

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA

Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza

PROGETTO ESECUTIVO

PONTI E VIADOTTI

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

PILE

Relazione di calcolo pile e plinto – Pile P16 e P17

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

| | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|---------------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. | FOGLIO |
| I N 1 7 | 1 2 | E | I 2 | CL | V I 0 1 0 4 | 0 0 7 | A | - - - 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 | Giu.2021 | M. Proietti | Giu.2021 | G. Grimaldi | Giu.2021 | |
| B | EMISSIONE A SEGUITO RDV IN1710E09ISVI0100001A | E.d.in | Ott.2022 | M. Proietti | Ott.2022 | G. Grimaldi | Ott.2022 | |

| | | |
|--|----------------------|-----------------------------|
| CIG. 8377957CD1 | CUP: J41E91000000009 | File: IN1712EI2CLVI0104007B |
| Progetto cofinanziato dalla Unione Europea | | Cod. origine: |

| | | | | |
|---|--|------------------------|---------------------------------------|----------|
| <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>EI2CLVI0104007</p> | <p>B</p> |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 4 |
| 2.1 Normative..... | 4 |
| 2.2 Elaborati di riferimento | 4 |
| 3. MATERIALI | 5 |
| 3.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino..... | 5 |
| 3.2 Calcestruzzo per fondazione..... | 5 |
| 3.3 Acciaio per barre di armature | 6 |
| 3.4 Stati limite..... | 7 |
| 3.4.1 Stati limite ultimi | 7 |
| 3.4.2 Stati limite d'esercizio..... | 7 |
| 4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA..... | 10 |
| 5. DESCRIZIONE DELL'OPERA | 10 |
| 5.1 Modelli di analisi e verifica..... | 14 |
| 5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura | 14 |
| 6. ANALISI DEI CARICHI..... | 15 |
| 6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2) | 15 |
| 6.2 Carichi da traffico verticali (Q1) | 18 |
| 6.3 Effetti dinamici..... | 19 |
| 6.4 Disposizione treni di carico..... | 19 |
| 6.5 Carichi da traffico orizzontali | 24 |
| 6.5.1 Forza centrifuga (Q4) | 24 |
| 6.5.2 Serpeggio..... | 26 |
| 6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3)..... | 27 |
| 6.5.4 Forza d'attrito (Q8) | 29 |
| 6.6 Azione del Vento (Q5)..... | 30 |
| 6.7 Azione termica (Q7) | 40 |
| 6.8 Azione Sismica (E)..... | 41 |
| 6.8.1 Inquadramento Sismico..... | 41 |
| 6.8.2 Definizione della domanda sismica | 42 |
| 6.8.3 Calcolo dell'azione Sismica | 47 |
| 6.8.4 Check analisi statica..... | 48 |
| 6.8.5 Analisi statica equivalente | 49 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | |
|--|-----|
| 7. CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO | 51 |
| 7.1 Caratteristiche di sollecitazioni | 56 |
| 7.1.1 <i>Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3</i> | 56 |
| 7.1.2 <i>Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> | 59 |
| 7.1.3 <i>Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3</i> | 62 |
| 8. VERIFICHE STRUTTURALI | 66 |
| 9. FUSTO PILA | 66 |
| 9.1 Modello locale per ritiro differenziale | 67 |
| 9.2 Verifica a presso flessione | 67 |
| 9.3 Verifica a taglio..... | 84 |
| 9.4 Verifica minimi di armatura..... | 87 |
| 9.5 Verifica deformabilità..... | 90 |
| 9.6 Determinazione spostamenti..... | 90 |
| 10. PULVINO | 93 |
| 11. PLINTO DI FONDAZIONE | 95 |
| 11.1 Geometria del plinto e della palificata | 95 |
| 11.2 Modellazione strutturale | 96 |
| 11.3 Azioni di progetto | 98 |
| 11.3.1 <i>Reazioni dei pali</i> | 98 |
| 11.3.2 <i>Peso proprio plinto di fondazione</i> | 99 |
| 11.3.3 <i>Peso terreno di ricoprimento</i> | 99 |
| 11.4 Risultati di analisi | 100 |
| 11.5 Dimensionamento e verifica delle armature | 104 |
| 11.5.1 <i>Dimensionamento delle armature</i> | 104 |
| 11.5.2 <i>Verifica a flessione</i> | 106 |
| 11.5.3 <i>Verifica a taglio</i> | 116 |
| 11.5.4 <i>Verifica a taglio-punzonamento</i> | 119 |
| 12. VALUTAZIONE DELLA ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI OTTENUTI (RIF.PAR.10.2 DM 14/01/2008) | 124 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

1. Premessa

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento degli elementi in elevazione del *Viadotto Fibbio – VI01*, che si inserisce nell'ambito della progettazione esecutiva del collegamento ferroviario della linea AV/AC Verona-Padova.

Tale relazione si ritiene valida per tutte le pile di altezza pari a 7-7.2m, con fondazione 16.5m x 12.0m x 2.0m su 12 pali, con altezza del terreno di ricoprimento di circa 4.0m e sulle quali afferiscono un impalcato in c.a.p. di L=25.0m e un impalcato in misto acciaio-cls a 6 travi di L=40.0m (P16-P17). Si prende a riferimento la pila P16.

La presente relazione ha per oggetto il calcolo dello stato di sollecitazione e le verifiche dei vari elementi costituenti la pila, 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 EI2CLVI0104007 | 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. 617/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:

- IN1710EI2CLVI0004001, Studio degli effetti locali sulle pile
- IN1712EI2CLVI0100001, Interazione treno binario struttura – Relazione di calcolo
- IN1712EI2CLVI0104021, Relazione di calcolo pulvini, baggioli e ritegni
- IN1712EI2RBVI01A0001, Relazione geotecnica
- IN1712EI2RBVI01B0001, Relazione geotecnica
- IN1712EI2RBVI01C0001, Relazione geotecnica
- IN1712EI2RBVI01D0001, Relazione geotecnica

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

3. Materiali

3.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino

Classe C32/40

| | | | |
|--|----------|-----|---|
| Rck = | 40,00 | MPa | Resistenza caratteristica cubica |
| fck = 0,83 Rck = | 32,00 | MPa | Resistenza caratteristica cilindrica |
| fcm = fck +8 = | 40,00 | MPa | Valore medio resistenza cilindrica |
| acc = | 0,85 | | Coeff. rid. per carichi di lunga durata |
| γM = | 1,50 | - | Coefficiente parziale di sicurezza SLU |
| fcd = acc fck/γM = | 18,13 | MPa | Resistenza di progetto |
| fctm = 0,3 fck ^(2/3) = | 3,03 | MPa | Resistenza media a trazione semplice |
| fcm = 1,2 fctm = | 3,68 | MPa | Resistenza media a trazione per flessione |
| fctk = 0,7 fctm = | 2,12 | MPa | Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%) |
| σc = 0,55 fck = | 17,60 | MPa | Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3]) |
| σc = 0,40 fck = | 12,80 | MPa | Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3]) |
| Ecm = 22000 (fcm/10) ^(0,3) = | 33643,00 | MPa | Modulo elastico di progetto |
| ν = | 0,20 | | Coefficiente di Poisson |
| Gc = Ecm / (2(1+ ν)) = | 14018,00 | MPa | Modulo elastico tangenziale di progetto |
| Classe di esposizione = | XC4+XF1 | | |
| 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 Calcestruzzo per fondazione

Classe C25/30

| | | | |
|--------------------|-------|-----|---|
| Rck = | 30,00 | MPa | Resistenza caratteristica cubica |
| fck = 0,83 Rck = | 25,00 | MPa | Resistenza caratteristica cilindrica |
| fcm = fck +8 = | 33,00 | MPa | Valore medio resistenza cilindrica |
| acc = | 0,85 | | Coeff. rid. per carichi di lunga durata |
| γM = | 1,50 | - | Coefficiente parziale di sicurezza SLU |
| fcd = acc fck/γM = | 14,17 | MPa | Resistenza di progetto |

| | | | | | | | |
|---|---|----------------|-------|----------|------|----|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | | | | |
| | <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Progetto</td> <td style="width: 25%;">Lotto</td> <td style="width: 50%;">Codifica</td> </tr> <tr> <td>IN17</td> <td>12</td> <td>EI2CLVI0104007</td> </tr> </table> | Progetto | Lotto | Codifica | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 |
| Progetto | Lotto | Codifica | | | | | |
| IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | | | | | |
| | B | | | | | | |

| | | | |
|---|----------|-----|---|
| $f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$ | 2,56 | MPa | Resistenza media a trazione semplice |
| $f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$ | 3,08 | MPa | Resistenza media a trazione per flessione |
| $f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$ | 1,80 | MPa | Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%) |
| $\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$ | 13,75 | MPa | Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3]) |
| $\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$ | 10,00 | MPa | Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §2.5.1.8.3.2.1 [3]) |
| $E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)}$ = | 31476,00 | MPa | Modulo elastico di progetto |
| $\nu =$ | 0,20 | | Coefficiente di Poisson |
| $G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$ | 13115,00 | MPa | Modulo elastico tangenziale di progetto |
| Classe di esposizione = | XC2 | | |
| $c =$ | 4,00 | cm | Copriferro minimo |
| $w =$ | 0,20 | mm | Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §2.5.1.8.3.2.4 [3]) |

3.3 Acciaio per barre di armature

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 |
| $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$ | 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 EI2CLVI0104007 | B |

3.4 Stati limite

3.4.1 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:

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

3.4.2 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.

3.4.2.1 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): $0.55 f_{ck}$ = 17,6 MPa
- per combinazione quasi permanente: $0.40 f_{ck}$ = 12,8 MPa
- per spessori minori di 5cm tali valori devono essere decrementati del 30%.

tensione massima di trazione dell'acciaio

- per combinazione caratteristica (rara): $0.75 f_{yk}$ = 337,5 MPa

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

3.4.2.2 Verifica fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; 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:

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

| 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 2 - Descrizione delle 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 |

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 aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

| | | | | |
|---|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

4. Caratterizzazione geotecnica

Per la caratterizzazione geotecnica della Tratta si fa riferimento agli elaborati specialistici di riferimento.

5. Descrizione dell'opera

Il *Viadotto Fibbio – VI01*, a doppio binario con intervallata 4.5 m, si estende dal km 7+657.67 al km 10+036.67 della *Tratta Verona-Padova* per uno sviluppo complessivo di 2379.0 m ed è costituito da 91 campate di cui:

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

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.

Il pulvino presenta un'altezza variabile a seconda se appartenete alle pile di transizione o alle pile tipologiche, con dimensioni esterne medesime alla pila e pieno; in questo caso ha un'altezza di 1.5m lato impalcato in c.a.p. e di 1.67m lato impalcato in misto acciaio-clc. Su esso sono disposti gli apparecchi di appoggio dell'impalcato secondo gli schemi sotto riportati.

I plinti presentano una pianta rettangolare di dimensioni variabili in relazione alla tipologia di impalcato che afferisce alla pila. In particolare, in questa relazione sono analizzati i plinti di dimensioni pari a 16.5m x 12.0m e di spessore 2.5m. Le fondazioni previste sono su pali (12 pali Φ 1500). Il plinto è ruotato rispetto agli assi di simmetria della pila di circa 34° rispetto all'orizzontale.

| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

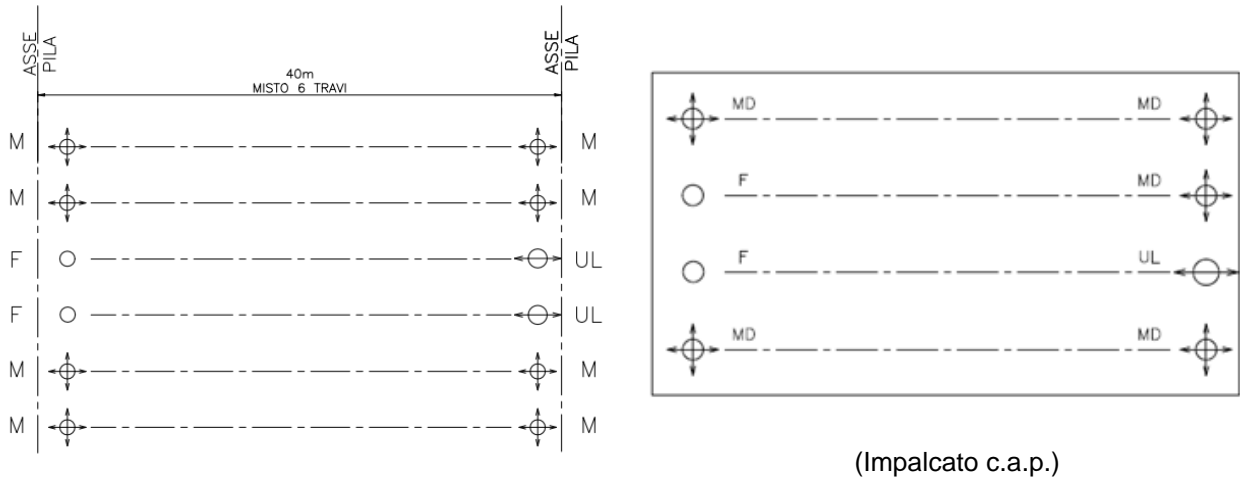


Figura 1 - Schema appoggi

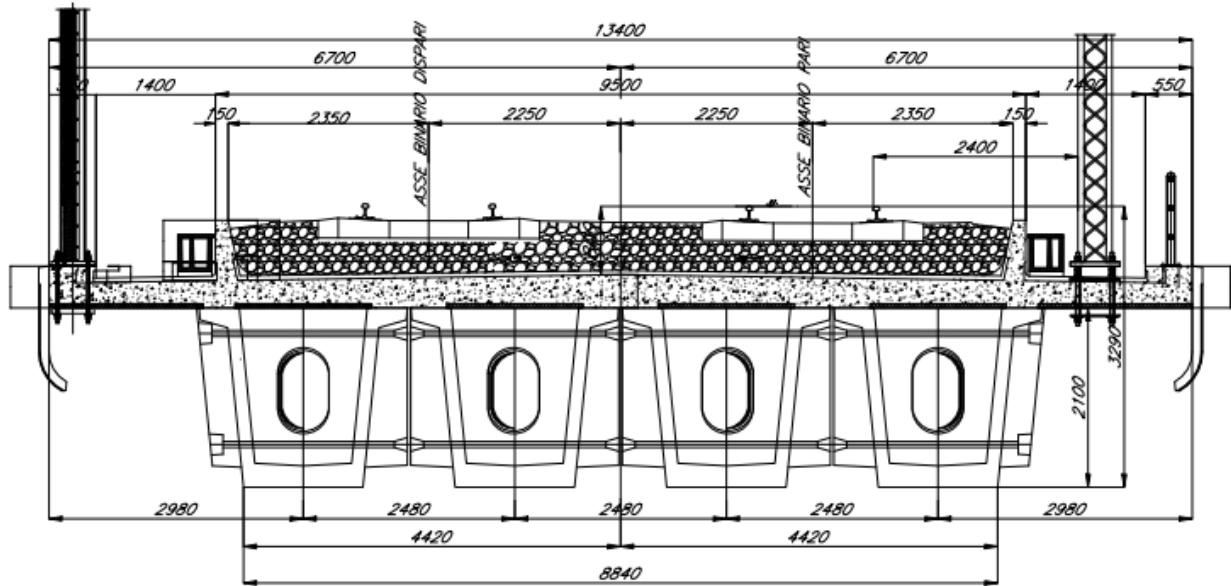


Figura 2 - Sezione impalcato c.a.p.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

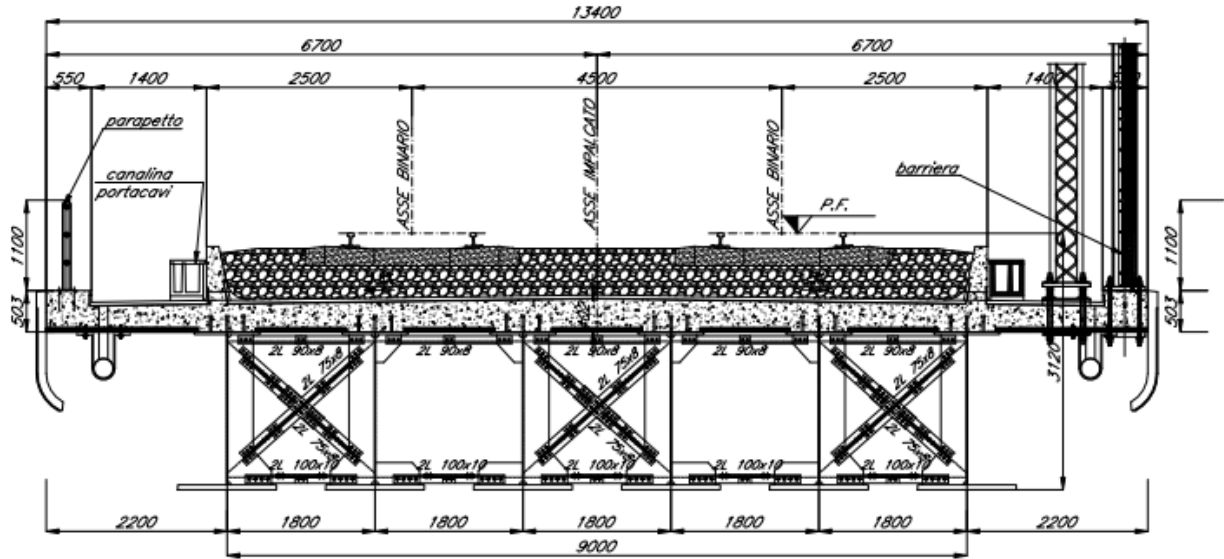


Figura 3 - Sezione impalcato misto 6 travi

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104007

B

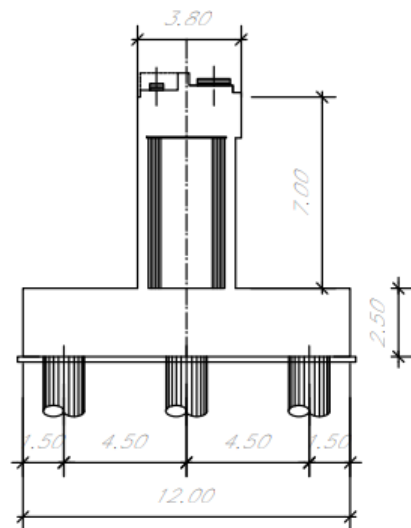
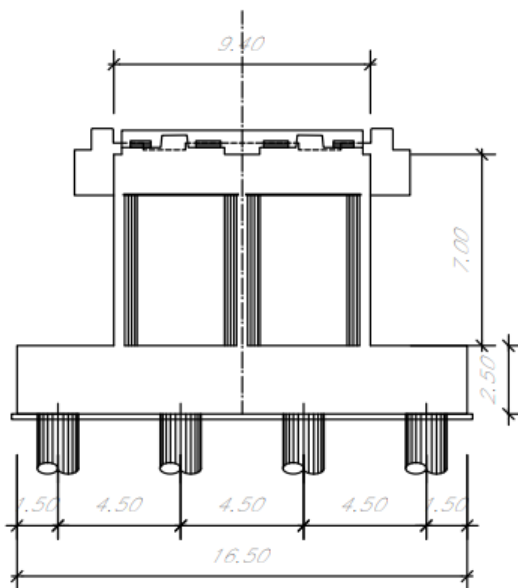
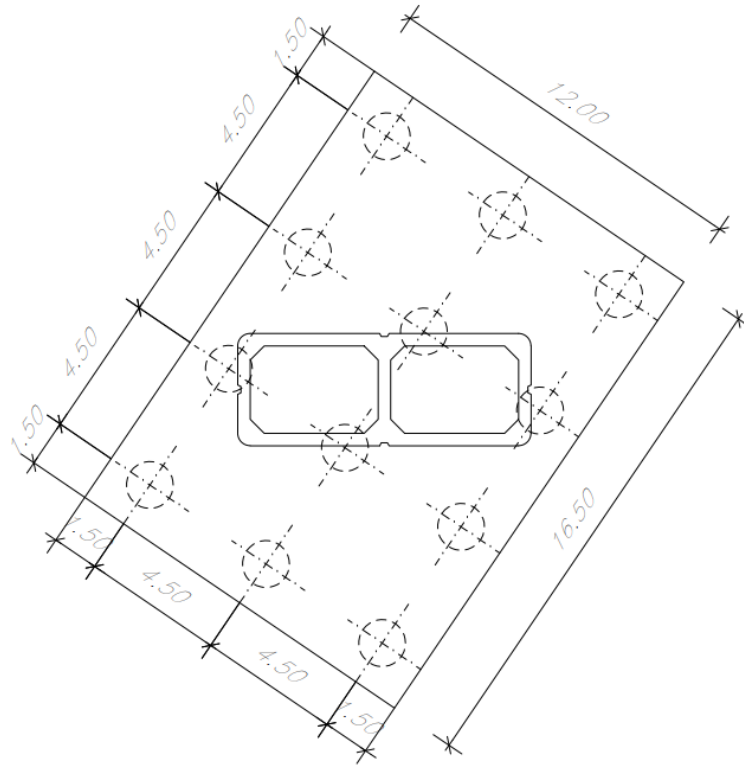


Figura 4 - Pianta e sezioni pila

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

5.1 Modelli di analisi e verifica

Le sollecitazioni di verifica della pila sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio, alle quali sono state combinate le azioni determinate dalle azioni indotte dalle forze di inerzia e dal peso proprio delle sottostrutture.

Il modello a mensola della struttura è stato implementato in un foglio di calcolo appositamente realizzato per la valutazione delle azioni agenti sulle singole parti della struttura, quali fusto pila e plinto. Per l'analisi e la verifica del plinto di fondazione, è stato realizzato un modello agli elementi finiti, descritto al paragrafo 11.

5.2 Sistemi di riferimento ed unità di misura

- 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 EI2CLVI0104007 | B |

6. Analisi dei carichi

6.1 Permanenti strutturali e non (G1 e G2)

I pesi degli elementi strutturali sono calcolati utilizzando un peso di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m³.

| DATI DI LINEA | | | | |
|------------------------------|---|---------------|------|--|
| velocità massima della linea | V | 300 | km/h | |
| raggio di curvatura | R | 2700 | m | |
| numero di binari | | doppio | | |

| IMPALCATO | | SX | | DX | |
|--|----------|--------------|----|--------------|----|
| altezza cassoncino sezione in appoggio | h_1 | 2.10 | m | 1.92 | m |
| altezza cassoncino sezione in mezzeria | h_2 | 2.10 | m | 1.92 | m |
| spessore soletta | s | 0.35 | m | 0.36 | m |
| estradosso impalcato sull'appoggio | H_1 | 2.45 | m | 2.28 | m |
| altezza totale impalcato in mezzeria | H_2 | 2.45 | | 2.28 | m |
| spessore ballast | h_b | 0.80 | m | 0.80 | m |
| altezza PF da estradosso trave | h_{PF} | 1.20 | m | 1.18 | m |
| lunghezza travata | L | 25.00 | m | 40.00 | m |
| luce appoggi travata | L_a | 22.80 | m | 38.00 | m |
| larghezza totale impalcato | B | 13.40 | m | 13.40 | m |
| peso permanente strutturale | G_1 | 6340 | kN | 7504 | kN |
| peso permanenti non struttrutturali | G_2 | 5390 | kN | 8288 | kN |

| Altezze dal intradosso del cassoncino | | | | | |
|---------------------------------------|-----|--------------|---|--------------|---|
| baricentro sezione cassone+soletta | Gb1 | 1.600 | m | 1.779 | m |
| baricentro del ballast | Gb2 | 2.850 | m | 2.680 | m |
| altezza al piano del ferro | H | 3.30 | m | 3.10 | m |
| baricentro treno | Gb3 | 5.10 | m | 4.90 | m |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

I requisiti idraulici impongono un getto di riempimento di magrone fino all'altezza di piena con $T_r > 200$ anni, questo è stato tenuto in conto nella progettazione esclusivamente come massa aggiunta. Per tener conto di baggioli e ritegni. è incrementato del 10% la massa del pulvino.

| PILA | | | |
|---|-----------------|---------------------|----------------|
| altezza pila (estradosso fond-estradosso pulvino) | Hp | 7.20 | m |
| tipologia di sezione | | rettangolare | |
| larghezza trasversale pila | b | 9.40 | m |
| larghezza longitudinale pila | d | 3.60 | m |
| raggio angolo esterno | r | 0.40 | m |
| area della sezione | A | 11.45 | m ² |
| inerzia sezione direzione trasversale | I11 | 103.81 | m ⁴ |
| inerzia sezione direzione longitudinale | I22 | 22.26 | m ⁴ |
| modulo elastico cls pila | E _c | 33346 | MPa |
| eventuale abbattimento del modulo | % | 50 | |
| modulo di calcolo | E | 16673 | MPa |
| calcestruzzo | f _{ck} | 32 | MPa |
| massa pila | mp | 1517 | kN |

| PULVINO | | | |
|--------------------------------------|----|-------------|----|
| larghezza in direzione trasversale | b | 9.40 | m |
| larghezza in direzione longitudinale | d | 3.80 | m |
| altezza pulvino | h | 1.90 | m |
| massa pulvino | mp | 1697 | kN |

| | | | | |
|---|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| FONDAZIONE | | | |
|--------------------------------------|----|---------------|----------------|
| larghezza in direzione trasversale | b | 16.50 | m |
| larghezza in direzione longitudinale | d | 12.00 | m |
| altezza della fondazione | h | 2.50 | m |
| area della fondazione | Af | 198.00 | m ² |
| pali di fondazione | Φ | 1.50 | m |
| numero di pali | n. | 12 | |

| Ulteriori distanze e bracci | | | |
|---|-------|-------------|---|
| distanza asse pila/ asse appoggi per momento long. | i_l | 1.10 | |
| altezza baggioli e apparecchi d'appoggio | h_B | 0.50 | |
| interasse tra i binari (se singolo 0) | i_b | 4.50 | m |
| dist. tra interasse del singolo binario e asse pila | a | 2.25 | m |

Si riassumono gli scarichi ai diversi livelli di analisi, come azione globale desunta dalla campata di destra e di sinistra, alla pila in esame:

| | N [kN] | Mlong [kN m] |
|-------------------------------------|--------|--------------|
| scarichi estradosso Pila - G1 | 6922 | 640 |
| scarichi estradosso Pila - G2 | 6839 | 1594 |
| scarichi estradosso Fondazione - G1 | 10136 | 640 |
| scarichi estradosso Fondazione - G2 | 6839 | 1594 |
| scarichi intradosso Fondazione - G1 | 35006 | 640 |
| scarichi intradosso Fondazione - G2 | 6839 | 1594 |

Lo scarico G1 a intradosso fondazione tiene conto del peso del plinto di fondazione e del peso del terreno di ricoprimento al di sopra di esso, di spessore pari a 4 m.

