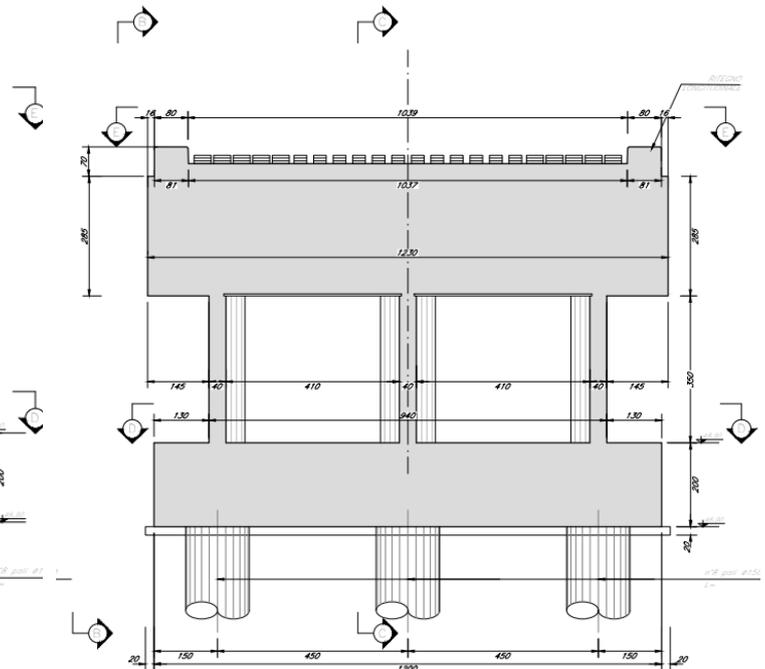


Figura 4-8: Sezione trasversale pila (lato Travi Incorporate)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

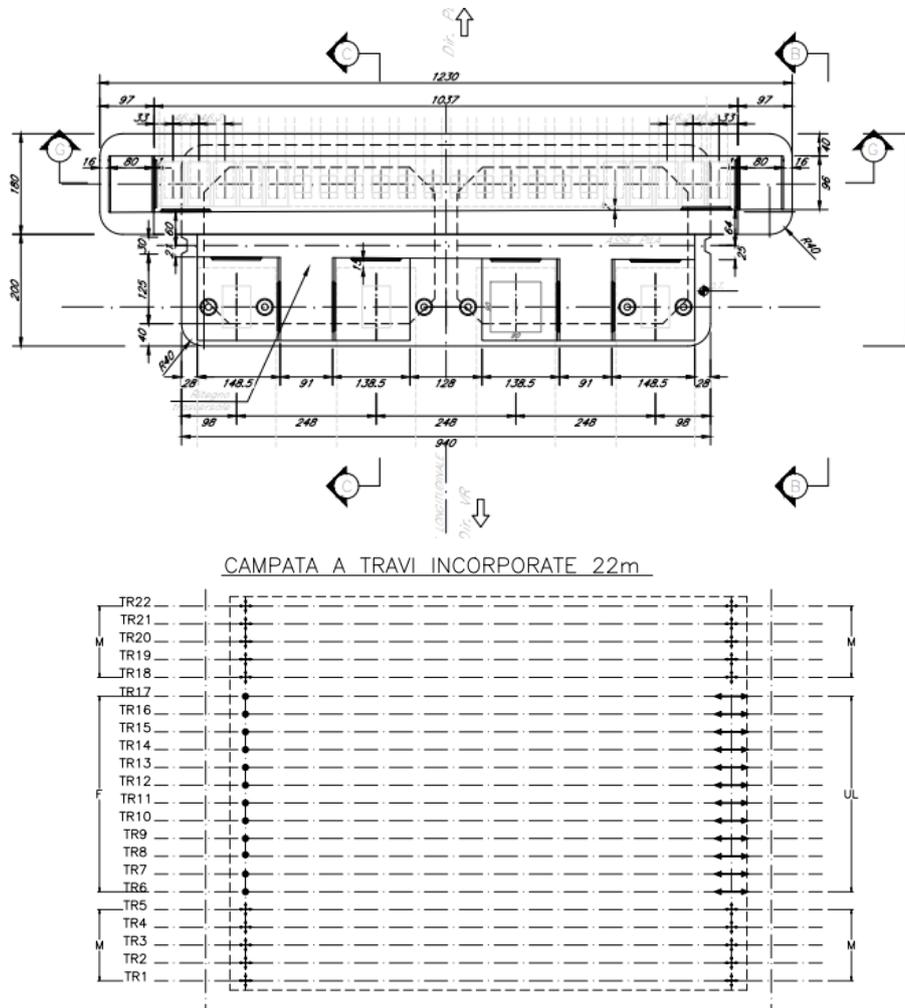


Figura 4-9: Pianta pulvino e schema appoggi

4.4 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 IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 IN1712EI2CLVI2104005;
- *Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi.:* relazione di calcolo IN1712EI2CLVI2104001;
- *Pulvino tipologico C.A.P. – Travi Incorporate:* relazione di calcolo IN1712EI2CLVI2104003.

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

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

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

Si fa riferimento alla seguente convenzione:

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

| | | Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P. | | | | | | Comb |
|-----|---------|------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----|-----------------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | Tor | |
| SLU | Treno 1 | 24885 | 1722 | 1043 | 1311 | 7154 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T1 |
| | | 16857 | 140 | 1043 | 70 | 5272 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T1 |
| | | 24885 | 3014 | 522 | 1957 | 4518 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1 |
| | | 25622 | 1944 | 1536 | 2542 | 11722 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T1 |
| | | 17594 | 362 | 1536 | 1302 | 9839 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T1 |
| | | 25622 | 3236 | 1014 | 3189 | 9085 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T1 |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T1 |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T1 |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T1 |
| | | 21409 | 958 | 626 | 749 | 4293 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T1 |
| | | 16593 | 79 | 626 | 39 | 3163 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T1 |
| | | 21409 | 1733 | 313 | 1137 | 2711 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T1 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

| | | Pulvino tipologico C.A.P. – C.A.P. | | | | | | | |
|---------|-------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-----------------|------------------------|---------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | T _{or} | Comb | |
| | Treno 2 | 21314 | 1593 | 1043 | 4797 | 6853 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T2 | |
| | | 16857 | 140 | 1043 | 70 | 5272 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T2 | |
| | | 21314 | 2885 | 522 | 5443 | 4217 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2 | |
| | | 22051 | 1815 | 1536 | 6028 | 11420 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T2 | |
| | | 17594 | 362 | 1536 | 1302 | 9839 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T2 | |
| | | 22051 | 3108 | 1014 | 6675 | 8784 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T2 | |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T2 | |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T2 | |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T2 | |
| | | 19267 | 912 | 626 | 2856 | 4112 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T2 | |
| | | 16593 | 79 | 626 | 39 | 3163 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T2 | |
| | | 19267 | 1687 | 313 | 3244 | 2530 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T2 | |
| | Treno 3 | 20782 | 1574 | 1043 | 1085 | 15361 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T3 | |
| | | 16857 | 140 | 1043 | 70 | 5272 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T3 | |
| | | 20782 | 2866 | 522 | 1732 | 12724 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3 | |
| | | 21519 | 1796 | 1536 | 2317 | 19928 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T3 | |
| | | 17594 | 362 | 1536 | 1302 | 9839 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T3 | |
| | | 21519 | 3088 | 1014 | 2963 | 17292 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T3 | |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T3 | |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T3 | |
| | | 17424 | 370 | 821 | 2053 | 7612 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T3 | |
| | | 18948 | 905 | 626 | 631 | 9216 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T3 | |
| | | 16593 | 79 | 626 | 39 | 3163 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T3 | |
| | | 18948 | 1680 | 313 | 1019 | 7635 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T3 | |
| | SISMA SLV (q=1.5) | Treno 1 | 14073 | 6472 | 1889 | 3298 | 6116 | 0 | E_103x_SLV_T1 |
| | | | 14073 | 1990 | 6296 | 1057 | 19782 | 0 | E_103y_SLV_T1 |
| 17454 | | | 1990 | 1889 | 1057 | 6116 | 0 | E_103z_SLV_T1 | |
| Treno 2 | | 13580 | 6462 | 1889 | 3783 | 6075 | 0 | E_103x_SLV_T2 | |
| | | 13580 | 1981 | 6296 | 1542 | 19741 | 0 | E_103y_SLV_T2 | |
| | | 16962 | 1981 | 1889 | 1542 | 6075 | 0 | E_103z_SLV_T2 | |
| Treno 3 | | 13507 | 6461 | 1889 | 3272 | 7248 | 0 | E_103x_SLV_T3 | |
| | | 13507 | 1979 | 6296 | 1031 | 20914 | 0 | E_103y_SLV_T3 | |
| | | 16888 | 1979 | 1889 | 1031 | 7248 | 0 | E_103z_SLV_T3 | |
| RARA | Treno 1 | 17417 | 1090 | 719 | 855 | 4934 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T1 | |
| | | 11881 | 66 | 719 | 33 | 3636 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T1 | |
| | | 17417 | 1981 | 360 | 1301 | 3116 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1 | |
| | | 17908 | 1238 | 1048 | 1676 | 7979 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T1 | |
| | | 12372 | 214 | 1048 | 854 | 6681 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T1 | |
| | | 17908 | 2129 | 688 | 2122 | 6161 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T1 | |
| | | 12244 | 247 | 548 | 1369 | 5075 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T1 | |
| | | 12244 | 247 | 548 | 1369 | 5075 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T1 | |
| | | 12244 | 247 | 548 | 1369 | 5075 | 0 | SLE_rar_vento_gr3_T1 | |
| | Treno 2 | 14954 | 1031 | 719 | 3274 | 4726 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T2 | |
| | | 11881 | 66 | 719 | 33 | 3636 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T2 | |
| | | 14954 | 1922 | 360 | 3720 | 2908 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2 | |
| | | 15446 | 1179 | 1048 | 4095 | 7771 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T2 | |
| | | 12372 | 214 | 1048 | 854 | 6681 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T2 | |
| | | 15446 | 2070 | 688 | 4541 | 5953 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T2 | |
| 12244 | 247 | 548 | 1369 | 5075 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T2 | | | |
| 12244 | 247 | 548 | 1369 | 5075 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T2 | | | |

| | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 |
| | | | B |

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

| | | Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi | | | | | | | |
|------------|----------------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------|-----------------------|---------------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | Tor | Comb | |
| SLU | Treno 1 | 30132 | 2106 | 1129 | 4839 | 9372 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T1 | |
| | | 19655 | 167 | 1129 | 3160 | 6344 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T1 | |
| | | 30132 | 3669 | 564 | 5620 | 6200 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1 | |
| | | 31090 | 2286 | 1751 | 5635 | 15190 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T1 | |
| | | 20612 | 347 | 1751 | 3957 | 12162 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T1 | |
| | | 31090 | 3849 | 1187 | 6417 | 12018 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T1 | |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T1 | |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T1 | |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T1 | |
| | | 25588 | 1166 | 677 | 3988 | 5623 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T1 | |
| | | 19302 | 93 | 677 | 3026 | 3806 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T1 | |
| | | 25588 | 2103 | 339 | 4457 | 3720 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T1 | |
| | | Treno 2 | 26465 | 1974 | 1129 | 9825 | 8449 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T2 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

| | | Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi | | | | | | |
|-------------------|---------|---|-------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | Tor | Comb |
| | | 19655 | 167 | 1129 | 3160 | 6344 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T2 |
| | | 26465 | 3537 | 564 | 10607 | 5276 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2 |
| | | 27423 | 2154 | 1751 | 10622 | 14266 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T2 |
| | | 20612 | 347 | 1751 | 3957 | 12162 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T2 |
| | | 27423 | 3717 | 1187 | 11403 | 11094 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T2 |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T2 |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T2 |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T2 |
| | | 23388 | 1118 | 677 | 6996 | 5069 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T2 |
| | | 19302 | 93 | 677 | 3026 | 3806 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T2 |
| | 23388 | 2056 | 339 | 7464 | 3166 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T2 | |
| | Treno 3 | 24903 | 1918 | 1129 | 4570 | 19830 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T3 |
| | | 19655 | 167 | 1129 | 3160 | 6344 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T3 |
| | | 24903 | 3481 | 564 | 5351 | 16658 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3 |
| | | 25861 | 2098 | 1751 | 5366 | 25648 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T3 |
| | | 20612 | 347 | 1751 | 3957 | 12162 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T3 |
| | | 25861 | 3660 | 1187 | 6147 | 22476 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T3 |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T3 |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T3 |
| | | 20369 | 300 | 1038 | 4162 | 9696 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T3 |
| 22451 | | 1098 | 677 | 3849 | 11898 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T3 | |
| 19302 | 93 | 677 | 3026 | 3806 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T3 | | |
| 22451 | 2035 | 339 | 4318 | 9995 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T3 | | |
| SISMA SLV (q=1.5) | Treno 1 | 16383 | 8589 | 2206 | 4426 | 8815 | 0 | E_103x_SLV_T1 |
| | | 16383 | 2635 | 7354 | 1449 | 28409 | 0 | E_103y_SLV_T1 |
| | | 20206 | 2635 | 2206 | 1449 | 8815 | 0 | E_103z_SLV_T1 |
| | Treno 2 | 15877 | 8579 | 2206 | 5117 | 8688 | 0 | E_103x_SLV_T2 |
| | | 15877 | 2625 | 7354 | 2141 | 28282 | 0 | E_103y_SLV_T2 |
| | | 19701 | 2625 | 2206 | 2141 | 8688 | 0 | E_103z_SLV_T2 |
| | Treno 3 | 15661 | 8574 | 2206 | 4394 | 10258 | 0 | E_103x_SLV_T3 |
| | | 15661 | 2621 | 7354 | 1418 | 29852 | 0 | E_103y_SLV_T3 |
| | | 19485 | 2621 | 2206 | 1418 | 10258 | 0 | E_103z_SLV_T3 |
| RARA | Treno 1 | 21011 | 1329 | 778 | 3248 | 6463 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T1 |
| | | 13785 | 78 | 778 | 2133 | 4375 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T1 |
| | | 21011 | 2406 | 389 | 3787 | 4276 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1 |
| | | 21649 | 1449 | 1194 | 3779 | 10342 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T1 |
| | | 14424 | 198 | 1194 | 2664 | 8254 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T1 |
| | | 21649 | 2526 | 804 | 4318 | 8154 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T1 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T1 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T1 |
| | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr3_T1 | |
| | Treno 2 | 18482 | 1268 | 778 | 6702 | 5827 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T2 |
| | | 13785 | 78 | 778 | 2133 | 4375 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T2 |
| | | 18482 | 2346 | 389 | 7241 | 3639 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2 |
| | | 19121 | 1388 | 1194 | 7233 | 9705 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T2 |
| | | 14424 | 198 | 1194 | 2664 | 8254 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T2 |
| | | 19121 | 2465 | 804 | 7772 | 7518 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T2 |
| 14241 | | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T2 | |
| 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T2 | | |
| 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr3_T2 | | |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

| | | Pulvino di transizione C.A.P. – Misto 4 travi | | | | | | |
|---------------------|----------------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----|------------------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | Tor | Comb |
| | Treno 3 | 17405 | 1242 | 778 | 3084 | 13676 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T3 |
| | | 13785 | 78 | 778 | 2133 | 4375 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T3 |
| | | 17405 | 2320 | 389 | 3623 | 11488 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3 |
| | | 18043 | 1362 | 1194 | 3615 | 17554 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T3 |
| | | 14424 | 198 | 1194 | 2664 | 8254 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T3 |
| | | 18043 | 2440 | 804 | 4153 | 15367 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T3 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T3 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T3 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr3_T3 |
| SISMA SLD | Treno 1 | 15172 | 5789 | 1480 | 3026 | 6051 | 0 | E_103x_SLD_T1 |
| | | 15172 | 1796 | 4933 | 1029 | 19194 | 0 | E_103y_SLD_T1 |
| | | 16172 | 1796 | 1480 | 1029 | 6051 | 0 | E_103z_SLD_T1 |
| | Treno 2 | 14666 | 5779 | 1480 | 3718 | 5923 | 0 | E_103x_SLD_T2 |
| | | 14666 | 1785 | 4933 | 1721 | 19067 | 0 | E_103y_SLD_T2 |
| | | 15666 | 1785 | 1480 | 1721 | 5923 | 0 | E_103z_SLD_T2 |
| | Treno 3 | 14451 | 5775 | 1480 | 2994 | 7493 | 0 | E_103x_SLD_T3 |
| | | 14451 | 1781 | 4933 | 998 | 20637 | 0 | E_103y_SLD_T3 |
| | | 15450 | 1781 | 1480 | 998 | 7493 | 0 | E_103z_SLD_T3 |
| FESSURAZIONE | Treno 1 | 17877 | 1469 | 467 | 3056 | 3878 | 0 | SLE_rar_gr4_Centrif_T1 |
| | | 18516 | 1589 | 882 | 3586 | 7757 | 0 | SLE_rar_gr4+vento_T1 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr4_T1 |
| | Treno 2 | 16360 | 1433 | 467 | 5128 | 3496 | 0 | SLE_rar_gr4_Centrif_T2 |
| | | 16999 | 1552 | 882 | 5659 | 7375 | 0 | SLE_rar_gr4+vento_T2 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr4_T2 |
| | Treno 3 | 15714 | 1417 | 467 | 2957 | 8205 | 0 | SLE_rar_gr4_Centrif_T3 |
| | | 16352 | 1537 | 882 | 3488 | 12084 | 0 | SLE_rar_gr4+vento_T3 |
| | | 14241 | 200 | 692 | 2812 | 6464 | 0 | SLE_rar_vento_gr4_T3 |
| Q.P. | Treno 1 | 13177 | 53 | 0 | 1954 | 0 | 0 | SLE_qp_T1 |
| | Treno 2 | 13177 | 53 | 0 | 1954 | 0 | 0 | SLE_qp_T2 |
| | Treno 3 | 13177 | 53 | 0 | 1954 | 0 | 0 | SLE_qp_T3 |

| | | Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate | | | | | | |
|------------|----------------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----|-----------------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | Tor | Comb |
| SLU | Treno 1 | 25266 | 1719 | 1016 | 3544 | 7082 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T1 |
| | | 17389 | 143 | 1016 | 2475 | 5122 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T1 |
| | | 25266 | 3011 | 508 | 4190 | 4521 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T1 |
| | | 25959 | 1913 | 1441 | 4482 | 11042 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T1 |
| | | 18082 | 338 | 1441 | 3412 | 9082 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T1 |
| | | 25959 | 3206 | 933 | 5128 | 8481 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T1 |
| | | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T1 |
| | | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T1 |
| | | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T1 |
| | | 21868 | 958 | 610 | 3032 | 4249 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T1 |
| | | 17142 | 80 | 610 | 2424 | 3073 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T1 |
| | | 21868 | 1733 | 305 | 3420 | 2713 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T1 |
| | Treno 2 | 22045 | 1603 | 1016 | 7275 | 6643 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T2 |
| | | 17389 | 143 | 1016 | 2475 | 5122 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T2 |
| | | 22045 | 2895 | 508 | 7921 | 4082 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T2 |
| | | 22737 | 1797 | 1441 | 8213 | 10604 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T2 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

| | | Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate | | | | | | |
|-------------------|---------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | T _{or} | Comb |
| | | 18082 | 338 | 1441 | 3412 | 9082 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T2 |
| | | 22737 | 3090 | 933 | 8859 | 8043 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T2 |
| | | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T2 |
| | | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T2 |
| | | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T2 |
| | | 19935 | 916 | 610 | 5284 | 3986 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T2 |
| | | 17142 | 80 | 610 | 2424 | 3073 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T2 |
| | | 19935 | 1692 | 305 | 5672 | 2449 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T2 |
| | | 21283 | 1575 | 1016 | 3196 | 15048 | 0 | A1_SLU_gr1_Treno_T3 |
| | 17389 | 143 | 1016 | 2475 | 5122 | 0 | A1_SLU_gr2_Scarico_T3 | |
| | 21283 | 2868 | 508 | 3842 | 12487 | 0 | A1_SLU_gr3_Fre/avv_T3 | |
| | 21976 | 1770 | 1441 | 4134 | 19009 | 0 | A1_SLU_gr1+vento_T3 | |
| | 18082 | 338 | 1441 | 3412 | 9082 | 0 | A1_SLU_gr2+vento_T3 | |
| | 21976 | 3062 | 933 | 4780 | 16448 | 0 | A1_SLU_gr3+vento_T3 | |
| | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr1_T3 | |
| | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr2_T3 | |
| | 17926 | 324 | 707 | 3918 | 6601 | 0 | A1_SLU_vento_gr3_T3 | |
| | 19479 | 906 | 610 | 2840 | 9029 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr1_T3 | |
| | 17142 | 80 | 610 | 2424 | 3073 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr2_T3 | |
| | 19479 | 1682 | 305 | 3228 | 7492 | 0 | A1_SLU_Scalz_gr3_T3 | |
| SISMA SLV (q=1.5) | Treno 1 | 14624 | 6978 | 1957 | 3534 | 6345 | 0 | E_103x_SLV_T1 |
| | | 14624 | 2143 | 6524 | 1117 | 20520 | 0 | E_103y_SLV_T1 |
| | | 18226 | 2143 | 1957 | 1117 | 6345 | 0 | E_103z_SLV_T1 |
| | Treno 2 | 14180 | 6969 | 1957 | 4053 | 6285 | 0 | E_103x_SLV_T2 |
| | | 14180 | 2134 | 6524 | 1635 | 20459 | 0 | E_103y_SLV_T2 |
| | | 17782 | 2134 | 1957 | 1635 | 6285 | 0 | E_103z_SLV_T2 |
| | Treno 3 | 14075 | 6967 | 1957 | 3491 | 7444 | 0 | E_103x_SLV_T3 |
| | | 14075 | 2132 | 6524 | 1073 | 21619 | 0 | E_103y_SLV_T3 |
| | | 17677 | 2132 | 1957 | 1073 | 7444 | 0 | E_103z_SLV_T3 |
| RARA | Treno 1 | 17768 | 1089 | 701 | 2452 | 4884 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T1 |
| | | 12335 | 67 | 701 | 1747 | 3532 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T1 |
| | | 17768 | 1980 | 350 | 2898 | 3118 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T1 |
| | | 18229 | 1219 | 984 | 3078 | 7524 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T1 |
| | | 12797 | 197 | 984 | 2373 | 6173 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T1 |
| | | 18229 | 2110 | 633 | 3523 | 5758 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T1 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T1 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T1 |
| | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr3_T1 | |
| | Treno 2 | 15546 | 1036 | 701 | 5039 | 4582 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T2 |
| | | 12335 | 67 | 701 | 1747 | 3532 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T2 |
| | | 15546 | 1927 | 350 | 5484 | 2815 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T2 |
| | | 16008 | 1165 | 984 | 5664 | 7222 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T2 |
| | | 12797 | 197 | 984 | 2373 | 6173 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T2 |
| | | 16008 | 2057 | 633 | 6110 | 5456 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T2 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T2 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T2 |
| | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr3_T2 | |
| | Treno 3 | 15021 | 1023 | 701 | 2229 | 10378 | 0 | SLE_rar_gr1_Treno_T3 |
| | | 12335 | 67 | 701 | 1747 | 3532 | 0 | SLE_rar_gr2_Scarico_T3 |
| | | 15021 | 1914 | 350 | 2674 | 8612 | 0 | SLE_rar_gr3_Fre/avv_T3 |

| | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica E12CLVI2104008 |
| | | | B |

| | | Pulvino di transizione C.A.P. – Travi Incorporate | | | | | | |
|--------------|---------|---|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----|------------------------|
| | | N | T _{long} | T _{trasv} | M _{long} | M _{trasv} | Tor | Comb |
| | | 15482 | 1153 | 984 | 2854 | 13018 | 0 | SLE_rar_gr1+vento_T3 |
| | | 12797 | 197 | 984 | 2373 | 6173 | 0 | SLE_rar_gr2+vento_T3 |
| | | 15482 | 2044 | 633 | 3300 | 11252 | 0 | SLE_rar_gr3+vento_T3 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr1_T3 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr2_T3 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr3_T3 |
| SISMA SLD | Treno 1 | 13484 | 4704 | 1313 | 2398 | 4345 | 0 | E_103x_SLD_T1 |
| | | 13484 | 1461 | 4377 | 776 | 13854 | 0 | E_103y_SLD_T1 |
| | | 14426 | 1461 | 1313 | 776 | 4345 | 0 | E_103z_SLD_T1 |
| | Treno 2 | 13040 | 4695 | 1313 | 2916 | 4285 | 0 | E_103x_SLD_T2 |
| | | 13040 | 1452 | 4377 | 1294 | 13793 | 0 | E_103y_SLD_T2 |
| | | 13981 | 1452 | 1313 | 1294 | 4285 | 0 | E_103z_SLD_T2 |
| | Treno 3 | 12935 | 4693 | 1313 | 2354 | 5444 | 0 | E_103x_SLD_T3 |
| | | 12935 | 1450 | 4377 | 732 | 14952 | 0 | E_103y_SLD_T3 |
| | | 13876 | 1450 | 1313 | 732 | 5444 | 0 | E_103z_SLD_T3 |
| FESSURAZIONE | Treno 1 | 15424 | 1211 | 420 | 2423 | 2930 | 0 | SLE_rar_gr4_Centrif_T1 |
| | | 15886 | 1341 | 703 | 3048 | 5571 | 0 | SLE_rar_gr4+vento_T1 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr4_T1 |
| | Treno 2 | 14091 | 1179 | 420 | 3974 | 2749 | 0 | SLE_rar_gr4_Centrif_T2 |
| | | 14553 | 1309 | 703 | 4600 | 5389 | 0 | SLE_rar_gr4+vento_T2 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr4_T2 |
| | Treno 3 | 13776 | 1171 | 420 | 2288 | 6227 | 0 | SLE_rar_gr4_Centrif_T3 |
| | | 14238 | 1301 | 703 | 2914 | 8867 | 0 | SLE_rar_gr4+vento_T3 |
| | | 12679 | 216 | 472 | 2723 | 4401 | 0 | SLE_rar_vento_gr4_T3 |
| Q.P. | Treno 1 | 11909 | 48 | 0 | 1705 | 0 | 0 | SLE_qp_T1 |
| | Treno 2 | 11909 | 48 | 0 | 1705 | 0 | 0 | SLE_qp_T2 |
| | Treno 3 | 11909 | 48 | 0 | 1705 | 0 | 0 | SLE_qp_T3 |

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

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | B |

5.2 Ritegni sismici e baggioli

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

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

Impalcato C.A.P. – L=25 m

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

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

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

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

forza trasversale affidata completamente ad un F

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

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

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

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Impalcato Misto 4 travi – L=40 m

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

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

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

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

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

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

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

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

Impalcato Travi Incorporate – L=22 m

| FISSI | Combinazioni statiche SLU | | | |
|-------|---------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| | N _{max} (kN) | N _{min} (kN) | V _{long} (kN) | V _{trasv} (kN) |
| | 685.3 | 269.8 | 189.5 | 46.6 |
| | Combinazioni sismiche SLV | | | |
| | N _{max} (kN) | N _{min} (kN) | V _{long} (kN) | V _{trasv} (kN) |
| | 434.1 | 191 | 730.2 | 355.6 |

| UNIDIREZIONALI LONGITUDINALI | Combinazioni statiche SLU | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| | N _{max} (kN) | N _{min} (kN) | V _{long} (kN) | V _{trasv} (kN) |
| | 685.3 | 269.8 | 0 | 46.6 |
| | Combinazioni sismiche SLV | | | |
| | N _{max} (kN) | N _{min} (kN) | V _{long} (kN) | V _{trasv} (kN) |
| | 434.1 | 191 | 0 | 355.6 |

| MULTIDIREZIONALI | Combinazioni statiche SLU | | | |
|------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| | N _{max} (kN) | N _{min} (kN) | V _{long} (kN) | V _{trasv} (kN) |
| | 727.4 | 219.7 | 0 | 0 |
| | Combinazioni sismiche SLV | | | |
| | N _{max} (kN) | N _{min} (kN) | V _{long} (kN) | V _{trasv} (kN) |
| | 451.6 | 154.9 | 0 | 0 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 | <i>Nodo CCC</i> |
| k_2 | 0.85 | <i>Nodo CCT</i> |
| k_3 | 0.75 | <i>Nodo CTT</i> |

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

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

- Verifica a tranciamento dell'acciaio:

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

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

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

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

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

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

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

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

La forza di compressione ultima è data da:

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

dove:

A_{c0} è l'area caricata;

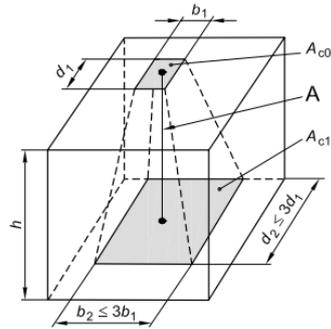
A_{c1} è la massima area di diffusione del carico utilizzata per il calcolo e che ha una forma ometetica a quella di A_{c0} .

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 bagnolo sottostante all'apparecchio d'appoggio su cui agisce il massimo sforzo di compressione.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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.

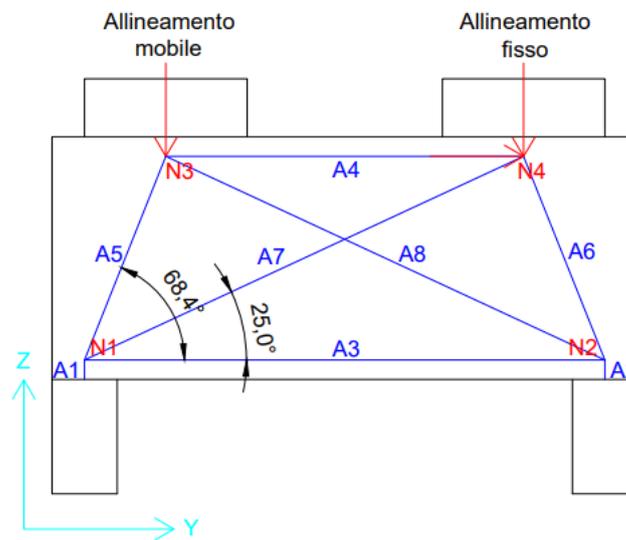


Figura 7-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

| | | |
|--|----------|--------|
| 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 impalcati), media | D | 2.2 m |
| Distanza longitudinale nodi 3-2 | La | 2.7 m |
| Distanza longitudinale nodi 1-3 | Lb | 0.5 m |
| Angolo dell'asta A5 rispetto all'orizzontale | α | 68.4 ° |
| Angolo dell'asta A7 rispetto all'orizzontale | β | 25.0 ° |

7.1.2 Modellazione agli elementi finiti

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

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

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 rigidità flessionale trascurabile, di lunghezza pari a $s=0.12$ m e incastrati alla base (elementi A1 e A2).

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

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

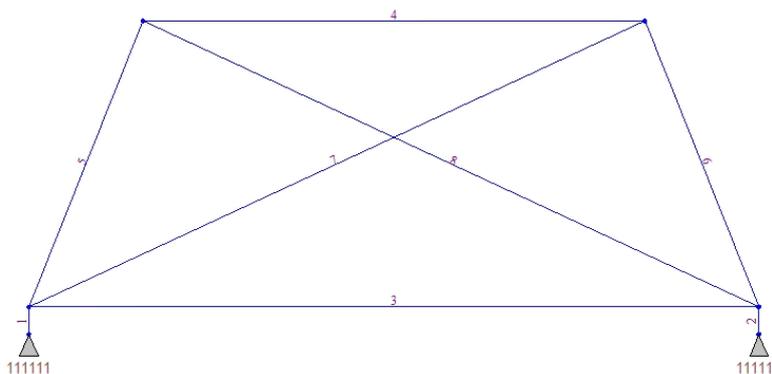


Figura 7-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

7.1.3 Sollecitazioni

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

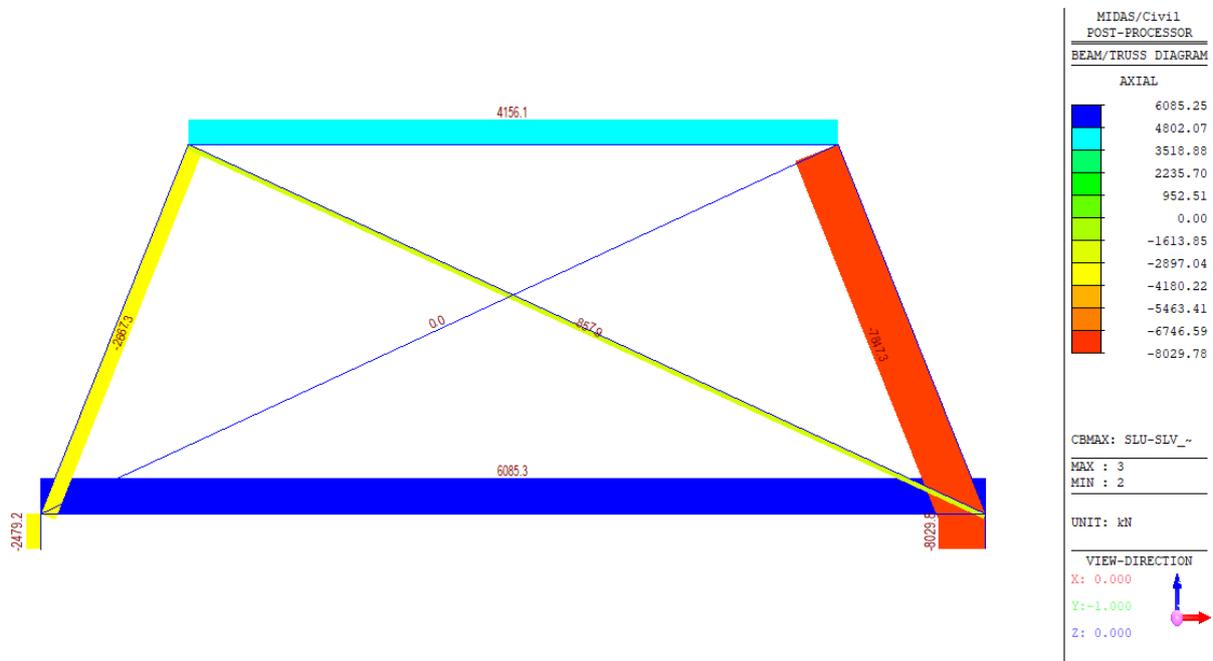


Figura 7-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

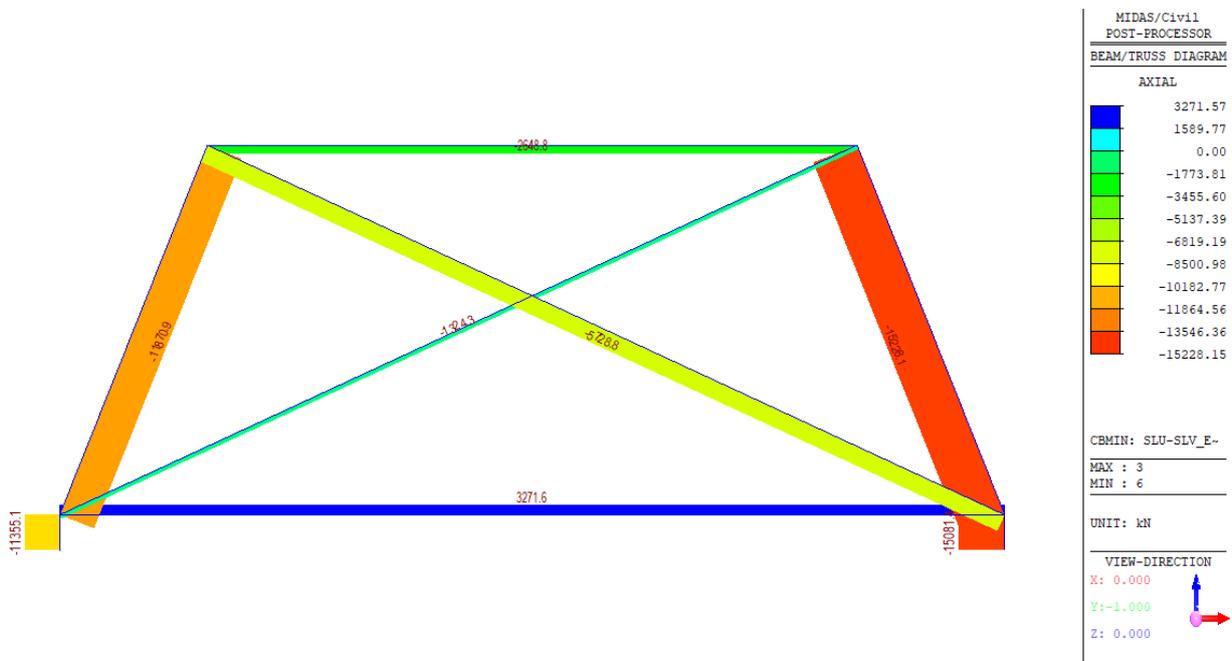


Figura 7-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

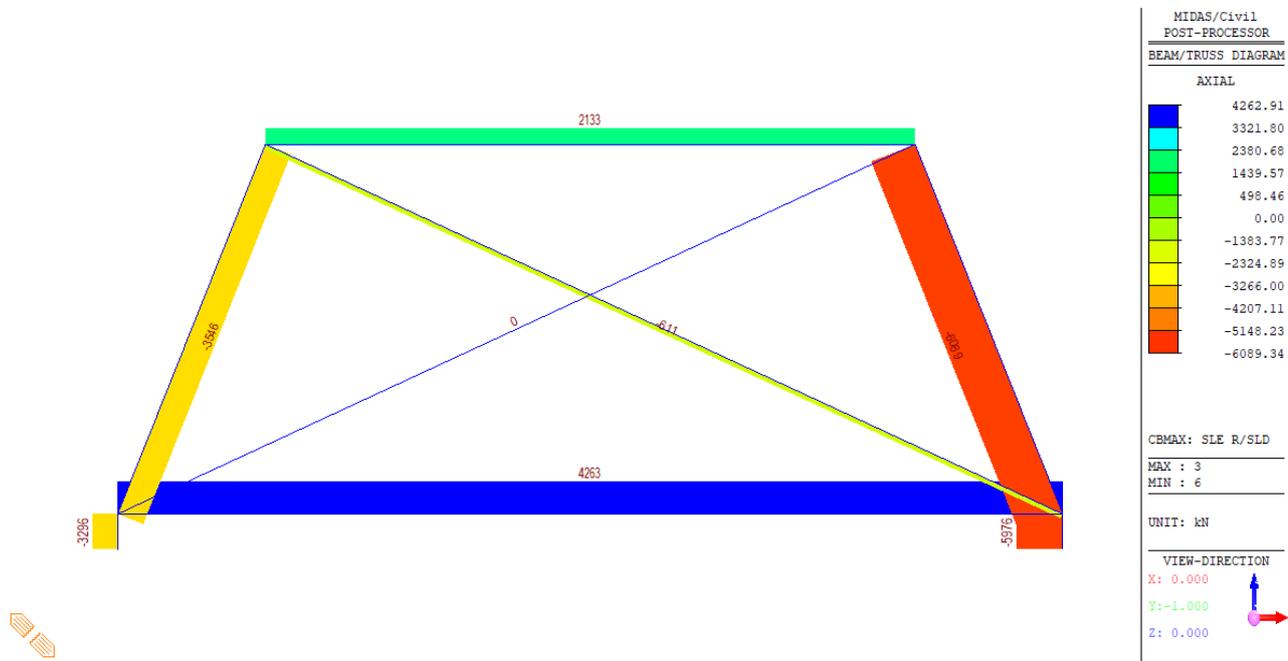


Figura 7-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

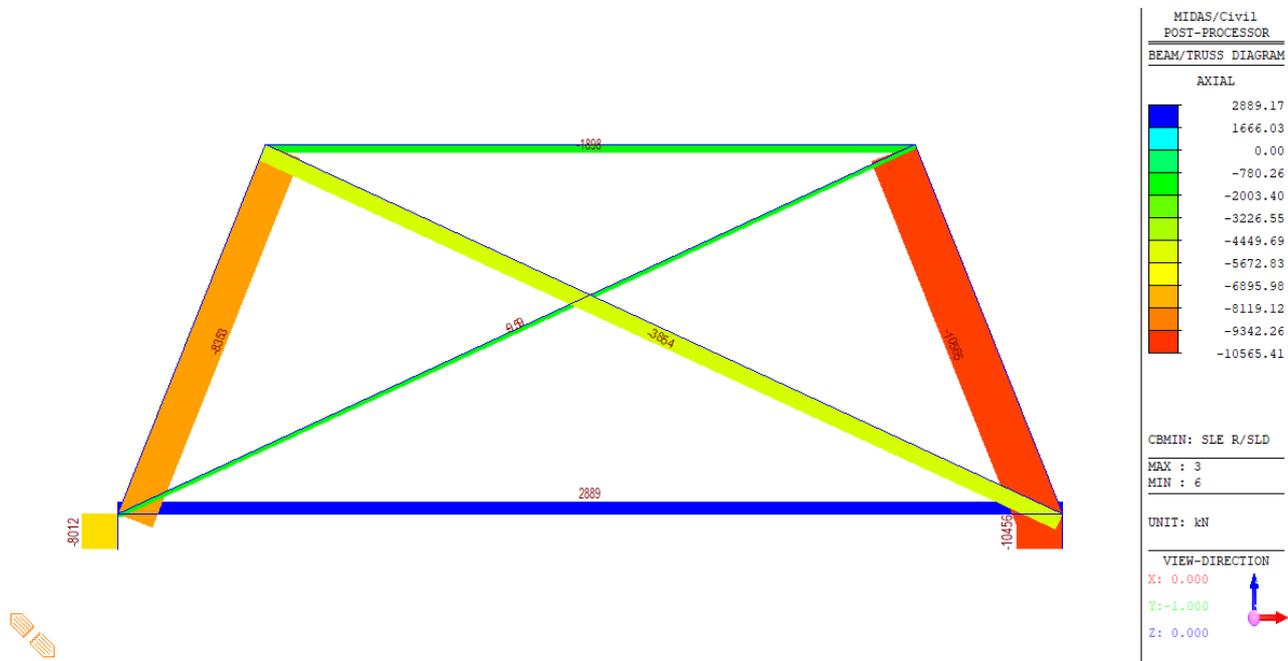


Figura 7-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

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

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

7.1.4 **Armatura longitudinale**

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

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

Armatura longitudinale superiore: asta A4

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

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 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 ² | Area totale ferri |
| T_{rd} | 10818.01 | kN | Forza di trazione resistente |
| T_{ed} | 6085.25 | kN | Forza di trazione di progetto |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.78 | | Fattore di sicurezza |

Armatura longitudinale superiore: asta A4

| | | | |
|----------|----------|-----------------|-------------------------------------|
| f_{yd} | 391.30 | MPa | Tensione di snervamento di progetto |
| A_s | 13823.01 | mm ² | Area totale ferri |
| T_{rd} | 5409.00 | kN | Forza di trazione resistente |
| T_{ed} | 4156.13 | kN | Forza di trazione di progetto |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.30 | | 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} | 4262.9 | kN | Trazione di progetto (comb. Rara) |
| A_s | 27646.02 | mm ² | Area totale ferri |
| σ_s | 154.20 | MPa | Tensione acciaio |

| | | | |
|----------|------|--|----------------------|
| Verifica | ok | | |
| Fs | 2.19 | | Fattore di sicurezza |

| | | | | |
|---|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 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} | 3669.4 | kN | Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4) |
|----------|--------|----|--|

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

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

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

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

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

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

7.1.6 Verifiche dei puntoni

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

7.1.6.1 Verifica SLU

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

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

7.1.6.1 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

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

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

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

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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> |
| ϕ_w | 24 | mm | <i>Diametro eventuale ferro altra direzione</i> |
| $\phi_{t,t}$ | 20 | mm | <i>Diametro tirante</i> |
| c^* | 60 | mm | <i>Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1)</i> |
| i_v | 24 | mm | <i>Interferro verticale</i> |
| s | 44 | mm | <i>Distanza due strati di tiranti</i> |
| u | 164 | mm | <i>Spessore complessivo tirante</i> |

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

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

Verifica

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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.

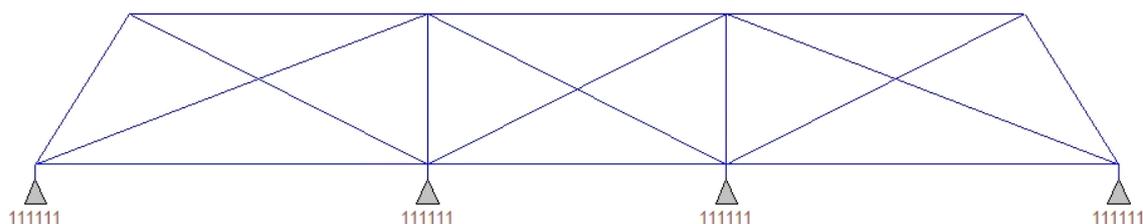


Figura 7-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

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  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

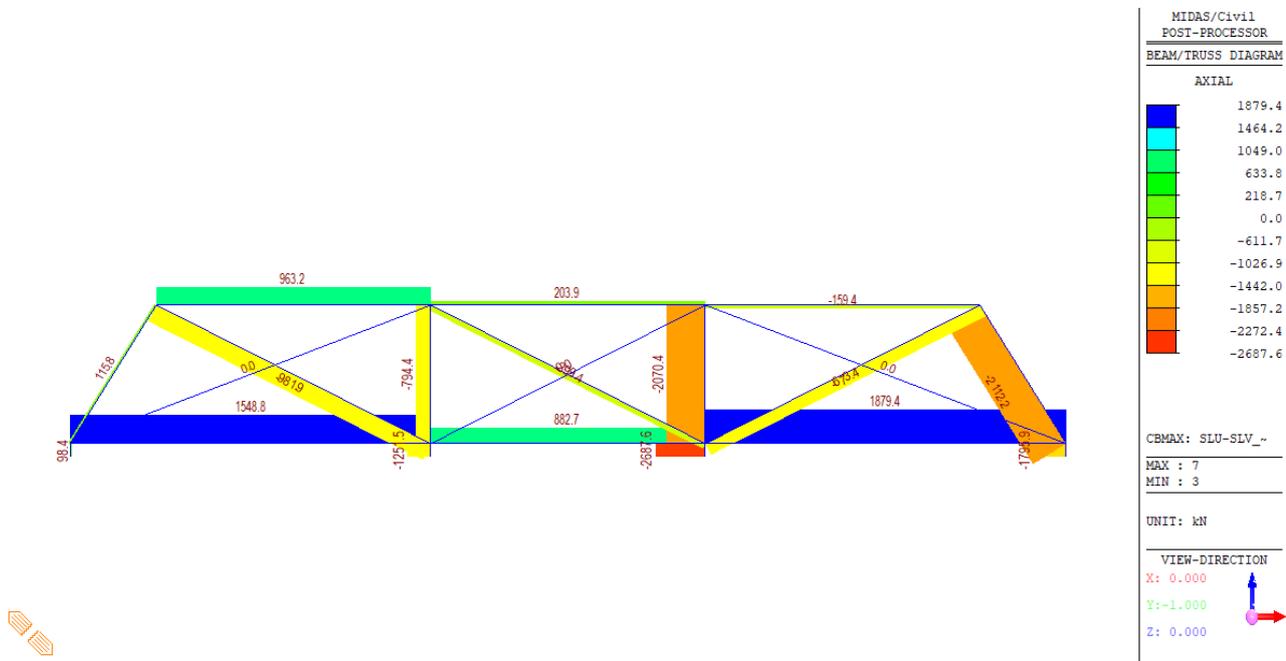


Figura 7-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

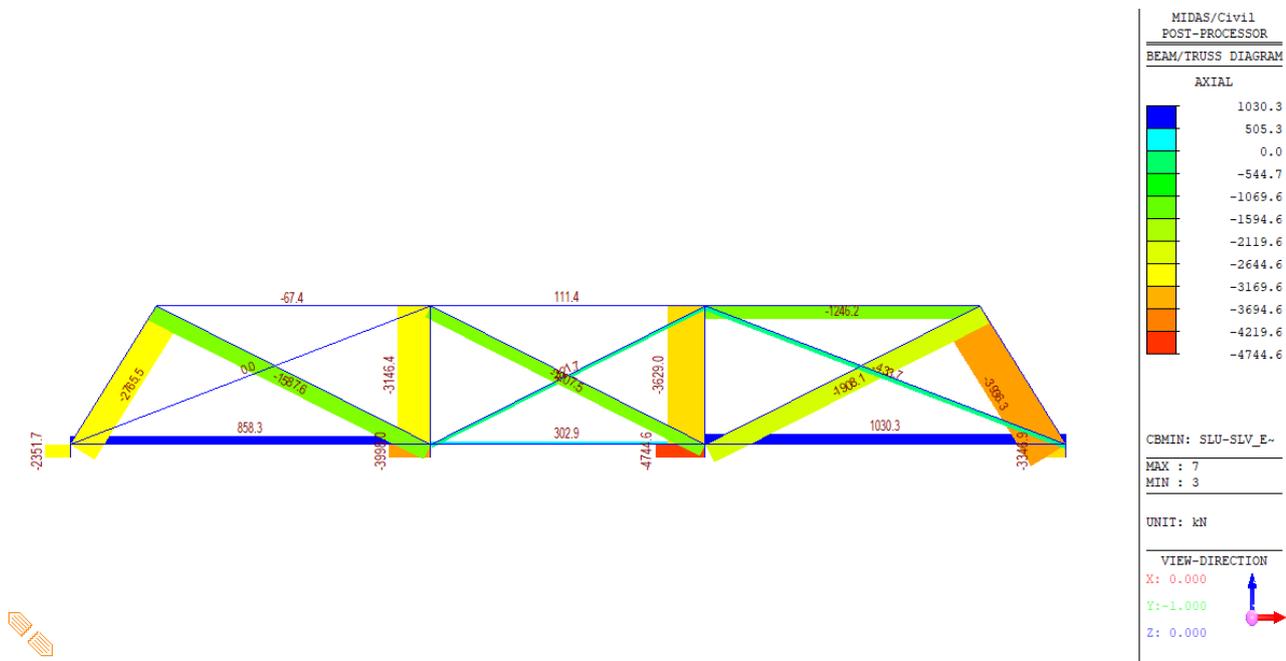


Figura 7-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

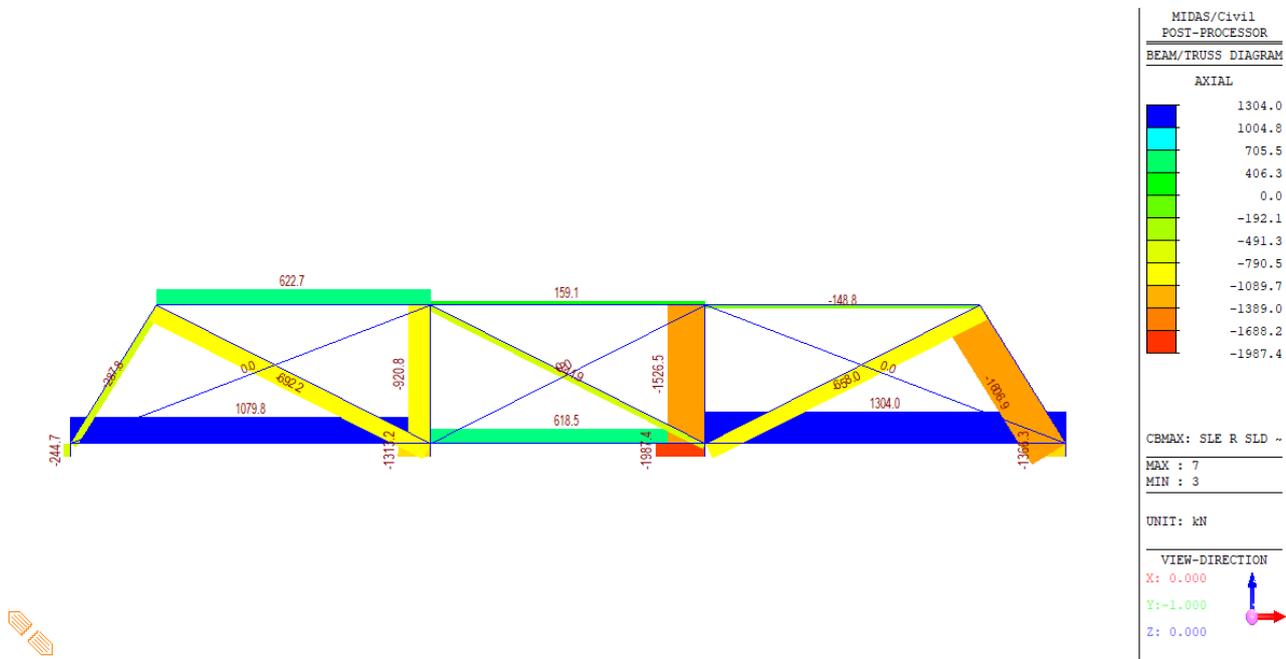


Figura 7-11: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

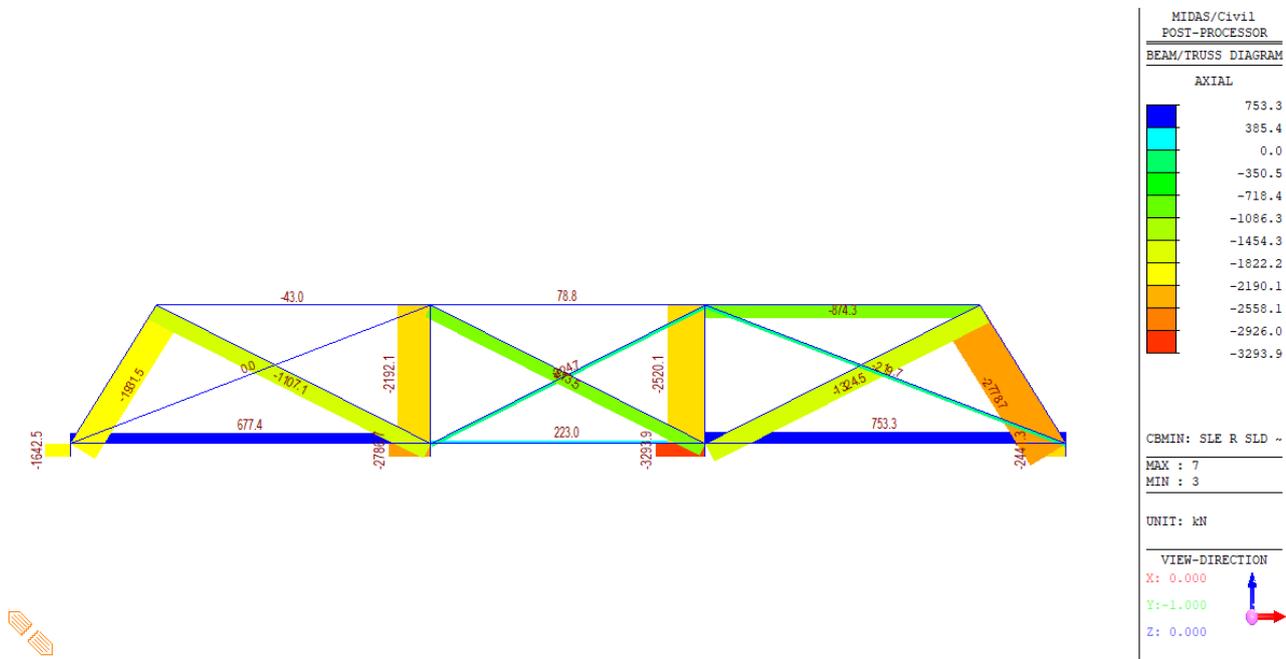


Figura 7-12: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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 EI2CLVI2104008 | B |

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

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

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

7.2.4 **Armatura trasversale**

Armatura trasversale inferiore

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

Armatura trasversale superiore

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 ² | Area totale ferri |
| T_{rd} | 3186.39 | kN | Forza di trazione resistente |
| T_{ed} | 1879.37 | kN | Forza di trazione di progetto |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.70 | | Fattore di sicurezza |

Armatura trasversale superiore

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

7.2.5.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

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

| | | | |
|----------|------|--|----------------------|
| Verifica | ok | | |
| Fs | 2.11 | | Fattore di sicurezza |

| | | | | |
|---|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 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} | 1121.7 | kN | Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4) |
| E_s | 210000 | MPa | Modulo elastico acciaio |
| E_{cm} | 33346 | MPa | Modulo elastico cls |
| f_{ctm} | 3.02 | MPa | Resistenza a trazione media cls |
| α_e | 6.30 | | Es/Ecm |
| k_t | 0.4 | | Fattore per la durata del carico |
| A_s | 8143.0 | mm ² | Area di acciaio teso |
| σ_s | 137.8 | MPa | Tensione nell'armatura tesa |
| h | 1.5 | m | Altezza pulvino |
| b | 1.8 | m | Metà larghezza pulvino direzione trasversale |
| c^* | 0.105 | m | Distanza intradosso pulvino - asse tirante |
| d | 1.395 | m | Altezza utile |
| $h_{c,ef}$ | 0.2625 | m | Altezza dell'area efficace di cls teso |
| $A_{c,eff}$ | 0.47 | m ² | Area efficace di cls teso attorno all'armatura |
| ρ_{eff} | 0.017 | | Rapporto geometrico d'armatura |
| ϵ_{sm} | 0.00039 | | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura |
| k_1 | 0.8 | | Barre ad aderenza migliorata |
| ϵ_1 | 0.00066 | | Deformazione barre inferiori |
| ϵ_2 | 0.00014 | | Deformazione barre superiori |
| k_2 | 0.61 | | Trazione eccentrica |
| k_3 | 3.4 | | |
| k_4 | 0.425 | | |
| c | 0.05 | m | Ricoprimento dell'armatura |
| ϕ | 24 | mm | Diametro armatura |
| Δ_{sm} | 268.6 | mm | Distanza media tra le fessure |
| w_k | 0.180 | mm | Ampiezza caratteristica delle fessure |
| w_{max} | 0.2 | mm | Ampiezza limite delle fessure |
| FS | 1.11 | | Fattore di sicurezza |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | 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} | -4744.6 | kN | Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV) |
| a | 400.0 | mm | Larghezza direzione trasv. |
| b | 1800 | mm | Larghezza direzione long. |
| A | 720000 | mm ² | Area puntone |
| σ_c | 6.59 | MPa | Tensione di compressione agente |
| $\sigma_{Rd,max}$ | 9.49 | MPa | Resistenza di progetto del cls |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.44 | | Fattore di sicurezza |

7.2.6.2 Verifica SLE: valori limite delle tensioni

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

| | | | |
|---------------|---------|-----------------|---|
| a | 400.0 | mm | Larghezza direzione trasv. |
| b | 1800 | mm | Larghezza direzione long. |
| A | 720000 | mm ² | Area puntone |
| N_{ed} | -3293.9 | kN | Forza di compressione agente (comb. Rara) |
| σ_c | 4.57 | MPa | Tensione di compressione agente |
| $0.55 f_{ck}$ | 17.60 | MPa | Resistenza di progetto del cls |
| Verifica | ok | | |
| FS | 3.85 | | Fattore di sicurezza |

| | | | |
|---------------|---------|-----|---|
| N_{ed} | -1752.3 | kN | Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente) |
| σ_c | 2.43 | MPa | Tensione di compressione agente |
| $0.40 f_{ck}$ | 12.80 | MPa | Resistenza di progetto del cls |
| Verifica | ok | | |
| FS | 5.26 | | Fattore di sicurezza |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

7.2.7 Verifiche dei nodi

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

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

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

Geometria nodo N4

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

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

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

Verifiche

| Nodo 4 | | | | | | |
|----------|----------|----------------------|------------------|---------------------|----------|------------|
| Elemento | N (kN) | A (mm ²) | σ_c (MPa) | σ_{Rd} (MPa) | Verifica | γ_s |
| A14 | -3936.30 | 809268.095 | 4.86 | 13,44 | ok | 2,76 |
| A20 | -433.65 | 608776.5649 | 0.71 | 13,44 | ok | 18,87 |
| A4 | -3346.90 | 720000 | 4.65 | 13,44 | ok | 2,89 |

Geometria nodo N3

| | | | |
|------------|------|----|--|
| u | 208 | mm | Spessore complessivo tirante (vedi geometria nodi N1 e N4) |
| L_{nodo} | 1800 | mm | Profondità del nodo nell'altra direzione |
| S | 400 | mm | Larghezza pareti fusto pila |

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Verifiche

| Nodo 3 | | | | | | |
|----------|----------|----------------------|------------------|---------------------|----------|------------|
| Elemento | N (kN) | A (mm ²) | σ_c (MPa) | σ_{Rd} (MPa) | Verifica | γ_s |
| A18 | -1207.55 | 659889.4019 | 1.83 | 13,44 | ok | 7,34 |
| A13 | -3629.05 | 720000 | 5.04 | 13,44 | ok | 2,67 |
| A19 | -1908.05 | 659889.4019 | 2.89 | 13,44 | ok | 4,65 |
| A3 | -4744.59 | 720000 | 6.59 | 13,44 | ok | 2,04 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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.