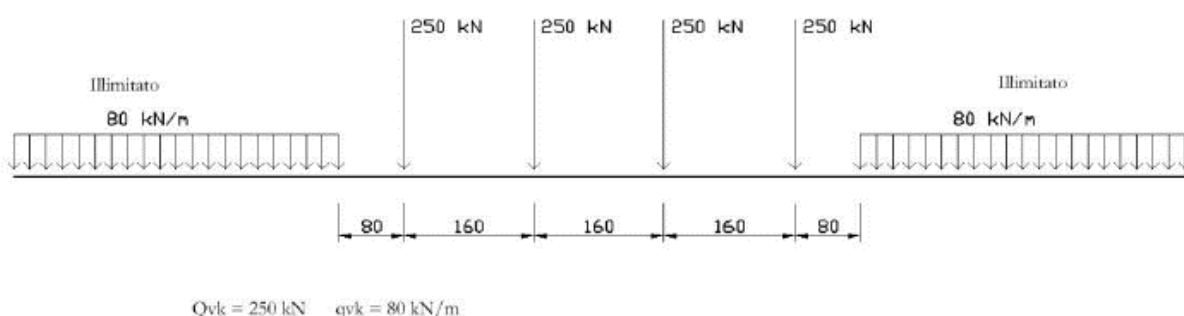
| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

6.2 Carichi da traffico verticali (Q1)

L'opera è stata progettata considerando le sollecitazioni dovute al carico da traffico ferroviario, considerando i modelli LM71 e/o SW/2. Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

➤ Modello di carico LM71

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.3.1.1), definiscono questo modello di carico tramite carichi concentrati e carichi distribuiti, riferiti all'asse dei binari.



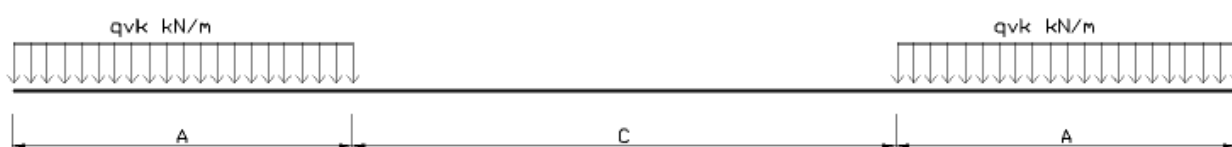
Carichi concentrati: quattro assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;

Carico distribuito: 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata.

Per questo modello di carico è prevista un'eccentricità del carico rispetto all'asse del binario.

➤ Modello di carico SW/2

Sia le istruzioni RFI che le NTC 2008 (par. 5.2.2.3.1.2), definiscono questo modello di carico tramite solo carichi distribuiti.



| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

SW/0

| | | | |
|--------------------|-----|-----|------|
| Carico distribuito | Qvk | 133 | KN/m |
| Lunghezza | A | 15 | m |
| Lunghezza | C | 5.3 | m |

SW/2

| | | | |
|--------------------|-----|-----|------|
| Carico distribuito | Qvk | 150 | KN/m |
| Lunghezza | A | 25 | m |
| Lunghezza | C | 7 | m |

In questo modello di carico non è prevista alcuna eccentricità del carico ferroviario. Le azioni di entrambi i modelli dovranno essere moltiplicate per un coefficiente di adattamento definito dalla seguente tabella (tab. 2.5.1.4.1.1 - RFI DTC SI PS MA IFS 001).

| MODELLO DI CARICO | COEFFICIENTE "α" |
|-------------------|------------------|
| LM/71 | 1.10 |
| SW/0 | 1.10 |
| SW/2 | 1.00 |

6.3 Effetti dinamici

Per la definizione del coefficiente dinamico si segue quanto contenuto nel par.5.2.2.2.3 del DM 14.1.2008 che per l'opera in esame riporta:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,82 \quad \text{con la limitazione } 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

6.4 Disposizione treni di carico

La disposizione dei treni di carico è stata individuata per ottenere le seguenti massime sollecitazioni:

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

- Sforzo Assiale: il convoglio è localizzato sostanzialmente al di sopra della pila in esame
- Momento Longitudinale: il convoglio è localizzato sulla campata di luce maggiore, più o meno centrato a seconda dei rapporti di lunghezza del treno di carico e della campata.
- Momento Trasversale: è fornito dallo stesso schema di posizionamento del massimo sforzo assiale, ma considerando un solo binario carico.

Questi schemi di base sono stati accoppiati nel caso di doppio binario, ottenendo le seguenti caratteristiche di sollecitazioni:

| | N [kN] | Mlong [kN/m] | Mtrasv [kN/m] |
|----------|-------------|-----------------|------------------|
| COMBO N | 7834 | 656 | 2181 |
| COMBO ML | 5305 | 4141 | 1517 |
| COMBO MT | 4228 | 535 | 9935 |

Si riportano i medesimi schemi graficamente per un caso rappresentativo:

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

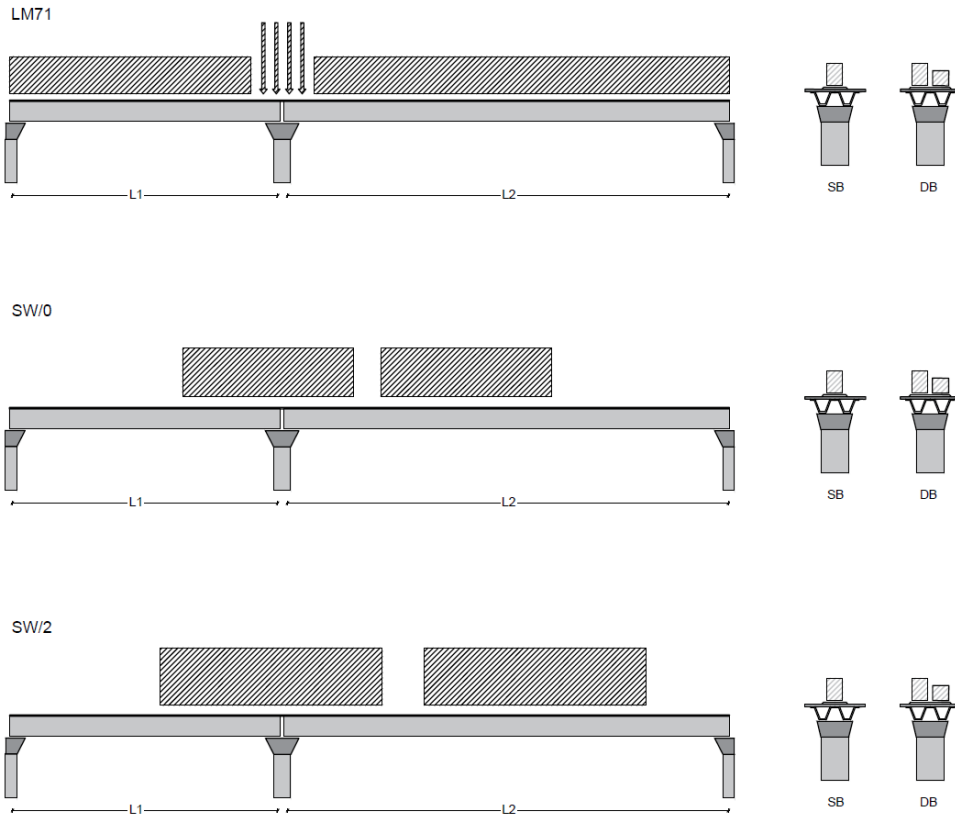


Figura 5- Posizione treni di carico - massimo sforzo assiale

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104007

B

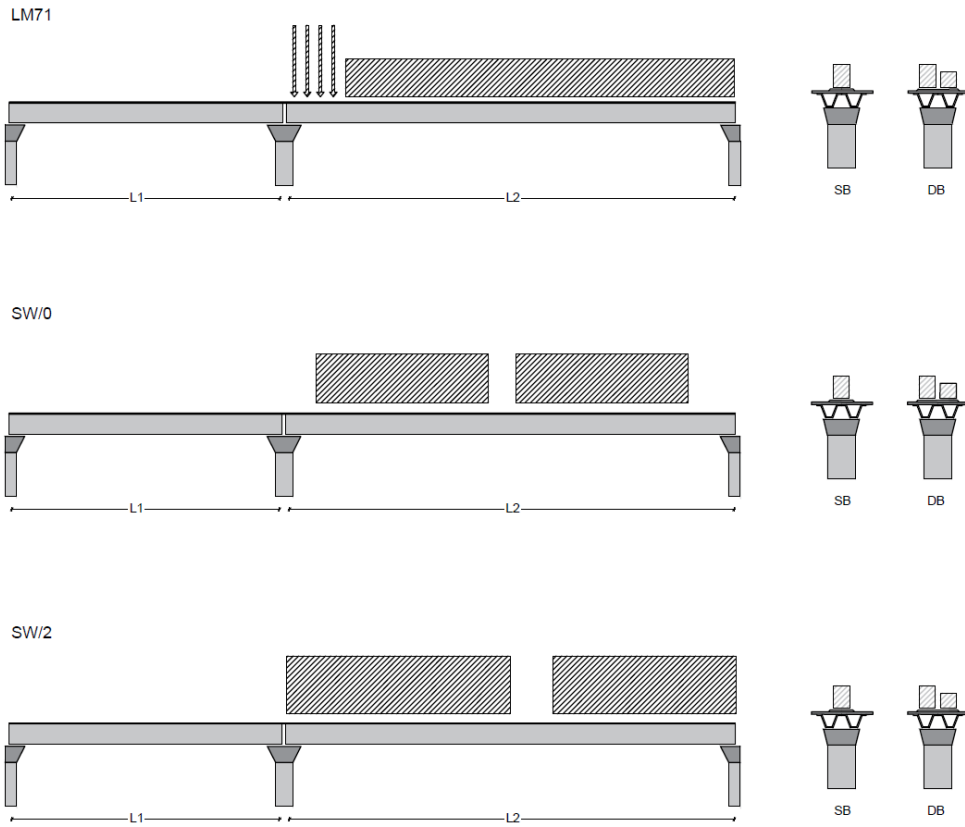


Figura 6- Posizione treni di carico – massimo momento longitudinale

| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

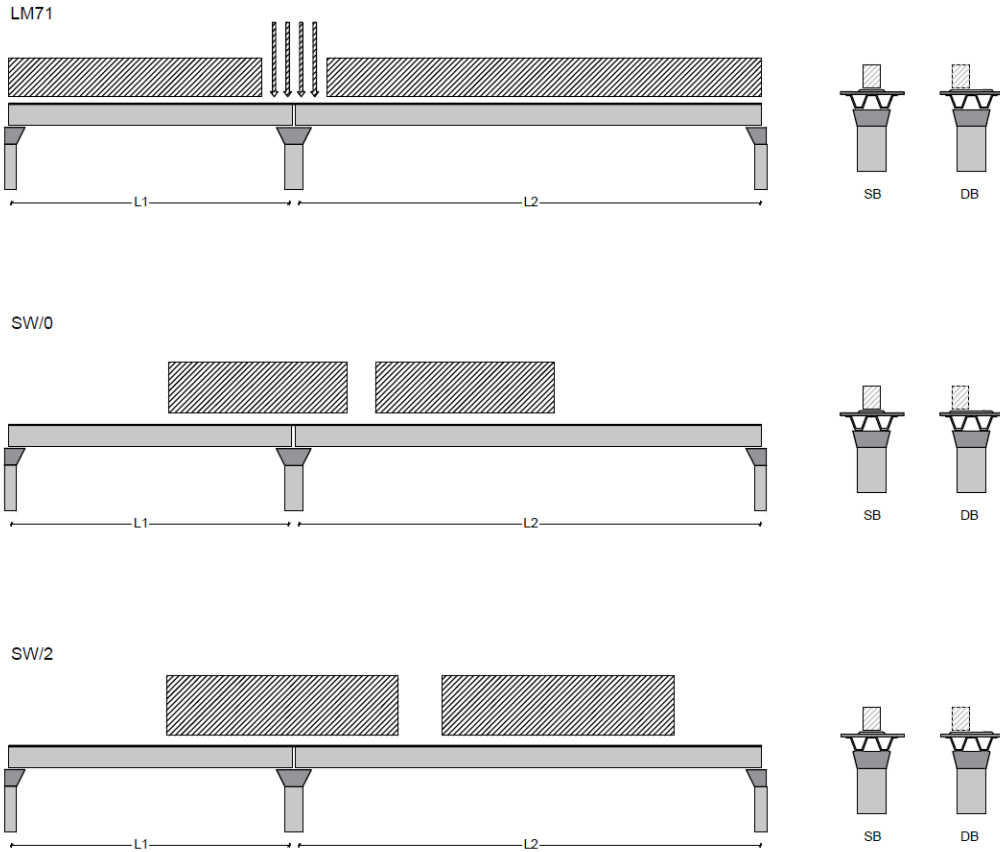


Figura 7- Posizione treni di carico – massimo momento trasversale

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

6.5 Carichi da traffico orizzontali

6.5.1 Forza centrifuga (Q4)

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = V^2 \cdot f \cdot (\alpha \cdot Q_{vk}) / (127 \cdot R)$$

- dove
- V velocità di progetto espressa in km/h
 - Q_{vk} valore caratteristico dei carichi verticali
 - R raggio di curvatura in m
 - f fattore di riduzione (rif. §2.5.1.4.3.1 [3])

| | | | |
|---|------|-----------|------|
| raggio di curvatura | R | 2700 | m |
| velocità massima compatibile con il tracciato della linea | Vmax | 300 | km/h |
| | | SX | |
| lunghezza di influenza della parte curva del binario | Lf | 22.8 | m |
| fattore di riduzione funzione della Lf e della V | f | 0.48 | |

Per il modello di carico LM71 e per velocità di progetto superiori a 120 km/h, si considerano i seguenti 2 casi:

- a) modello di carico LM71 e forza centrifuga per $V = 120$ km/h e $f = 1$;
- b) modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

La forza centrifuga non deve essere incrementata dei coefficienti dinamici.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

| Valore di α | Massima velocità della linea [Km/h] | Azione centrifuga basata su: | | | | traffico verticale associato |
|--------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------|---|--|--|
| | | V | α | f | | |
| SW/2 | ≥ 100 | 100 | 1 | 1 | $1 \times 1 \times SW/2$ | $\Phi \times 1 \times SW/2$ |
| | < 100 | V | 1 | 1 | $1 \times 1 \times SW/2$ | |
| LM71 e SW/0 | > 120 | V | 1 | f | $1 \times f \times (LM71'' + SW/0)$ | $\Phi \times 1 \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$ |
| | | 120 | α | 1 | $\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$ | $\Phi \times \alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$ |
| | ≤ 120 | V | α | 1 | $\alpha \times 1 \times (LM71'' + SW/0)$ | |

Tab. 2.5.1.4.3.1-1 - Parametri per determinazione della forza centrifuga

LM71 caso a

velocità massima

Vmax 120

fattore di riduzione funzione della Lf e della V

f 1.00

coefficiente di adattamento

a 1.10

valore caratteristico dei carichi verticali

Qvk 250.0 kN x asse

valore caratteristico dei carichi verticali

qvk 80.0 kN/m

valore caratteristico della forza centrifuga

Qtk 11.5 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 3.7 kN/m

LM71 caso b

velocità massima compatibile con il tracciato della linea

Vmax 300

fattore di riduzione funzione della Lf e della V

f 0.48

coefficiente di adattamento

a 1.0

valore caratteristico dei carichi verticali

Qvk 250.0 kN x asse

valore caratteristico dei carichi verticali

qvk 80.0 kN/m

valore caratteristico della forza centrifuga

Qtk 31.6 kN x asse

valore caratteristico della forza centrifuga

qtk 10.1 kN/m

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Per quanto riguarda il modello di carico SW/2 si deve assumere: una velocità V non superiore a 100 km/h, un valore di f pari ad 1 ed il valore di a pari a 1:

| | | | |
|---|-----------|--------|------|
| SW/2 | | | |
| velocità massima compatibile con il tracciato della linea | V_{max} | 100 | |
| fattore di riduzione funzione della L_f e della V | f | 1.00 | |
| coefficiente di adattamento | a | 1.00 | |
| valore caratteristico dei carichi verticali | q_{vk} | 150.00 | kN/m |
| valore caratteristico della forza centrifuga | q_{tk} | 4.37 | kN/m |

Riassumendo:

| | $Q_{tk\ sx}$ | $q_{tk\ sx}$ | $Q_{tk\ dx}$ | $q_{tk\ dx}$ | $F\ testa\ Pila$ | $Mom\ Trasn$ |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|--------------|
| | KN | KN/m | KN | KN/m | KN | KN/m |
| Fcen_LM/71_1 | 46.2 | 3.7 | 46.2 | 3.7 | 143 | 792 |
| Fcen_LM/71_2 | 126.5 | 10.1 | 109.7 | 8.8 | 349 | 1939 |
| Fcen_SW/2_1 | 0.0 | 4.4 | 0.0 | 4.4 | 127 | 704 |

6.5.2 Serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si schematizza come una forza concentrata agente orizzontalmente perpendicolarmente all'asse del binario. Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per α ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica. Essa si applicherà sia in rettilineo che in curva.

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | |
|--|--------------------------------------|-------|------|
| viadotto a binario combinazione treni | doppio LM/71 + SW/2 | | |
| valore caratteristico della forza | Qsk | 100 | kN |
| coefficiente di adattamento | a | 1.1 | |
| coefficiente di adattamento | a2 | 1 | |
| Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali | | | |
| altezza baggioli e apparecchi d'appoggio | | 0.5 | m |
| altezza impalcato + soletta | | 2.45 | m |
| armamento | | 0.8 | m |
| incremento altezza rotaia + alta | | 0.1 | m |
| valore caratteristico della Forza | Fsk | 210 | kN |
| valore caratteristico Momento Tra | Msk | 808.5 | kN/m |

Tale forza rappresenta l'azione complessiva in testa alla pila di riferimento.

6.5.3 Frenatura ed avviamento (Q3)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- avviamento: $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71, SW/2
- frenatura: $Q_{lb,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$ per i modelli di carico LM71
- $Q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m}$ per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per α e non devono essere moltiplicati per Φ . Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Nei sotto paragrafi che seguono si riportano i risultati delle reazioni vincolari per le diverse disposizioni di carico considerate e descritte precedentemente nel §6.4.

| | | | |
|--|--|------------|---|
| numero di binari combinazione treni posizionamento vincoli fissi | doppio LM/71 + SW/2 caso peggiore | | |
| estradosso pulvino sommità binario | H | 0.5 | m |
| lunghezza del binario | L | 40 | m |

FRENATURA

| | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------|----|
| LM/71 | | | |
| coefficiente di adattamento | a | 1.1 | |
| lunghezza del binario | L | 40 | m |
| valore caratteristico della forza | $Q_{la,k}$ | 880 | kN |
| SW/0 | | | |
| coefficiente di adattamento | a | 1.1 | |
| lunghezza del binario | L | 30 | m |
| valore caratteristico della forza | $Q_{la,k}$ | 660 | kN |
| SW/2 | | | |
| coefficiente di adattamento | a | 1 | |
| lunghezza del binario | L | 33 | |
| valore caratteristico della forza | $Q_{la,k}$ | 1155 | |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

AVVIAMENTO

| | | | |
|--|------------|-------------|----|
| LM/71 valore caratteristico della forza | $Q_{la,k}$ | 1000 | kN |
| SW/0 valore caratteristico della forza | $Q_{la,k}$ | 1000 | kN |
| SW/2 valore caratteristico della forza | $Q_{la,k}$ | 1000 | kN |

Si rimanda alla “*Relazione interazione treno binario struttura*” per l’analisi di interazione binario-struttura. Le variazioni in termini di sollecitazioni longitudinali non risultano significative e, di conseguenza, non verranno portate in conto nella presente relazione.

6.5.4 Forza d’attrito (Q8)

Le forze parassitarie dei vincoli si esplicano in corrispondenza degli apparecchi d’appoggio mobili per traslazione relativa impalcato-apparecchi d’appoggio. Essendo funzione del carico verticale, la sua definizione è associata ai coefficienti moltiplicativi delle combinazioni γ e ψ dei carichi da peso proprio strutturali e non, e dei carichi verticali da traffico. Si riporta per questo motivo un esempio di forza d’attrito “caratteristica” solo come esempio di calcolo, in quanto il calcolo è stato eseguito a valle della combinazione di carico.

Per la valutazione delle coazioni generate è stato considerato un coefficiente d’attrito f pari a 0,04. Con riferimento a quanto riportato nel §2.5.1.6.3 [3] la forza agente sulle pile per impalcato a travate isostatiche, facendo riferimento all’apparecchio d’appoggio maggiormente caricato tra i due presenti sulla pila, si considera pari a:

$$F_a = f (0,2 \cdot V_G + V_Q)$$

dove V_G reazione verticale massima associata ai carichi permanenti
 V_Q reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | |
|---|-----|-------|------|
| altezza baggioli e apparecchi d'appoggio | h | 0.5 | m |
| lunghezza del binario | L | 40 | m |
| reazione verticale massima associata ai carichi permanenti | Vg1 | 6922 | kN |
| reazione verticale massima associata ai carichi permanenti | Vg2 | 6839 | KN |
| reazione verticale massima associata ai carichi mobili | Vq | 10221 | kN |
| coefficiente d'attrito (da assum. In relazione alle cart. App.) | f | 0.04 | |
| forza d'attrito trasmessa alla pila | Fa | 518.9 | kN |
| momento longitudinale in testa pila | M | 259.5 | kN/m |

6.6 Azione del Vento (Q5)

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici. Ricadendo nella classificazione ordinaria di ponti l'azione del vento è valutata come agente su una superficie continua, convenzionalmente alta 4m dal piano del ferro rappresentante il convoglio. L'altezza effettiva è valutata sia in funzione della presenza o meno del convoglio sia in funzione dell'altezza delle barriere antirumore, convenzionalmente alte 5m.

La valutazione è stata svolta in coerenza con i capitoli 3.3, 5.1.3.7 delle NTC2008 e dei 8.1, 8.2, 8.3 e 8.4 del Eurocodice 1991-1-4.

Non essendo ritenuta la necessità di un'analisi dinamica, per la valutazione della risposta sotto azione del vento, è possibile utilizzare il metodo semplificato che permette di esprimere F_w con la seguente espressione:

$$F_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref,x}$$

dove:

v_b indica la velocità di base del vento

C indica il fattore del carico del vento. $C = c_e \times c_{f,x}$ dove c_e è il fattore di esposizione e $c_{f,x}$ coefficienti di forza

$A_{ref,x}$ indica l'area di riferimento

ρ indica la densità dell'aria

Di seguito si riportano le assunzioni principali per la scrittura di tale forza, a partire dai contributi del fattore del carico del vento $c_e \times c_{f,x}$ e del coefficiente di esposizione sulla base della classe d'esposizione e l'altezza z del punto considerato. Altezza posta pari alla massima quota del complesso impalcato, barriere antirumore, sagoma del treno. A tal proposito il §2.5.1.4.4.2 [3] impone di considerare il treno come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4,00 m sul p.f.. L'azione del vento dovrà comunque considerarsi agente sulle b.a. presenti considerando la loro altezza effettiva se disponibile oppure un'altezza convenzionale di 4,00 m misurati dall'estradosso della soletta qualora le b.a. non siano previste al momento della redazione del progetto.

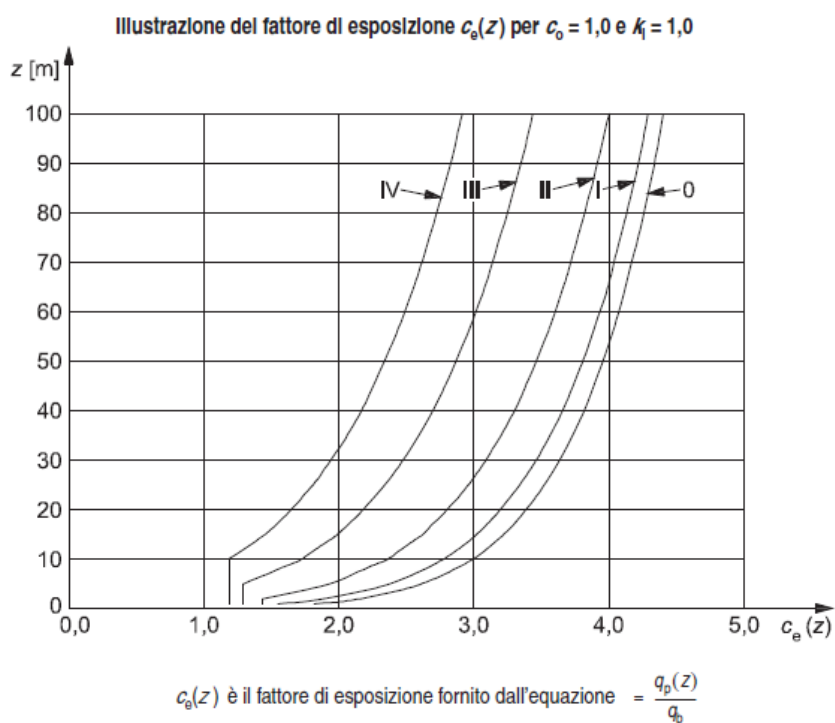


Figura 8 -fattore di esposizione - Eurocodice 1991-1-4

Illustrazione del fattore di forza $c_{f,x,0}$

| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

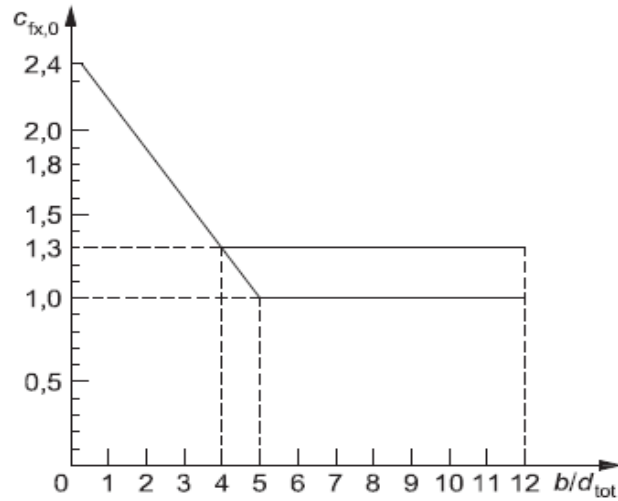


Figura 9 - Fattore di forza trasversale - Eurocodice 1991-1-4

$$c_{f,x} = c_{fx,0}$$

dove:

$c_{fx,0}$ indica il coefficiente di forza relativo all'impalcato in assenza di flusso di estremità libera

- a) Fase di costruzione, parapetti aperti (aperti più del 50%) e barriere di sicurezza aperte
- b) Parapetti solidi, barriere antirumore, barriere di sicurezza solide o traffico
- 1 Tipo di ponte
- 2 Travi reticolari separatamente

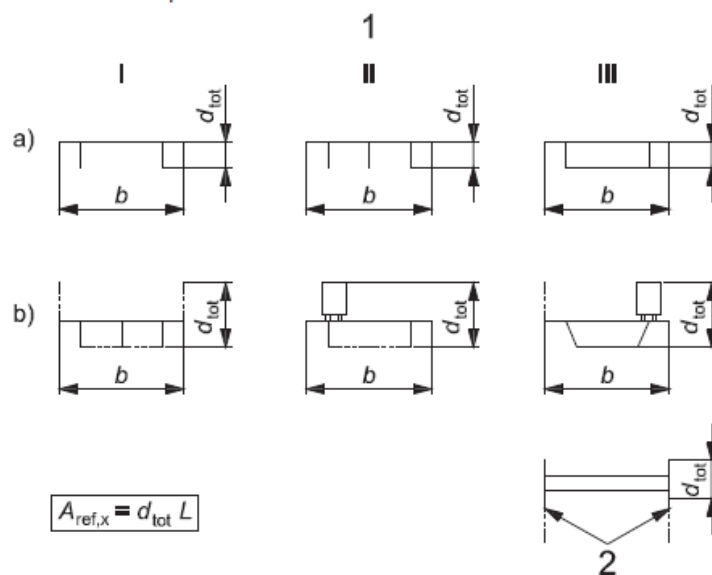


Figura 10 - Area effettiva - Eurocodice 1991-1-4

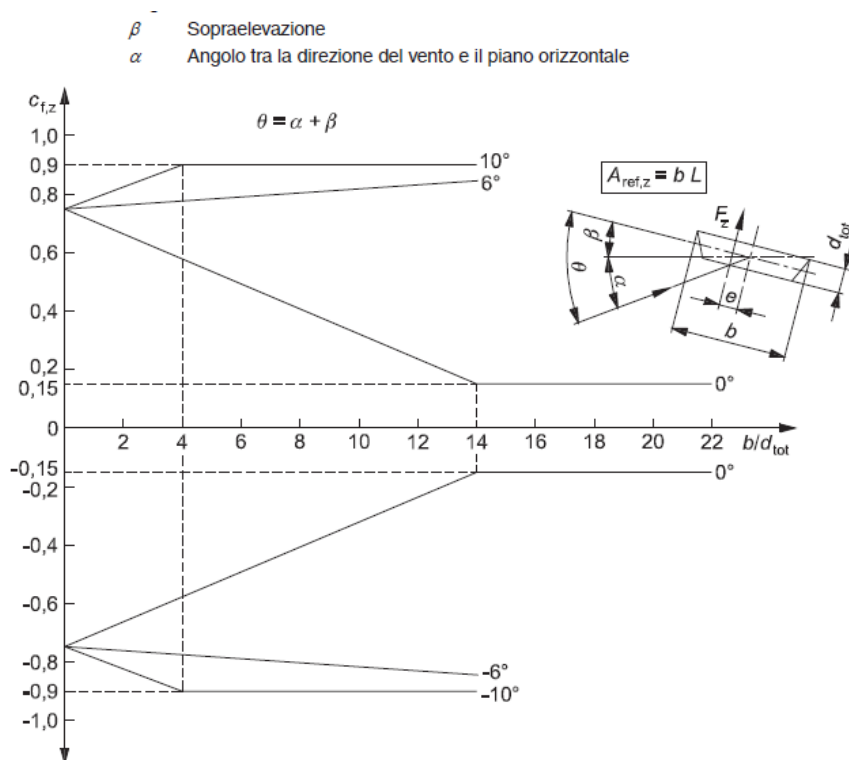


Figura 11 - coefficiente di forza verticale - Eurocodice 1991-1-4

L'azione longitudinale del vento se non espressamente richiesta può essere trascurata. In generale, le forze spiranti da direzioni diverse non agiscono simultaneamente. Nel caso di azione verticale, essendo prodotta da un ampio ventaglio di direzioni è possibile combinarla con altri venti se il contributo aggiunto è sfavorevole.

Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

- a) Struttura verticale per esempio edifici, ecc.
 b) Oscillatore parallelo, per esempio strutture orizzontali come travi, ecc.
 c) Strutture puntuali per esempio insegne, ecc.
 1) Vento

$$z_s = 0,6 \times h \geq z_{\min} \quad z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min} \quad z_s = h_1 + \frac{h}{2} \geq z_{\min}$$

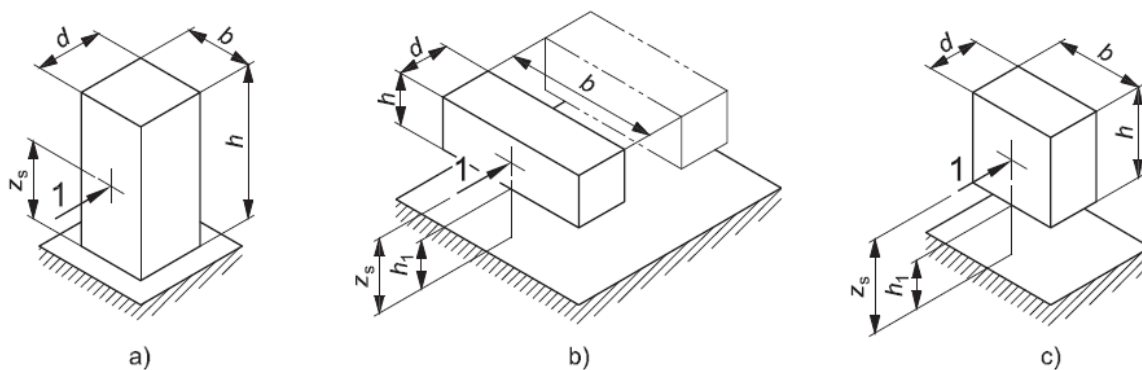


Figura 12 - Altezza di riferimento - Eurocodice 1991-1-4

tab. 3.3.I

Zona

1

tab.3.3.II

Categoria

II

tab. 3.3.III

Classe rug

D

velocità di base di riferimento s.l.m.

Vbo

25

m/s

parametro di quota

ao

1000

m

altitudine sul livello del mare

as

150

m

parametro adimensionale

ks

0.4

coefficiente di altitudine

ca

1

velocità di base di riferimento

Vb

25

m/s

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

| | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|
| tempo di ritorno azione del vento | Tr | 150 | anni |
| coefficiente di ritorno | cr | 1.06 | |
| velocità di riferimento | Vr | 26.5 | m/s |
| fattore di terreno | Kr | 0.19 | |
| lunghezza di rugosità | zo | 0.05 | m |
| altezza minima | zmin | 4 | m |

6.6.1.1 Impalcato

ponete carico

| | | | |
|-------------------------------------|--------|--------|-------------------|
| altezza pila | z1 | 7.20 | m |
| altezza baggioli e app. d'appoggio | z2 | 0.50 | m |
| altezza all'intradosso | zint | 7.7 | m |
| altezza di riferimento | z | 11.3 | m |
| coefficiente di topografia | ct | 1 | |
| coefficiente di esposizione | ce | 2.43 | |
| densità dell'aria convenzionale | ro | 1.25 | kg/m ³ |
| pressione statica di riferimento | qr | 439.8 | n/m ² |
| pressione statica di picco | qpicco | 1068.2 | n/m ² |
| larghezza impalcato | d | 13.4 | m |
| altezza impalcato+soletta | z3 | 2.35 | m |
| armamento | z4 | 0.80 | m |
| altezza treno | z5a | 4 | m |
| altezza barriere | z5b | 4 | m |
| altezza di impatto treno o barriere | htot | 7.15 | m |
| | d/h | 1.88 | |
| coefficiente di forza trasversale | cfx | 1.88 | |
| coefficiente di forza trasversale | cfz | 0.9 | |

| | | | | |
|---|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | |
|---|----|---------------|------|
| forza trasversale | fx | 17.9 | kN/m |
| forza equivalente in testa pila | Fx | 580.6 | kN |
| momento trasv equivalente in testa pila | Mx | 2364.5 | kN/m |
| forza verticale | fz | 33.5 | kN/m |
| forza equivalente in testa pila | Fz | 1088.8 | kN |
| momento trasv equivalente in testa pila | Mx | 3647.3 | kN/m |

| | | | |
|---|------|---------------|------|
| ponte scarico | | | |
| altezza di impatto treno o barriere | htot | 6.35 | m |
| rapporto geometrico | d/h | 2.11 | |
| coefficiente di forza trasversale | cfx | 1.82 | |
| coefficiente di forza trasversale | cfz | 0.90 | |
| forza trasversale | fx | 15.9 | kN/m |
| forza equivalente in testa pila | Fx | 515.6 | kN |
| momento trasv equivalente in testa pila | Mx | 1893.5 | kN/m |
| forza verticale | fz | 33.5 | kN/m |
| forza equivalente in testa pila | Fz | 1088.8 | kN |
| momento trasv equivalente in testa pila | Mx | 3647.3 | kN/m |

6.6.1.2 Pila

Nel caso di pila con sezione rettangolare, il coefficiente di forma della pila e l'area di riferimento per il calcolo della risultante si determinano in base alle indicazioni del §7.2 della UNI EN1991-1-4. A tal proposito si riconduce il coefficiente di forma c_p al coefficiente di forza c_f .

Il coefficiente di forza c_f si determina mediante l'espressione:

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda$$

- dove
- $c_{f,0}$ è il coefficiente di forma in assenza di effetto di estremità;
 - ψ_r è il fattore riduttivo per sezioni con spigoli arrotondati;
 - ψ_λ è il fattore di effetto di estremità, posto cautelativamente pari a 1.

I valori di $c_{f,0}$ e ψ_r si determinano in funzione del rapporto tra le dimensioni in sezione dell'elemento investito, secondo gli abachi riportati nella figura seguente.

Coefficienti di forza $c_{f,0}$ con sezioni rettangolari a spigoli vivi in assenza di flusso di estremità libera

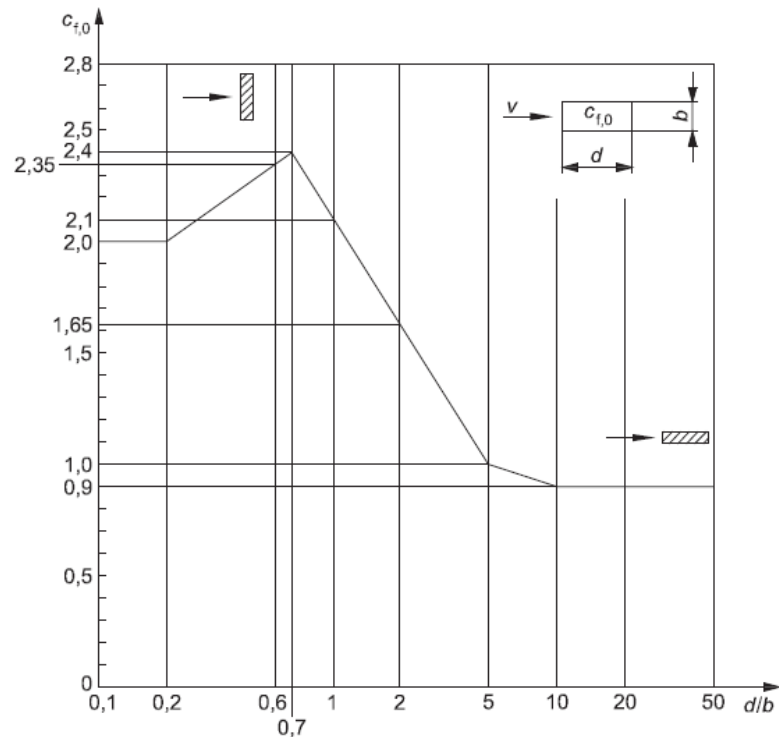


Figura 13 - Correlazione tra dimensioni in sezione dell'elemento e il coefficiente di forma c_{fx0} (figura 7.23 EC1-4)

Fattore di riduzione ψ_r per sezioni quadrate con spigoli arrotondati

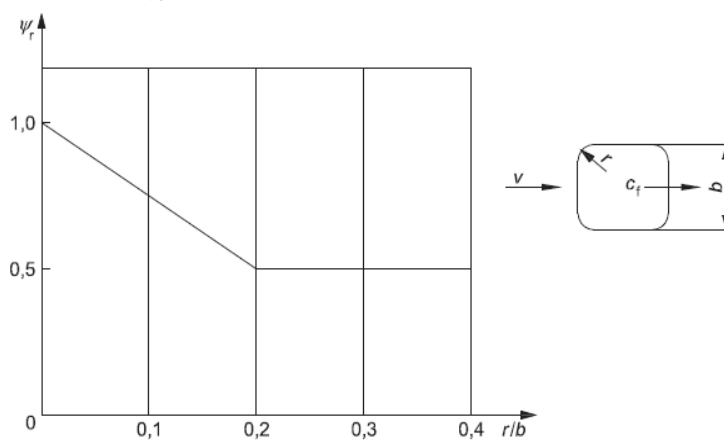


Figura 14 - correlazione tra il raggio di arrotondamento dello spigolo e il fattore riduttivo ψ_r (figura 7.24 EC1-4)



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

Coefficiente di forza $c_{f,0}$ per cilindri circolari in assenza di effetti di estremità libera in corrispondenza di diversi valori della rugosità equivalente k/b

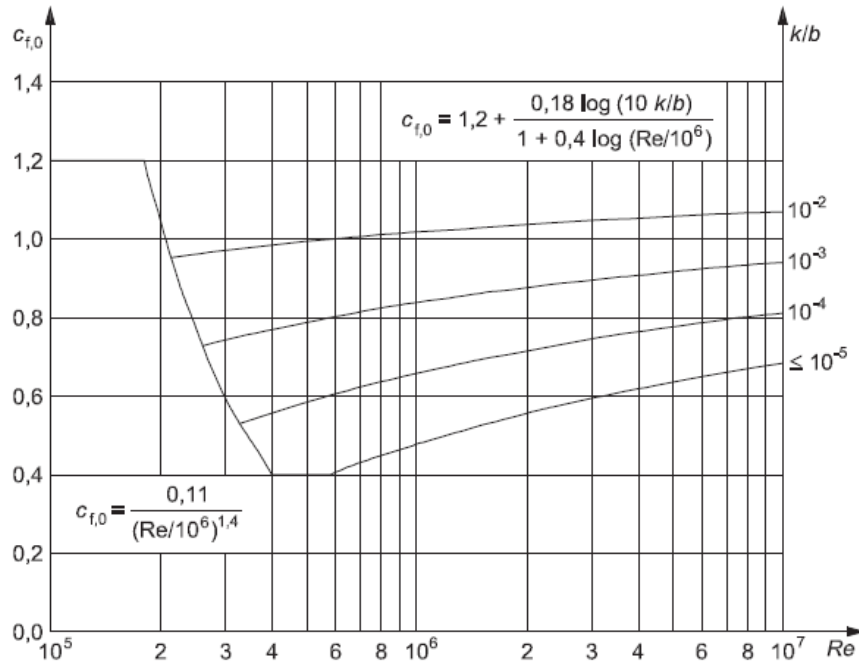


Figura 15 - Fattori di forza pila - Eurocodice 1991-1-4

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

direzione trasversale

| | | | |
|--|---------------|--------------|-------------------|
| altezza di riferimento | z | 7.2 | m |
| coefficiente di topografia | ct | 1 | |
| coefficiente di esposizione | ce | 2.15 | |
| densità dell'aria convenzionale | ro | 1.25 | kg/m ³ |
| pressione statica di riferimento | qr | 439.8 | n/m ² |
| pressione statica di picco | qpicco | 944.4 | n/m ² |
| | | 0.94 | Kpa |
| tipologia di sezione | | rettangolare | |
| larghezza trasversale pila | b | 9.4 | m |
| larghezza longitudinale pila | d | 3.6 | m |
| raggio della sezione | R | 0.40 | m |
| rapporto geometrico | b/d | 2.61 | |
| rapporto geometrico | r/b | 0.11 | |
| coefficiente di forza trasversale sez. ret. | cf,0 | 1.46 | |
| end-effect factor | $\psi\lambda$ | 0.72 | |
| viscosità cinematica dell'aria | v | 1.50E-05 | m/s |
| numero di Reynolds | Re | 1.72E+06 | |
| materiale pila | | cls ruvido | |
| rugosità equivalente | k | 1 | mm |
| rapporto | k/b | 2.50E-03 | |
| coefficiente di forza trasversale sez. circ. | cf,0 | 0.94 | |
| rapporto geometrico | l/b | 2.00 | |
| snellezza effettiva | λ | 70.00 | |
| rapporto di solidità | ϕ | 1 | |
| end-effect factor | $\psi\lambda$ | 0.89 | |
| forza trasversale | f tras | 9.0 | kN/m |
| forza equivalente totale | F tras | 64.8 | kN |
| altezza di applicazione sulla pila | h tra | 3.7 | m |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| direzione longitudinale | | | |
|---|---------------|---------------------|------|
| tipologia di sezione | | rettangolare | |
| larghezza trasversale pila | b | 9.4 | m |
| larghezza longitudinale pila | d | 3.6 | m |
| raggio della sezione | R | 0.4 | m |
| rapporto geometrico | b/d | 0.38 | |
| rapporto geometrico | r/b | 0.04 | |
| coefficiente di forza long. sez.ret | cf,0 | 2.21 | |
| coefficiente di forza trasversale sez.circ. | cf,0 | 0.94 | |
| end-effect factor | $\psi\lambda$ | 0.89 | |
| rapporto geometrico | l/b | 0.77 | |
| snellezza effettiva | λ | 70.00 | |
| rapporto di solidità | ϕ | 1 | |
| end-effect factor | $\psi\lambda$ | 0.89 | |
| forza longitudinale | f lon | 23.50 | kN/m |
| forza equivalente totale | Flon | 169.20 | kN |
| altezza di applicazione sulla pila | h lon | 3.71 | m |

6.7 Azione termica (Q7)

Le azioni termiche sono state applicate all'impalcato e alle pile. In particolare, all'impalcato è stata applicata una variazione termica uniforme, al fine di calcolare le escursioni di appoggi e giunti; sono state considerate le seguenti variazioni:

- $DT = \pm 15^{\circ}C$ per impalcato in c.a.p. e in c.a.
- $DT = \pm 15^{\circ}C$ per impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo e per le travi incorporate

Come previsto nelle NTC2008, la variazione di temperatura è stata incrementata del 50 % per tutte le tipologie di impalcato.

Per le pile cave invece, sono state adottate le seguenti ipotesi:

- Differenza di temperatura tra interno ed esterno pari a $10^{\circ}C$ (con interno più caldo dell'esterno o viceversa, considerando un modulo elastico E non ridotto);
- Ritiro differenziale fusto-fondazione (fusto-pulvino), considerando un plinto (pulgino) parzialmente stagionato, che non ha, quindi, ancora esaurito la relativa deformazione da ritiro.

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Conseguentemente a tale situazione si potrà considerare un valore di ritiro differenziale pari al 50% di quello a lungo termine, considerando un valore convenzionale del modulo di elasticità pari ad 1/3 di quello misurato (tale contributo è stato valutato in modo esplicito);

- Variazione termica uniforme tra fusto, pila e zattera interrata pari a 5 °C (zattera più fredda della pila e viceversa con variazione lineare tra l'estradosso zattera di fondazione ed un'altezza da assumersi, in mancanza di determinazioni più precise, pari a 5 volte lo spessore

6.8 Azione Sismica (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

6.8.1 Inquadramento Sismico

La determinazione della pericolosità sismica di base è definita a partire dall'ubicazione dell'opera e dalle sue caratteristiche progettuali come la vita nominale V_N e la classe d'uso C_u . Sulla base del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili". I parametri identificativi dell'opera sono:

| Vita Nominale | Classe d'Uso | Coeff. D'uso |
|---------------|--------------|--------------|
| 100 | III | 1.5 |

La geo-localizzazione permette di ottenere le coordinate geografiche delle singole opere e individuare puntualmente la domanda sismica secondo gli spettri normativi rappresentativi delle due componenti (orizzontale e verticale), ovvero determinare i singoli parametri indipendenti di riferimento.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

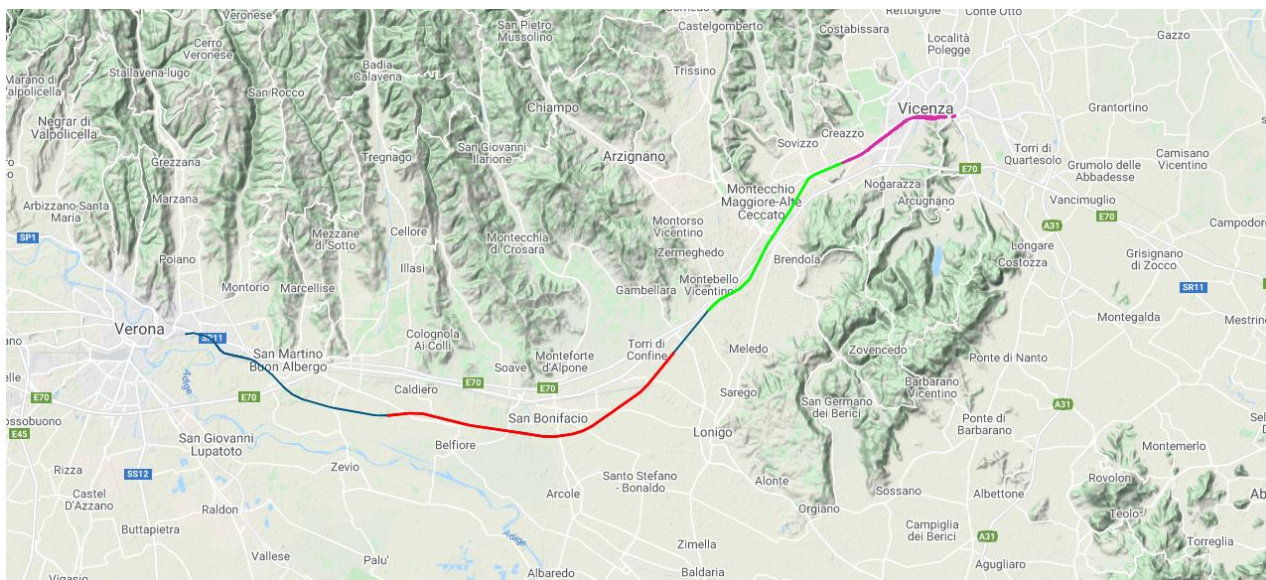


Figura 16 - Individuazione geografica della linea ferroviaria

I parametri indipendenti per le forme spettrali di riferimento hanno una variazione spaziale lungo la linea poco influente; per le seguenti analisi si è fatto riferimento alle seguenti coordinate individuando così la condizione sismica più gravosa fra quelle dell'intera tratta di interesse.

Latitudine 45.40294

Longitudine 11.11012

6.8.2 Definizione della domanda sismica

Secondo le NTC 2008 l'azione sismica viene considerata mediante spettri di risposta elastici in accelerazione. Sulla base dello studio geologico, i terreni in esame sono di tipo C, pianeggianti, tali da ricadere nella categoria topografica T1. Risulta quindi possibile tracciare lo spettro di riferimento normativo.

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATTITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3
 Interpolazione

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 17 - Sito di riferimento secondo "Spettri_NTC"

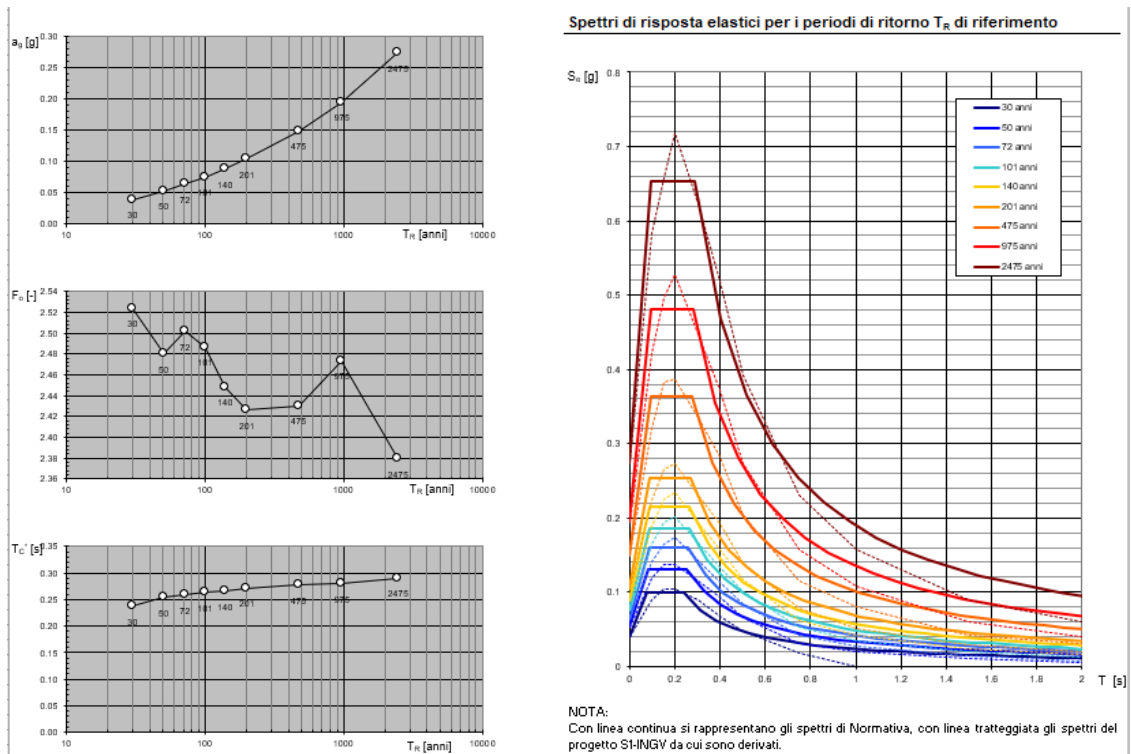


Figura 18 - Parametri di riferimento del sito secondo "Spettri_NTC"

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

| T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0.039 | 2.524 | 0.237 |
| 50 | 0.053 | 2.480 | 0.253 |
| 72 | 0.064 | 2.501 | 0.259 |
| 101 | 0.075 | 2.486 | 0.263 |
| 140 | 0.088 | 2.448 | 0.265 |
| 201 | 0.104 | 2.426 | 0.271 |
| 475 | 0.149 | 2.430 | 0.278 |
| 975 | 0.195 | 2.474 | 0.280 |
| 2475 | 0.275 | 2.379 | 0.291 |

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. L'ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Figura 19 - Tabella riassuntiva degli stati limite di riferimento del sito in esame



| | | | |
|----------|-------|----------------|---|
| Progetto | Lotto | Codifica | |
| IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| SLO - $P_{VR} = 81\%$ | <input type="text" value="90"/> |
| SLD - $P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="151"/> |

Stati limite ultimi - SLU

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| SLV - $P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="1424"/> |
| SLC - $P_{VR} = 5\%$ | <input type="text" value="2475"/> |

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie

Strategia di progettazione

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato info

Risposta sismica

Categoria di sottosuolo info

Categoria topografica info

$S_B = 1.373$ $C_C = 1.591$ info

$h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) $\zeta = 5$ $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) $q_0 = 1.5$ Regol. in altezza info

Compon. verticale

Spettro di progetto $q_v = 1$ $\eta = 1/q = 1.000$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

Spettri di risposta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 20 - Definizione della domanda sismica allo SLV

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.224 g |
| F_o | 2.435 |
| T_c | 0.284 s |
| S_s | 1.373 |
| C_c | 1.591 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.500 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.373 |
| η | 0.667 |
| T_B | 0.151 s |
| T_C | 0.452 s |
| T_D | 2.495 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|-------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.307 |
| T_B | 0.151 | 0.499 |
| T_C | 0.452 | 0.499 |
| | 0.549 | 0.410 |
| | 0.646 | 0.349 |
| | 0.744 | 0.303 |
| | 0.841 | 0.268 |
| | 0.938 | 0.240 |
| | 1.036 | 0.218 |
| | 1.133 | 0.199 |
| | 1.230 | 0.183 |
| | 1.328 | 0.170 |
| | 1.425 | 0.158 |
| | 1.522 | 0.148 |
| | 1.619 | 0.139 |
| | 1.717 | 0.131 |
| | 1.814 | 0.124 |
| | 1.911 | 0.118 |
| | 2.009 | 0.112 |
| | 2.106 | 0.107 |
| | 2.203 | 0.102 |
| | 2.301 | 0.098 |
| | 2.398 | 0.094 |
| T_D | 2.495 | 0.090 |
| | 2.567 | 0.085 |
| | 2.638 | 0.081 |
| | 2.710 | 0.077 |
| | 2.782 | 0.073 |
| | 2.853 | 0.069 |
| | 2.925 | 0.066 |
| | 2.997 | 0.063 |
| | 3.068 | 0.060 |
| | 3.140 | 0.057 |
| | 3.212 | 0.055 |
| | 3.283 | 0.052 |
| | 3.355 | 0.050 |
| | 3.427 | 0.048 |
| | 3.498 | 0.046 |
| | 3.570 | 0.045 |
| | 3.642 | 0.045 |
| | 3.713 | 0.045 |
| | 3.785 | 0.045 |
| | 3.857 | 0.045 |
| | 3.928 | 0.045 |
| | 4.000 | 0.045 |

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Figura 21 – Parametri indipendenti e dipendenti spettro orizzontale allo SLV $q=1.5$

| | | | | |
|---|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

6.8.3 Calcolo dell'azione Sismica

Per il calcolo delle azioni sismiche si utilizza una Analisi Statica Lineare, come riportata nel cap. 7.9.4.1 delle NTC 2008. Qualora le ipotesi non siano soddisfatte, per il calcolo dei periodi propri della pila e quindi delle sollecitazioni sismiche, si è fatto riferimento ad una Analisi Dinamica Modale, attraverso la costruzione di un modello agli Elementi Finiti monodimensionali (Beam/Frame) mediante il software di calcolo Midas Civil.