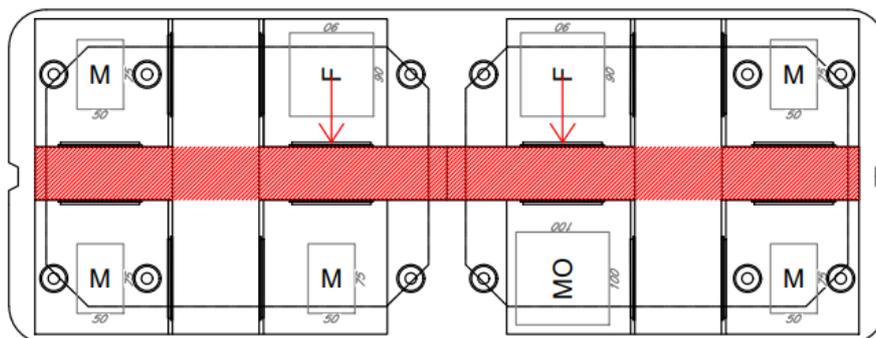


Figura 7-13: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

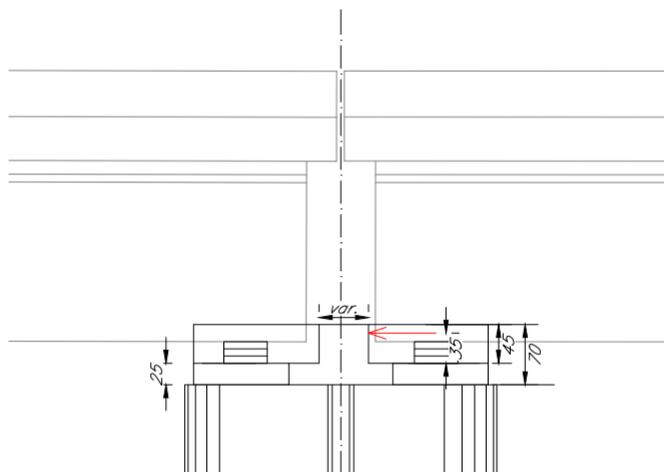


Figura 7-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto)

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | 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 | 4026 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0 | kN |

3) Geometria della mensola

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

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.6 | cm |

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

2) Puntone e G.d.R.

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

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

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

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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.

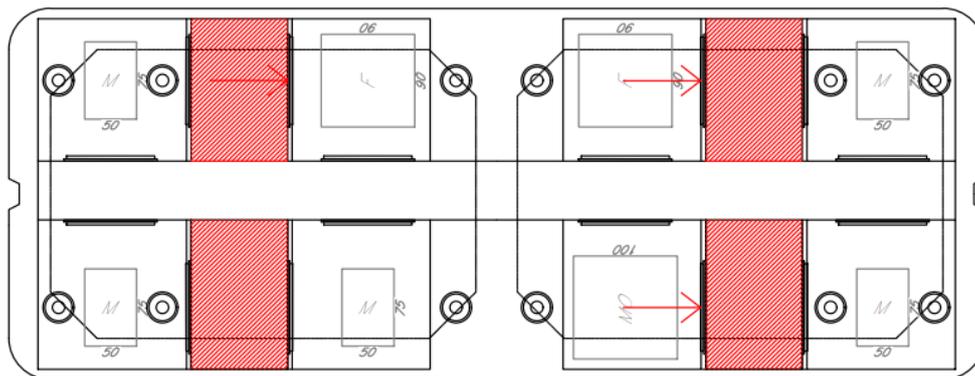


Figura 7-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

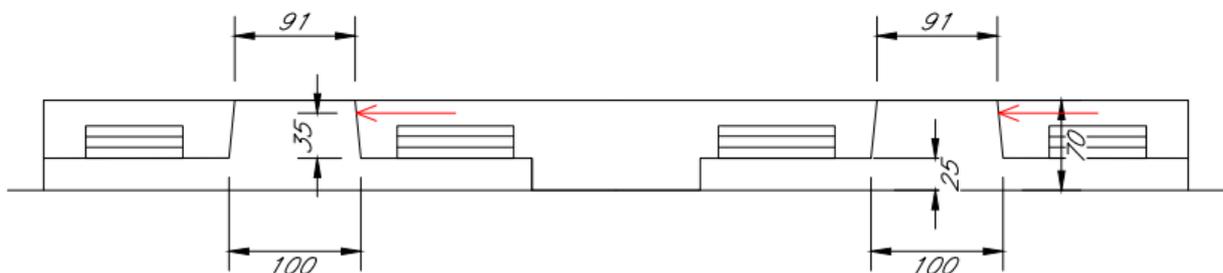


Figura 7-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

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  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

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

2) Carichi agenti

| | | | |
|--------------------|-----|------|----|
| Carico verticale | Ped | 2046 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0 | kN |

3) Geometria della mensola

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

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.8 | cm |

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

2) Puntone e G.d.R.

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

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

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

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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. 0.

Verifiche a tranciamento

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

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

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

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

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

Verifica a tranciamento (Acciaio)

| | | | |
|-------------------------------|--------|---------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | fyd | 391.30 | MPa |
| Area totale ferri | As,tot | 25484.6 | mm ² |

| | | | |
|---------------------------|-----------|--------|----|
| Resistenza a tranciamento | Vrd | 5757.5 | kN |
| Taglio agente | Ved | 4092 | kN |
| Verifica | Vrd > Ved | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | Fs | 1.41 | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | B |

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|-------------------------------|----------|---------|-----------------|
| Coeff. 1 | c | 0.2 | |
| Coeff. 2 | μ | 0.6 | |
| Resistenza a trazione cls | fctd | 1.41 | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio | fyd | 391.30 | MPa |
| Resistenza di calcolo cls | fcd | 18.13 | MPa |
| Angolo inclinazione ferri | α | 90 | ° |
| Coeff. 3 | v | 0.52 | |
| Area totale ferri | As | 25484.6 | mm ² |
| Area totale cls | Ac | 1956400 | mm ² |
| As/Ac | ρ | 0.013 | |
| Resistenza di progetto | trd | 3.34 | MPa |
| Tensione agente | ted | 2.09 | MPa |
| Verifica | Verifica | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | Fs | 1.60 | |

Verifica a compressione del cls

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

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

| | | | |
|----|------|----|---|
| b1 | 0.5 | mm | Larghezza appoggio multidirezionale trasv |
| d1 | 0.75 | mm | Larghezza appoggio multidirezionale long |
| h | 0.25 | mm | Altezza baggiolo |

| | |
|-----------|----|
| b2 < 3 b1 | ok |
| d2 < 3 d1 | ok |

| | | | |
|----|------|----|---|
| b2 | 0.75 | mm | Larghezza area diffusione direzione trasv |
| d2 | 1 | mm | Larghezza area diffusione direzione long |

| | | | |
|------|-------|-----------------|---------------------------------------|
| Ac,0 | 0.375 | mm ² | Area caricata |
| Ac,1 | 0.75 | mm ² | Area di massima diffusione del carico |

| | | | |
|-------|--------|-----|-----------------------------------|
| fcd | 18.13 | MPa | Resistenza cilindrica di progetto |
| Fr,du | 9616.7 | kN | Forza di compressione ultima |

| | | | |
|-----------|---------|----|--------------------------------------|
| Fr,du*2/3 | 6411.10 | kN | Forza di compressione ultima ridotta |
| Ned | 4623 | kN | Sforzo di compressione massimo |

| | | |
|----------|------|---------------------------|
| Verifica | ok | |
| Ft | 1.39 | Coefficiente di sicurezza |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Verifica dell'armatura di confinamento del cls

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

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

Verifica confinamento

| | | | |
|----------|---------|-----------------|-----------------|
| ϕ_w | 20 | mm | Diametro staffe |
| nbr | 4 | | Numero braccia |
| nstr | 2 | | Numero strati |
| Aw | 2513.27 | mm ² | Area staffe |

| | | | |
|----------|--------|-----------------|--|
| ϕ_w | 16 | mm | |
| nbr | 2 | | |
| nstr | 1 | | |
| Aw | 402.12 | mm ² | |

| | | | |
|----------|--------|----|--------------------------------|
| Nrd | 5704.0 | kN | Forza resistente di progetto |
| Ned | 4623 | kN | Sforzo di compressione massimo |
| Verifica | ok | | |
| Ft | 1.23 | | |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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.

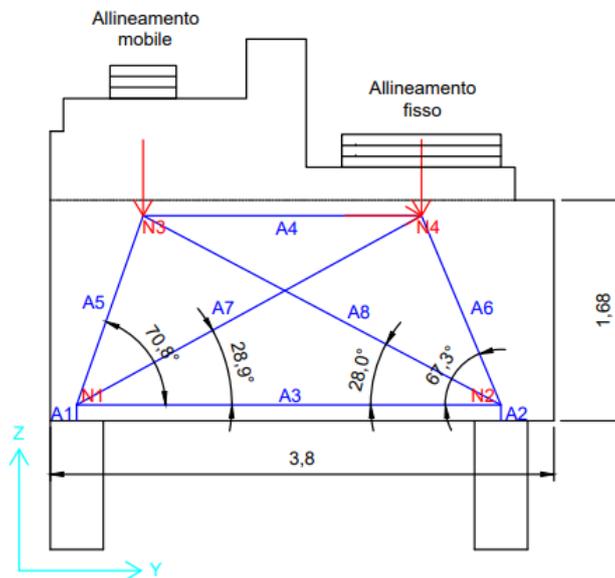


Figura 8-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

| | | |
|---|---------|--------|
| 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  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

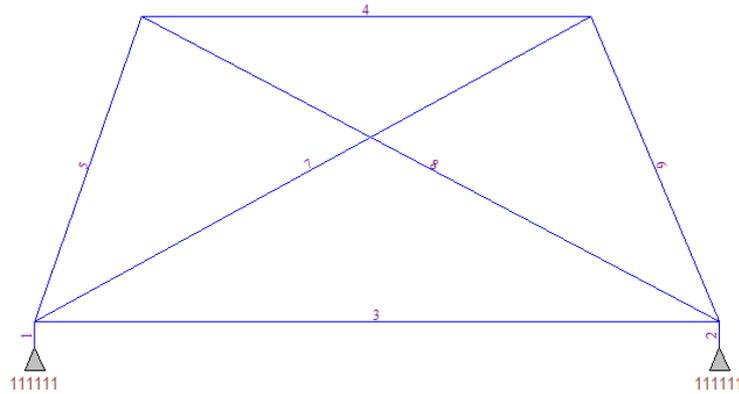


Figura 8-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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.

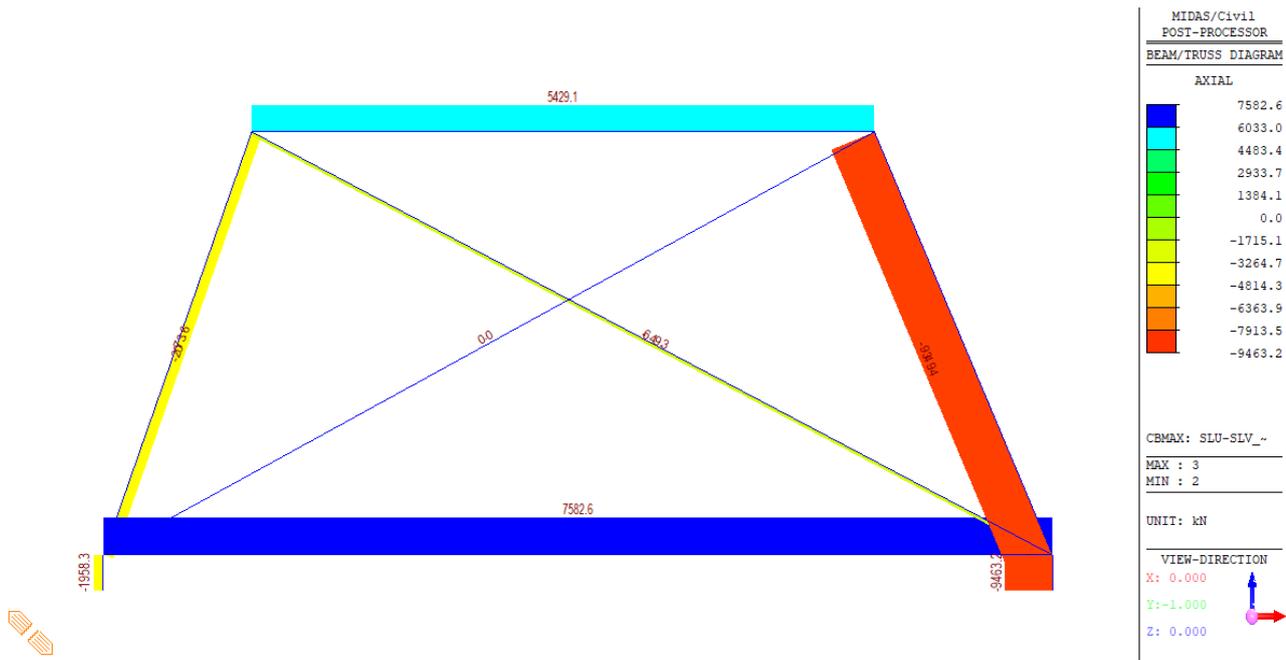


Figura 8-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

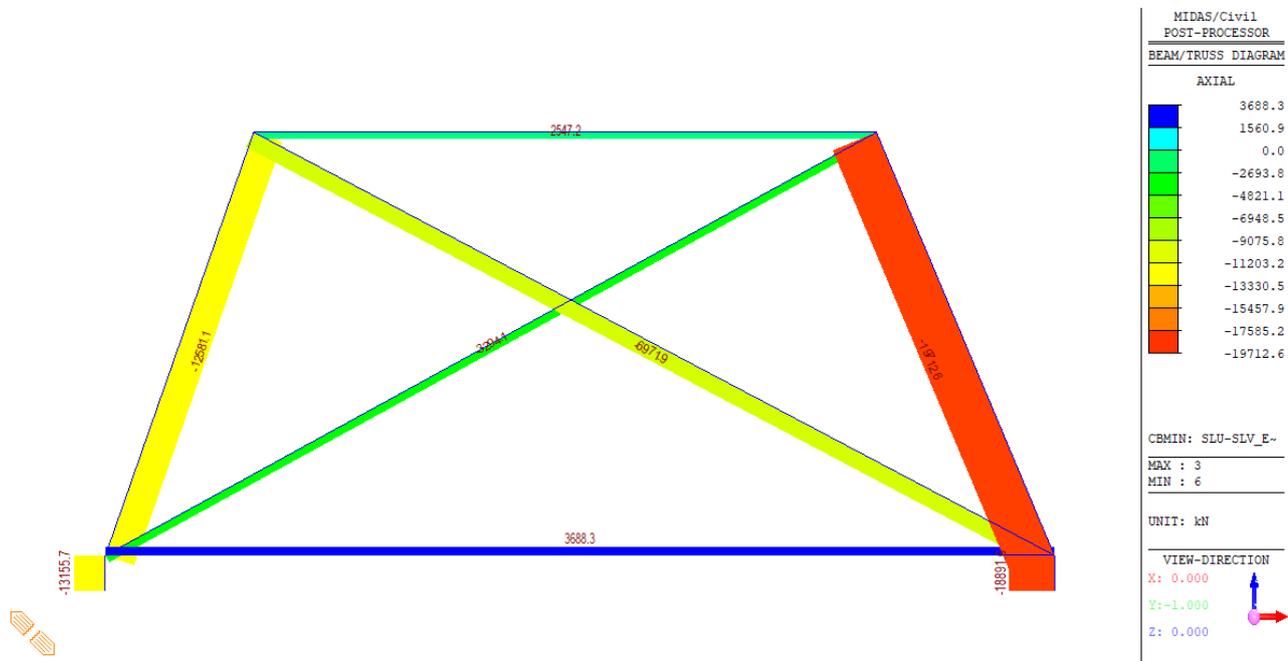


Figura 8-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

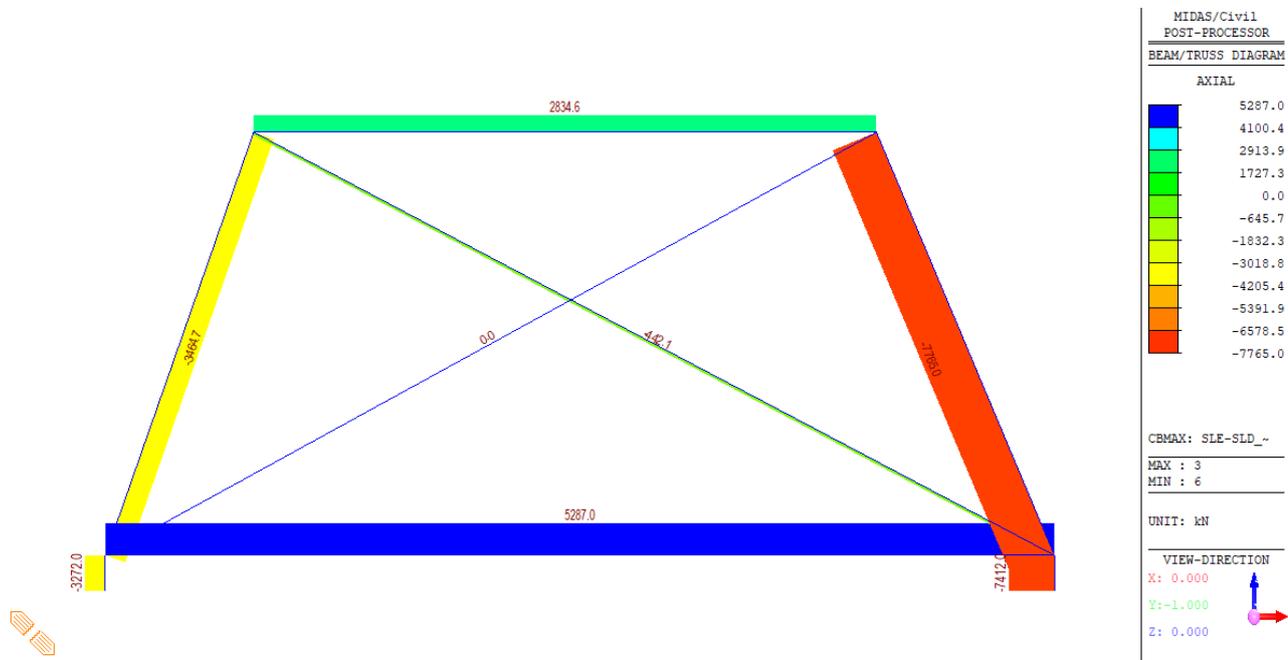


Figura 8-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

| | | | | |
|---|------------------|--|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

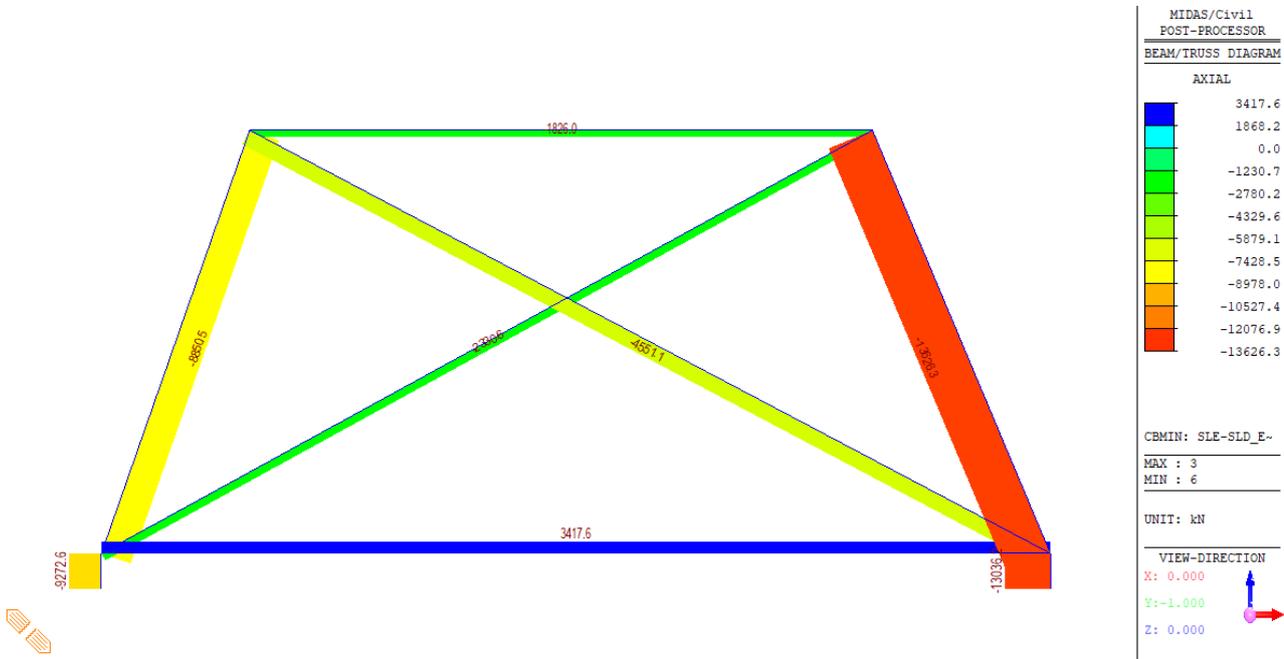


Figura 8-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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 |
|----------------|---------|--------------|----------|--------|
| Asta A3 | 7583 | 5287 | 4505 | 3267 |
| Asta A4 | 5429 | 2835 | - | - |

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

| | SLU/SLV | SLE Rara/SLD | SLE Fess | SLE Qp |
|----------------|---------|--------------|----------|--------|
| Asta A4 | -2547 | -1826 | -1487 | -1420 |
| Asta A5 | -12581 | -8851 | -7351 | -5689 |
| Asta A6 | -19713 | -13626 | -11364 | -7378 |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 B |

8.1.4 **Armatura longitudinale**

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

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

Armatura longitudinale superiore: asta A4

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

8.1.5 **Verifica dei tiranti**

Le metodologie di verifica sono descritte nel dettaglio al par. 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 ² | <i>Area totale ferri</i> |
| T_{rd} | 13197.97 | kN | <i>Forza di trazione resistente</i> |
| T_{ed} | 7582.58 | kN | <i>Forza di trazione di progetto</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.74 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

Armatura longitudinale superiore: asta A4

| | | | |
|----------|----------|-----------------|--|
| f_{yd} | 391.30 | MPa | <i>Tensione di snervamento di progetto</i> |
| A_s | 19905.13 | mm ² | <i>Area totale ferri</i> |
| T_{rd} | 7788.96 | kN | <i>Forza di trazione resistente</i> |
| T_{ed} | 5429.05 | kN | <i>Forza di trazione di progetto</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.43 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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} | 5286.97 | kN | Trazione di progetto (comb. Rara) |
| A_s | 33728.14 | mm ² | Area totale ferri |
| σ_s | 156.75 | MPa | Tensione acciaio |

| | | |
|----------|------|----------------------|
| Verifica | ok | |
| F_s | 2.15 | 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} | 4504.76 | kN | Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4) |
|----------|---------|----|--|

| | | | |
|-----------------|---------|-----------------|--|
| E_s | 210000 | MPa | Modulo elastico acciaio |
| E_{cm} | 33346 | MPa | Modulo elastico cls |
| f_{ctm} | 3.02 | MPa | Resistenza a trazione media cls |
| α_e | 6.30 | | E_s/E_{cm} |
| k_t | 0.4 | | Fattore per la durata del carico |
| A_s | 33728.1 | mm ² | Area di acciaio teso |
| σ_s | 133.6 | MPa | Tensione nell'armatura tesa |
| h | 1.68 | m | Altezza pulvino |
| b | 9.4 | m | Larghezza pulvino direzione trasversale |
| c^* | 0.087 | m | Distanza intradosso pulvino - asse tirante |
| d | 1.593 | m | Altezza utile |
| $h_{c,ef}$ | 0.2175 | m | Altezza dell'area efficace di cls teso |
| $A_{c,eff}$ | 2.04 | m ² | Area efficace di cls teso attorno all'armatura |
| ρ_{eff} | 0.016 | | Rapporto geometrico d'armatura |
| ϵ_{sm} | 0.00038 | | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura |

| | | | |
|---------------|-------|----|---------------------------------------|
| k_1 | 0.8 | | Barre ad aderenza migliorata |
| k_2 | 0.50 | | Flessione |
| k_3 | 3.4 | | |
| k_4 | 0.425 | | |
| c | 0.05 | m | Ricoprimento dell'armatura |
| ϕ | 24 | mm | Diametro armatura |
| Δ_{sm} | 245.5 | mm | Distanza media tra le fessure |
| w_k | 0.159 | 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  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

8.1.6 Verifiche dei puntoni

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

8.1.6.1 Verifica SLU

Viene riportata esclusivamente la verifica SLU del puntone compresso maggiormente sollecitato (asta A6). Il calcolo dettagliato della larghezza longitudinale del puntone oggetto della verifica è riportato nel par. 8.1.7. La tensione di progetto dei puntoni di cls con la presenza di tensioni trasversali di trazione, in accordo a quanto riportato nell'EC2, è pari a: $\sigma_{Rd,max} = 0.6 v' f_{cd}$.

| | | | |
|-----------------|------------|-----------------|--|
| N _{ed} | -19712.57 | kN | Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV) |
| a | 435.39 | mm | Larghezza direzione long. |
| b | 9400 | mm | Larghezza direzione trasv. |
| A | 4092661.70 | mm ² | Area puntone |
| σ _c | 4.82 | MPa | Tensione di compressione agente |
| f _{cd} | 9.49 | MPa | Resistenza di progetto del cls |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.97 | | 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 ² | Area puntone |
| N _{ed} | -7765.0 | kN | Forza di compressione agente (comb. Rara) |
| σ _c | 1.90 | MPa | Tensione di compressione agente |
| 0.55 f _{ck} | 17.60 | MPa | Resistenza di progetto del cls |
| Verifica | ok | | |
| FS | 9.28 | | Fattore di sicurezza |

| | | | |
|----------------------|---------|-----|---|
| N _{ed} | -7377.8 | kN | Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente) |
| σ _c | 1.80 | MPa | Tensione di compressione agente |
| 0.40 f _{ck} | 12.80 | MPa | Resistenza di progetto del cls |
| Verifica | ok | | |
| FS | 7.10 | | Fattore di sicurezza |

| | | | | | |
|---|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

8.1.7 Verifiche dei nodi

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

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

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

Geometria nodo

| | | | |
|--------------|-----|----|--|
| $C_{,netto}$ | 50 | mm | Copriferro netto |
| ϕ_w | 24 | mm | Diametro eventuale ferro altra direzione |
| $\phi_{t,t}$ | 24 | mm | Diametro tirante |
| c^* | 62 | mm | Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1) |
| i_v | 24 | mm | Interferro verticale |
| s | 48 | mm | Distanza due strati di tiranti |
| u | 172 | mm | Spessore complessivo tirante |

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

| | Inclinazione asta | Larghezza Long | Larghezza Trasv | Area nodo |
|------|-------------------|----------------|-----------------|----------------------|
| Asta | θ (rad) | a (mm) | b (mm) | A (mm ²) |
| A6 | 1.17 | 435.39 | 9400 | 4092661.7 |
| A8 | 0.49 | 339.66 | 9400 | 3192762.7 |
| A2 | 1.57 | 400.00 | 9400 | 3760000 |

Verifica

| Nodo 2 | | | | | | |
|----------|----------|----------------------|------------------|---------------------|----------|------------|
| Elemento | N (kN) | A (mm ²) | σ_c (MPa) | σ_{Rd} (MPa) | Verifica | γ_s |
| A6 | -19712.6 | 4092661.701 | 4.82 | 13.44 | ok | 2.79 |
| A8 | -6971.9 | 3192762.744 | 2.18 | 13.44 | ok | 6.15 |
| A2 | -18891.6 | 3760000 | 5.02 | 13.44 | ok | 2.68 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

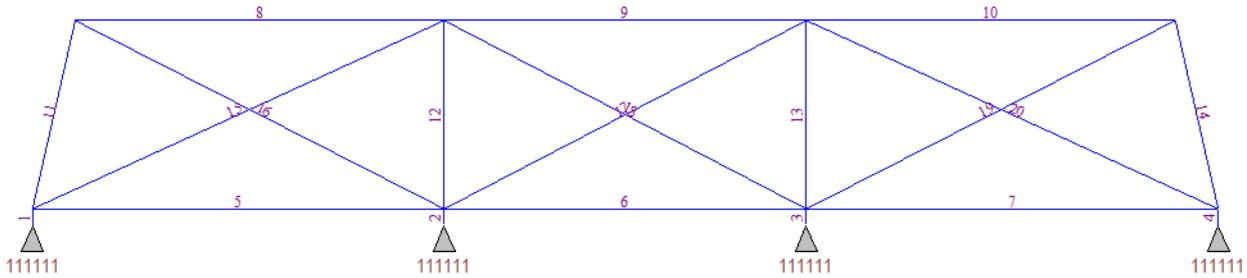


Figura 8-8: Prospetto del modello agli elementi finiti

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.

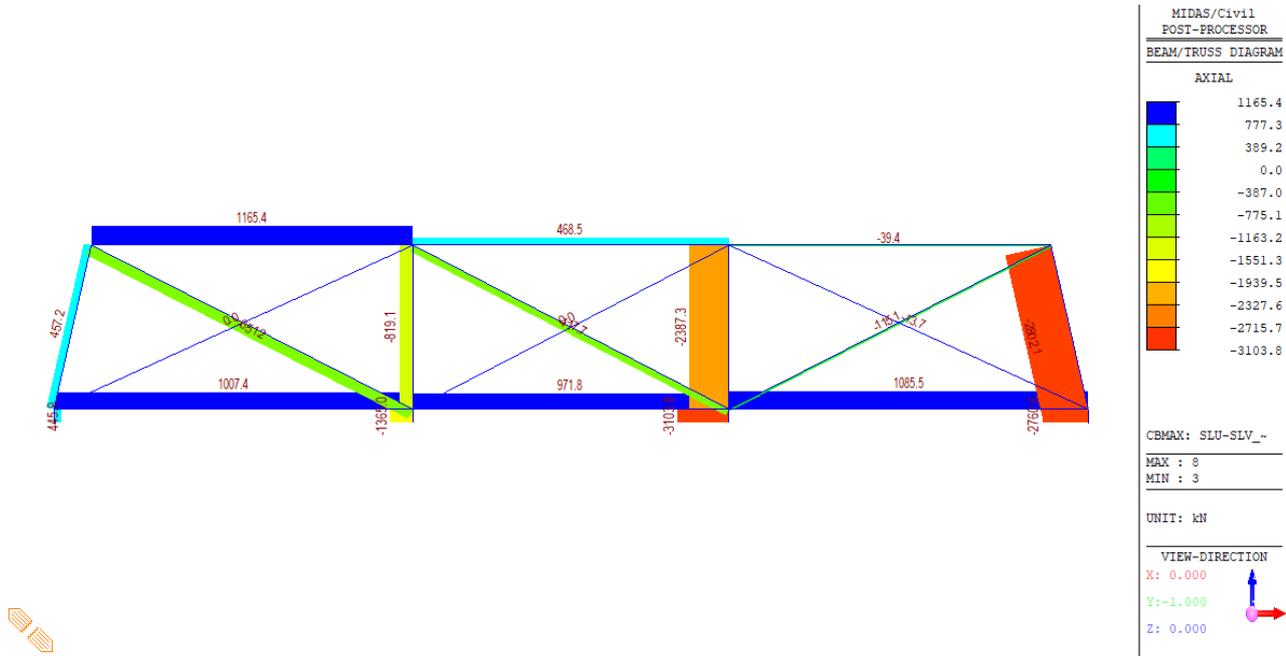


Figura 8-9: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

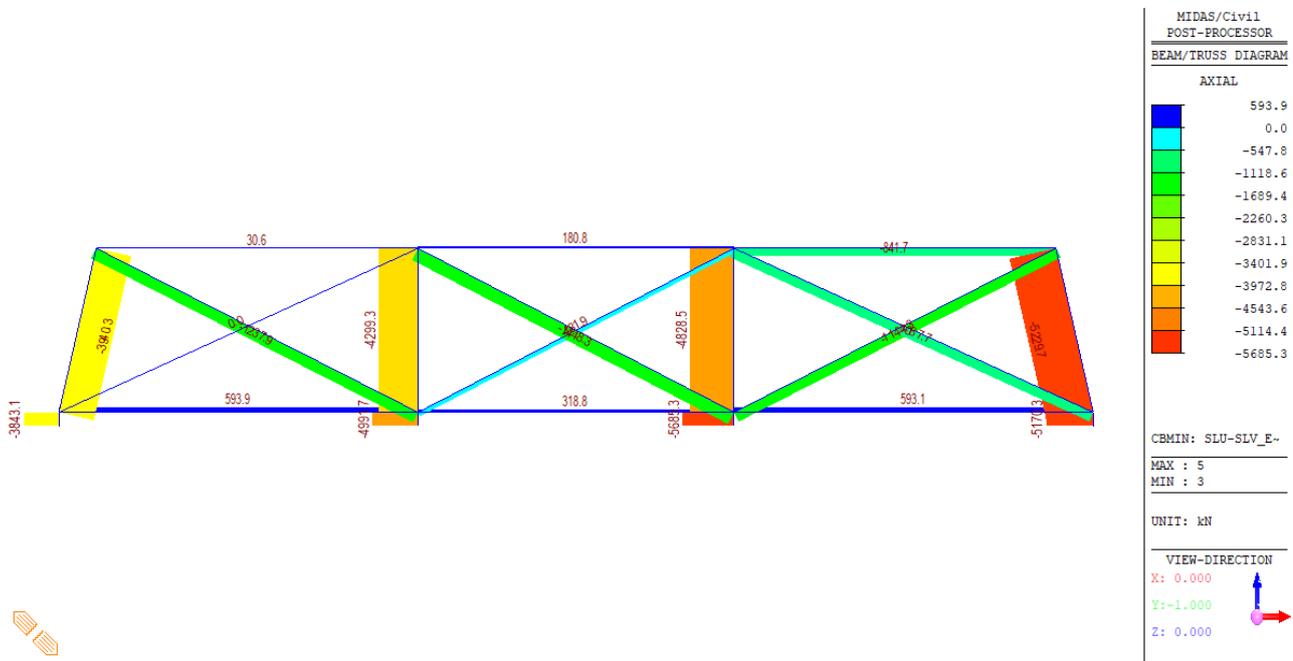


Figura 8-10: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

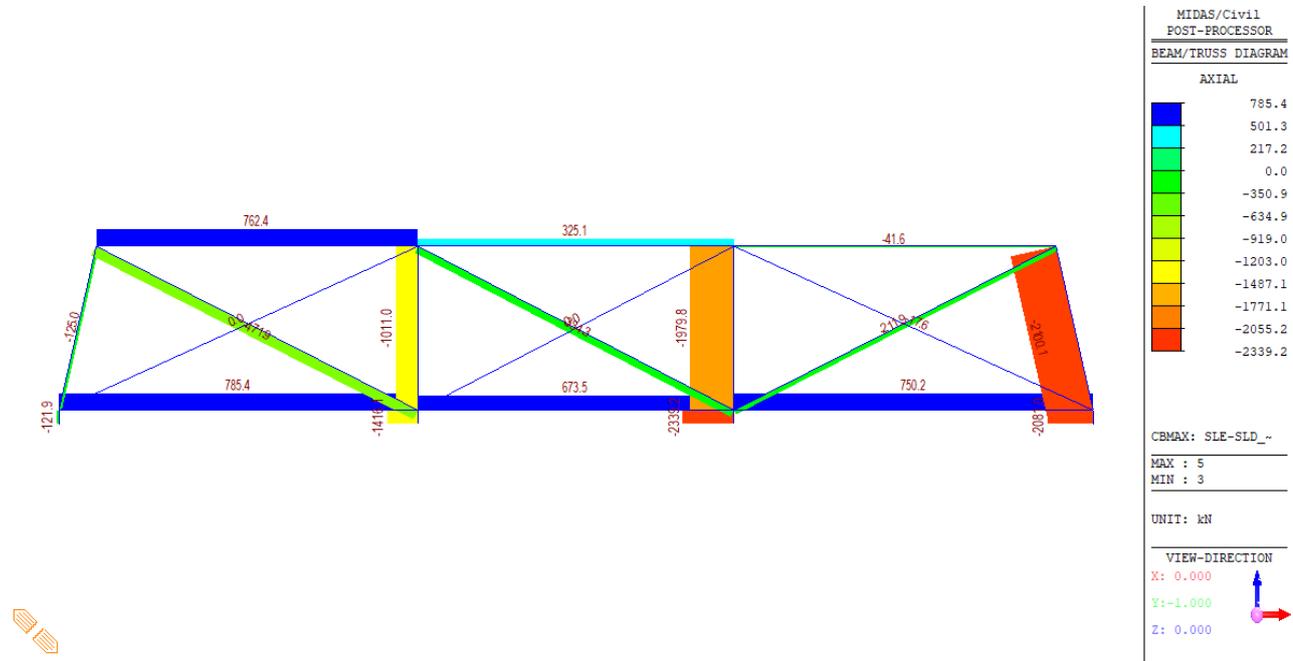


Figura 8-11: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

| | | | | |
|--|--|--|-------------|----------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 |
| | | | | B |

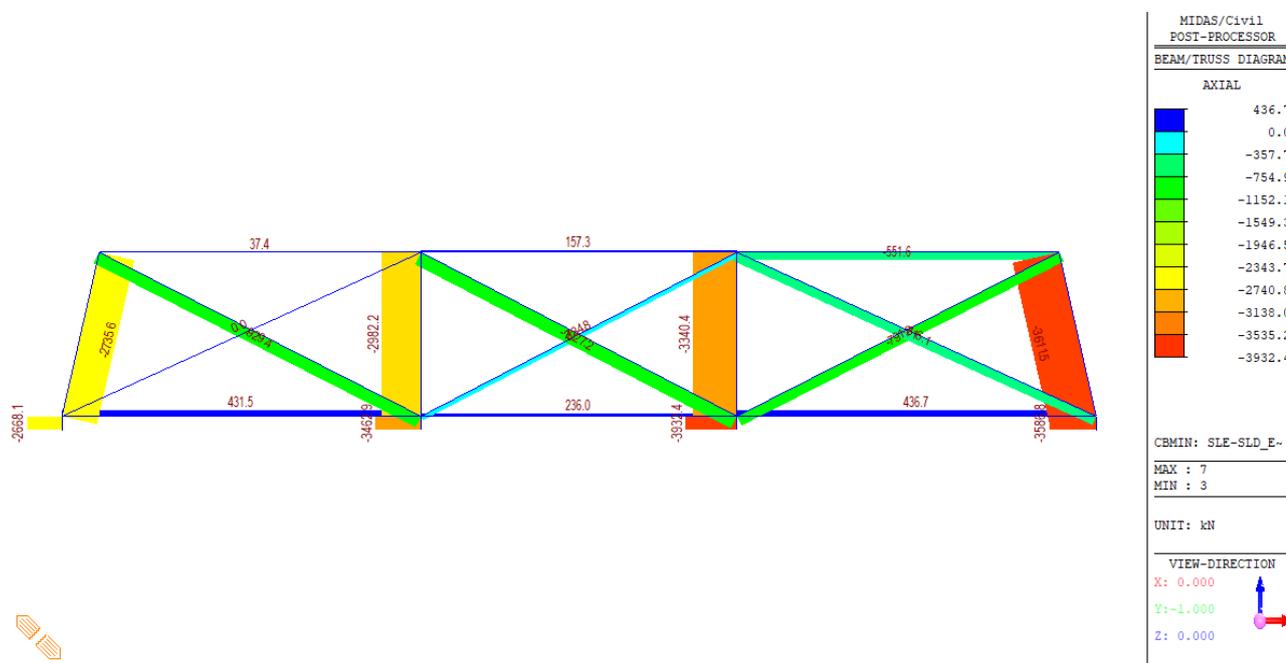


Figura 8-12: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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 |
|--------------------------|---------|--------------|----------|--------|
| Tirante inferiore | 1085 | 785 | 637 | 383 |
| Tirante superiore | 1165 | 762 | 267 | 196 |