Per lo spettro orizzontale 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.

Per la verifica degli apparecchi di appoggio è stato utilizzato invece lo spettro elastico non ridotto dal coefficiente di comportamento, utilizzando, sempre secondo le regole del manuale di progettazione riportate al paragrafo 2.5.1.8.3.3, uno smorzamento viscoso pari a $\zeta = 10\%$.

Infine, per i 'Pali di fondazione', secondo il paragrafo del §2.5.1.8.3.3 del citato manuale RFI, si assume allo SLV sui pali un'azione sismica di progetto pari a quella derivante da un'analisi della struttura condotta adottando un fattore di struttura $q=1.5$

Nella scrittura delle combinazioni di carico si è distinta la posizione del convoglio per massimizzare le singole sollecitazioni (N,Mx,My,Tx,Ty), identificando tre configurazioni, ovvero tre masse statiche.

Nell'analisi sismica la massa partecipante riferita ai carichi da traffico è stata valutata in maniera distinta per le tre componenti del moto e successivamente messa in combinazione per le tre configurazioni statiche.

| | | | | |
|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

6.8.4 Check analisi statica

| Direzione Longitudinale | | | |
|--|------------------|-----------|----|
| massa treno per direzione long | Com Nmax | 10610 | kN |
| massa sismica treno per direzione long | treno | 2122 | kN |
| massa impalcato (G1 + G2) | Mimp | 15792 | kN |
| massa sismica portata sulla pila | Mimp t | 17914 | kN |
| 1/5 della massa sismica sulla pila | 1/5 Mimp t | 3583 | kN |
| massa pila | Mpul | 1517 | kN |
| massa pulvino | Mpila | 1697 | kN |
| massa efficace pila | Mpe | 2203 | kN |
| massa sismica totale da utilizzare dir. Long | Mtot long | 20117 | kN |
| <i>verifica requisito di norma</i> | $Mep < 1/5 Mimp$ | OK | |

| Direzione Trasversale | | | |
|---|------------------|-----------|----|
| massa treno per direzione long | Com Mmax | 7834 | kN |
| massa sismica treno per direzione long | treno | 1567 | kN |
| massa impalcato (G1 + G2) | Mimp | 13761 | kN |
| 1/5 della massa sismica sulla pila | Mimp t | 15328 | kN |
| massa pila | Mpul | 1517 | kN |
| massa pulvino | Mpila | 1697 | kN |
| massa efficace pila | Mpe | 2203 | kN |
| massa sismica totale da utilizzare dir. Trasv | Mtot tras | 17530 | kN |
| <i>verifica requisito di norma</i> | $Mep < 1/5 Mimp$ | OK | |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| Direzione Verticale | | | |
|--|------------------|-----------|----|
| massa treno per direzione long | Com Mmax | 7834 | kN |
| massa sismica treno per direzione long | treno | 1567 | kN |
| massa impalcato (G1 + G2) | Mimp | 13761 | kN |
| 1/5 della massa sismica sulla pila | Mimp t | 15328 | kN |
| massa pila | Mpul | 1517 | kN |
| massa pulvino | Mpila | 1697 | kN |
| massa efficace pila | Mpe | 2203 | kN |
| massa sismica totale da utilizzare dir. Vert | Mtot vert | 17530 | kN |
| <i>verifica requisito di norma</i> | $Mep < 1/5 Mimp$ | OK | |

6.8.5 Analisi statica equivalente

| | | | |
|--|-------|----------|----------------|
| area della sezione | A | 11.5 | m ² |
| inerzia sezione direzione trasversale | I11 | 104 | m ⁴ |
| inerzia sezione direzione longitudinale | I22 | 22 | m ⁴ |
| modulo elastico cls pila | Ec | 33346 | MPa |
| eventuale abbattimento del modulo | % | 50.00 | |
| modulo di calcolo | E | 16673 | MPa |
| calcestruzzo | fck | 32 | MPa |
| altezza pila est. fondazione - estr. pulvino | H | 7.20 | m |
| altezza plinto di fondazione | hf | 0.00 | m |
| altezza baggioli ed app. appoggio | hap | 0.50 | m |
| altezza equivalente sdof | He | 7.70 | m |
| rigidezza flessionale sdof in dir. Trasv | Ktra | 4.53E+09 | N/m |
| rigidezza flessionale sdof in dir. Long | Klong | 2.44E+09 | N/m |
| rigidezza assiale sdof in dir. Vert | Kvert | 3.65E+10 | N/m |
| periodo di vibrare sdof dir. Trasversale | Ttra | 0.12 | sec |
| periodo di vibrare sdof dir. Longitudinale | Tlong | 0.18 | sec |
| periodo di vibrare sdof dir. Verticale | Tvert | 0.04 | sec |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | SLV | | SLD | |
|---|-------|--------|-------|------|
| Tabella Riassuntiva | q=1.5 | q=1 | q=1 | |
| accelerazione componente trasversale | 0.46 | 0.66 | 0.30 | g |
| accelerazione componente longitudinale | 0.50 | 0.75 | 0.33 | g |
| accelerazione componente verticale | 0.32 | 0.32 | 0.08 | g |
| Sforzo assiale | 5561 | 5561 | 1453 | kN |
| Taglio Sism testa pila direz. trasversale | 8072 | 11570 | 5345 | kN |
| Taglio Sism testa pila direz. longitudinale | 10034 | 15051 | 6731 | kN |
| Momento flessionale trasversale | 81691 | 117085 | 54096 | kN m |
| Momento flessionale longitudinale | 77259 | 115889 | 51825 | kN m |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

7. Condizioni elementari e combinazioni di carico

Le verifiche di sicurezza strutturali e geotecniche sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NTC 2008, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.1.3.12. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

| | | Coefficiente | EQ ⁽¹⁾ | A1 STR | A2 GEO | Combinazione eccezionale | Combinazione Sismica |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|--------|--------------------------|----------------------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,00 |
| Ballast ⁽³⁾ | favorevoli | γ_B | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,00 |
| Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾ | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 | 0,20 ⁽⁵⁾ | 0,20 ⁽⁵⁾ |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 0,00 |
| Precompressione | favorevole | γ_P | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,00 ⁽⁶⁾ | 1,00 ⁽⁷⁾ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

| Azioni | | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|----------------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| Azioni singole da traffico | Carico sul rilevato a tergo delle spalle | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| Gruppi di carico | gr1 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr2 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | - |
| | gr3 | 0,80 ⁽²⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr4 | 1,00 | 1,00 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| Azioni del vento | F_{Wk} | 0,60 | 0,50 | 0,0 |
| Azioni da neve | in fase di esecuzione | 0,80 | 0,0 | 0,0 |
| | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Azioni termiche | T_k | 0,60 | 0,60 | 0,50 |

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

| | | | | |
|--------------------|---|-------|---|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| | Azioni | Ψ_0 | Ψ_1 | Ψ_2 |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| Azioni singole da traffico | Treno di carico LM 71 | 0,80 ⁽³⁾ | ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | Treno di carico SW /0 | 0,80 ⁽³⁾ | 0,80 | 0,0 |
| | Treno di carico SW/2 | 0,0 ⁽³⁾ | 0,80 | 0,0 |
| | Treno scarico | 1,00 ⁽³⁾ | - | - |
| | Centrifuga | ⁽²⁾ ⁽³⁾ | ⁽²⁾ | ⁽²⁾ |
| | Azione laterale (serpeggio) | 1,00 ⁽³⁾ | 0,80 | 0,0 |

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti sulle sottostrutture e quindi, alle verifiche strutturali.

| COMBO | G1 | G2 | Treno | Treno scarico | F_fre | F_cent | F_serp | F_att | Vento | E_long | E_tra | E_ver | Idra |
|---------------------|------|-----|-------|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| A1_SLU_gr1_Treno_ | 1.35 | 1.5 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_ | 1.35 | 1.5 | 0 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_ | 1.35 | 1.5 | 1.45 | 0 | 1.45 | 0.725 | 0.725 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_gr1+vento_ | 1.35 | 1.5 | 1.45 | 0 | 0.725 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_gr2+vento_ | 1.35 | 1.5 | 0 | 1.45 | 0 | 1.45 | 1.45 | 0.9 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_gr3+vento_ | 1.35 | 1.5 | 1.45 | 0 | 1.45 | 0.725 | 0.725 | 0.9 | 0.9 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_vento_gr1_ | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_vento_gr2_ | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_vento_gr3_ | 1.35 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_ | 1.35 | 1.5 | 0.87 | 0 | 0.435 | 0.87 | 0.87 | 0.54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_ | 1.35 | 1.5 | 0 | 0.87 | 0 | 0.87 | 0.87 | 0.54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_ | 1.35 | 1.5 | 0.87 | 0 | 0.87 | 0.435 | 0.435 | 0.54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

| COMBO | G1 | G2 | Treno | Treno scarico | F_fre | F_cent | F_serp | F_att | Vento | E_long | E_tra | E_ver | Idra |
|----------------------|----|----|-------|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| SLE_rar_gr1_Treno_ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_ | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_gr4_Centrif_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_gr1+vento_ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 1 | 1 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_gr2+vento_ | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_gr3+vento_ | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_gr4+vento_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_vento_gr1_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_vento_gr2_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_vento_gr3_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_rar_vento_gr4_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| COMBO | G1 | G2 | Treno | Treno scarico | F_fre | F_cent | F_serp | F_att | Vento | E_long | E_tra | E_ver | Idra |
|----------------------|----|----|-------|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| SLE_fre_gr1_Treno_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr2_Scarico_ | 1 | 1 | 0 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr3_Fre/avv_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr4_Centrif_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr1+vento_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr2+vento_ | 1 | 1 | 0 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr3+vento_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr4+vento_ | 1 | 1 | 0.6 | 0 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_vento_gr1_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_vento_gr2_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_vento_gr3_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_vento_gr4_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr1_temp | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr2_temp | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr3_temp | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_fre_gr4_temp | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| | | | | | | | |
|--------------------|---|-------|----------------|---|--|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA  | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B | | | |

| COMBO | G1 | G2 | Treno | Treno scarico | F_fre | F_cent | F_serp | F_att | Vento | E_long | E_tra | E_ver | Idra |
|---------------------|----|----|-------|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| SLE_qp_gr1_Treno_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr2_Scarico_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr3_Fre/avv_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr1+vento_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr2+vento_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr3+vento_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_vento_gr1_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_vento_gr2_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_vento_gr3_ | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr1_temp | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr2_temp | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| SLE_qp_gr3_temp | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| COMBO | G1 | G2 | Treno | Treno scari | F_fre | F_cent | F_serp | F_att | Vento | E_long | E_tra | E_ver | Idra |
|---------|----|----|-------|-------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| E_103x_ | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 1 | 0.3 | 0.3 | 1 |
| E_103y_ | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.3 | 1 | 0.3 | 1 |
| E_103z_ | 1 | 1 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0.3 | 0.3 | 1 | 1 |

Nota: nelle combinazioni sismiche gli effetti dei convogli come azioni statiche sono tenute in conto direttamente a monte della combinazione

Gli scarichi agli appoggi, riportati nei paragrafi seguenti, fanno riferimento alla seguente terna di assi:

- asse X coincidente con l'asse trasversale del ponte;
- asse Y coincidente con l'asse longitudinale del ponte;
- asse Z coincidente con l'asse verticale del ponte;

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, poiché si è adottata un'analisi in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle componenti. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica E12CLVI0104007 | B |

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione ed inversione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

7.1 Caratteristiche di sollecitazioni

Come precedentemente descritto si è valutata la posizione del singolo convoglio per massimizzare la sollecitazione d'interesse. Questo ha portato alla definizione di tre configurazioni per la progettazione e verifica del pulvino, del fusto pila e della fondazione. Di seguito si riportano le tabelle di tutte le combinazioni di carico, funzione delle suddette configurazioni.

7.1.1 Combinazioni Estradosso Pulvino – configurazione treni 1,2 e 3

| CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA | | | | | |
|--|-------|-------|--------|-------|--------|
| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
| A1_SLU_gr1_Treno_1 | 30962 | 2112 | 1318 | 5263 | 9959 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_2 | 20485 | 173 | 1318 | 3584 | 6796 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_3 | 30962 | 3675 | 659 | 6044 | 6561 |
| A1_SLU_gr1+vento_5 | 31942 | 2265 | 1899 | 5828 | 15586 |
| A1_SLU_gr2+vento_6 | 21465 | 325 | 1899 | 4149 | 12423 |
| A1_SLU_gr3+vento_7 | 31942 | 3827 | 1240 | 6609 | 12188 |
| A1_SLU_vento_gr1_9 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_vento_gr2_10 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_vento_gr3_11 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_13 | 26419 | 1169 | 791 | 4411 | 5975 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_14 | 20132 | 96 | 791 | 3449 | 4078 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_15 | 26419 | 2107 | 395 | 4879 | 3936 |
| <hr/> | | | | | |
| SLE_rar_gr1_Treno_1 | 21595 | 1332 | 909 | 3556 | 6868 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_2 | 14369 | 81 | 909 | 2442 | 4687 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_3 | 21595 | 2409 | 454 | 4095 | 4525 |
| SLE_rar_gr1+vento_5 | 22248 | 1433 | 1296 | 3933 | 10619 |
| SLE_rar_gr2+vento_6 | 15022 | 182 | 1296 | 2818 | 8438 |
| SLE_rar_gr3+vento_7 | 22248 | 2511 | 842 | 4471 | 8276 |
| SLE_rar_vento_gr1_9 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica E12CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|-----------------------|-------|------|------|------|-------|
| SLE_rar_vento_gr2_10 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_rar_vento_gr3_11 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_rar_gr4_Centrif_4 | 18461 | 1472 | 545 | 3364 | 4121 |
| SLE_rar_gr4+vento_8 | 19114 | 1573 | 932 | 3740 | 7872 |
| SLE_rar_vento_gr4_12 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_qp_gr1+vento_33 | 13761 | 55 | 0 | 2262 | 0 |
| E_103x_SLV_q=1.5_45 | 16996 | 9021 | 2117 | 4642 | 7355 |
| E_103y_SLV_q=1.5_46 | 16996 | 2767 | 7058 | 1515 | 23500 |
| E_103z_SLV_q=1.5_47 | 20889 | 2767 | 2117 | 1515 | 7355 |
| E_103x_SLD_q=1_54 | 15764 | 6080 | 1402 | 3171 | 5018 |
| E_103y_SLD_q=1_55 | 15764 | 1884 | 4674 | 1073 | 15709 |
| E_103z_SLD_q=1_56 | 16781 | 1884 | 1402 | 1073 | 5018 |

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
|------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| A1_SLU_gr1_Treno_57 | 27296 | 1980 | 1318 | 10249 | 8996 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_58 | 20485 | 173 | 1318 | 3584 | 6796 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_59 | 27296 | 3543 | 659 | 11030 | 5598 |
| A1_SLU_gr1+vento_61 | 28276 | 2133 | 1899 | 10814 | 14623 |
| A1_SLU_gr2+vento_62 | 21465 | 325 | 1899 | 4149 | 12423 |
| A1_SLU_gr3+vento_63 | 28276 | 3695 | 1240 | 11595 | 11225 |
| A1_SLU_vento_gr1_65 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_vento_gr2_66 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_vento_gr3_67 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_69 | 24219 | 1122 | 791 | 7418 | 5397 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_70 | 20132 | 96 | 791 | 3449 | 4078 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_71 | 24219 | 2059 | 395 | 7887 | 3359 |
| SLE_rar_gr1_Treno_57 | 19066 | 1271 | 909 | 7010 | 6204 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_58 | 14369 | 81 | 909 | 2442 | 4687 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_59 | 19066 | 2348 | 454 | 7549 | 3861 |
| SLE_rar_gr1+vento_61 | 19719 | 1372 | 1296 | 7387 | 9955 |
| SLE_rar_gr2+vento_62 | 15022 | 182 | 1296 | 2818 | 8438 |
| SLE_rar_gr3+vento_63 | 19719 | 2450 | 842 | 7925 | 7612 |
| SLE_rar_vento_gr1_65 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_rar_vento_gr2_66 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|------------------------|-------|------|------|------|-------|
| SLE_rar_vento_gr3_67 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_rar_gr4_Centrif_60 | 16944 | 1435 | 545 | 5436 | 3722 |
| SLE_rar_gr4+vento_64 | 17597 | 1537 | 932 | 5813 | 7474 |
| SLE_rar_vento_gr4_68 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_qp_gr1+vento_89 | 13761 | 55 | 0 | 2262 | 0 |
| E_103x_SLV_q=1.5_101 | 16490 | 9011 | 2117 | 5334 | 7223 |
| E_103y_SLV_q=1.5_102 | 16490 | 2757 | 7058 | 2207 | 23367 |
| E_103z_SLV_q=1.5_103 | 20383 | 2757 | 2117 | 2207 | 7223 |
| E_103x_SLD_q=1_110 | 15258 | 6070 | 1402 | 3863 | 4885 |
| E_103y_SLD_q=1_111 | 15258 | 1874 | 4674 | 1765 | 15576 |
| E_103z_SLD_q=1_112 | 16275 | 1874 | 1402 | 1765 | 4885 |

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI IN TESTA PILA

| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| A1_SLU_gr1_Treno_113 | 25733 | 1924 | 1318 | 4994 | 21201 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_114 | 20485 | 173 | 1318 | 3584 | 6796 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_115 | 25733 | 3487 | 659 | 5775 | 17803 |
| A1_SLU_gr1+vento_117 | 26713 | 2076 | 1899 | 5558 | 26828 |
| A1_SLU_gr2+vento_118 | 21465 | 325 | 1899 | 4149 | 12423 |
| A1_SLU_gr3+vento_119 | 26713 | 3639 | 1240 | 6340 | 23430 |
| A1_SLU_vento_gr1_121 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_vento_gr2_122 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_vento_gr3_123 | 21236 | 254 | 968 | 4197 | 9378 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_125 | 23281 | 1102 | 791 | 4272 | 12721 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_126 | 20132 | 96 | 791 | 3449 | 4078 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_127 | 23281 | 2039 | 395 | 4740 | 10682 |
| SLE_rar_gr1_Treno_113 | 17989 | 1245 | 909 | 3392 | 14621 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_114 | 14369 | 81 | 909 | 2442 | 4687 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_115 | 17989 | 2323 | 454 | 3931 | 12278 |
| SLE_rar_gr1+vento_117 | 18642 | 1347 | 1296 | 3769 | 18373 |
| SLE_rar_gr2+vento_118 | 15022 | 182 | 1296 | 2818 | 8438 |
| SLE_rar_gr3+vento_119 | 18642 | 2424 | 842 | 4307 | 16029 |
| SLE_rar_vento_gr1_121 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_rar_vento_gr2_122 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_rar_vento_gr3_123 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |

| | | | | | | | | |
|--------------------|---|-------|----------------|--|---|--|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | | B | | | |

| | | | | | |
|-------------------------|-------|------|------|------|-------|
| SLE_rar_gr4_Centrif_116 | 16298 | 1420 | 545 | 3265 | 8773 |
| SLE_rar_gr4+vento_120 | 16951 | 1521 | 932 | 3642 | 12524 |
| SLE_rar_vento_gr4_124 | 14850 | 169 | 645 | 2862 | 6252 |
| SLE_qp_gr1+vento_145 | 13761 | 55 | 0 | 2262 | 0 |
| E_103x_SLV_q=1.5_157 | 16275 | 9007 | 2117 | 4611 | 8906 |
| E_103y_SLV_q=1.5_158 | 16275 | 2752 | 7058 | 1483 | 25051 |
| E_103z_SLV_q=1.5_159 | 20167 | 2752 | 2117 | 1483 | 8906 |
| E_103x_SLD_q=1_166 | 15043 | 6066 | 1402 | 3140 | 6569 |
| E_103y_SLD_q=1_167 | 15043 | 1870 | 4674 | 1042 | 17260 |
| E_103z_SLD_q=1_168 | 16060 | 1870 | 1402 | 1042 | 6569 |

7.1.2 Combinazioni Estradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3

| CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA | | | | | |
|--|-------|-------|--------|-------|--------|
| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
| A1_SLU_gr1_Treno_1 | 35301 | 2112 | 1318 | 20472 | 19447 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_2 | 24824 | 173 | 1318 | 4829 | 16284 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_3 | 35301 | 3675 | 659 | 32503 | 11305 |
| A1_SLU_gr1+vento_5 | 36281 | 2265 | 1899 | 22134 | 29255 |
| A1_SLU_gr2+vento_6 | 25804 | 325 | 1899 | 6490 | 26093 |
| A1_SLU_gr3+vento_7 | 36281 | 3827 | 1240 | 34164 | 21114 |
| A1_SLU_vento_gr1_9 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_vento_gr2_10 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_vento_gr3_11 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_13 | 30758 | 1169 | 791 | 12830 | 11668 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_14 | 24471 | 96 | 791 | 4141 | 9770 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_15 | 30758 | 2107 | 395 | 20048 | 6783 |
| SLE_rar_gr1_Treno_1 | 24809 | 1332 | 909 | 13143 | 13411 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_2 | 17583 | 81 | 909 | 3022 | 11230 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_3 | 24809 | 2409 | 454 | 21440 | 7796 |
| SLE_rar_gr1+vento_5 | 25462 | 1433 | 1296 | 14251 | 19951 |
| SLE_rar_gr2+vento_6 | 18236 | 182 | 1296 | 4130 | 17769 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|----------------------|-------|------|-----|-------|-------|
| SLE_rar_gr3+vento_7 | 25462 | 2511 | 842 | 22548 | 14336 |
| SLE_rar_vento_gr1_9 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_rar_vento_gr2_10 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_rar_vento_gr3_11 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |

| | | | | | |
|-----------------------|-------|------|-----|-------|-------|
| SLE_rar_gr4_Centrif_4 | 21675 | 1472 | 545 | 13961 | 8047 |
| SLE_rar_gr4+vento_8 | 22329 | 1573 | 932 | 15069 | 14586 |
| SLE_rar_vento_gr4_12 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |

| | | | | | |
|---------------------|-------|----|---|------|---|
| SLE_qp_gr1+vento_33 | 16975 | 55 | 0 | 2658 | 0 |
|---------------------|-------|----|---|------|---|

| | | | | | |
|---------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| E_103x_SLV_q=1.5_45 | 20210 | 10120 | 2422 | 79668 | 24944 |
| E_103y_SLV_q=1.5_46 | 20210 | 3096 | 8072 | 25586 | 82127 |
| E_103z_SLV_q=1.5_47 | 24103 | 3096 | 2422 | 25586 | 24944 |
| E_103x_SLD_q=1_54 | 18978 | 6817 | 1604 | 54234 | 16665 |
| E_103y_SLD_q=1_55 | 18978 | 2106 | 5345 | 17956 | 54532 |
| E_103z_SLD_q=1_56 | 19995 | 2106 | 1604 | 17956 | 16665 |

| CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|
|---|--|--|--|--|--|

| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
|-----------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| A1_SLU_gr1_Treno_57 | 31635 | 1980 | 1318 | 24508 | 18484 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_58 | 24824 | 173 | 1318 | 4829 | 16284 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_59 | 31635 | 3543 | 659 | 36539 | 10342 |
| A1_SLU_gr1+vento_61 | 32615 | 2133 | 1899 | 26170 | 28292 |
| A1_SLU_gr2+vento_62 | 25804 | 325 | 1899 | 6490 | 26093 |
| A1_SLU_gr3+vento_63 | 32615 | 3695 | 1240 | 38200 | 20151 |
| A1_SLU_vento_gr1_65 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_vento_gr2_66 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_vento_gr3_67 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_69 | 28558 | 1122 | 791 | 15495 | 11090 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_70 | 24471 | 96 | 791 | 4141 | 9770 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_71 | 28558 | 2059 | 395 | 22713 | 6205 |

| | | | | | |
|------------------------|-------|------|------|-------|-------|
| SLE_rar_gr1_Treno_57 | 22280 | 1271 | 909 | 16160 | 12747 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_58 | 17583 | 81 | 909 | 3022 | 11230 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_59 | 22280 | 2348 | 454 | 24457 | 7132 |
| SLE_rar_gr1+vento_61 | 22934 | 1372 | 1296 | 17268 | 19287 |
| SLE_rar_gr2+vento_62 | 18236 | 182 | 1296 | 4130 | 17769 |
| SLE_rar_gr3+vento_63 | 22934 | 2450 | 842 | 25565 | 13671 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|------------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| SLE_rar_vento_gr1_65 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_rar_vento_gr2_66 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_rar_vento_gr3_67 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_rar_gr4_Centrif_60 | 20158 | 1435 | 545 | 15771 | 7648 |
| SLE_rar_gr4+vento_64 | 20812 | 1537 | 932 | 16879 | 14188 |
| SLE_rar_vento_gr4_68 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_qp_gr1+vento_89 | 16975 | 55 | 0 | 2658 | 0 |
| E_103x_SLV_q=1.5_101 | 19704 | 10110 | 2422 | 80360 | 24811 |
| E_103y_SLV_q=1.5_102 | 19704 | 3086 | 8072 | 26278 | 81994 |
| E_103z_SLV_q=1.5_103 | 23597 | 3086 | 2422 | 26278 | 24811 |
| E_103x_SLD_q=1_110 | 18472 | 6807 | 1604 | 54925 | 16532 |
| E_103y_SLD_q=1_111 | 18472 | 2095 | 5345 | 18648 | 54399 |
| E_103z_SLD_q=1_112 | 19490 | 2095 | 1604 | 18648 | 16532 |

| CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE PILA | | | | | |
|---|-------|-------|--------|-------|--------|
| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
| A1_SLU_gr1_Treno_113 | 30072 | 1924 | 1318 | 18848 | 30689 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_114 | 24824 | 173 | 1318 | 4829 | 16284 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_115 | 30072 | 3487 | 659 | 30878 | 22547 |
| A1_SLU_gr1+vento_117 | 31052 | 2076 | 1899 | 20509 | 40498 |
| A1_SLU_gr2+vento_118 | 25804 | 325 | 1899 | 6490 | 26093 |
| A1_SLU_gr3+vento_119 | 31052 | 3639 | 1240 | 32539 | 32356 |
| A1_SLU_vento_gr1_121 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_vento_gr2_122 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_vento_gr3_123 | 25575 | 254 | 968 | 6024 | 16348 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_125 | 27620 | 1102 | 791 | 12203 | 18413 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_126 | 24471 | 96 | 791 | 4141 | 9770 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_127 | 27620 | 2039 | 395 | 19421 | 13528 |
| SLE_rar_gr1_Treno_113 | 21203 | 1245 | 909 | 12356 | 21165 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_114 | 17583 | 81 | 909 | 3022 | 11230 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_115 | 21203 | 2323 | 454 | 20653 | 15550 |
| SLE_rar_gr1+vento_117 | 21856 | 1347 | 1296 | 13464 | 27704 |
| SLE_rar_gr2+vento_118 | 18236 | 182 | 1296 | 4130 | 17769 |
| SLE_rar_gr3+vento_119 | 21856 | 2424 | 842 | 21760 | 22089 |
| SLE_rar_vento_gr1_121 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica E12CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| SLE_rar_vento_gr2_122 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_rar_vento_gr3_123 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_rar_gr4_Centrif_116 | 19512 | 1420 | 545 | 13489 | 12699 |
| SLE_rar_gr4+vento_120 | 20165 | 1521 | 932 | 14596 | 19238 |
| SLE_rar_vento_gr4_124 | 18064 | 169 | 645 | 4080 | 10899 |
| SLE_qp_gr1+vento_145 | 16975 | 55 | 0 | 2658 | 0 |
| E_103x_SLV_q=1.5_157 | 19489 | 10106 | 2422 | 79636 | 26494 |
| E_103y_SLV_q=1.5_158 | 19489 | 3082 | 8072 | 25555 | 83678 |
| E_103z_SLV_q=1.5_159 | 23382 | 3082 | 2422 | 25555 | 26494 |
| E_103x_SLD_q=1_166 | 18257 | 6802 | 1604 | 54202 | 18216 |
| E_103y_SLD_q=1_167 | 18257 | 2091 | 5345 | 17925 | 56083 |
| E_103z_SLD_q=1_168 | 19274 | 2091 | 1604 | 17925 | 18216 |