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 |
|--|---------|--------------|----------|--------|
| Max Montanti A1-A2-A3-A4 | -5685 | -3932 | -3348 | -2086 |
| Max Montanti A11-A12-A13-A14 | -5230 | -3612 | -2838 | -1786 |
| Max Diagonali A15-A16-A17-A18-A19-A20 | -1448 | -1027 | -666 | -427 |
| Max Elementi Superiori A8-A9-A10 | -842 | -552 | -89 | -4 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

8.2.4 **Armatura trasversale**

Armatura trasversale inferiore

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

Armatura trasversale superiore

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

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 _{yd} | 391.30 | MPa | <i>Tensione di snervamento di progetto</i> |
| A _s | 8143.01 | mm ² | <i>Area totale ferri</i> |
| Tr _d | 3186.39 | kN | <i>Forza di trazione resistente</i> |
| T _{ed} | 1085.47 | kN | <i>Forza di trazione di progetto</i> |
| Verifica FS | ok 2.94 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

Armatura trasversale superiore

| | | | |
|-----------------|------------|-----------------|--|
| f _{yd} | 391.30 | MPa | <i>Tensione di snervamento di progetto</i> |
| A _s | 4071.50 | mm ² | <i>Area totale ferri</i> |
| Tr _d | 1593.19 | kN | <i>Forza di trazione resistente</i> |
| T _{ed} | 1165.42 | kN | <i>Forza di trazione di progetto</i> |
| Verifica FS | ok 1.37 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 | 785.35 | kN | Trazione di progetto (comb. Rara) |
| As | 8143.01 | mm ² | Area totale ferri |
| σs | 96.44 | MPa | Tensione acciaio |

| | | |
|----------|------|----------------------|
| Verifica | ok | |
| Fs | 3.50 | 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 | 636.52 | kN | Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4) |
|-----|--------|----|--|

| | | | |
|------|--------|-----|----------------------------------|
| Es | 210000 | MPa | Modulo elastico acciaio |
| Ecm | 33346 | 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 | 8143.0 | mm ² | Area di acciaio teso |
| σs | 78.2 | MPa | Tensione nell'armatura tesa |
| h | 1.68 | m | Altezza pulvino |
| b | 1.8 | m | Metà larghezza pulvino direzione trasversale |
| c* | 0.11 | m | Distanza intradosso pulvino - asse tirante |
| d | 1.57 | m | Altezza utile |
| hc,ef | 0.275 | m | Altezza dell'area efficace di cls teso |
| Ac,eff | 0.50 | m ² | Area efficace di cls teso attorno all'armatura |
| peff | 0.016 | | Rapporto geometrico d'armatura |

| | | | |
|-----|---------|--|--|
| εsm | 0.00022 | | Deformazione unitaria media delle barre d'armatura |
|-----|---------|--|--|

| | | | |
|-----|---------|----|-------------------------------|
| k1 | 0.8 | | Barre ad aderenza migliorata |
| ε1 | 0.00037 | | Deformazione barre inferiori |
| ε2 | 0.00031 | | Deformazione barre superiori |
| k2 | 0.92 | | Trazione eccentrica |
| k3 | 3.4 | | |
| k4 | 0.425 | | |
| c | 0.05 | m | Ricoprimento dell'armatura |
| φ | 24 | mm | Diametro armatura |
| Δsm | 370.6 | mm | Distanza media tra le fessure |

| | | | | |
|---|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 B |

| | | | |
|------|-------|----|--|
| wk | 0.141 | mm | <i>Ampiezza caratteristica delle fessure</i> |
| wmax | 0.2 | mm | <i>Ampiezza limite delle fessure</i> |
| FS | 1.42 | | <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). 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 | -5685.3 | kN | <i>Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)</i> |
| a | 400.0 | mm | <i>Larghezza direzione trasv.</i> |
| b | 1900 | mm | <i>Larghezza direzione long.</i> |
| A | 760000 | mm ² | <i>Area puntone</i> |
| σc | 7.48 | MPa | <i>Tensione di compressione agente</i> |
| σ _{Rd,max} | 9.49 | MPa | <i>Resistenza di progetto del cls</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.27 | | <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 ² | <i>Area puntone</i> |
| Ned | -3932.4 | kN | <i>Forza di compressione agente (comb. Rara)</i> |
| σc | 5.17 | MPa | <i>Tensione di compressione agente</i> |
| 0.55 fck | 17.60 | MPa | <i>Resistenza di progetto del cls</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 3.40 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

| | | | |
|----------|----------|-----|--|
| Ned | -2085.80 | kN | <i>Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)</i> |
| σc | 2.74 | MPa | <i>Tensione di compressione agente</i> |
| 0.40 fck | 12.80 | MPa | <i>Resistenza di progetto del cls</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 4.66 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 |
| ϕ_w | 24 | mm | Diametro eventuale ferro altra direzione |
| $\phi_{t,t}$ | 24 | mm | Diametro tirante |
| c* | 86 | mm | Distanza bordo pulvino - asse tirante inferiore (strato 1) |
| i,v | 24 | mm | Interferro verticale |
| s | 48 | mm | Distanza due strati di tiranti |
| u | 220 | mm | Spessore complessivo tirante |

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

| | Inclinazione asta | Larghezza Trasv | Larghezza Long | Area nodo |
|-----------|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| Asta | θ (rad) | a (mm) | b (mm) | A (mm ²) |
| A11 – A14 | 1.35 | 438.69 | 1900 | 833511.69 |
| A15 – A20 | 0.43 | 367.02 | 1900 | 697335.39 |
| A1- A4 | 1.57 | 400.00 | 1900 | 760000 |

Verifiche

| Nodo 4 | | | | | | |
|----------|----------|----------------------|------------------|---------------------|----------|------------|
| Elemento | N (kN) | A (mm ²) | σ_c (MPa) | σ_{Rd} (MPa) | Verifica | γ_s |
| A14 | -5229.68 | 833511.6914 | 6.27 | 13.44 | ok | 2.14 |
| A20 | -1087.68 | 697335.3943 | 1.56 | 13.44 | ok | 8.62 |
| A4 | -5170.35 | 760000 | 6.80 | 13.44 | ok | 1.98 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 | θ (rad) | a (mm) | b (mm) | A (mm ²) |
| A16 – A17 – A18 – A19 | 0.47 | 378.29 | 1900 | 718747.05 |
| A2 – A3 – A12 – A13 | 1.57 | 400.00 | 1900 | 760000 |

Verifiche

| Nodo 3 | | | | | | |
|----------|----------|----------------------|------------------|---------------------|----------|------------|
| Elemento | N (kN) | A (mm ²) | σ_c (MPa) | σ_{Rd} (MPa) | Verifica | γ_s |
| A18 | -1448.26 | 718747.05 | 2.01 | 13.44 | ok | 6.67 |
| A13 | -4828.55 | 760000 | 6.35 | 13.44 | ok | 2.12 |
| A19 | -1144.29 | 718747.05 | 1.59 | 13.44 | ok | 8.44 |
| A3 | -5685.27 | 760000 | 7.48 | 13.44 | ok | 1.80 |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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).

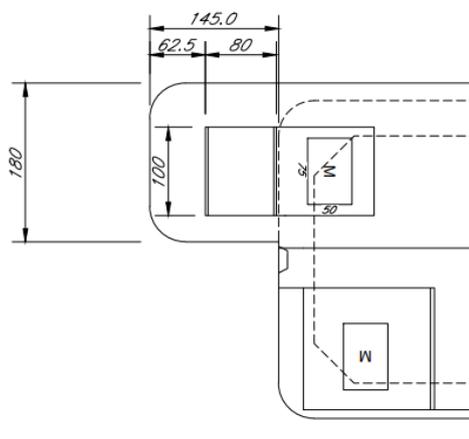


Figura 8-13: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato in Misto

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 3677 kN, come si può dedurre dalle tabelle del par. 5.1. **Tale valore è pari alla metà del massimo taglio sismico trasversale estradosso pulvino con $q=1.5$ ($7354/2=3677$ kN).*****

| | | | |
|----------|--------|-----|--|
| T_{ed} | 3677 | kN | Taglio di progetto dal singolo ritegno trasversale |
| f_{yd} | 391.30 | MPa | Resistenza di calcolo acciaio |

| | | | |
|-------------|---------|-----------------|-----------------------------------|
| $A_{s,min}$ | 9396.78 | mm ² | Area minima di acciaio necessaria |
|-------------|---------|-----------------|-----------------------------------|

| | | | |
|------------|---------|-----------------|----------------------------|
| ϕ | 24 | mm | Diametro |
| n per fila | 10 | | Numero di ferri per strato |
| n file | 1 | | Numero di strati |
| ϕ | 26 | mm | Diametro |
| n per fila | 10 | | Numero di ferri per strato |
| n file | 1 | | Numero di strati |
| A_s | 9833.19 | mm ² | |
| F_s | 1.05 | | Fattore di sicurezza |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 0.36m 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.

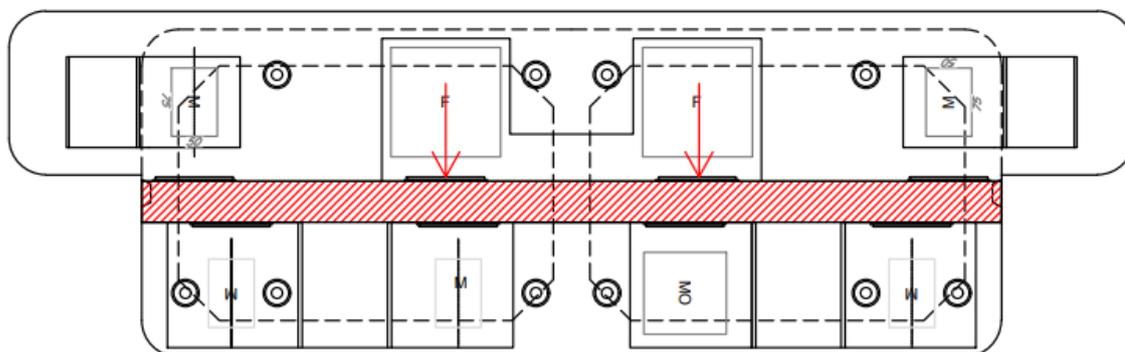


Figura 8-14: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

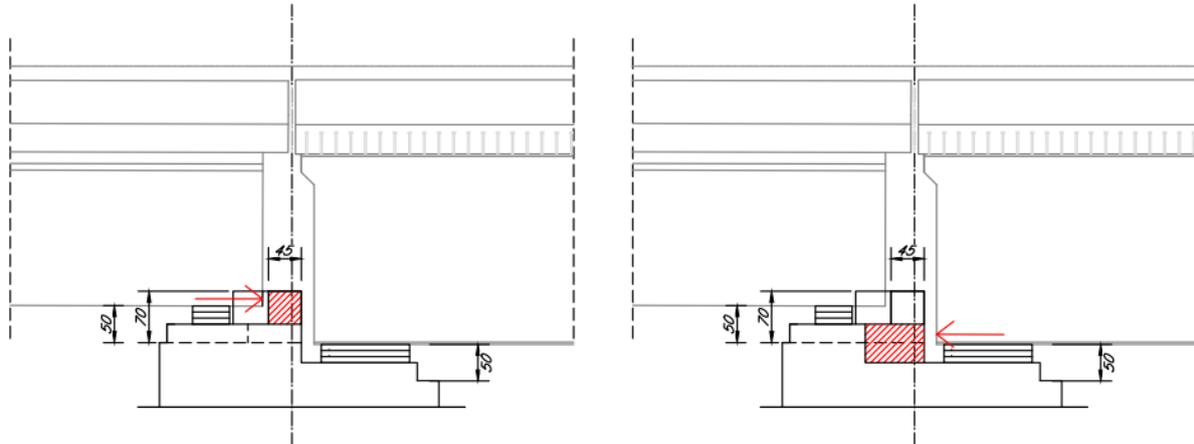


Figura 8-15: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto) a) Allineamento fisso lato impalcato C.A.P.; b) Allineamento fisso lato impalcato in Misto

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 | 360 | 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 | 299 | mm |
| Braccio delle forze interne (0.9d) | z | 269.1 | mm |
| Proiezione orizzontale del puntone | l | 409.8 | mm |
| ctg ψ | λ | 1.523 | |
| Inclinazione puntone | ψ | 0.581 | rad |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

| | | | |
|-----------------------------------|-----------|----------|-----------------|
| Diametro dell'armatura principale | φ | 22 | mm |
| Numero di barre per strato | n strato | 92 | |
| Numero strati | strati | 1 | |
| Numero totale di barre | n tot | 92 | |
| Area barre | As | 34972.21 | mm ² |
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.8 | cm |

| | | | |
|---------------------------|---------|---------|----|
| Resistenza tirante | PRs | 8986.27 | 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 | 9213.18 | kN |
| Verifica | PRc>Ped | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | Fc | 1.31 | |
| Gerarchia delle resistenze | PRc>PRs | ok | |

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

| | | | |
|-------------------------------|----------------------|----------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| Area totale ferri | As,tot | 69944.42 | mm ² |
| Resistenza a tranciamento | V _{rd} | 15801.82 | kN |
| Verifica | V _{rd} >Ped | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | F _t | 2.25 | |

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|-------------------------------|------------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1 | c | 0.2 | |
| Coeff. 2 | μ | 0.6 | |
| Resistenza a trazione cls | f _{ctd} | 1.41 | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| Resistenza di calcolo cls | f _{cd} | 18.13 | MPa |
| Angolo inclinazione ferri | α | 90 | ° |
| Coeff. 3 | v | 0.52 | |
| Area totale ferri | As | 69944 | mm ² |
| Area totale cls | Ac | 3384000 | mm ² |
| As/Ac | ρ | 0.021 | |
| Resistenza di progetto | tr _d | 4.74 | MPa |
| Tensione agente | te _d | 2.08 | MPa |

| | | | | |
|--|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | B |

| | | |
|---------------------------|----------|------|
| Verifica | Verifica | ok |
| Coefficiente di sicurezza | Fs | 2.28 |

Verifiche ritegno longitudinale – Fisso Lato impalcato Misto 4 travi

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

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

2) Carichi agenti

| | | | |
|--------------------|-----|------|----|
| Carico verticale | Ped | 8444 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0 | kN |

3) Geometria della mensola

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

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.8 | cm |

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

2) Puntone e G.d.R.

| | | | |
|--|---------|----------|----|
| <i>In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1</i> | c | 1.5 | |
| <i>Resistenza puntone</i> | PRc | 46036.11 | kN |
| <i>Verifica</i> | PRc>Ped | ok | |
| <i>Coefficiente di sicurezza</i> | Fc | 5.45 | |
| <i>Gerarchia delle resistenze</i> | PRc>PRs | ok | |

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

| | | | |
|--------------------------------------|--------------------|----------|-----------------|
| <i>Resistenza di calcolo acciaio</i> | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| <i>Area totale ferri</i> | A _{s,tot} | 69944.42 | mm ² |

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

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|--------------------------------------|------------------|---------|-----------------|
| <i>Coeff. 1</i> | c | 0.2 | |
| <i>Coeff. 2</i> | μ | 0.6 | |
| <i>Resistenza a trazione cls</i> | f _{ctd} | 1.41 | MPa |
| <i>Resistenza di calcolo acciaio</i> | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| <i>Resistenza di calcolo cls</i> | f _{cd} | 18.13 | MPa |
| <i>Angolo inclinazione ferri</i> | α | 90 | ° |
| <i>Coeff. 3</i> | v | 0.52 | |
| <i>Area totale ferri</i> | A _s | 69944 | mm ² |
| <i>Area totale cls</i> | A _c | 7520000 | mm ² |
| <i>As/Ac</i> | ρ | 0.009 | |
| <i>Resistenza di progetto</i> | τ _{rd} | 2.47 | MPa |
| <i>Tensione agente</i> | τ _{ed} | 1.12 | MPa |
| <i>Verifica</i> | Verifica | ok | |
| <i>Coefficiente di sicurezza</i> | F _s | 2.20 | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 al taglio trasversale in combinazione sismica dell'appoggio unidirezionale:

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

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

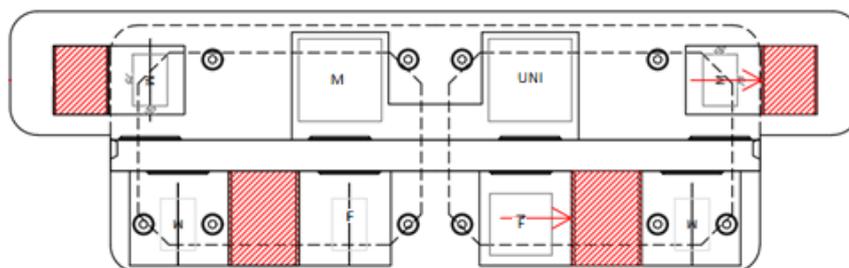


Figura 8-16: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

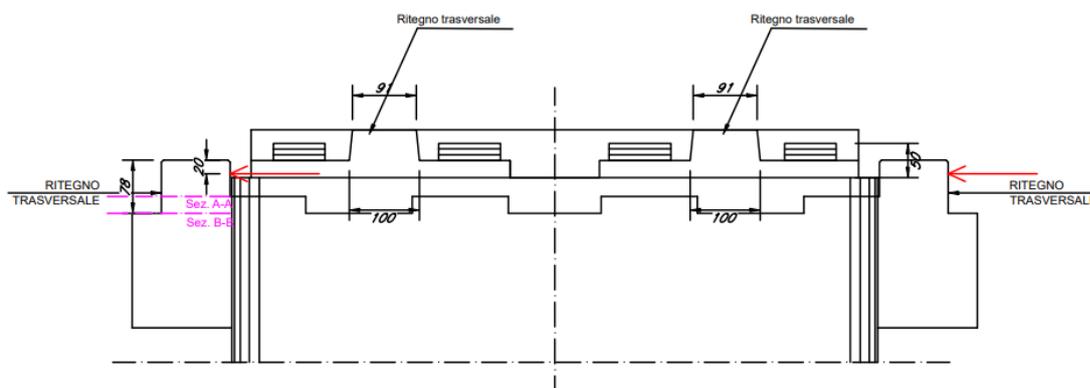


Figura 8-17: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | B |

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

Sez. A-A

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

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

2) Carichi agenti

| | | | |
|--------------------|-----|------|----|
| Carico verticale | Ped | 4735 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0 | kN |

3) Geometria della mensola

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

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.0 | cm |

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 | ok | |

Sez. B-B

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

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

2) Carichi agenti

| | | | |
|--------------------|-----|------|----|
| Carico verticale | Ped | 4735 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0 | kN |

3) Geometria della mensola

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

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.4 | 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 IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 | ok | |

Verifiche a tranciamento

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

Verifica a tranciamento (Acciaio)

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

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

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|-------------------------------|------------------|----------|-----------------|
| Coeff. 1 | c | 0.2 | |
| | μ | 0.6 | |
| Resistenza a trazione cls | f _{ctd} | 1.41 | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| Resistenza di calcolo cls | f _{cd} | 18.13 | MPa |
| Angolo inclinazione ferri | α | 90 | ° |
| Coeff. 3 | v | 0.52 | |
| Area totale ferri | A _s | 29845.13 | mm ² |
| Area totale cls | A _c | 1000000 | mm ² |
| As/Ac | ρ | 0.030 | |
| Resistenza di progetto | τ_{rd} | 7.29 | MPa |
| Tensione agente | τ_{ed} | 4.74 | MPa |
| Verifica | Verifica | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | F _s | 1.54 | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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: $V_{Ed} = 4735 \text{ kN}$.

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

Verifica a tranciamento (Acciaio)

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|-------------------------------|-----------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1 | c | 0.2 | |
| Coeff. 2 | μ | 0.6 | |
| Resistenza a trazione cls | fctd | 1.41 | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| Resistenza di calcolo cls | f _{cd} | 18.13 | MPa |
| Angolo inclinazione ferri | α | 90 | ° |
| Coeff. 3 | v | 0.52 | |
| Area totale ferri | A _s | 26015.5 | mm ² |
| Area totale cls | A _c | 2100000 | mm ² |
| As/Ac | ρ | 0.012 | |
| Resistenza di progetto | trd | 3.19 | MPa |
| Tensione agente | ted | 2.25 | MPa |
| Verifica | Verifica | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | F _s | 1.42 | |

Verifica a compressione del cls

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

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

| | | | | | |
|-----------------|--------|-----------------|---|-----------|----|
| b1 | 0.5 | mm | Larghezza appoggio multidirezionale trasv | b2 < 3 b1 | ok |
| d1 | 0.75 | mm | Larghezza appoggio multidirezionale long | d2 < 3 d1 | ok |
| h | 0.25 | mm | Altezza baggiolo | | |
| b2 | 0.75 | mm | Larghezza area diffusione direzione trasv | | |
| d2 | 1 | mm | Larghezza area diffusione direzione long | | |
| Ac,0 | 0.375 | mm ² | Area caricata | | |
| Ac,1 | 0.75 | mm ² | Area di massima diffusione del carico | | |
| f _{cd} | 18.13 | MPa | Resistenza cilindrica di progetto | | |
| Fr,du | 9616.7 | kN | Forza di compressione ultima | | |
| Fr,du*(2/3) | 6411 | kN | Forza di compressione ultima ridotta | | |
| Ned | 6028 | kN | Sforzo di compressione massimo | | |
| Verifica | ok | | | | |
| F _t | 1.06 | | Coefficiente di sicurezza | | |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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

| | | |
|----------|-----------|-----------------|
| ϕ_w | 20 | mm |
| nbr | 4 | |
| nstr | 2 | |
| Aw | 2513.27 | mm ² |

Diametro staffe
Numero braccia
Numero strati
Area staffe

| | | |
|----------|-----------|-----------------|
| ϕ_w | 20 | mm |
| nbr | 2 | |
| nstr | 1 | |
| Aw | 628.32 | mm ² |

| | | |
|-------------|-----------|----|
| Nrd | 6147 | kN |
| Ned | 6028 | kN |
| Verifica Ft | ok | |
| | 1.02 | |

Forza resistente di progetto
Sforzo di compressione massimo

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

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.

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

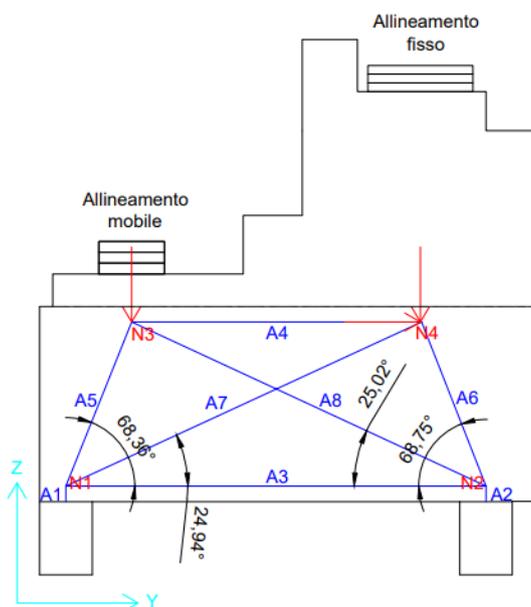


Figura 9-1: Modello a traliccio di puntoni e tiranti (direzione longitudinale)

| | | |
|---|---------|--------|
| 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 |

9.1.2 Modellazione agli elementi finiti

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Si riporta di seguito una un prospetto del modello realizzato.

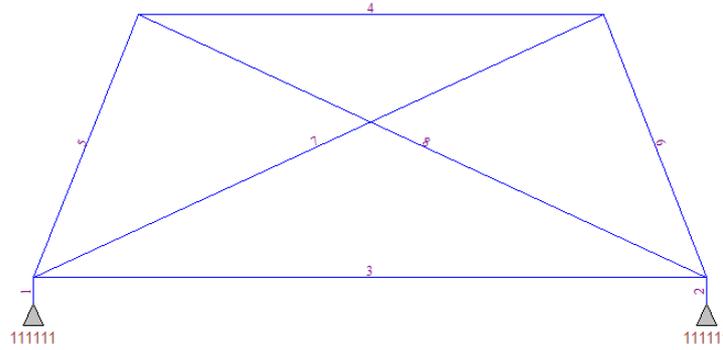


Figura 9-2: Prospetto del modello agli elementi finiti

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

9.1.3 Sollecitazioni

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

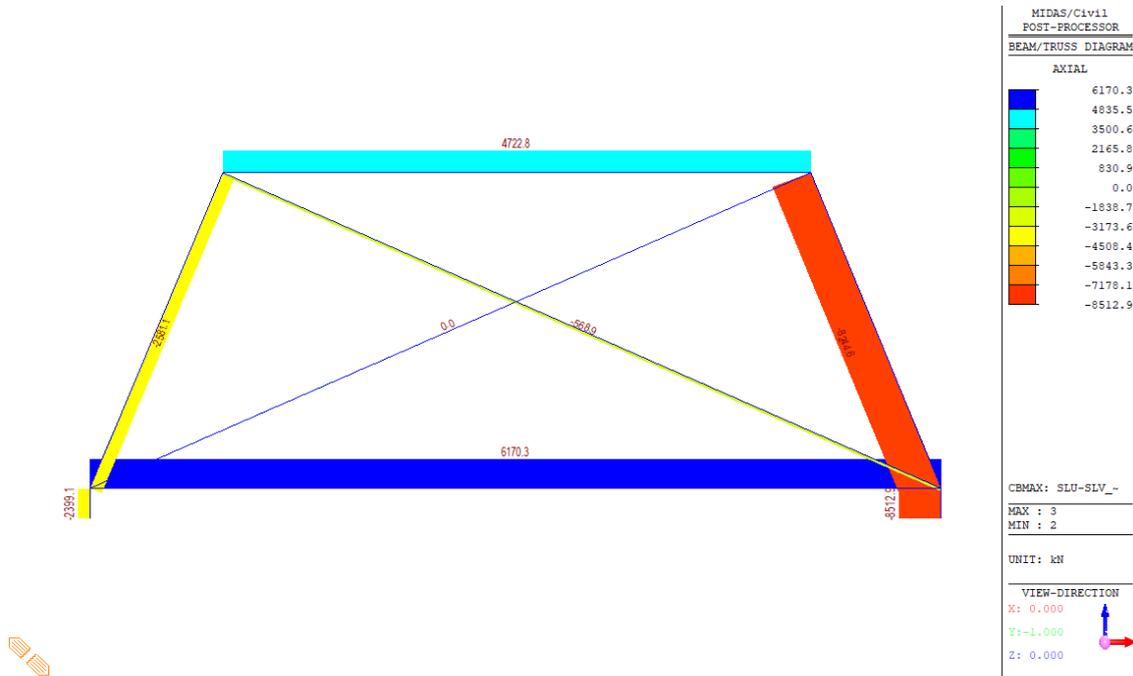


Figura 9-3: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Max)

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

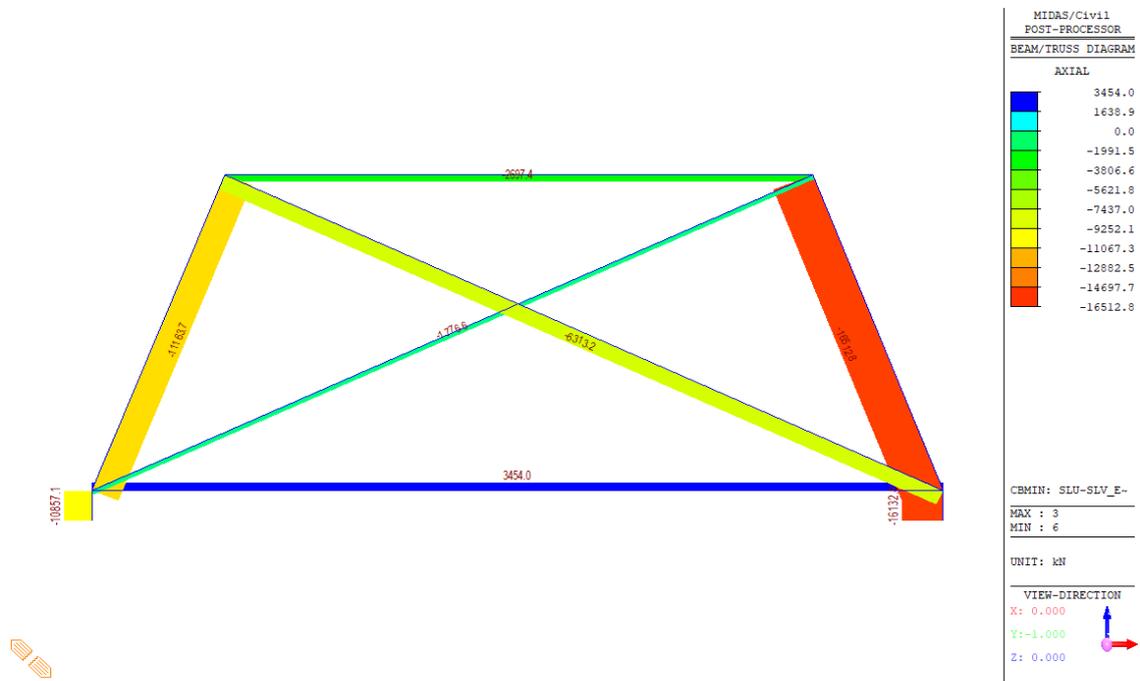


Figura 9-4: Sforzo assiale – Involuppo SLU-SLV (Min)

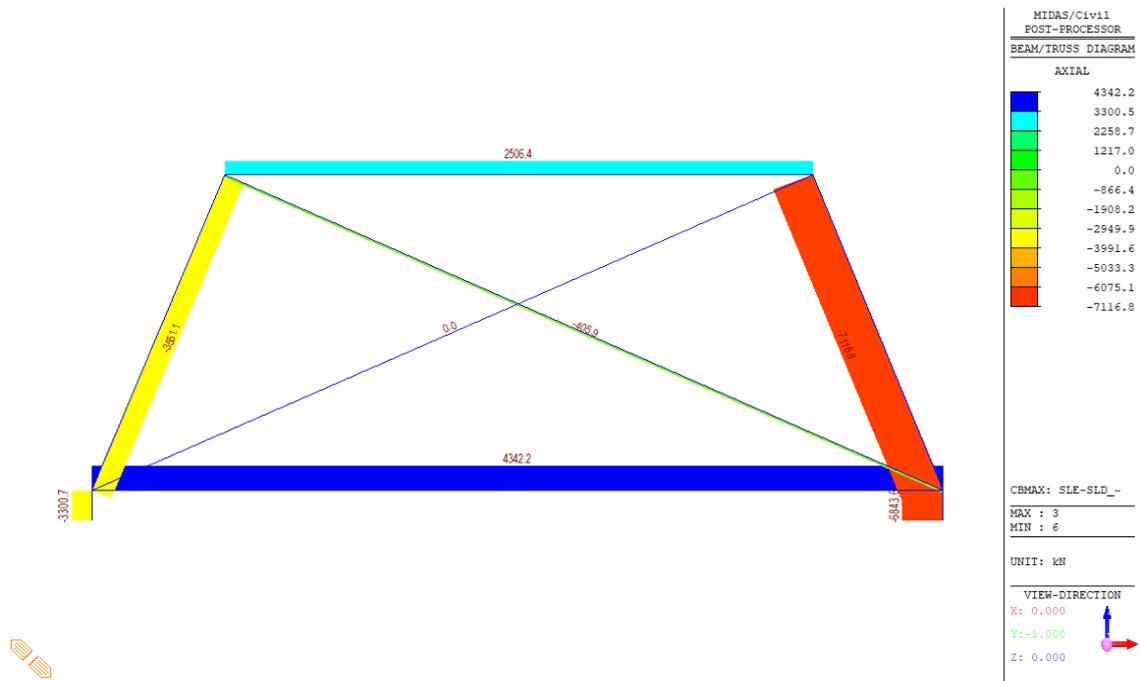


Figura 9-5: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Max)

| | | | | |
|---|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 B |

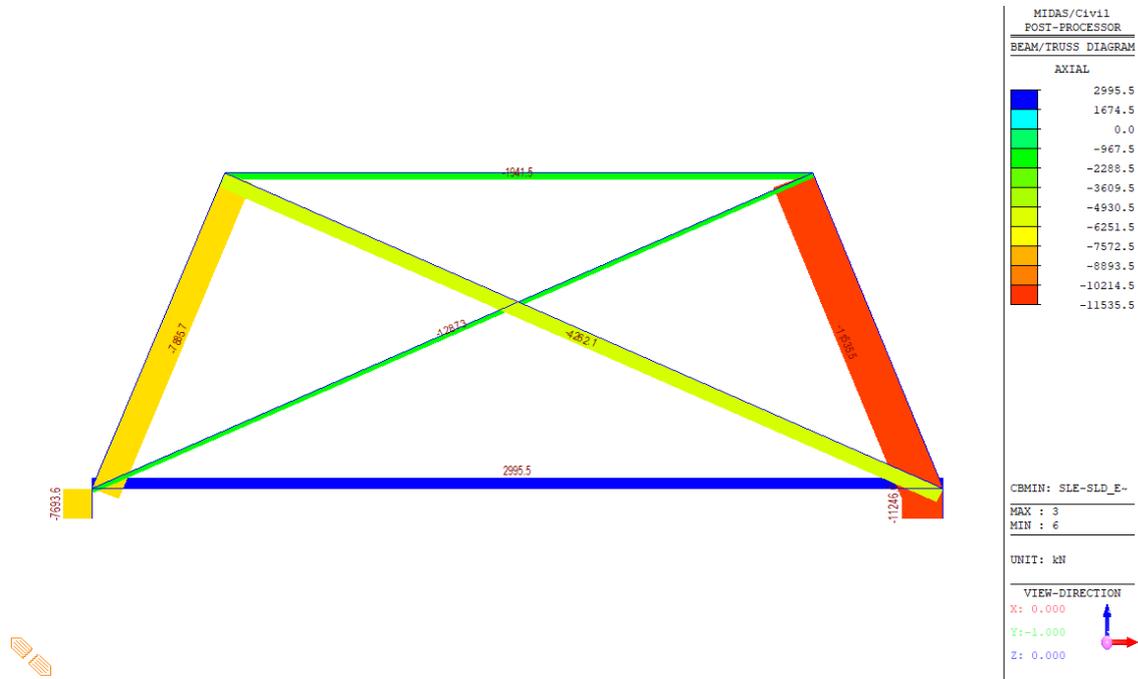


Figura 9-6: Sforzo assiale – Involuppo SLE Rara/SLD (Min)

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

| | SLU/SLV | SLE Rara/SLD | SLE Fess | SLE Qp |
|----------------|---------|--------------|----------|--------|
| Asta A3 | 6170 | 4342 | 3766 | 2894 |
| Asta A4 | 4723 | 2506 | - | - |

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

| | SLU/SLV | SLE Rara/SLD | SLE Fess | SLE Qp |
|----------------|---------|--------------|----------|--------|
| Asta A4 | -2697 | -1941 | -1597 | -1554 |
| Asta A5 | -11164 | -7886 | -6685 | -5372 |
| Asta A6 | -16513 | -11535 | -9897 | -6875 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

9.1.4 **Armatura longitudinale**

Armatura longitudinale inferiore: asta A3

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

Armatura longitudinale superiore: asta A4

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

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

| | | | |
|----------|----------|-----------------|--|
| fyd | 391.30 | MPa | <i>Tensione di snervamento di progetto</i> |
| As | 27646.02 | mm ² | <i>Area totale ferri</i> |
| Trd | 10818.01 | kN | <i>Forza di trazione resistente</i> |
| Ted | 6170.30 | kN | <i>Forza di trazione di progetto</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.75 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

Armatura longitudinale superiore: asta A4

| | | | |
|----------|----------|-----------------|--|
| fyd | 391.30 | MPa | <i>Tensione di snervamento di progetto</i> |
| As | 13823.01 | mm ² | <i>Area totale ferri</i> |
| Trd | 5409.00 | kN | <i>Forza di trazione resistente</i> |
| Ted | 4722.83 | kN | <i>Forza di trazione di progetto</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.15 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 fyk | 337.50 | MPa | Limite tensionale dell'acciaio |
| Ted | 4342.18 | kN | Trazione di progetto (comb. Rara) |
| As | 27646.02 | mm ² | Area totale ferri |
| σs | 157.06 | MPa | Tensione acciaio |

| | | |
|----------|------|----------------------|
| Verifica | ok | |
| Fs | 2.15 | 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).

| | | | |
|-----|---------|----|--|
| Ted | 3766.10 | kN | Azione di progetto (combinazione rara, gruppo 4) |
|-----|---------|----|--|

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

| | | | |
|----|---------|-----------------|-----------------------------|
| As | 27646.0 | mm ² | Area di acciaio teso |
| σs | 136.2 | MPa | Tensione nell'armatura tesa |

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

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

| | | | | |
|---|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 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 | 0.160 | mm | <i>Ampiezza caratteristica delle fessure</i> |
| wmax | 0.2 | mm | <i>Ampiezza limite delle fessure</i> |
| FS | 1.25 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

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

| | | | |
|----------|------------|-----------------|---|
| Ned | -16512.83 | kN | <i>Forza di compressione agente (comb. SLU/SLV)</i> |
| a | 432.24 | mm | <i>Larghezza direzione long.</i> |
| b | 9400 | mm | <i>Larghezza direzione trasv.</i> |
| A | 4063084.07 | mm ² | <i>Area puntone</i> |
| σc | 4.06 | MPa | <i>Tensione di compressione agente</i> |
| fcd | 9.49 | MPa | <i>Resistenza di progetto del cls</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 2.33 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

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

| | | | | |
|--|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 B |

| | | | |
|------------|-----------|-----|--|
| Ned | -11535.46 | kN | <i>Forza di compressione agente (comb. Rara)</i> |
| σ_c | 2.84 | MPa | <i>Tensione di compressione agente</i> |
| 0.55 fck | 17.60 | MPa | <i>Resistenza di progetto del cls</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 6.20 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

| | | | |
|------------|----------|-----|--|
| Ned | -6874.58 | kN | <i>Forza di compressione agente (comb. Quasi Permanente)</i> |
| σ_c | 1.69 | MPa | <i>Tensione di compressione agente</i> |
| 0.40 fck | 12.80 | MPa | <i>Resistenza di progetto del cls</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 7.57 | | <i>Fattore di sicurezza</i> |

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

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

| | Inclinazione asta | Larghezza Long | Larghezza Trasv | Area nodo |
|------|----------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| Asta | θ (rad) | a (mm) | b (mm) | A (mm ²) |
| A6 | 1.20 | 432.24 | 9400 | 4063084.1 |
| A8 | 0.44 | 317.78 | 9400 | 2987170.7 |
| A2 | 1.57 | 400.00 | 9400 | 3760000 |

Verifica

| Nodo 2 | | | | | | |
|----------|----------|----------------------|------------------|---------------------|----------|------------|
| Elemento | N (kN) | A (mm ²) | σ_c (MPa) | σ_{Rd} (MPa) | Verifica | γ_s |
| A6 | -16512.8 | 4063084.068 | 4.06 | 15.41 | ok | 3.79 |
| A8 | -6313.2 | 2987170.665 | 2.11 | 15.41 | ok | 7.29 |
| A2 | -16132.8 | 3760000 | 4.29 | 15.41 | ok | 3.59 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

9.1.8 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:

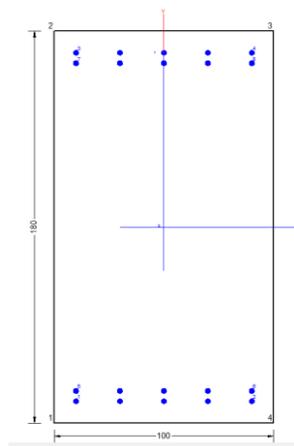
$$M_{Ed} = T_{Ed} \cdot (h_{mens} + h_{bagg})$$

| | | | |
|--------|------|---|--|
| 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 _{yd} | 391.30 | MPa |
|-----------------|--------|-----|

| | SLU/SLV | SLE/SLD | FESS | QP | | |
|-----------------|----------|---------|---------|-------|-------|---|
| T _{ed} | 8291 | 5585 | 1341 | 48 | kN | Forza di taglio longitudinale complessiva (massima) |
| M _{ed} | 13680.30 | 9215.28 | 2212.24 | 78.60 | kNm | Momento alla base della mensola |
| Med | 1954 | 1316 | 316 | 11 | kNm/m | Momento alla base della mensola al metro lineare |

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



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

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 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 sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 | |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.130 | MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33646.0 | MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.030 | MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 176.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 | Mpa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 | mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 | MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 | MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 | MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 | MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 337.50 | MPa | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio: | Poligonale |
| Classe Conglomerato: | C32/40 |

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

DATI BARRE ISOLATE

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

| | | | | |
|--|--|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 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 | 1954.00 | 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 | 1316.00 | 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 | 316.00 (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 | EI2CLVI2104008 |
| | | | | 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 | 1954.00 | 0.00 | 2893.58 | 1.48 | 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 | EI2CLVI2104008 | B |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 3.63 | -50.0 | 90.0 | -190.9 | 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 = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
Mx fess. Massima distanza tra le fessure [mm]
My fess. Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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 | -0.00103 | 0 | 0.500 | 24.0 | 88 | 0.00057 (0.00057) | 573 | 0.328 (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 | 0.87 | -50.0 | 90.0 | -45.9 | 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 | -0.00025 | 0 | 0.500 | 24.0 | 88 | 0.00014 (0.00014) | 573 | 0.079 (0.20) | 1911.61 | 0.00 |

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

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

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

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

9.1.9 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).