7.1.3 Combinazioni Intradosso Plinto – configurazione 1,2 e 3

| CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE | | | | | |
|--|-------|-------|--------|-------|--------|
| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
| A1_SLU_gr1_Treno_1 | 68875 | 2112 | 1318 | 25753 | 22741 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_2 | 58398 | 173 | 1318 | 5261 | 19578 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_3 | 68875 | 3675 | 659 | 41690 | 12952 |
| A1_SLU_gr1+vento_5 | 69855 | 2265 | 1899 | 27795 | 34002 |
| A1_SLU_gr2+vento_6 | 59378 | 325 | 1899 | 7303 | 30839 |
| A1_SLU_gr3+vento_7 | 69855 | 3827 | 1240 | 43732 | 24213 |
| A1_SLU_vento_gr1_9 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_vento_gr2_10 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_vento_gr3_11 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_13 | 47464 | 1169 | 791 | 15753 | 13645 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_14 | 41178 | 96 | 791 | 4381 | 11747 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_15 | 47464 | 2107 | 395 | 25315 | 7771 |
| SLE_rar_gr1_Treno_1 | 49678 | 1332 | 909 | 16472 | 15683 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_2 | 42453 | 81 | 909 | 3224 | 13502 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_3 | 49678 | 2409 | 454 | 27463 | 8932 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|----------------------|-------|------|------|-------|-------|
| SLE_rar_gr1+vento_5 | 50332 | 1433 | 1296 | 17834 | 23191 |
| SLE_rar_gr2+vento_6 | 43106 | 182 | 1296 | 4585 | 21009 |
| SLE_rar_gr3+vento_7 | 50332 | 2511 | 842 | 28824 | 16440 |
| SLE_rar_vento_gr1_9 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |
| SLE_rar_vento_gr2_10 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |
| SLE_rar_vento_gr3_11 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |

| | | | | | |
|-----------------------|---|---|-------|------|-----|
| SLE_rar_gr4_Centrif_4 | 0 | 0 | 46545 | 1472 | 545 |
| SLE_rar_gr4+vento_8 | 0 | 0 | 47198 | 1573 | 932 |
| SLE_rar_vento_gr4_12 | 0 | 0 | 42933 | 169 | 645 |

| | | | | | |
|---------------------|-------|----|---|------|---|
| SLE_qp_gr1+vento_33 | 41845 | 55 | 0 | 2796 | 0 |
|---------------------|-------|----|---|------|---|

| | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| E_103x_SLV_q=1.5_45 | 46146 | 13923 | 3562 | 109721 | 32424 |
| E_103y_SLV_q=1.5_46 | 46146 | 4237 | 11875 | 34753 | 107061 |
| E_103z_SLV_q=1.5_47 | 52526 | 4237 | 3562 | 34753 | 32424 |
| E_103x_SLD_q=1_54 | 44125 | 8511 | 2112 | 73394 | 21309 |
| E_103y_SLD_q=1_55 | 44125 | 2614 | 7040 | 23855 | 70013 |
| E_103z_SLD_q=1_56 | 45791 | 2614 | 2112 | 23855 | 21309 |

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
|------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| A1_SLU_gr1_Treno_57 | 65209 | 1980 | 1318 | 29460 | 21778 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_58 | 58398 | 173 | 1318 | 5261 | 19578 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_59 | 65209 | 3543 | 659 | 45396 | 11989 |
| A1_SLU_gr1+vento_61 | 66188 | 2133 | 1899 | 31501 | 33039 |
| A1_SLU_gr2+vento_62 | 59378 | 325 | 1899 | 7303 | 30839 |
| A1_SLU_gr3+vento_63 | 66188 | 3695 | 1240 | 47438 | 23250 |
| A1_SLU_vento_gr1_65 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_vento_gr2_66 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_vento_gr3_67 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_69 | 45264 | 1122 | 791 | 18300 | 13067 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_70 | 41178 | 96 | 791 | 4381 | 11747 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_71 | 45264 | 2059 | 395 | 27862 | 7193 |
| SLE_rar_gr1_Treno_57 | 47150 | 1271 | 909 | 19338 | 15019 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_58 | 42453 | 81 | 909 | 3224 | 13502 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_59 | 47150 | 2348 | 454 | 30328 | 8268 |
| SLE_rar_gr1+vento_61 | 47803 | 1372 | 1296 | 20699 | 22527 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|----------------------|-------|------|------|-------|-------|
| SLE_rar_gr2+vento_62 | 43106 | 182 | 1296 | 4585 | 21009 |
| SLE_rar_gr3+vento_63 | 47803 | 2450 | 842 | 31689 | 15775 |
| SLE_rar_vento_gr1_65 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |
| SLE_rar_vento_gr2_66 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |
| SLE_rar_vento_gr3_67 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |

| | | | | | |
|------------------------|-------|------|-----|-------|-------|
| SLE_rar_gr4_Centrif_60 | 45028 | 1435 | 545 | 19360 | 9012 |
| SLE_rar_gr4+vento_64 | 45681 | 1537 | 932 | 20721 | 16519 |
| SLE_rar_vento_gr4_68 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |

| | | | | | |
|---------------------|-------|----|---|------|---|
| SLE_qp_gr1+vento_89 | 41845 | 55 | 0 | 2796 | 0 |
|---------------------|-------|----|---|------|---|

| | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| E_103x_SLV_q=1.5_101 | 45640 | 13912 | 3562 | 110388 | 32291 |
| E_103y_SLV_q=1.5_102 | 45640 | 4227 | 11875 | 35420 | 106928 |
| E_103z_SLV_q=1.5_103 | 52021 | 4227 | 3562 | 35420 | 32291 |
| E_103x_SLD_q=1_110 | 43619 | 8501 | 2112 | 74060 | 21177 |
| E_103y_SLD_q=1_111 | 43619 | 2604 | 7040 | 24522 | 69881 |
| E_103z_SLD_q=1_112 | 45285 | 2604 | 2112 | 24522 | 21177 |

CARATTERISTICHE SOLLECITAZIONI BASE FONDAZIONE

| combinazione | N | Tlong | Ttrasv | Mlong | Mtrasv |
|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| A1_SLU_gr1_Treno_113 | 63646 | 1924 | 1318 | 23658 | 33983 |
| A1_SLU_gr2_Scarico_114 | 58398 | 173 | 1318 | 5261 | 19578 |
| A1_SLU_gr3_Fre/avv_115 | 63646 | 3487 | 659 | 39594 | 24194 |
| A1_SLU_gr1+vento_117 | 64626 | 2076 | 1899 | 25700 | 45244 |
| A1_SLU_gr2+vento_118 | 59378 | 325 | 1899 | 7303 | 30839 |
| A1_SLU_gr3+vento_119 | 64626 | 3639 | 1240 | 41636 | 35455 |
| A1_SLU_vento_gr1_121 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_vento_gr2_122 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_vento_gr3_123 | 59149 | 254 | 968 | 6658 | 18768 |
| A1_SLU_Scalz_gr1_125 | 44327 | 1102 | 791 | 14957 | 20390 |
| A1_SLU_Scalz_gr2_126 | 41178 | 96 | 791 | 4381 | 11747 |
| A1_SLU_Scalz_gr3_127 | 44327 | 2039 | 395 | 24519 | 14517 |
| SLE_rar_gr1_Treno_113 | 46072 | 1245 | 909 | 15469 | 23437 |
| SLE_rar_gr2_Scarico_114 | 42453 | 81 | 909 | 3224 | 13502 |
| SLE_rar_gr3_Fre/avv_115 | 46072 | 2323 | 454 | 26459 | 16686 |
| SLE_rar_gr1+vento_117 | 46725 | 1347 | 1296 | 16830 | 30944 |
| SLE_rar_gr2+vento_118 | 43106 | 182 | 1296 | 4585 | 21009 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|-----------------------|-------|------|-----|-------|-------|
| SLE_rar_gr3+vento_119 | 46725 | 2424 | 842 | 27820 | 24193 |
| SLE_rar_vento_gr1_121 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |
| SLE_rar_vento_gr2_122 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |
| SLE_rar_vento_gr3_123 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |

| | | | | | |
|-------------------------|-------|------|-----|-------|-------|
| SLE_rar_gr4_Centrif_116 | 44381 | 1420 | 545 | 17039 | 14062 |
| SLE_rar_gr4+vento_120 | 45034 | 1521 | 932 | 18400 | 21569 |
| SLE_rar_vento_gr4_124 | 42933 | 169 | 645 | 4503 | 12512 |

| | | | | | |
|----------------------|-------|----|---|------|---|
| SLE_qp_gr1+vento_145 | 41845 | 55 | 0 | 2796 | 0 |
|----------------------|-------|----|---|------|---|

| | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| E_103x_SLV_q=1.5_157 | 45425 | 13908 | 3562 | 109654 | 33974 |
| E_103y_SLV_q=1.5_158 | 45425 | 4223 | 11875 | 34686 | 108612 |
| E_103z_SLV_q=1.5_159 | 51805 | 4223 | 3562 | 34686 | 33974 |
| E_103x_SLD_q=1_166 | 43404 | 8497 | 2112 | 73326 | 22860 |
| E_103y_SLD_q=1_167 | 43404 | 2599 | 7040 | 23788 | 71564 |
| E_103z_SLD_q=1_168 | 45069 | 2599 | 2112 | 23788 | 22860 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica E12CLVI0104007 | B |

8. Verifiche strutturali

Le armature di calcolo derivanti dalle verifiche di resistenza e di esercizio soddisfano le quantità minime indicate dalla normativa; si riepilogano i quantitativi per il fusto pila mentre quelli per il plinto di fondazione sono riportati al paragrafo 11.5.

| elemento | arm. flessionale | staffe | c.f |
|----------|--|-----------------------------|--------|
| fusto | 344 Φ 20 interasse 20 cm ⁽¹⁾ | Φ 14/15 ⁽²⁾ | 7.6 cm |

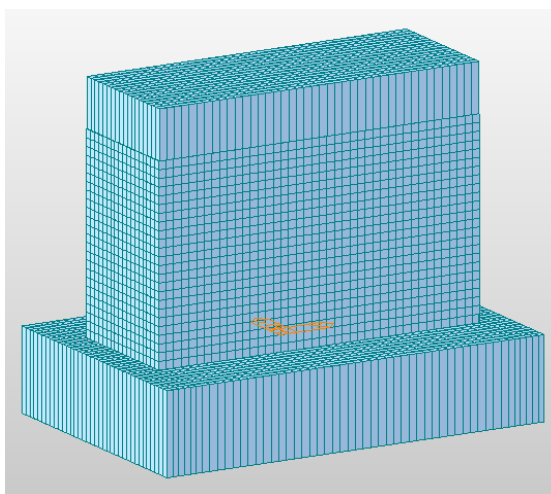
⁽¹⁾ è riferito alla corona esterna di armatura mentre, l'interasse della corona interna è funzione dell'allineamento con quella esterna. È comunque rispettato l'iterasse minimo.

⁽²⁾ in testa e alla base del fusto pila sono presenti Φ 16/15 in sostituzione dei Φ 14/15. Inoltre, in direzione longitudinale sono presenti 8 bracci, mentre in direzione trasversale 4 bracci.

Le spille adottate sono disposte nel rispetto della norma vigente.

9. Fusto pila

Determinate le sollecitazioni indotte dai carichi statici e delle azioni sismiche è possibile verificare la sezione d'incastro del fusto. A queste sollecitazioni va aggiunta un'ulteriore armatura flessionale e a taglio che assorba un effetto locale indotto dal ritiro differenziale tra il plinto ed il fusto della pila. Questa sollecitazione è stata individuata mediante un modello spaziale della fondazione, nel programma di calcolo Midas Civil.



| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale della sezione in oggetto vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

9.1 Modello locale per ritiro differenziale

Si richiama la *“Relazione effetti lenti”* per la descrizione del modello, delle analisi effettuate per il ritiro differenziale e del calcolo dell'armatura aggiuntiva. Nel seguito, pertanto, le verifiche a pressoflessione e a taglio sono state effettuate considerando un'armatura ridotta rispetto a quella realmente presente nel fusto della pila, eliminando cioè il quantitativo di acciaio necessario ad offrire una sufficiente resistenza nei confronti delle sollecitazioni indotte dai fenomeni termici e di ritiro differenziale. Questa riduzione è stata tenuta in conto nelle verifiche lasciando invariato il numero di barre d'armatura ed attribuendo loro un diametro equivalente diverso da quello reale.

9.2 Verifica a presso flessione

Di seguito viene riportato l'output del programma per la sezione in oggetto e per tutte le combinazioni considerate e descritte nei precedenti paragrafi.

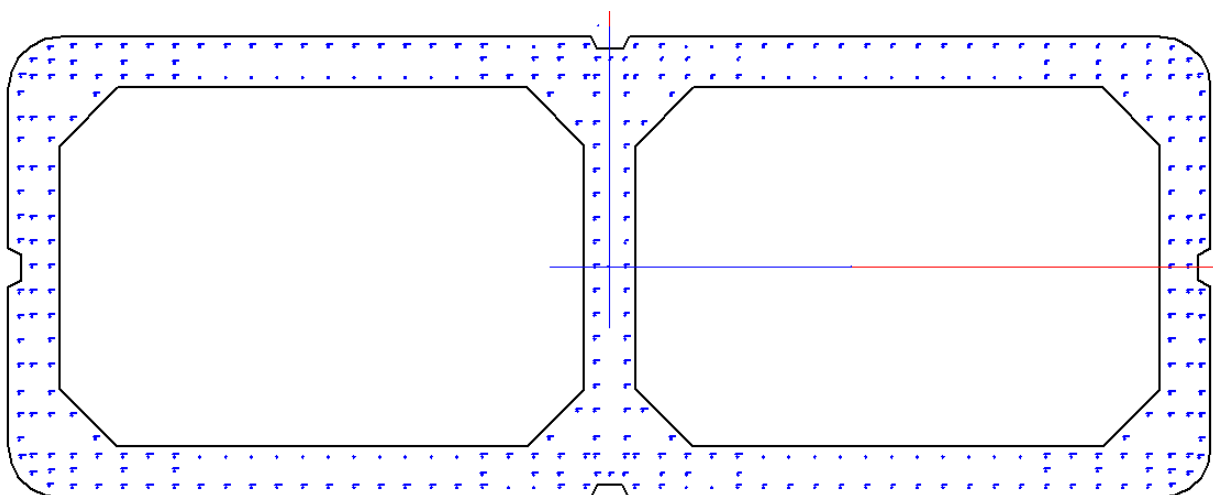


Figura 22 - Sezione implementata in RC-SEC

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.
NOME SEZIONE: PILA_7.2m_VI01_fi18.3

Descrizione Sezione:
Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione: Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento: N.T.C.
Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali: Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit : Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40
Resis. compr. di progetto fcd: 18.1 MPa
Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
Def.unit. ultima ecu: 0.0035
Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec: 33346.0 MPa
Resis. media a trazione fctm: 3.02 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare: 17.6 MPa
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 17.6 MPa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.200 mm
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 12.8 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef: 2000000 daN/cm²
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 DOMINI CALCESTRUZZO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | 112.3 | 304.4 |
| 2 | 102.3 | 309.4 |
| 3 | 102.3 | 434.4 |
| 4 | 104.3 | 446.8 |
| 5 | 109.9 | 458.0 |
| 6 | 118.8 | 466.8 |
| 7 | 129.9 | 472.5 |
| 8 | 142.3 | 474.4 |
| 9 | 557.3 | 474.4 |
| 10 | 562.3 | 464.4 |
| 11 | 582.3 | 464.4 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

| | | |
|----|--------|-------|
| 12 | 587.3 | 474.4 |
| 13 | 1002.3 | 474.4 |
| 14 | 1014.7 | 472.5 |
| 15 | 1025.8 | 466.8 |
| 16 | 1034.7 | 458.0 |
| 17 | 1040.3 | 446.8 |
| 18 | 1042.3 | 434.4 |
| 19 | 1042.3 | 309.4 |
| 20 | 1032.3 | 304.4 |
| 21 | 1032.3 | 284.4 |
| 22 | 1042.3 | 279.4 |
| 23 | 1042.3 | 154.4 |
| 24 | 1040.3 | 142.1 |
| 25 | 1034.7 | 130.9 |
| 26 | 1025.8 | 122.1 |
| 27 | 1014.7 | 116.4 |
| 28 | 1002.3 | 114.4 |
| 29 | 587.3 | 114.4 |
| 30 | 582.3 | 124.4 |
| 31 | 562.3 | 124.4 |
| 32 | 557.3 | 114.4 |
| 33 | 142.3 | 114.4 |
| 34 | 129.9 | 116.4 |
| 35 | 118.8 | 122.1 |
| 36 | 109.9 | 130.9 |
| 37 | 104.3 | 142.1 |
| 38 | 102.3 | 154.4 |
| 39 | 102.3 | 279.4 |
| 40 | 112.3 | 284.4 |

DOMINIO N° 2

Forma del Dominio: Poligonale vuoto
 Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | 957.3 | 434.4 |
| 2 | 1002.3 | 389.4 |
| 3 | 1002.3 | 199.4 |
| 4 | 957.3 | 154.4 |
| 5 | 637.3 | 154.4 |
| 6 | 592.3 | 199.4 |
| 7 | 592.3 | 389.4 |
| 8 | 637.3 | 434.4 |

DOMINIO N° 3

Forma del Dominio: Poligonale vuoto
 Classe Calcestruzzo: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | 507.3 | 434.4 |
| 2 | 552.3 | 389.4 |
| 3 | 552.3 | 199.4 |
| 4 | 507.3 | 154.4 |
| 5 | 187.3 | 154.4 |
| 6 | 142.3 | 199.4 |
| 7 | 142.3 | 389.4 |
| 8 | 187.3 | 434.4 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | 472.4 | 443.0 | 18.3 |
| 2 | 512.8 | 123.0 | 18.3 |
| 3 | 492.7 | 123.0 | 18.3 |
| 4 | 651.9 | 123.0 | 18.3 |
| 5 | 631.8 | 123.0 | 18.3 |
| 6 | 651.9 | 465.8 | 18.3 |
| 7 | 631.8 | 465.8 | 18.3 |
| 8 | 512.8 | 465.8 | 18.3 |
| 9 | 492.7 | 465.8 | 18.3 |
| 10 | 120.0 | 133.2 | 18.3 |
| 11 | 134.0 | 124.7 | 18.3 |
| 12 | 112.6 | 146.2 | 18.3 |
| 13 | 1024.6 | 133.2 | 18.3 |
| 14 | 1010.6 | 124.7 | 18.3 |
| 15 | 1032.0 | 146.2 | 18.3 |
| 16 | 120.0 | 455.7 | 18.3 |
| 17 | 134.0 | 464.2 | 18.3 |
| 18 | 112.6 | 442.7 | 18.3 |
| 19 | 1024.6 | 455.7 | 18.3 |
| 20 | 1010.6 | 464.2 | 18.3 |
| 21 | 1032.0 | 442.7 | 18.3 |
| 22 | 1033.7 | 274.1 | 18.3 |
| 23 | 1033.7 | 314.8 | 18.3 |
| 24 | 110.9 | 314.8 | 18.3 |
| 25 | 110.9 | 274.1 | 18.3 |
| 26 | 552.0 | 123.0 | 18.3 |
| 27 | 592.6 | 123.0 | 18.3 |
| 28 | 552.0 | 465.8 | 18.3 |
| 29 | 993.6 | 410.3 | 18.3 |
| 30 | 975.0 | 428.9 | 18.3 |
| 31 | 601.0 | 410.3 | 18.3 |
| 32 | 619.6 | 428.9 | 18.3 |
| 33 | 993.6 | 178.6 | 18.3 |
| 34 | 975.0 | 160.0 | 18.3 |
| 35 | 601.0 | 178.6 | 18.3 |
| 36 | 619.6 | 160.0 | 18.3 |
| 37 | 543.6 | 410.3 | 18.3 |
| 38 | 525.0 | 428.9 | 18.3 |
| 39 | 151.0 | 410.3 | 18.3 |
| 40 | 169.6 | 428.9 | 18.3 |
| 41 | 543.6 | 178.6 | 18.3 |
| 42 | 525.0 | 160.0 | 18.3 |
| 43 | 151.0 | 178.6 | 18.3 |
| 44 | 169.6 | 160.0 | 18.3 |
| 45 | 231.6 | 135.4 | 18.3 |
| 46 | 191.4 | 135.4 | 18.3 |
| 47 | 152.0 | 135.4 | 18.3 |
| 48 | 133.7 | 134.5 | 18.3 |
| 49 | 133.7 | 178.9 | 18.3 |
| 50 | 120.9 | 178.9 | 18.3 |
| 51 | 110.9 | 178.8 | 18.3 |
| 52 | 133.7 | 195.6 | 18.3 |
| 53 | 110.9 | 195.6 | 18.3 |
| 54 | 110.9 | 159.4 | 18.3 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | |
|-----|-------|-------|------|
| 55 | 133.7 | 146.0 | 18.3 |
| 56 | 110.9 | 255.5 | 18.3 |
| 57 | 110.9 | 236.5 | 18.3 |
| 58 | 110.9 | 217.5 | 18.3 |
| 59 | 120.9 | 146.0 | 18.3 |
| 60 | 120.9 | 217.7 | 18.3 |
| 61 | 120.9 | 256.1 | 18.3 |
| 62 | 120.9 | 275.2 | 18.3 |
| 63 | 133.7 | 217.7 | 18.3 |
| 64 | 133.7 | 236.9 | 18.3 |
| 65 | 133.7 | 256.1 | 18.3 |
| 66 | 133.7 | 275.2 | 18.3 |
| 67 | 561.1 | 145.8 | 18.3 |
| 68 | 560.9 | 160.4 | 18.3 |
| 69 | 560.9 | 182.3 | 18.3 |
| 70 | 560.9 | 201.0 | 18.3 |
| 71 | 560.9 | 219.7 | 18.3 |
| 72 | 560.9 | 238.4 | 18.3 |
| 73 | 560.9 | 257.1 | 18.3 |
| 74 | 553.0 | 145.8 | 18.3 |
| 75 | 532.9 | 145.8 | 18.3 |
| 76 | 472.6 | 145.8 | 18.3 |
| 77 | 231.6 | 145.8 | 18.3 |
| 78 | 211.5 | 145.8 | 18.3 |
| 79 | 191.4 | 145.8 | 18.3 |
| 80 | 171.3 | 145.8 | 18.3 |
| 81 | 152.0 | 145.8 | 18.3 |
| 82 | 532.9 | 123.0 | 18.3 |
| 83 | 472.6 | 123.0 | 18.3 |
| 84 | 452.5 | 123.0 | 18.3 |
| 85 | 432.4 | 123.0 | 18.3 |
| 86 | 412.4 | 123.0 | 18.3 |
| 87 | 392.3 | 123.0 | 18.3 |
| 88 | 372.2 | 123.0 | 18.3 |
| 89 | 352.1 | 123.0 | 18.3 |
| 90 | 332.0 | 123.0 | 18.3 |
| 91 | 311.9 | 123.0 | 18.3 |
| 92 | 291.8 | 123.0 | 18.3 |
| 93 | 271.8 | 123.0 | 18.3 |
| 94 | 251.7 | 123.0 | 18.3 |
| 95 | 231.6 | 123.0 | 18.3 |
| 96 | 211.5 | 123.0 | 18.3 |
| 97 | 191.4 | 123.0 | 18.3 |
| 98 | 171.3 | 123.0 | 18.3 |
| 99 | 152.0 | 123.0 | 18.3 |
| 100 | 472.4 | 133.0 | 18.3 |
| 101 | 512.4 | 133.0 | 18.3 |
| 102 | 532.3 | 133.0 | 18.3 |
| 103 | 561.3 | 133.0 | 18.3 |
| 104 | 560.9 | 275.8 | 18.3 |
| 105 | 231.6 | 453.5 | 18.3 |
| 106 | 191.4 | 453.5 | 18.3 |
| 107 | 152.0 | 453.5 | 18.3 |
| 108 | 133.7 | 454.4 | 18.3 |
| 109 | 133.7 | 409.9 | 18.3 |
| 110 | 120.9 | 409.9 | 18.3 |
| 111 | 110.9 | 410.1 | 18.3 |
| 112 | 133.7 | 393.3 | 18.3 |
| 113 | 110.9 | 393.3 | 18.3 |

| | | | |
|--|---|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 B |

| | | | |
|-----|--------|-------|------|
| 114 | 110.9 | 429.4 | 18.3 |
| 115 | 133.7 | 442.8 | 18.3 |
| 116 | 110.9 | 333.4 | 18.3 |
| 117 | 110.9 | 352.4 | 18.3 |
| 118 | 110.9 | 371.4 | 18.3 |
| 119 | 121.5 | 442.9 | 18.3 |
| 120 | 120.9 | 371.2 | 18.3 |
| 121 | 120.9 | 332.8 | 18.3 |
| 122 | 120.9 | 313.6 | 18.3 |
| 123 | 120.9 | 294.4 | 18.3 |
| 124 | 133.7 | 371.2 | 18.3 |
| 125 | 133.7 | 352.0 | 18.3 |
| 126 | 133.7 | 332.8 | 18.3 |
| 127 | 133.7 | 313.6 | 18.3 |
| 128 | 133.7 | 294.4 | 18.3 |
| 129 | 561.1 | 443.0 | 18.3 |
| 130 | 560.9 | 428.5 | 18.3 |
| 131 | 560.9 | 406.6 | 18.3 |
| 132 | 560.9 | 387.9 | 18.3 |
| 133 | 560.9 | 369.2 | 18.3 |
| 134 | 560.9 | 350.5 | 18.3 |
| 135 | 560.9 | 331.8 | 18.3 |
| 136 | 560.9 | 294.4 | 18.3 |
| 137 | 553.0 | 443.0 | 18.3 |
| 138 | 532.9 | 443.0 | 18.3 |
| 139 | 512.8 | 443.0 | 18.3 |
| 140 | 231.6 | 443.0 | 18.3 |
| 141 | 211.5 | 443.0 | 18.3 |
| 142 | 191.4 | 443.0 | 18.3 |
| 143 | 171.3 | 443.0 | 18.3 |
| 144 | 152.0 | 443.0 | 18.3 |
| 145 | 532.9 | 465.8 | 18.3 |
| 146 | 472.6 | 465.8 | 18.3 |
| 147 | 452.5 | 465.8 | 18.3 |
| 148 | 432.4 | 465.8 | 18.3 |
| 149 | 412.4 | 465.8 | 18.3 |
| 150 | 392.3 | 465.8 | 18.3 |
| 151 | 372.2 | 465.8 | 18.3 |
| 152 | 352.1 | 465.8 | 18.3 |
| 153 | 332.0 | 465.8 | 18.3 |
| 154 | 311.9 | 465.8 | 18.3 |
| 155 | 291.8 | 465.8 | 18.3 |
| 156 | 271.8 | 465.8 | 18.3 |
| 157 | 251.7 | 465.8 | 18.3 |
| 158 | 231.6 | 465.8 | 18.3 |
| 159 | 211.5 | 465.8 | 18.3 |
| 160 | 191.4 | 465.8 | 18.3 |
| 161 | 171.3 | 465.8 | 18.3 |
| 162 | 152.0 | 465.8 | 18.3 |
| 163 | 472.4 | 455.8 | 18.3 |
| 164 | 512.4 | 455.8 | 18.3 |
| 165 | 532.3 | 455.8 | 18.3 |
| 166 | 561.3 | 455.8 | 18.3 |
| 167 | 560.9 | 313.1 | 18.3 |
| 168 | 913.0 | 135.4 | 18.3 |
| 169 | 953.2 | 135.4 | 18.3 |
| 170 | 992.6 | 135.4 | 18.3 |
| 171 | 1010.9 | 134.5 | 18.3 |
| 172 | 1010.9 | 178.9 | 18.3 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

| | | | |
|-----|--------|-------|------|
| 173 | 1023.7 | 178.9 | 18.3 |
| 174 | 1033.7 | 178.8 | 18.3 |
| 175 | 1010.9 | 195.6 | 18.3 |
| 176 | 1033.7 | 195.6 | 18.3 |
| 177 | 1033.7 | 159.4 | 18.3 |
| 178 | 1010.9 | 146.0 | 18.3 |
| 179 | 1033.7 | 255.5 | 18.3 |
| 180 | 1033.7 | 236.5 | 18.3 |
| 181 | 1033.7 | 217.5 | 18.3 |
| 182 | 1024.3 | 146.0 | 18.3 |
| 183 | 1023.7 | 217.7 | 18.3 |
| 184 | 1023.7 | 256.1 | 18.3 |
| 185 | 1023.7 | 275.2 | 18.3 |
| 186 | 1010.9 | 217.7 | 18.3 |
| 187 | 1010.9 | 236.9 | 18.3 |
| 188 | 1010.9 | 256.1 | 18.3 |
| 189 | 1010.9 | 275.2 | 18.3 |
| 190 | 583.5 | 145.8 | 18.3 |
| 191 | 583.7 | 160.4 | 18.3 |
| 192 | 583.7 | 182.3 | 18.3 |
| 193 | 583.7 | 201.0 | 18.3 |
| 194 | 583.7 | 219.7 | 18.3 |
| 195 | 583.7 | 238.4 | 18.3 |
| 196 | 583.7 | 257.1 | 18.3 |
| 197 | 591.6 | 145.8 | 18.3 |
| 198 | 611.7 | 145.8 | 18.3 |
| 199 | 672.0 | 145.8 | 18.3 |
| 200 | 913.0 | 145.8 | 18.3 |
| 201 | 933.1 | 145.8 | 18.3 |
| 202 | 953.2 | 145.8 | 18.3 |
| 203 | 973.3 | 145.8 | 18.3 |
| 204 | 992.6 | 145.8 | 18.3 |
| 205 | 611.7 | 123.0 | 18.3 |
| 206 | 672.0 | 123.0 | 18.3 |
| 207 | 692.1 | 123.0 | 18.3 |
| 208 | 712.1 | 123.0 | 18.3 |
| 209 | 732.2 | 123.0 | 18.3 |
| 210 | 752.3 | 123.0 | 18.3 |
| 211 | 772.4 | 123.0 | 18.3 |
| 212 | 792.5 | 123.0 | 18.3 |
| 213 | 812.6 | 123.0 | 18.3 |
| 214 | 832.7 | 123.0 | 18.3 |
| 215 | 852.8 | 123.0 | 18.3 |
| 216 | 872.8 | 123.0 | 18.3 |
| 217 | 892.9 | 123.0 | 18.3 |
| 218 | 913.0 | 123.0 | 18.3 |
| 219 | 933.1 | 123.0 | 18.3 |
| 220 | 953.2 | 123.0 | 18.3 |
| 221 | 973.3 | 123.0 | 18.3 |
| 222 | 992.6 | 123.0 | 18.3 |
| 223 | 672.2 | 133.0 | 18.3 |
| 224 | 632.2 | 133.0 | 18.3 |
| 225 | 612.3 | 133.0 | 18.3 |
| 226 | 583.3 | 133.0 | 18.3 |
| 227 | 572.3 | 133.0 | 18.3 |
| 228 | 583.7 | 275.8 | 18.3 |
| 229 | 913.0 | 453.5 | 18.3 |
| 230 | 953.2 | 453.5 | 18.3 |
| 231 | 992.6 | 453.5 | 18.3 |

| | | | |
|---|--|-------------|---------------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 B |

| | | | |
|-----|--------|-------|------|
| 232 | 1010.9 | 454.4 | 18.3 |
| 233 | 1010.9 | 409.9 | 18.3 |
| 234 | 1023.7 | 409.9 | 18.3 |
| 235 | 1033.7 | 410.1 | 18.3 |
| 236 | 1010.9 | 393.3 | 18.3 |
| 237 | 1033.7 | 393.3 | 18.3 |
| 238 | 1033.7 | 429.4 | 18.3 |
| 239 | 1010.9 | 442.8 | 18.3 |
| 240 | 1033.7 | 333.4 | 18.3 |
| 241 | 1033.7 | 352.4 | 18.3 |
| 242 | 1033.7 | 371.4 | 18.3 |
| 243 | 1024.3 | 442.9 | 18.3 |
| 244 | 1023.7 | 371.2 | 18.3 |
| 245 | 1023.7 | 332.8 | 18.3 |
| 246 | 1023.7 | 313.6 | 18.3 |
| 247 | 1023.7 | 294.4 | 18.3 |
| 248 | 1010.9 | 371.2 | 18.3 |
| 249 | 1010.9 | 352.0 | 18.3 |
| 250 | 1010.9 | 332.8 | 18.3 |
| 251 | 1010.9 | 313.6 | 18.3 |
| 252 | 1010.9 | 294.4 | 18.3 |
| 253 | 583.5 | 443.0 | 18.3 |
| 254 | 583.7 | 428.5 | 18.3 |
| 255 | 583.7 | 406.6 | 18.3 |
| 256 | 583.7 | 387.9 | 18.3 |
| 257 | 583.7 | 369.2 | 18.3 |
| 258 | 583.7 | 350.5 | 18.3 |
| 259 | 583.7 | 331.8 | 18.3 |
| 260 | 583.7 | 294.4 | 18.3 |
| 261 | 591.6 | 443.0 | 18.3 |
| 262 | 611.7 | 443.0 | 18.3 |
| 263 | 672.0 | 443.0 | 18.3 |
| 264 | 913.0 | 443.0 | 18.3 |
| 265 | 933.1 | 443.0 | 18.3 |
| 266 | 953.2 | 443.0 | 18.3 |
| 267 | 973.3 | 443.0 | 18.3 |
| 268 | 992.6 | 443.0 | 18.3 |
| 269 | 592.6 | 465.8 | 18.3 |
| 270 | 611.7 | 465.8 | 18.3 |
| 271 | 672.0 | 465.8 | 18.3 |
| 272 | 692.1 | 465.8 | 18.3 |
| 273 | 712.1 | 465.8 | 18.3 |
| 274 | 732.2 | 465.8 | 18.3 |
| 275 | 752.3 | 465.8 | 18.3 |
| 276 | 772.4 | 465.8 | 18.3 |
| 277 | 792.5 | 465.8 | 18.3 |
| 278 | 812.6 | 465.8 | 18.3 |
| 279 | 832.7 | 465.8 | 18.3 |
| 280 | 852.8 | 465.8 | 18.3 |
| 281 | 872.8 | 465.8 | 18.3 |
| 282 | 892.9 | 465.8 | 18.3 |
| 283 | 913.0 | 465.8 | 18.3 |
| 284 | 933.1 | 465.8 | 18.3 |
| 285 | 953.2 | 465.8 | 18.3 |
| 286 | 973.3 | 465.8 | 18.3 |
| 287 | 992.6 | 465.8 | 18.3 |
| 288 | 672.2 | 455.8 | 18.3 |
| 289 | 632.2 | 455.8 | 18.3 |
| 290 | 612.3 | 455.8 | 18.3 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| | | | |
|-----|-------|-------|------|
| 291 | 583.3 | 455.8 | 18.3 |
| 292 | 572.3 | 455.8 | 18.3 |
| 293 | 583.7 | 313.1 | 18.3 |

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 | 140 | 1 | 11 | 18.3 |
| 2 | 263 | 264 | 11 | 18.3 |
| 3 | 77 | 76 | 11 | 18.3 |
| 4 | 199 | 200 | 11 | 18.3 |
| 5 | 1 | 139 | 1 | 18.3 |
| 6 | 262 | 263 | 2 | 18.3 |
| 7 | 76 | 75 | 2 | 18.3 |
| 8 | 198 | 199 | 2 | 18.3 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|----------|----------|----------|------|------|
| 1 | 35301.28 | 20472.37 | 19446.53 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 24823.95 | 4828.74 | 16283.74 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 35301.28 | 32502.66 | 11304.66 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | 36281.15 | 22133.63 | 29255.39 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | 25803.82 | 6490.00 | 26092.60 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | 36281.15 | 34163.92 | 21113.52 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 30757.70 | 12829.78 | 11667.92 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 24471.31 | 4140.64 | 9770.24 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | 30757.70 | 20047.96 | 6782.80 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | 31634.89 | 24508.38 | 18483.56 | 0.00 | 0.00 |
| 14 | 24823.95 | 4828.74 | 16283.74 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | 31634.89 | 36538.67 | 10341.69 | 0.00 | 0.00 |
| 16 | 32614.77 | 26169.64 | 28292.42 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | 25803.82 | 6490.00 | 26092.60 | 0.00 | 0.00 |
| 18 | 32614.77 | 38199.93 | 20150.55 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 28557.88 | 15495.31 | 11090.14 | 0.00 | 0.00 |
| 23 | 24471.31 | 4140.64 | 9770.24 | 0.00 | 0.00 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | |
|----|----------|----------|----------|------|------|
| 24 | 28557.88 | 22713.48 | 6205.02 | 0.00 | 0.00 |
| 25 | 30072.23 | 18847.75 | 30688.97 | 0.00 | 0.00 |
| 26 | 24823.95 | 4828.74 | 16283.74 | 0.00 | 0.00 |
| 27 | 30072.23 | 30878.04 | 22547.10 | 0.00 | 0.00 |
| 28 | 31052.11 | 20509.01 | 40497.83 | 0.00 | 0.00 |
| 29 | 25803.82 | 6490.00 | 26092.60 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 31052.11 | 32539.30 | 32355.96 | 0.00 | 0.00 |
| 31 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 32 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 33 | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 0.00 | 0.00 |
| 34 | 27620.28 | 12202.89 | 18413.38 | 0.00 | 0.00 |
| 35 | 24471.31 | 4140.64 | 9770.24 | 0.00 | 0.00 |
| 36 | 27620.28 | 19421.06 | 13528.26 | 0.00 | 0.00 |
| 37 | 20210.21 | 79667.82 | 24943.53 | 0.00 | 0.00 |
| 38 | 20210.21 | 25586.31 | 82127.18 | 0.00 | 0.00 |
| 39 | 24102.84 | 25586.31 | 24943.53 | 0.00 | 0.00 |
| 40 | 19704.50 | 80359.63 | 24810.70 | 0.00 | 0.00 |
| 41 | 19704.50 | 26278.13 | 81994.35 | 0.00 | 0.00 |
| 42 | 23597.14 | 26278.13 | 24810.70 | 0.00 | 0.00 |
| 43 | 19488.96 | 79636.45 | 26494.21 | 0.00 | 0.00 |
| 44 | 19488.96 | 25554.95 | 83677.86 | 0.00 | 0.00 |
| 45 | 23381.60 | 25554.95 | 26494.21 | 0.00 | 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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|----------|----------|----------|
| 1 | 24808.93 | 13143.32 | 13411.40 |
| 2 | 17583.18 | 3022.26 | 11230.16 |
| 3 | 24808.93 | 21440.07 | 7796.32 |
| 4 | 25462.18 | 14250.82 | 19950.64 |
| 5 | 18236.43 | 4129.77 | 17769.40 |
| 6 | 25462.18 | 22547.57 | 14335.56 |
| 7 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 8 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 9 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 10 | 22280.39 | 16160.41 | 12747.28 |
| 11 | 17583.18 | 3022.26 | 11230.16 |
| 12 | 22280.39 | 24457.16 | 7132.20 |
| 13 | 22933.64 | 17267.92 | 19286.53 |
| 14 | 18236.43 | 4129.77 | 17769.40 |
| 15 | 22933.64 | 25564.67 | 13671.44 |
| 16 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 17 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 18 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 19 | 21202.69 | 12356.11 | 21164.81 |
| 20 | 17583.18 | 3022.26 | 11230.16 |
| 21 | 21202.69 | 20652.86 | 15549.73 |
| 22 | 21855.94 | 13463.61 | 27704.05 |
| 23 | 18236.43 | 4129.77 | 17769.40 |
| 24 | 21855.94 | 21760.36 | 22088.97 |
| 25 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 26 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |

| | | | | | | | |
|--------------------|---|----------|-------|-------------------|--|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | | | |
| | | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | | | B |

| | | | |
|----|----------|----------|----------|
| 27 | 18063.93 | 4079.94 | 10898.73 |
| 28 | 18977.97 | 54233.66 | 16664.98 |
| 29 | 18977.97 | 17956.07 | 54532.02 |
| 30 | 19995.38 | 17956.07 | 16664.98 |
| 31 | 18472.26 | 54925.48 | 16532.15 |
| 32 | 18472.26 | 18647.88 | 54399.19 |
| 33 | 19489.67 | 18647.88 | 16532.15 |
| 34 | 18256.72 | 54202.29 | 18215.66 |
| 35 | 18256.72 | 17924.70 | 56082.70 |
| 36 | 19274.13 | 17924.70 | 18215.66 |

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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|----------|----------------------|----------------------|
| 1 | 21675.43 | 13961.12 (0.00) | 8046.84 (0.00) |
| 2 | 22328.68 | 15068.63 (0.00) | 14586.08 (0.00) |
| 3 | 18063.93 | 4079.94 (0.00) | 10898.73 (0.00) |
| 4 | 20158.31 | 15771.38 (0.00) | 7648.37 (0.00) |
| 5 | 20811.56 | 16878.89 (423358.08) | 14187.61 (355855.11) |
| 6 | 18063.93 | 4079.94 (0.00) | 10898.73 (0.00) |
| 7 | 19511.69 | 13488.80 (0.00) | 12698.88 (0.00) |
| 8 | 20164.94 | 14596.30 (221681.08) | 19238.13 (292178.80) |
| 9 | 18063.93 | 4079.94 (0.00) | 10898.73 (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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|----------|----------------|-------------|
| 1 | 16975.18 | 2657.94 (0.00) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 16975.18 | 2657.94 (0.00) | 0.00 (0.00) |
| 3 | 16975.18 | 2657.94 (0.00) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 7.7 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 5.9 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 |
| My | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia |
| N Res | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.) |



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVIO104007 | B |

Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y 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 Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|--------------|
| 1 | S | 35301.28 | 20472.37 | 19446.53 | 35301.33 | 109883.97 | 104302.73 | 5.37 | 904.8(343.3) |
| 2 | S | 24823.95 | 4828.74 | 16283.74 | 24824.08 | 61333.99 | 206597.07 | 12.69 | 904.8(343.3) |
| 3 | S | 35301.28 | 32502.66 | 11304.66 | 35301.41 | 114447.70 | 39224.92 | 3.52 | 904.8(343.3) |
| 4 | S | 36281.15 | 22133.63 | 29255.39 | 36281.14 | 105260.46 | 139682.56 | 4.77 | 904.8(343.3) |
| 5 | S | 25803.82 | 6490.00 | 26092.60 | 25804.09 | 54923.44 | 218010.15 | 8.36 | 904.8(343.3) |
| 6 | S | 36281.15 | 34163.92 | 21113.52 | 36281.35 | 114274.40 | 71014.54 | 3.35 | 904.8(343.3) |
| 7 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 8 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 9 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 10 | S | 30757.70 | 12829.78 | 11667.92 | 30757.89 | 104506.68 | 94620.70 | 8.13 | 904.8(343.3) |
| 11 | S | 24471.31 | 4140.64 | 9770.24 | 24471.38 | 76786.69 | 178997.23 | 18.35 | 904.8(343.3) |
| 12 | S | 30757.70 | 20047.96 | 6782.80 | 30757.71 | 107795.87 | 36457.44 | 5.38 | 904.8(343.3) |
| 13 | S | 31634.89 | 24508.38 | 18483.56 | 31634.95 | 106945.28 | 79959.39 | 4.35 | 904.8(343.3) |
| 14 | S | 24823.95 | 4828.74 | 16283.74 | 24824.08 | 61333.99 | 206597.07 | 12.69 | 904.8(343.3) |
| 15 | S | 31634.89 | 36538.67 | 10341.69 | 31634.99 | 109273.16 | 30979.88 | 2.99 | 904.8(343.3) |
| 16 | S | 32614.77 | 26169.64 | 28292.42 | 32614.71 | 105075.99 | 113257.14 | 4.01 | 904.8(343.3) |
| 17 | S | 25803.82 | 6490.00 | 26092.60 | 25804.09 | 54923.44 | 218010.15 | 8.36 | 904.8(343.3) |
| 18 | S | 32614.77 | 38199.93 | 20150.55 | 32614.82 | 109660.22 | 58413.78 | 2.88 | 904.8(343.3) |
| 19 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 20 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 21 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 22 | S | 28557.88 | 15495.31 | 11090.14 | 28557.81 | 102842.99 | 73370.28 | 6.63 | 904.8(343.3) |
| 23 | S | 24471.31 | 4140.64 | 9770.24 | 24471.38 | 76786.69 | 178997.23 | 18.35 | 904.8(343.3) |
| 24 | S | 28557.88 | 22713.48 | 6205.02 | 28557.88 | 104709.41 | 28922.13 | 4.61 | 904.8(343.3) |
| 25 | S | 30072.23 | 18847.75 | 30688.97 | 30072.12 | 94135.34 | 152180.36 | 4.97 | 904.8(343.3) |
| 26 | S | 24823.95 | 4828.74 | 16283.74 | 24824.08 | 61333.99 | 206597.07 | 12.69 | 904.8(343.3) |
| 27 | S | 30072.23 | 30878.04 | 22547.10 | 30072.30 | 104885.47 | 76510.47 | 3.40 | 904.8(343.3) |
| 28 | S | 31052.11 | 20509.01 | 40497.83 | 31052.23 | 88383.89 | 174371.66 | 4.31 | 904.8(343.3) |
| 29 | S | 25803.82 | 6490.00 | 26092.60 | 25804.09 | 54923.44 | 218010.15 | 8.36 | 904.8(343.3) |
| 30 | S | 31052.11 | 32539.30 | 32355.96 | 31051.84 | 104007.93 | 104020.75 | 3.21 | 904.8(343.3) |
| 31 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 32 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 33 | S | 25575.47 | 6023.89 | 16348.10 | 25575.72 | 71202.11 | 193259.64 | 11.82 | 904.8(343.3) |
| 34 | S | 27620.28 | 12202.89 | 18413.38 | 27620.24 | 93512.22 | 140751.41 | 7.65 | 904.8(343.3) |
| 35 | S | 24471.31 | 4140.64 | 9770.24 | 24471.38 | 76786.69 | 178997.23 | 18.35 | 904.8(343.3) |
| 36 | S | 27620.28 | 19421.06 | 13528.26 | 27620.35 | 101563.97 | 71253.60 | 5.24 | 904.8(343.3) |
| 37 | S | 20210.21 | 79667.82 | 24943.53 | 20210.15 | 91985.88 | 28637.40 | 1.15 | 904.8(343.3) |
| 38 | S | 20210.21 | 25586.31 | 82127.18 | 20210.00 | 59915.66 | 194495.48 | 2.37 | 904.8(343.3) |
| 39 | S | 24102.84 | 25586.31 | 24943.53 | 24102.82 | 94920.08 | 92349.28 | 3.71 | 904.8(343.3) |
| 40 | S | 19704.50 | 80359.63 | 24810.70 | 19704.61 | 91214.81 | 28242.90 | 1.14 | 904.8(343.3) |
| 41 | S | 19704.50 | 26278.13 | 81994.35 | 19704.49 | 61487.22 | 190521.79 | 2.33 | 904.8(343.3) |
| 42 | S | 23597.14 | 26278.13 | 24810.70 | 23596.96 | 94394.45 | 89175.54 | 3.59 | 904.8(343.3) |
| 43 | S | 19488.96 | 79636.45 | 26494.21 | 19488.68 | 90822.39 | 30507.35 | 1.14 | 904.8(343.3) |
| 44 | S | 19488.96 | 25554.95 | 83677.86 | 19489.11 | 59120.60 | 193329.47 | 2.31 | 904.8(343.3) |
| 45 | S | 23381.60 | 25554.95 | 26494.21 | 23381.47 | 93519.34 | 96507.02 | 3.65 | 904.8(343.3) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 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.)