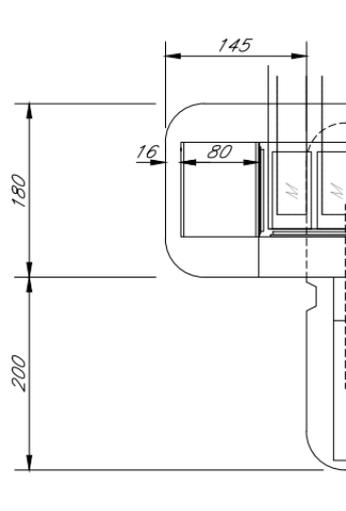


Figura 9-7: Geometria della mensola al di sotto del ritegno sismico trasversale lato Impalcato a Travi Incorporate

Si deve prevedere uno strato di $\phi 26/20$ aggiuntivo superiore, in grado di contrastare l'azione sismica proveniente dal ritegno trasversale lato impalcato a Travi Incorporate, pari a 3262 kN, come si può dedurre dalle tabelle del par. 5.1. **Tale valore è pari alla metà del massimo taglio sismico trasversale estradosso pulvino con $q=1.5$ ($6254/2=3262$ kN).*****

| | | | |
|----------|--------|-----|---|
| T_{ed} | 3262 | kN | Taglio di progetto del singolo ritegno trasversale Resistenza di calcolo acciaio |
| f_{yd} | 391.30 | MPa | |

| | | | |
|-------------|---------|-----------------|-----------------------------------|
| $A_{s,min}$ | 8336.22 | mm ² | Area minima di acciaio necessaria |
|-------------|---------|-----------------|-----------------------------------|

| | | | |
|------------|---------|-----------------|----------------------------|
| ϕ | 24 | mm | Diametro |
| n per fila | 9 | | Numero di ferri per strato |
| n file | 1 | | Numero di strati |
| ϕ | 26 | mm | Diametro |
| n per fila | 9 | | Numero di ferri per strato |
| n file | 1 | | Numero di strati |
| A_s | 8849.87 | mm ² | |
| Fs | 1.06 | | Fattore di sicurezza |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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 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.

9.3 Ritegni sismici

9.3.1 *Ritegno sismico longitudinale*

Il ritegno sismico longitudinale lato impalcato in C.A.P. ha un'altezza dall'estradosso dei baggioli di 0.45m, una larghezza media nella direzione longitudinale del ponte di 0.46m 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 0.36m e una larghezza complessiva nella direzione trasversale di 10.37m.

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

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

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

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

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

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

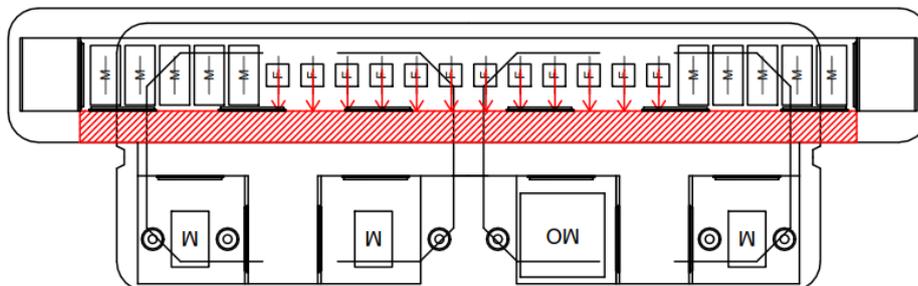


Figura 9-8: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Pianta)

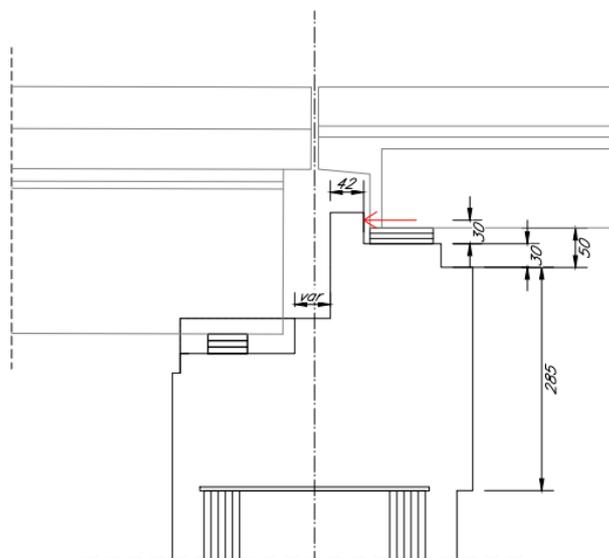


Figura 9-9: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico longitudinale (Prospetto)

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

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | 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 | 8743 | 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 | 10370 | mm |
| Copriferro netto | c netto | 50 | mm |
| Copriferro da asse tirante | c tir | 62 | mm |
| Altezza utile tirante superiore | d | 278 | mm |
| Braccio delle forze interne (0.9d) | z | 250.2 | mm |
| Proiezione orizzontale del puntone | l | 355.6 | mm |
| ctg Ψ | λ | 1.421 | |
| Inclinazione puntone | Ψ | 0.613 | rad |

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.6 | cm |

| | | | |
|---------------------------|---------|----------|----|
| Resistenza tirante | PRs | 12828.91 | kN |
| Verifica | PRs>Ped | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | Fs | 1.47 | |

2) Puntone e G.d.R.

| | | | |
|---|---------|----------|----|
| In presenza di staffe c=1.5, altrimenti c=1 | c | 1.5 | |
| Resistenza puntone | PRc | 10385.97 | kN |
| Verifica | PRc>Ped | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | Fc | 1.19 | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

Verifiche a tranciamento

Verifica a tranciamento (Acciaio)

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

| | | | |
|---------------------------|----------------------------------|----------|----|
| Resistenza a tranciamento | V _{rd} | 21053.95 | kN |
| Verifica | V _{rd} >P _{ed} | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | F _s | 2.41 | |

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|-------------------------------|------------------|---------|-----------------|
| Coeff. 1 | c | 0.2 | |
| Coeff. 2 | μ | 0.6 | |
| Resistenza a trazione cls | f _{ctd} | 1.41 | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| Resistenza di calcolo cls | f _{cd} | 18.13 | MPa |
| Angolo inclinazione ferri | α | 90 | ° |
| Coeff. 3 | v | 0.52 | |
| Area totale ferri | A _s | 93192 | mm ² |
| Area totale cls | A _c | 3525800 | mm ² |
| As/Ac | ρ | 0.026 | |
| Resistenza di progetto | τ _{rd} | 4.74 | MPa |
| Tensione agente | τ _{ed} | 2.48 | MPa |
| Verifica | Verifica | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | F _s | 1.91 | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

9.3.2 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 0.45 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.

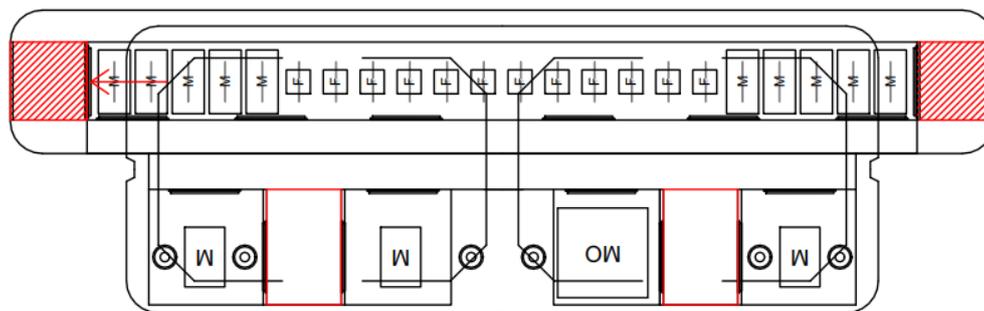


Figura 9-10: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Pianta)

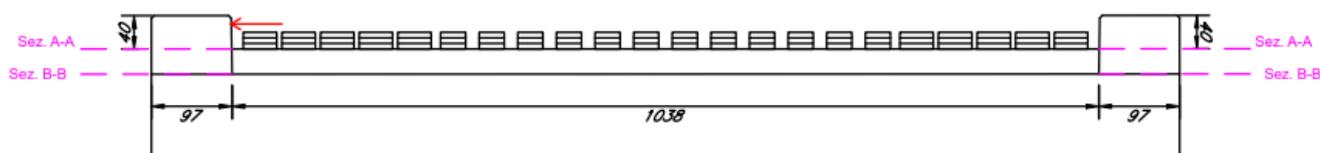


Figura 9-11: Schema di applicazione delle forze sul ritegno sismico trasversale (Prospetto)

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 a Travi Incorporate è costituita da

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | B |

due strati di $\Phi 30$ passo 10 cm. Nelle tabelle che seguono sono esplicitate le verifiche del ritegno trasversale lato impalcato a Travi incorporate sia in corrispondenza della sezione ad estradosso baggiolo (Sez. A-A), sia in corrispondenza della sezione ad estradosso spalla (Sez. B-B).

Sez. A-A

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

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

2) Carichi agenti

| | | | |
|--------------------|-----|------|----|
| Carico verticale | Ped | 4267 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0 | kN |

3) Geometria della mensola

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

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.0 | cm |

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

2) Puntone e G.d.R.

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

Sez. B-B

DATI DI INPUT

1) Resistenze materiali

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

2) Carichi agenti

| | | | |
|--------------------|-----|------|----|
| Carico verticale | Ped | 4267 | kN |
| Carico orizzontale | Hed | 0 | kN |

3) Geometria della mensola

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

RESISTENZE E VERIFICHE

1) Tirante

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

| | | | |
|------------------------|----|-----|----|
| Passo | s | 10 | cm |
| Interferro orizzontale | ih | 7.0 | cm |

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

2) Puntone e G.d.R.

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

Verifiche a tranciamento

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

Verifica a tranciamento (Acciaio)

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

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

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|-------------------------------|------------------|----------|-----------------|
| Coeff. 1 | c | 0.2 | |
| Coeff. 2 | μ | 0.6 | |
| Resistenza a trazione cls | f _{ctd} | 1.41 | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| Resistenza di calcolo cls | f _{cd} | 18.13 | MPa |
| Angolo inclinazione ferri | α | 90 | ° |
| Coeff. 3 | v | 0.52 | |
| Area totale ferri | A _s | 29845.13 | mm ² |
| Area totale cls | A _c | 945700 | mm ² |
| As/Ac | ρ | 0.032 | |
| Resistenza di progetto | τ_{rd} | 7.69 | MPa |
| Tensione agente | τ_{ed} | 4.51 | MPa |
| Verifica | Verifica | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | Fs | 1.70 | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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

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

Il taglio di progetto è il massimo taglio risultante in combinazione sismica, 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: $V_{Ed} = 8855 \text{ kN}$.

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

Verifica a tranciamento (Acciaio)

| | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|---------|-----------------|
| Resistenza di calcolo acciaio | f _{yd} | 391.30 | MPa |
| Area totale ferri | As,tot | 41814.6 | mm ² |
| Resistenza a tranciamento | V _{rd} | 9446.74 | kN |
| Taglio agente | V _{ed} | 8855.42 | kN |
| Verifica | V _{rd} >V _{ed} | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | F _s | 1.07 | |

| | | | | |
|---|--|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | B |

Verifica a tranciamento (Eurocodice 1992-1-1)

| | | | |
|-------------------------------|----------|----------|-----------------|
| Coeff. 1 | c | 0.2 | |
| Coeff. 2 | μ | 0.6 | |
| Resistenza a trazione cls | fctd | 1.41 | MPa |
| Resistenza di calcolo acciaio | fyd | 391.30 | MPa |
| Resistenza di calcolo cls | fcd | 18.13 | MPa |
| Angolo inclinazione ferri | α | 90 | ° |
| Coeff. 3 | v | 0.52 | |
| Area totale ferri | As | 41814.6 | mm ² |
| Area totale cls | Ac | 10162600 | mm ² |
| As/Ac | ρ | 0.004 | |
| Resistenza di progetto | trd | 1.25 | MPa |
| Tensione agente | ted | 0.87 | MPa |
| Verifica | Verifica | ok | |
| Coefficiente di sicurezza | Fs | 1.43 | |

Verifica a compressione del cls

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

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

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

| | | | | |
|--|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

10 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. *****(Aggiungere verifica fase2)**

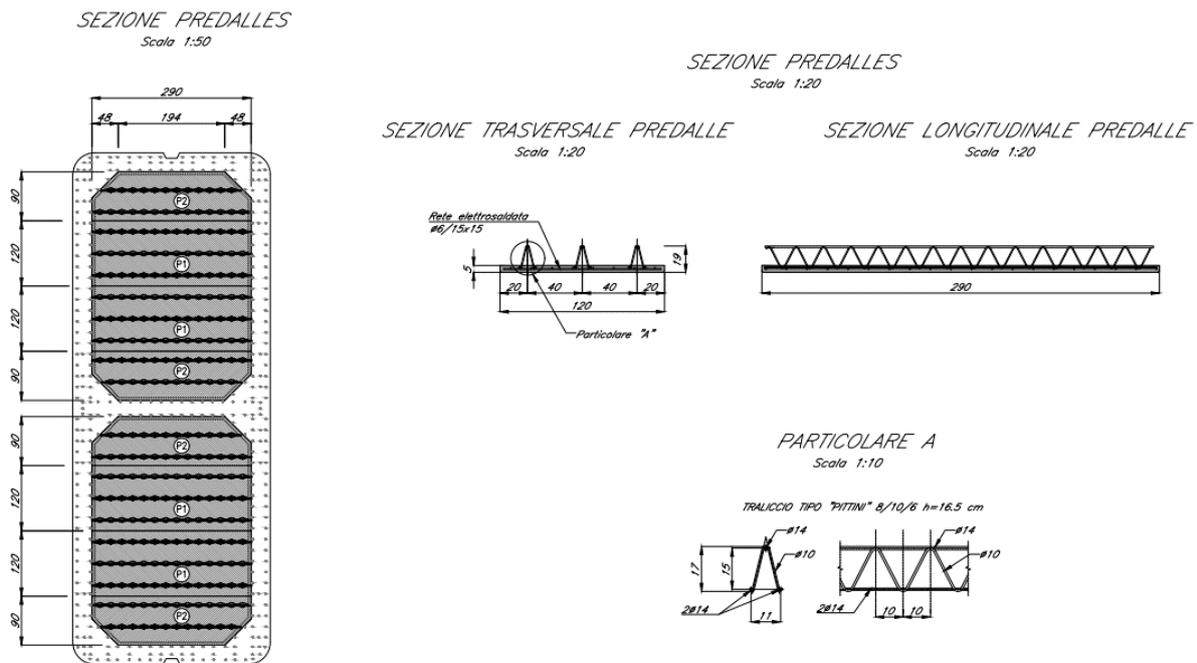


Figura 12: Predalles per getto del pulvino

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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 |
| | | | | B |

CARATTERISTICHE DELLE PREDALLE PREFABBRICATE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo C35/45

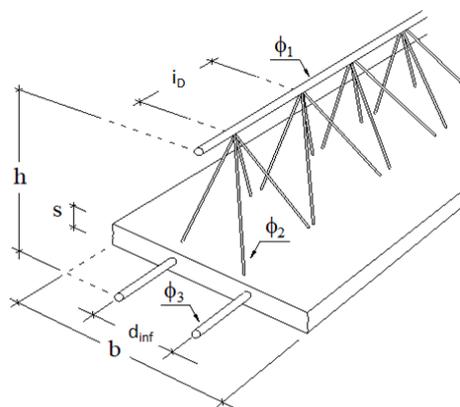
| | | | |
|----------------------|------------|------|----------------------|
| Peso proprio | γ_c | 25 | [kN/m ³] |
| Res. cubica car. | R_{ck} | 45.0 | [MPa] |
| Res. cilindrica car. | f_{ck} | 35.0 | [MPa] |
| Coeff. sicurezza | γ_M | 1.50 | [-] |

Acciaio per armature B450C

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

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

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



CORRENTE SUPERIORE

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

CORRENTI INFERIORI

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

BARRE INCLINATE

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

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 B |

ANALISI DEI CARICHI ED EFFETTI LOCALI

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

VERIFICHE DEL TRALICCIO IN FASE DI GETTO

| | | | |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| <i>Luce di calcolo campata</i> | L_c | 2.85 | [m] |
| Momento in appoggio | | | |
| <i>PP predalla</i> | $M_{g1,pred}$ | 1.52 | [kNm] |
| <i>PP getto campata</i> | M_{g1} | 10.15 | [kNm] |
| <i>SLU</i> | M_{slu} | 15.76 | [kNm] |
| <i>SLU singolo traliccio</i> | M_{slu} | 6.31 | [kNm] |
| Taglio in appoggio | | | |
| <i>PP predalla</i> | $V_{g1,pred}$ | 2.14 | [kN] |
| <i>PP getto campata</i> | V_{g1} | 14.25 | [kN] |
| <i>SLU</i> | V_{slu} | 22.12 | [kN] |
| <i>SLU singolo traliccio</i> | V_{slu} | 8.85 | [kN] |
| ----- | | | |
| <i>Assiale corrente sup.</i> | $N_{Ed,sup}$ | -35.8 | [kN] |
| <i>(instabilità)</i> | $N_{Rd,sup}$ | -38.3 | [kN] |
| | η | 0.94 | [-] Ok |
| ----- | | | |
| <i>Assiale corrente inf.</i> | $N_{Ed,inf}$ | 17.9 | [kN] |
| <i>(resistenza trazione)</i> | $N_{Rd,inf}$ | 60.2 | [kN] |
| | η | 0.30 | [-] Ok |
| ----- | | | |
| <i>Assiale sul diagonale</i> | $N_{Ed,diag}$ | -5.3 | [kN] |
| <i>(instabilità)</i> | $N_{Rd,diag}$ | -19.1 | [kN] |
| | η | 0.28 | [-] Ok |
| ----- | | | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

Verifica di fase II – Getto di completamento dei pulvini

Geometria sezione

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

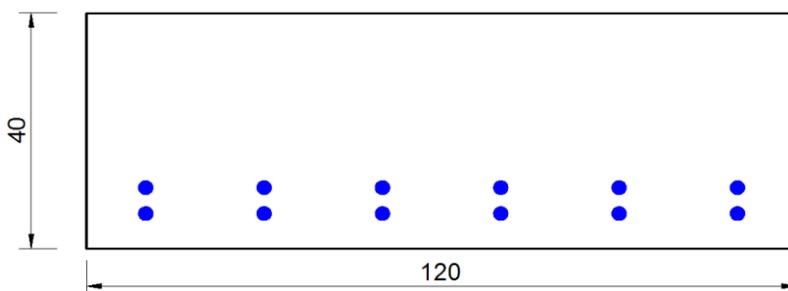
Azioni - Getto di completamento del cls

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

Armatura

| | | |
|-----------|----|----|
| φ | 20 | mm |
| Passo | 20 | cm |
| Strati | 2 | |

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



DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Pulvino_Fase 2 Getto

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

| | | | | |
|---|----------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | 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: |
| Resist. caratt. snervam. fyk: | | 450.0 MPa |
| Resist. caratt. rottura ftk: | | 450.0 MPa |
| Resist. snerv. di progetto fyd: | | 391.3 MPa |
| Resist. ultima di progetto ftd: | | 391.3 MPa |
| Deform. ultima di progetto Epu: | | 0.068 |
| Modulo Elastico Ef | | 2000000 daN/cm ² |
| Diagramma tensione-deformaz.: | | Bilineare finito |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | | 1.00 |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | | 0.50 |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 MPa | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

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

DATI BARRE ISOLATE

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

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | 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  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 12 | EI2CLVI2104008 | B |

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

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

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

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

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

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

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

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

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

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

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

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

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

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

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI2104008 | B |

11 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.