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

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 | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00319 | 1010.6 | 464.2 | -0.01141 | 134.0 | 124.7 |
| 2 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00336 | 1024.6 | 455.7 | -0.00784 | 120.0 | 133.2 |
| 3 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00292 | 992.6 | 465.8 | -0.02100 | 152.0 | 123.0 |
| 4 | 0.00350 | 1014.7 | 472.5 | 0.00330 | 1010.6 | 464.2 | -0.00814 | 134.0 | 124.7 |
| 5 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00338 | 1024.6 | 455.7 | -0.00795 | 120.0 | 133.2 |
| 6 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00307 | 992.6 | 465.8 | -0.01547 | 152.0 | 123.0 |
| 7 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 8 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 9 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 10 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00311 | 992.6 | 465.8 | -0.01391 | 152.0 | 123.0 |
| 11 | 0.00350 | 1014.7 | 472.5 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00782 | 134.0 | 124.7 |
| 12 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00286 | 992.6 | 465.8 | -0.02340 | 152.0 | 123.0 |
| 13 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00306 | 992.6 | 465.8 | -0.01575 | 152.0 | 123.0 |
| 14 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00336 | 1024.6 | 455.7 | -0.00784 | 120.0 | 133.2 |
| 15 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00284 | 992.6 | 465.8 | -0.02406 | 152.0 | 123.0 |
| 16 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00321 | 1010.6 | 464.2 | -0.01108 | 134.0 | 124.7 |
| 17 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00338 | 1024.6 | 455.7 | -0.00795 | 120.0 | 133.2 |
| 18 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00298 | 992.6 | 465.8 | -0.01878 | 152.0 | 123.0 |
| 19 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 20 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 21 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 22 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00301 | 992.6 | 465.8 | -0.01782 | 152.0 | 123.0 |
| 23 | 0.00350 | 1014.7 | 472.5 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00782 | 134.0 | 124.7 |
| 24 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00280 | 992.6 | 465.8 | -0.02575 | 152.0 | 123.0 |
| 25 | 0.00350 | 1014.7 | 472.5 | 0.00331 | 1010.6 | 464.2 | -0.00820 | 134.0 | 124.7 |
| 26 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00336 | 1024.6 | 455.7 | -0.00784 | 120.0 | 133.2 |
| 27 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00304 | 992.6 | 465.8 | -0.01681 | 152.0 | 123.0 |
| 28 | 0.00350 | 1014.7 | 472.5 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00712 | 134.0 | 124.7 |
| 29 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00338 | 1024.6 | 455.7 | -0.00795 | 120.0 | 133.2 |
| 30 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00316 | 1010.6 | 464.2 | -0.01257 | 134.0 | 124.7 |
| 31 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 32 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 33 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00755 | 134.0 | 124.7 |
| 34 | 0.00350 | 1014.7 | 472.5 | 0.00328 | 1010.6 | 464.2 | -0.00933 | 134.0 | 124.7 |
| 35 | 0.00350 | 1014.7 | 472.5 | 0.00335 | 1010.6 | 464.2 | -0.00782 | 134.0 | 124.7 |
| 36 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00299 | 992.6 | 465.8 | -0.01851 | 152.0 | 123.0 |
| 37 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00271 | 992.6 | 465.8 | -0.02961 | 152.0 | 123.0 |
| 38 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1024.6 | 455.7 | -0.00864 | 120.0 | 133.2 |
| 39 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00306 | 992.6 | 465.8 | -0.01631 | 152.0 | 123.0 |
| 40 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00270 | 992.6 | 465.8 | -0.02997 | 152.0 | 123.0 |
| 41 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1024.6 | 455.7 | -0.00868 | 120.0 | 133.2 |
| 42 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00304 | 992.6 | 465.8 | -0.01698 | 152.0 | 123.0 |
| 43 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00271 | 992.6 | 465.8 | -0.02952 | 152.0 | 123.0 |
| 44 | 0.00350 | 1025.8 | 466.8 | 0.00335 | 1024.6 | 455.7 | -0.00880 | 120.0 | 133.2 |
| 45 | 0.00350 | 1002.3 | 474.4 | 0.00307 | 992.6 | 465.8 | -0.01586 | 152.0 | 123.0 |

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|------|--------|
| 1 | 0.000003742 | 0.000033348 | -0.016072715 | ---- | ---- |
| 2 | 0.000008345 | 0.000011336 | -0.010351953 | ---- | ---- |
| 3 | 0.000001824 | 0.000065320 | -0.029319004 | ---- | ---- |
| 4 | 0.000004579 | 0.000021865 | -0.011476757 | ---- | ---- |
| 5 | 0.000008895 | 0.000010176 | -0.010374698 | ---- | ---- |
| 6 | 0.000002841 | 0.000047118 | -0.021702597 | ---- | ---- |
| 7 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 8 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 9 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 10 | 0.000003588 | 0.000040861 | -0.019482882 | ---- | ---- |
| 11 | 0.000006855 | 0.000015194 | -0.010634361 | ---- | ---- |
| 12 | 0.000001761 | 0.000072288 | -0.032561215 | ---- | ---- |
| 13 | 0.000003160 | 0.000047134 | -0.022029154 | ---- | ---- |
| 14 | 0.000008345 | 0.000011336 | -0.010351953 | ---- | ---- |
| 15 | 0.000001537 | 0.000074713 | -0.033487387 | ---- | ---- |
| 16 | 0.000004049 | 0.000031628 | -0.015563376 | ---- | ---- |
| 17 | 0.000008895 | 0.000010176 | -0.010374698 | ---- | ---- |
| 18 | 0.000002503 | 0.000057347 | -0.026216584 | ---- | ---- |
| 19 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 20 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 21 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 22 | 0.000003027 | 0.000053348 | -0.024844909 | ---- | ---- |
| 23 | 0.000006855 | 0.000015194 | -0.010634361 | ---- | ---- |
| 24 | 0.000001496 | 0.000079618 | -0.035773748 | ---- | ---- |
| 25 | 0.000005273 | 0.000020290 | -0.011437078 | ---- | ---- |
| 26 | 0.000008345 | 0.000011336 | -0.010351953 | ---- | ---- |
| 27 | 0.000003089 | 0.000050329 | -0.023473709 | ---- | ---- |
| 28 | 0.000005848 | 0.000015733 | -0.009867352 | ---- | ---- |
| 29 | 0.000008895 | 0.000010176 | -0.010374698 | ---- | ---- |
| 30 | 0.000003842 | 0.000036397 | -0.017618928 | ---- | ---- |
| 31 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 32 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 33 | 0.000007357 | 0.000013125 | -0.010173820 | ---- | ---- |
| 34 | 0.000005104 | 0.000023950 | -0.012994379 | ---- | ---- |
| 35 | 0.000006855 | 0.000015194 | -0.010634361 | ---- | ---- |
| 36 | 0.000002981 | 0.000055426 | -0.025784520 | ---- | ---- |
| 37 | 0.000001635 | 0.000090270 | -0.040966243 | ---- | ---- |
| 38 | 0.000008848 | 0.000012372 | -0.011351697 | ---- | ---- |
| 39 | 0.000003709 | 0.000047396 | -0.022703706 | ---- | ---- |
| 40 | 0.000001627 | 0.000091306 | -0.041450389 | ---- | ---- |
| 41 | 0.000008696 | 0.000012901 | -0.011442379 | ---- | ---- |
| 42 | 0.000003627 | 0.000049504 | -0.023622557 | ---- | ---- |
| 43 | 0.000001731 | 0.000089780 | -0.040830727 | ---- | ---- |
| 44 | 0.000008997 | 0.000012433 | -0.011533351 | ---- | ---- |
| 45 | 0.000003865 | 0.000045738 | -0.022074183 | ---- | ---- |

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

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

| | | | |
|---|--|--|-------|
| GENERAL CONTRACTOR | | ALTA SORVEGLIANZA | |
|  | |  | |
| | | Progetto | Lotto |
| | | IN17 | 12 |
| | | Codifica | |
| | | E12CLVI0104007 | |
| | | B | |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 3.39 | 1014.7 | 472.5 | 8.1 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 2 | S | 2.02 | 1025.8 | 466.8 | 11.1 | 120.0 | 133.2 | --- | --- |
| 3 | S | 3.78 | 1002.3 | 474.4 | 2.7 | 152.0 | 123.0 | --- | --- |
| 4 | S | 3.77 | 1014.7 | 472.5 | 4.0 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 5 | S | 2.40 | 1025.8 | 466.8 | 7.0 | 120.0 | 133.2 | --- | --- |
| 6 | S | 4.15 | 1002.3 | 474.4 | -1.4 | 134.0 | 124.7 | 371 | 5.3 |
| 7 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 8 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 9 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 10 | S | 3.38 | 1014.7 | 472.5 | 2.4 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 11 | S | 2.02 | 1025.8 | 466.8 | 11.1 | 120.0 | 133.2 | --- | --- |
| 12 | S | 3.79 | 1002.3 | 474.4 | -3.5 | 152.0 | 123.0 | 591 | 7.9 |
| 13 | S | 3.76 | 1014.7 | 472.5 | -1.8 | 134.0 | 124.7 | 205 | 2.6 |
| 14 | S | 2.40 | 1025.8 | 466.8 | 7.0 | 120.0 | 133.2 | --- | --- |
| 15 | S | 4.23 | 1002.3 | 474.4 | -9.4 | 134.0 | 124.7 | 2480 | 26.3 |
| 16 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 17 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 18 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 19 | S | 3.34 | 1014.7 | 472.5 | 0.3 | 134.0 | 124.7 | 0 | 0.0 |
| 20 | S | 2.02 | 1025.8 | 466.8 | 11.1 | 120.0 | 133.2 | --- | --- |
| 21 | S | 3.76 | 1014.7 | 472.5 | -6.0 | 134.0 | 124.7 | 1372 | 15.8 |
| 22 | S | 3.74 | 1014.7 | 472.5 | -4.2 | 134.0 | 124.7 | 868 | 10.5 |
| 23 | S | 2.40 | 1025.8 | 466.8 | 7.0 | 120.0 | 133.2 | --- | --- |
| 24 | S | 4.22 | 1014.7 | 472.5 | -12.5 | 134.0 | 124.7 | 3141 | 34.2 |
| 25 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 26 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 27 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 28 | S | 8.30 | 1002.3 | 474.4 | -239.5 | 152.0 | 123.0 | 41574 | 341.9 |
| 29 | S | 5.81 | 1025.8 | 466.8 | -58.6 | 120.0 | 133.2 | 11522 | 99.9 |
| 30 | S | 3.50 | 1014.7 | 472.5 | -5.0 | 134.0 | 124.7 | 1077 | 10.5 |
| 31 | S | 8.38 | 1002.3 | 474.4 | -251.1 | 152.0 | 123.0 | 41954 | 344.6 |
| 32 | S | 5.92 | 1025.8 | 466.8 | -63.8 | 120.0 | 133.2 | 11778 | 99.9 |
| 33 | S | 3.53 | 1014.7 | 472.5 | -6.9 | 134.0 | 124.7 | 1837 | 18.4 |
| 34 | S | 8.41 | 1002.3 | 474.4 | -249.9 | 152.0 | 123.0 | 41540 | 339.3 |
| 35 | S | 5.96 | 1025.8 | 466.8 | -66.3 | 120.0 | 133.2 | 12215 | 105.2 |
| 36 | S | 3.53 | 1014.7 | 472.5 | -7.5 | 134.0 | 124.7 | 2027 | 21.0 |

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 di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione fessurata |
| k1 | Minima deformazione di trazione del cls. (in sezione fessurata), valutata nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$ |
| 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 | = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ [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 $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2] |
| e sm - e cm | Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa |
| sr max | Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] |
| wk | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 \cdot S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| Mx fess. | Massima distanza tra le fessure [mm] |
| My fess. | Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max \cdot (e_{sm} - e_{cm})$ [(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 |
|-------|-----|----|----|----|---|----|-------------|--------|----|---------|---------|

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|---|----------|---------|-------|------|-----|-------------------|-----|----------------|----------------|------------|------|
| 1 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 2 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 3 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 4 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 5 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00001 | 0.00000 | 0.742 | 18.3 | 79 | 0.00000 (0.00000) | 594 | 0.002 (990.00) | 397796.22 | 252915.57 | |
| 7 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 8 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 9 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 10 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 11 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 12 | S | -0.00002 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 77 | 0.00001 (0.00001) | 650 | 0.007 (990.00) | 252394.90 | 73603.43 | |
| 13 | S | -0.00001 | 0.00000 | 0.817 | 18.3 | 79 | 0.00001 (0.00001) | 663 | 0.003 (990.00) | 296820.17 | 331518.28 | |
| 14 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 15 | S | -0.00005 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00003 (0.00003) | 756 | 0.021 (990.00) | 137222.53 | 73383.68 | |
| 16 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 17 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 18 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 19 | S | 0.00000 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00003 (0.00003) | 0 | 0.003 (990.00) | 1227825.84 | 2103145.78 | |
| 20 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 21 | S | -0.00004 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00002 (0.00002) | 718 | 0.013 (990.00) | 151506.87 | 114070.93 | |
| 22 | S | -0.00002 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00001 (0.00001) | 696 | 0.009 (990.00) | 132689.02 | 273033.99 | |
| 23 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 24 | S | -0.00007 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00004 (0.00004) | 744 | 0.028 (990.00) | 95557.39 | 97000.43 | |
| 25 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 26 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 27 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (990.00) | 0.00 | 0.00 |
| 28 | S | -0.00124 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 77 | 0.00072 (0.00072) | 892 | 0.641 (990.00) | 53575.11 | 16462.62 | |
| 29 | S | -0.00030 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00018 (0.00018) | 865 | 0.152 (990.00) | 28837.14 | 87577.49 | |
| 30 | S | -0.00003 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00002 (0.00002) | 799 | 0.012 (990.00) | 152687.43 | 141708.79 | |
| 31 | S | -0.00130 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 77 | 0.00075 (0.00075) | 893 | 0.672 (990.00) | 52795.96 | 15891.18 | |
| 32 | S | -0.00033 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00019 (0.00019) | 878 | 0.168 (990.00) | 28692.50 | 83701.12 | |
| 33 | S | -0.00004 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00002 (0.00002) | 785 | 0.016 (990.00) | 128238.34 | 113688.82 | |
| 34 | S | -0.00129 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 77 | 0.00075 (0.00075) | 896 | 0.672 (990.00) | 51665.14 | 17363.01 | |
| 35 | S | -0.00034 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00020 (0.00020) | 869 | 0.173 (990.00) | 27135.90 | 84902.64 | |
| 36 | S | -0.00004 | 0.00000 | 0.833 | 18.3 | 79 | 0.00002 (0.00002) | 767 | 0.017 (990.00) | 115667.52 | 117545.07 | |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 3.00 | 1002.3 | 474.4 | 6.6 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 2 | S | 3.38 | 1014.7 | 472.5 | 2.5 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 3 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 4 | S | 3.00 | 1002.3 | 474.4 | 3.2 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 5 | S | 3.37 | 1014.7 | 472.5 | -0.9 | 134.0 | 124.7 | 205 | 2.6 |
| 6 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 7 | S | 2.97 | 1014.7 | 472.5 | 1.9 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |
| 8 | S | 3.35 | 1014.7 | 472.5 | -2.3 | 134.0 | 124.7 | 255 | 2.6 |
| 9 | S | 2.12 | 1025.8 | 466.8 | 10.8 | 134.0 | 124.7 | --- | --- |

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 | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 2 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 3 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 4 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---------|-------|------|-----|-------------------|-----|--------------|-----------|-----------|
| 5 | S | -0.00001 | 0.00000 | 0.742 | 18.3 | 79 | 0.00000 (0.00000) | 628 | 0.002 (0.20) | 423358.08 | 355855.11 |
| 6 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 7 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00002 | 0.00000 | 0.834 | 18.3 | 79 | 0.00001 (0.00001) | 770 | 0.005 (0.20) | 221681.08 | 292178.80 |
| 9 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Ss min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 1.52 | 142.3 | 474.4 | 17.1 | 992.6 | 123.0 | --- | --- |
| 2 | S | 1.52 | 142.3 | 474.4 | 17.1 | 992.6 | 123.0 | --- | --- |
| 3 | S | 1.52 | 142.3 | 474.4 | 17.1 | 992.6 | 123.0 | --- | --- |

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 | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 2 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 3 | S | 0.00000 | 0.00000 | --- | --- | --- | --- | 0.000 (0.20) | 0.00 | 0.00 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

9.3 Verifica a taglio

La verifica SLU a taglio viene invece effettuata mediante calcolo diretto distintamente per le due direzioni.

In accordo al §7.9.5 delle NTC2008, le sollecitazioni di progetto sono state assunte pari al valore minimo tra:

- Taglio calcolato sulla base della gerarchia delle resistenze;
- Taglio ricavato moltiplicando il valore derivante dall'analisi per il fattore di struttura q e per un fattore di sicurezza addizionale γ_{bd1} pari a 1.25.

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo le indicazioni del §4.1.2.1.3.2

[1]:

$$V_{Rcd} = \min(V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha$$

in cui

d altezza utile della sezione

b_w larghezza minima della sezione

A_{sw} area dell'armatura trasversale

s interasse tra due armature trasversali consecutive

θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo (posto pari a 45°)

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5 f_{cd})

α_{cv} coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione (posto cautelativamente pari a 1)

| | | | | | | | |
|--------------------|---|-------|----------------|-------------------|--|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | | ALTA SORVEGLIANZA |  | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | | | | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | | | | B |

P16 (H=7.2 m)

Calcolo del taglio agente – Direzione Longitudinale

| | | | |
|--------------------------|--------------|-----|--|
| H_{pila} | 7.20 | m | Altezza fusto pila |
| M_{Rd,inf_long} | 91215 | kNm | Momento resistente della sezione di base della pila |
| M_{E,i_long} | 79667.82 | kNm | Momento sollecitante alla base della pila |
| γ_{Rd} | 1 | | Fattore di sovrarresistenza (§7.9.5.1 NTC2008) |
| V_{E,i_long} | 10120 | kN | Azione di taglio di calcolo base pila - Comb. Sismica di progetto |
| $V_{gr,0}$ | 11587 | kN | Valore del taglio di progetto per la gerarchia delle resistenze $V_{gr0}=\min(V_{ed} \gamma_{rd} M_{rd}/M_{ed}; V_{ed} q)$ |
| $V_{E,i_long}/V_{gr,c}$ | 0.873 | - | |
| γ_{Rd} | 1.00 | - | Fattore di sovrarresistenza aggiuntivo (§7.9.5.2.2 NTC2008) |
| V_{gr,i_long} | 11587 | kN | Sollecitazione di taglio |

Verifiche

| Direzione Longitudianle | | | | |
|---|--------------------|---------|-----------------|--|
| altezza della sezione | h | 3600 | mm | |
| copriferro netto | c netto | 60 | mm | |
| copriferro al baricentro dell'armatura long | c' | 86 | mm | |
| larghezza dell'anima resistente | bw | 1000 | mm | |
| altezza utile della sezione | d | 3514 | mm | |
| area della sezione di calcestruzzo | Ac | 2909592 | mm ² | |
| diametro delle barre longitudinali | \varnothing_{bl} | 20 | mm | |
| diametro delle staffe | \varnothing_{st} | 12.8 | mm | |
| passo delle staffe | sst | 150.0 | mm | |
| numero di bracci delle staffe | n _{bw} | 8.0 | | |
| inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali) | α | 90 | ° | |
| inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale | ϑ | 33 | ° | |
| taglio resistente relativo alle armature tese | V_{Rsd} | 13092 | KN | |
| taglio resistente relativo alle bielle compresse | V_{Rcd} | 13092 | KN | |
| taglio resistente di calcolo | V_{Rd} | 13092 | KN | |
| taglio agente sul pannello | V_{Ed} | 11587 | KN | |
| | C.S. | 0.89 | <1 | |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

| | | | | |
|---|-------------|---------|-----------------|--|
| Direzione Trasversale | | | | |
| altezza della sezione | h | 9400 | mm | |
| copriferro netto | c netto | 60 | mm | |
| copriferro al baricentro dell'armatura long | c' | 86 | mm | |
| larghezza dell'anima resistente | bw | 800 | mm | |
| altezza utile della sezione | d | 9314 | mm | |
| area della sezione di calcestruzzo | Ac | 5849192 | mm ² | |
| diametro delle barre longitudinali | Øbl | 20 | mm | |
| diametro delle staffe | Øst | 11.2 | mm | |
| passo delle staffe | sst | 150.0 | mm | |
| numero di bracci delle staffe | nbw | 4.0 | | |
| inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali) | α | 90 | ° | |
| inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse longitudinale | ϑ | 22 | ° | |
| taglio resistente relativo alle armature tese | VRsd | 21206 | KN | |
| taglio resistente relativo alle bielle compresse | VRcd | 21206 | KN | |
| taglio resistente di calcolo | VRd | 21206 | KN | |
| taglio agente sul pannello | VEd | 8072 | KN | |
| | C.S. | 0.38 | <1 | |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

9.4 Verifica minimi di armatura

Secondo quanto prescritto dalle NTC 2008 e dal “Manuale di Progettazione delle Opere Civili” i quantitativi minimi di armatura da rispettare sono:

- *L'area dell'armatura longitudinale dovrà essere non inferiore allo 0,6% dell'area della sezione effettiva del calcestruzzo. Questa prescrizione non si applica ai tratti di pile che, per motivi idraulici, sono realizzati a sezione piena; per queste, fatte salve le esigenze di calcolo, si manterrà l'armatura corrispondente alla sezione del tratto cavo immediatamente superiore;*
- *Le barre di armatura longitudinale non dovranno distare fra loro più di 300 mm compatibilmente con i limiti forniti nella Tab. 2.5.2.2.6-1;*

| Diametro delle barre [mm] | Massimo interasse delle barre [mm] |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 32 | 300 |
| 24 | 250 |
| 20 | 200 |

Tab. 2.5.2.2.6-1 – Diametri e relativi interassi massimi delle barre

- *Non è ammesso l'impiego di staffe elicoidali (spiral);*
- *Non è consentito congiungere tra loro i bracci delle staffe per sovrapposizione. Le staffe devono essere chiuse risvoltando i bracci nel nucleo di calcestruzzo mediante la piegatura dei ferri di 135° verso l'interno e per una lunghezza non inferiore a 10 volte il diametro della staffa;*
- *Nella zona di spiccato delle pile e in quella di sommità delle pile a telaio, per un tratto di lunghezza non inferiore a 3 metri non è consentito operare alcun tipo di giunzione delle armature verticali; al di fuori di tale tratto è consentito congiungere, in modo graduale, le barre verticali mediante sovrapposizione o altro. In particolare, le giunzioni devono essere effettuate in modo da interessare non più di 1/3 delle barre longitudinali presenti nella generica sezione, sfalsando due riprese di armatura successive di almeno 40 diametri in senso verticale;*
- *L'interasse delle armature trasversali s non deve essere superiore a 10 volte il diametro delle barre longitudinali, né a 1/5 del diametro del nucleo della sezione interna alle stesse;*
- *Nelle pile a sezione cava dovranno prevedersi spille di collegamento fra le armature longitudinali in numero di almeno 6 a metro quadro;*
- *Nel caso in cui il fattore di struttura “q” sia minore o uguale ad 1,5 l'armatura di confinamento delle pile si devono rispettare le limitazioni sulla percentuale meccanica:*

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Sezioni rettangolari piene o cave

In entrambe le direzioni parallele ai lati della sezione deve verificarsi che:

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

Dove:

A_{sw} = Area totale delle staffe e/o delle spille in una direzione di confinamento;

b = Dimensione del nucleo di calcestruzzo confinato perpendicolare alla direzione del confinamento, misurata fra i bracci delle armature più esterne;

s = Interasse verticale delle staffe.

$\zeta = 0,07$ per le zone classificate sismiche con $a_g(SLV) \geq 0,35 g$

$\zeta = 0,05$ per le zone classificate sismiche con $a_g(SLV) \geq 0,25 g$

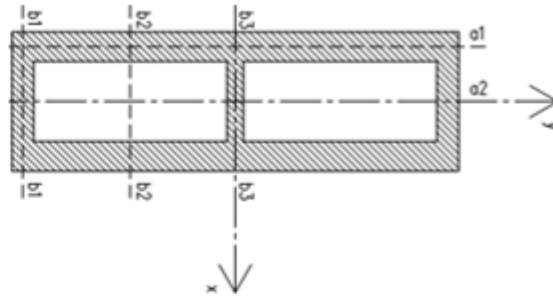
$\zeta = 0,04$ per le zone classificate sismiche con $a_g(SLV) \geq 0,15 g$

$\zeta = 0,03$ per le zone classificate sismiche con $a_g(SLV) < 0,15 g$

| | | | |
|--|-------|-------------|-----------------|
| minimi per armatura flessionale | | | |
| numero di ferri longitudinali | n | 344 | |
| diametro del ferro longitudinale | f_i | 20 | mm |
| passo massimo longitudinale | p | 20 | cm |
| area dell'armatura longitudinale | A_s | 108070.7873 | mm ² |
| area di calcestruzzo (non riempito) | A_c | 11452700 | mm ³ |
| | | 0.94% | >0.6% |
| minimi per armatura trasversale | | | |
| diametro minimo armatura a taglio | f_i | 8 | mm |
| dimensione (diametro) del nucleo | d | 4000 | mm |
| interasse massimo staffe | s | 200 | mm |

Verifica a confinamento

$$\omega_{wd,r} = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \geq \zeta$$

Sez. **b1-b1**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

| | d | A | n° |
|----|----|--------|----|
| sp | 10 | 78.5 | 8 |
| st | 16 | 200.96 | 10 |

A_{sw} 2637.6 mm²

s 150 mm

b 3500 mm

f_{yd} 391 Mpaf_{cd} 18.13 Mpa

ζ 0.04

$$\omega_{wd,r} = 0.108 \quad \text{ok}$$

Sez. **a1-a1**

Confinamento lungo la direzione trasv. del viadotto (direzione y)

| | d | A | n° |
|----|----|--------|----|
| sp | 10 | 78.5 | 20 |
| st | 16 | 200.96 | 10 |

A_{sw} 3579.6 mm²

s 150 mm

b 9100 mm

f_{yd} 391 Mpaf_{cd} 18.13 Mpa

ζ 0.04

$$\omega_{wd,r} = 0.057 \quad \text{ok}$$

Sez. **b2-b2**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

| | d | A | n° |
|----|----|--------|----|
| sp | 10 | 78.5 | 0 |
| st | 16 | 200.96 | 4 |

A_{sw} 803.84 mm²

s 150 mm

b 800 mm

f_{yd} 391 Mpaf_{cd} 18.13 Mpa

ζ 0.04

$$\omega_{wd,r} = 0.144 \quad \text{ok}$$

Sez. **a2-a2**

Confinamento lungo la direzione trasv. del viadotto (direzione y)

| | d | A | n° |
|----|----|--------|----|
| sp | 10 | 78.5 | 0 |
| st | 16 | 200.96 | 6 |

A_{sw} 1205.76 mm²

s 150 mm

b 1200 mm

f_{yd} 391 Mpaf_{cd} 18.13 Mpa

ζ 0.04

$$\omega_{wd,r} = 0.144 \quad \text{ok}$$

Sez. **b3-b3**

Confinamento lungo la direzione long. del viadotto (direzione x)

| | d | A | n° |
|----|----|--------|----|
| sp | 10 | 78.5 | 8 |
| st | 16 | 200.96 | 8 |

A_{sw} 2235.68 mm²

s 150 mm

b 3500 mm

f_{yd} 391 Mpaf_{cd} 18.13 Mpa

ζ 0.04

$$\omega_{wd,r} = 0.092 \quad \text{ok}$$

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

9.5 Verifica deformabilità

Lo spostamento della singola campata soggetta, convenzionalmente, alle sole azioni di frenatura di 2 modelli di carico LM71, per doppio binario, non vede superare i 5 mm, come prescritto nell'Allegato 3 del "Manuale di Progettazione delle Opere Civili"

| | | | |
|-------------------------------------|----|---------|----------------|
| forza massima di frenatura | Ff | 1760.0 | kN |
| altezza pila estradosso appoggi | h | 7.7 | m |
| rigidezza flessionale longitudinale | J | 22.3 | m ⁴ |
| modulo elastico | E | 33345.8 | MPa |
| spostamento in testa pila | D | 0.36 | mm |

9.6 Determinazione spostamenti

Per l'identificazione dell'escursione dei giunti tra le testate di due travi adiacenti si richiama il "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" al capitolo 2.5.2.1.5.3 il quale fa riferimento allo spostamento longitudinale E_L identificabile come il contributo di una dilatazione termica, più un contributo indotto dall'azione sismica sulle fondazioni e sulle pile:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2 \cdot D_t + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{eg})$$

dove:

- E_1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;
- E_2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;
- E_3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;
- k_1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;
- k_2 = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

spostamento longitudinale indotto dal moto relativo delle pile

categoria di terreno

C

periodo inizio tratto velocità costante

TC

0.452

s

periodo tratto a spostamento costante

TD

2.495

s

coef. categoria e topografia terreno

S

1.373

accelerazione orizzontale max al sito

ag

0.224

g

periodo di vibrare longitudinale

T1

0.18

sec

fattore di struttura

q

1.5

fattore di duttilità in spostamento

 μ **2.2**

accelerazione di riferimento pila dir. long

ag (T)

0.50

g

w

34.49

sec

0.00

m

spostamento SLV relativo all'analisi spettrale

dEe

0.0000

m

spostamento totale relativo

dEd**0.0092**

m

spostamento longitudinale indotto dal moto relativo del terreno

spostamento massimo orizz. del terreno

dg**0.0850**

m

spostamenti massimi terreno punto i

dji

0.085

m

spostamenti massimi terreno punto j

dgi

0.085

m

velocità prop. onde di taglio nel terreno

vs

270

m/s

distanza tra i-esima tra punto i j (dist. Pile)

x

40

m

spostamento massimo rel

dij0

0.1502

m

tipologia di moto

indipendente

forti discontinuità del terreno

senza

distanza

>20

terreni

uguali

spost. relativo tra due punti dipendenti

di(x)

0.042

m

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

spostamento longitudinale relativo alla termica

| | | | |
|--|-----------|-----------------|------|
| variazione termica uniforme | DT | 15 | °C |
| coefficiente di dilatazione termica | α | 1.00E-05 | 1/°C |
| dilatazione termica | Dt | 0.006 | m |
| dilatazione termica incrementata del 50% | Dt | 0.009 | m |

spostamento longitudinale finale

| | | | |
|---|----|-------------|--|
| coefficiente non contemporaneità del moto | K1 | 0.45 | |
| coefficiente controfase pile | k2 | 0.55 | |

| | | | |
|----------------------------------|-----------|--------------|---|
| spostamento longitudinale minimo | EL min | 0.17 | m |
| spostamento long di calcolo | EL | 0.06 | m |
| spostamento longitudinale | EL | 0.165 | m |

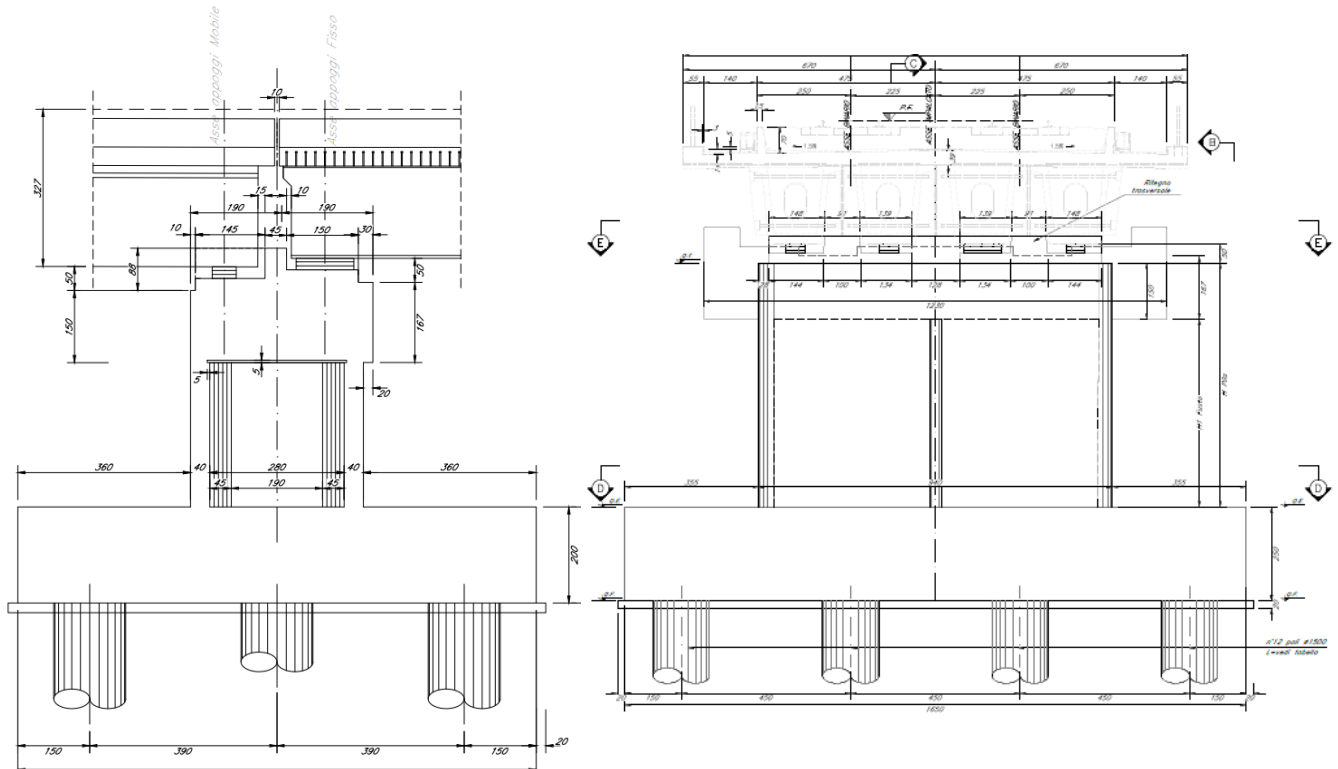
altri spostamenti longitudinali

| | | | |
|---------------------------------|-----|---------------|----|
| escursione longitudinale giunto | Eg | ± 9.3 | cm |
| corsa appoggi mobili | Cap | ± 10.3 | cm |

10. Pulvino

Il pulvino presenta un'altezza di 1.5m lato impalcato c.a.p. e un'altezza di 1.67m lato impalcato in misto, sezione rettangolare piena smussata con forma medesima a quella della pila e dimensioni pari a 3.8m x 9.4m rispettivamente nelle direzioni degli assi longitudinale e trasversale del viadotto.

Su di esso sono disposti gli apparecchi d'appoggio degli impalcati secondo lo schema sotto riportato. Su ogni pulvino sono inoltre presenti un ritegno sismico longitudinale centrale e due trasversali laterali.



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

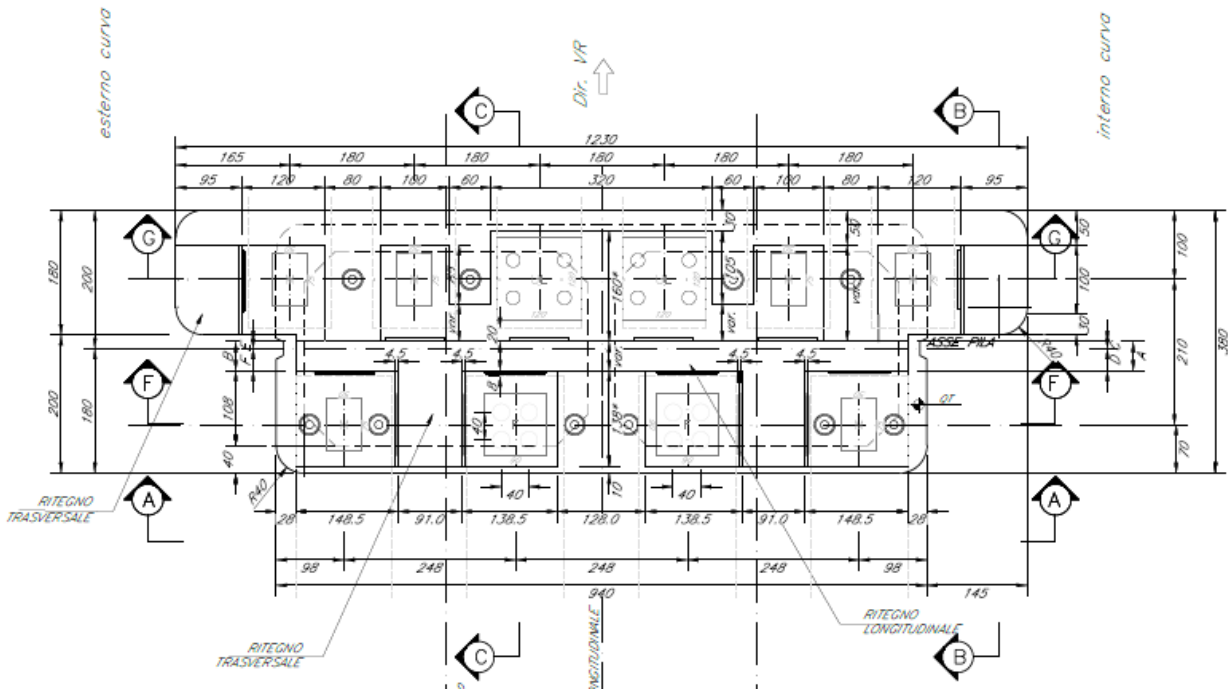


Figura 23 – Sezioni e pianta pavimento (Allineamento fisso lato impalcato in Misto)

Per la progettazione e verifica delle armature principali e secondarie del pavimento, dei baglioli e dei ritegni si rimanda alla Relazione di calcolo pavimenti, baglioli e ritegni - IN1712EI2CLVI0104021.

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

11. Plinto di fondazione

La progettazione del plinto di fondazione vede la determinazione dello stato sollecitativo in funzione dell'interazione tra pali e terreno di fondazione. Le sollecitazioni agenti in testa palo sono state dedotte dalle relazioni geotecniche.

Note le reazioni dei singoli pali, sono state calcolate le sollecitazioni agenti sul plinto mediante un modello spaziale dell'intera struttura di fondazione nel software di calcolo Midas Civil.

11.1 Geometria del plinto e della palificata

Nella seguente figura è mostrata la geometria della palificata della tipologia di pila in esame per il viadotto VI01. È inoltre esplicitato il sistema di riferimento e la numerazione dei pali utilizzata nel calcolo.

Si prevedono 12 pali aventi diametro $D=1500$ mm e lunghezza pari a 36.0m. Il plinto è caratterizzato da un'altezza di 2.5 m ed ha delle dimensioni in pianta pari a 12.00 m x 16.50 m. È inoltre ruotato di 34° rispetto all'orizzontale. Sul plinto di fondazione in esame è previsto un ricoprimento di terreno di spessore pari a 4.0 m.

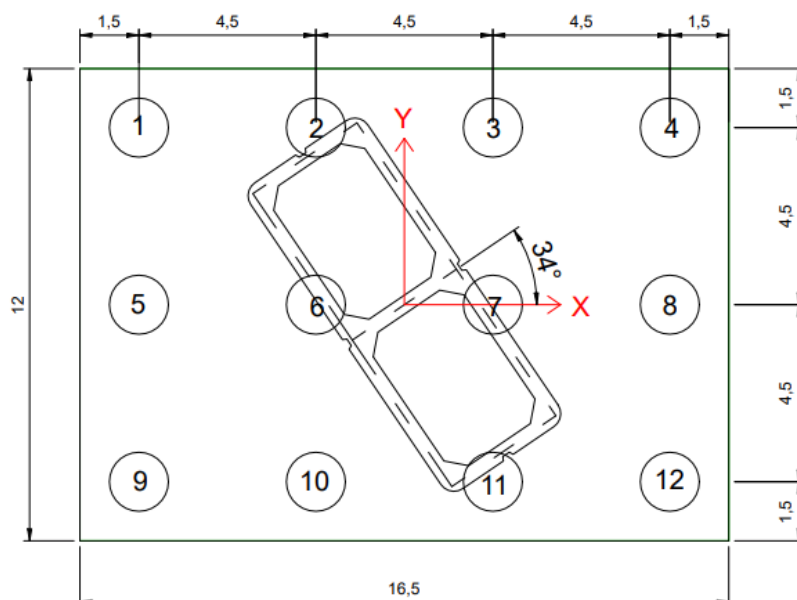


Figura 24 – Geometria del plinto di fondazione

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

11.2 Modellazione strutturale

Per valutare il comportamento del plinto di fondazione è stato realizzato un modello agli elementi finiti, mediante il programma di calcolo Midas Civil.

I vari elementi strutturali presenti nel modello sono stati modellati come di seguito descritto:

- *Plinto di fondazione*: nel suo piano medio mediante elementi “plate-thick” di spessore pari a 2.5 m;
- *Palo di fondazione*: mediante elementi “solid” nel tratto iniziale in prossimità del plinto e mediante un elemento “beam” nel tratto terminale. L'utilizzo di elementi “solid” nella modellazione della parte iniziale dei pali consente infatti di evitare la nascita di forti concentrazioni di tensione nel plinto di fondazione. Favorendo dunque la diffusione delle sollecitazioni provenienti dai pali, si ottiene un comportamento della struttura molto prossimo a quello reale.

Si riporta di seguito una vista tridimensionale, una vista in pianta e un prospetto del modello realizzato.

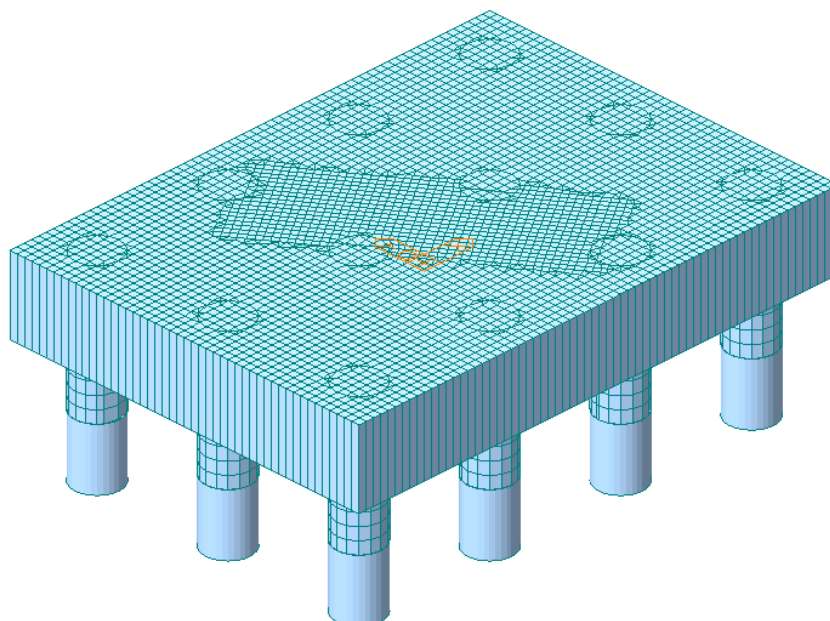


Figura 25 – Vista estrusa del modello agli elementi finiti

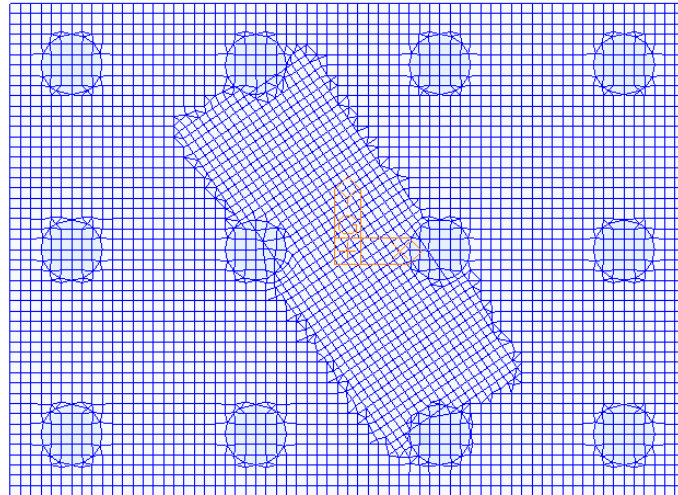


Figura 26 – Pianta del modello agli elementi finiti

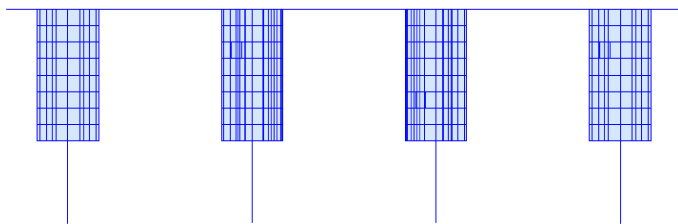


Figura 27 – Prospetto del modello agli elementi finiti

La piastra è vincolata lungo il perimetro della pila cava, cautelativamente con vincoli di incastro perfetto.

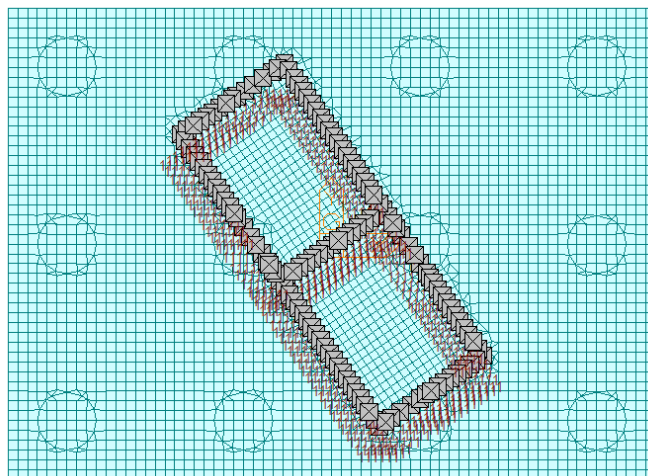


Figura 28 – Sistema di vincoli del modello agli elementi finiti

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

L'elemento "beam" che schematizza il tratto terminale di ogni singolo palo di fondazione è collegato agli elementi "solid" del tratto superiore mediante una serie di "rigid link".

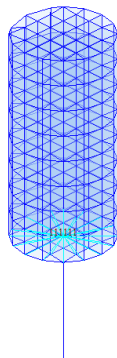


Figura 29 – Sistema di vincoli del palo nel modello agli elementi finiti

Agli elementi "plate" che costituiscono il plinto è stato assegnato un calcestruzzo C25/30, così come ai pali di fondazione.

11.3 Azioni di progetto

11.3.1 Reazioni dei pali

La progettazione del plinto di fondazione è stata effettuata a partire dalle massime sollecitazioni in testa palo dedotte dalla relazione geotecnica.

Sono state considerate tutte le combinazioni che presentano azioni che:

- presentano il massimo sforzo di compressione sul palo;
- presentano il massimo sforzo di trazione sul palo;
- massimizzano il momento longitudinale;
- massimizzano il momento trasversale;
- massimizzano le deformazioni del plinto.

Le combinazioni agli SLU, SLV, SLE e SLD sono quelle esplicitate nel paragrafo 7.

Tali azioni sono state applicate nel modello di calcolo in termini di reazioni dei pali, mediante delle forze e dei momenti nodali alla base degli elementi beam che schematizzano la parte terminale dei pali stessi.

A titolo di esempio, nella figura che segue sono riportate le forze e momenti nodali della combinazione SLV-Treno 1-Sisma prevalente in direzione longitudinale.

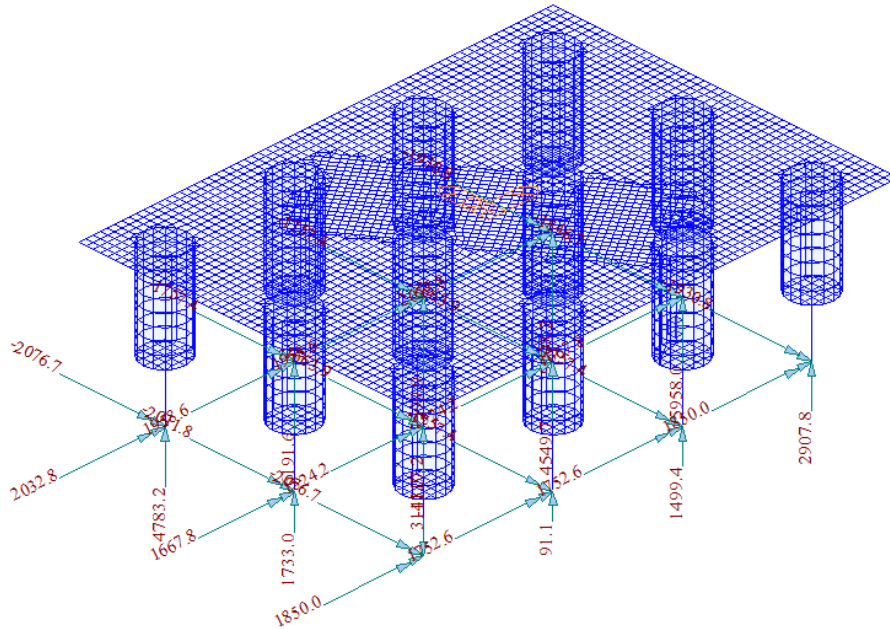


Figura 30 – Applicazione delle reazioni dei pali nel modello agli elementi finiti

11.3.2 Peso proprio plinto di fondazione

Il peso proprio del plinto di fondazione è stato valutato assumendo per il calcestruzzo un peso specifico γ_{cls} pari a 25 kN/m³, ed è stato calcolato automaticamente dal programma.

11.3.3 Peso terreno di ricoprimento

Il terreno di ricoprimento, caratterizzato da un peso specifico $\gamma_{terreno}$ pari a 19 kN/m³, è stato applicato come carico uniformemente distribuito sul plinto di fondazione, in tutta la zona esterna all'impronta del fusto pila.

$$P_{terreno} = \gamma_{terreno} \cdot h_{rinterro} = 19 \cdot 4.0 = 76.0 \text{ kN/m}^2$$

11.4 Risultati di analisi

Si riportano a titolo di esempio alcuni dei diagrammi delle sollecitazioni ritenuti più significativi. Le sollecitazioni sono espresse come forze al metro; gli assi locali e la convenzione di lettura degli output degli elementi è riportata a seguire.

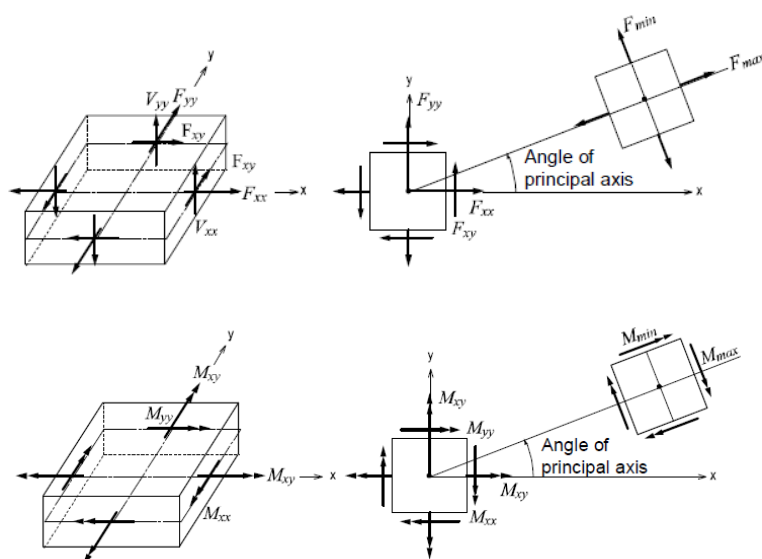


Figura 31 – Posizioni di output delle forze dell'elemento piastra per unità di lunghezza e convenzione del segno

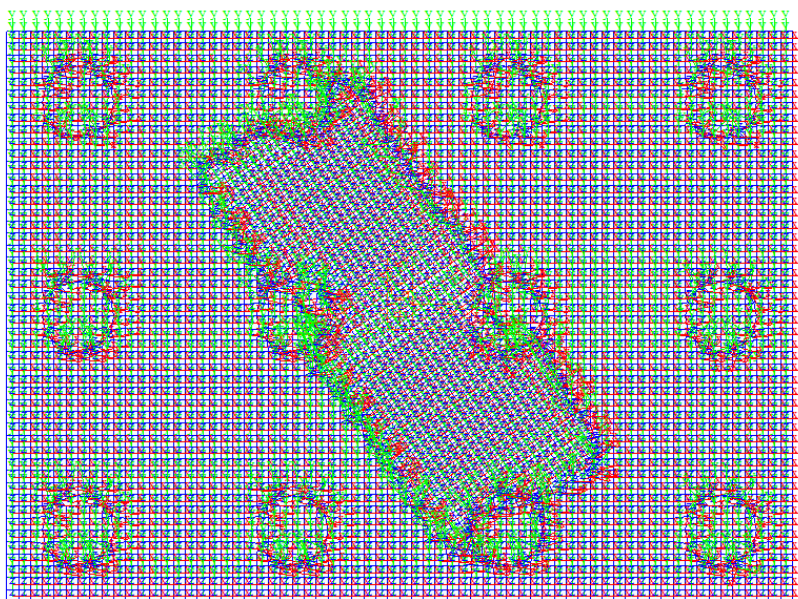


Figura 32 – Assi locali per gli elementi del plinto di fondazione

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

La direzione 1 del Wood Armer Moment coincide con la direzione X del sistema di riferimento riportato nel par. 11.1.

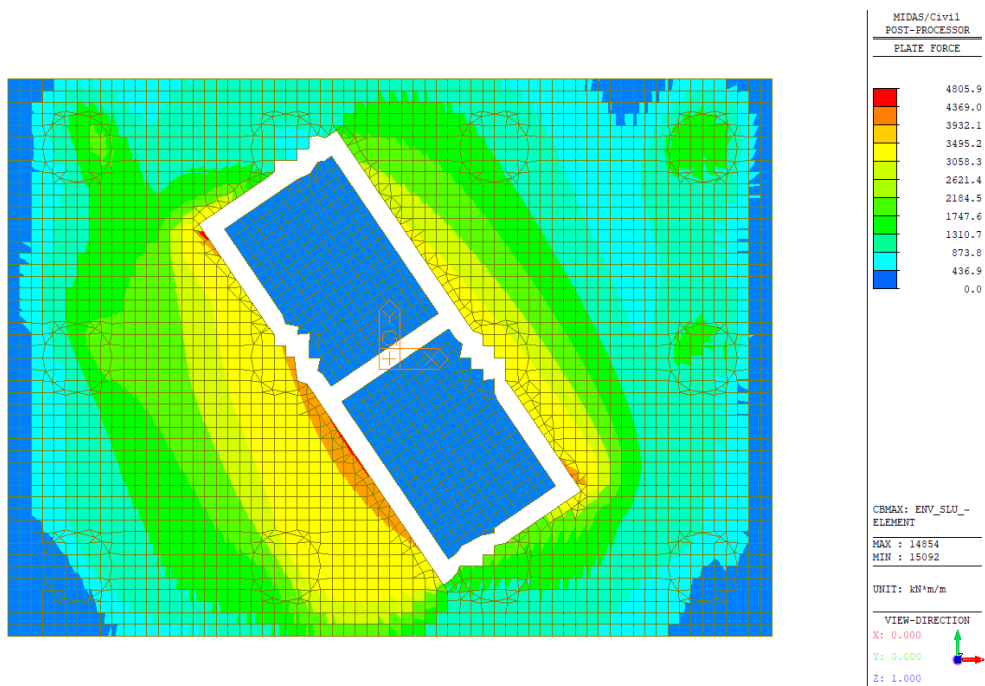


Figura 33 – Wood Armer Moment – Direction1 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

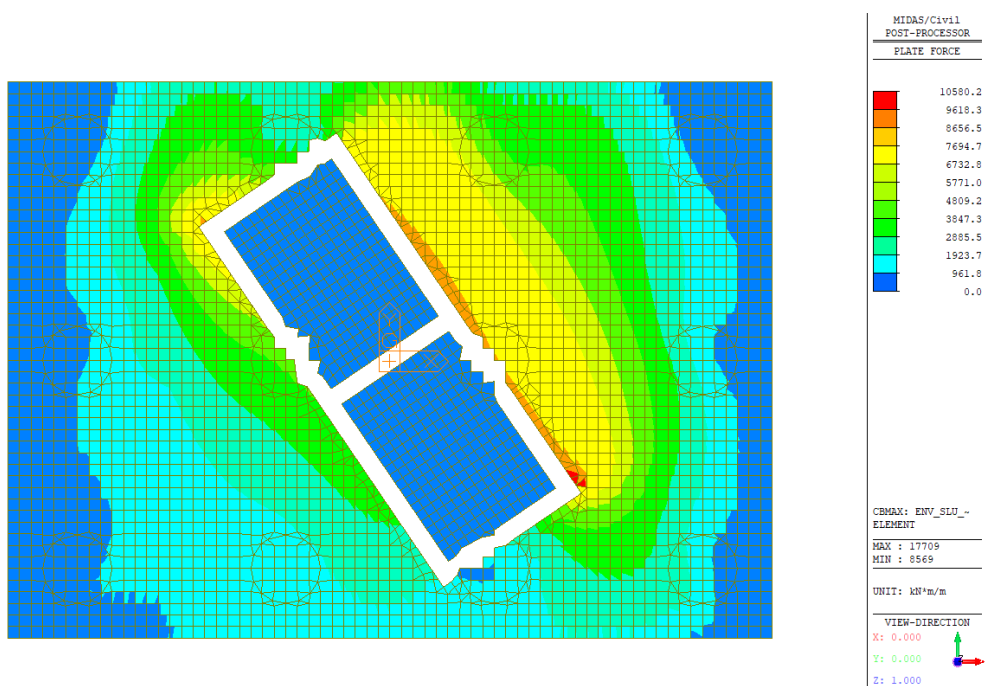


Figura 34 – Wood Armer Moment – Direction1 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

Lotto

Codifica

IN17

12

EI2CLVI0104007

B

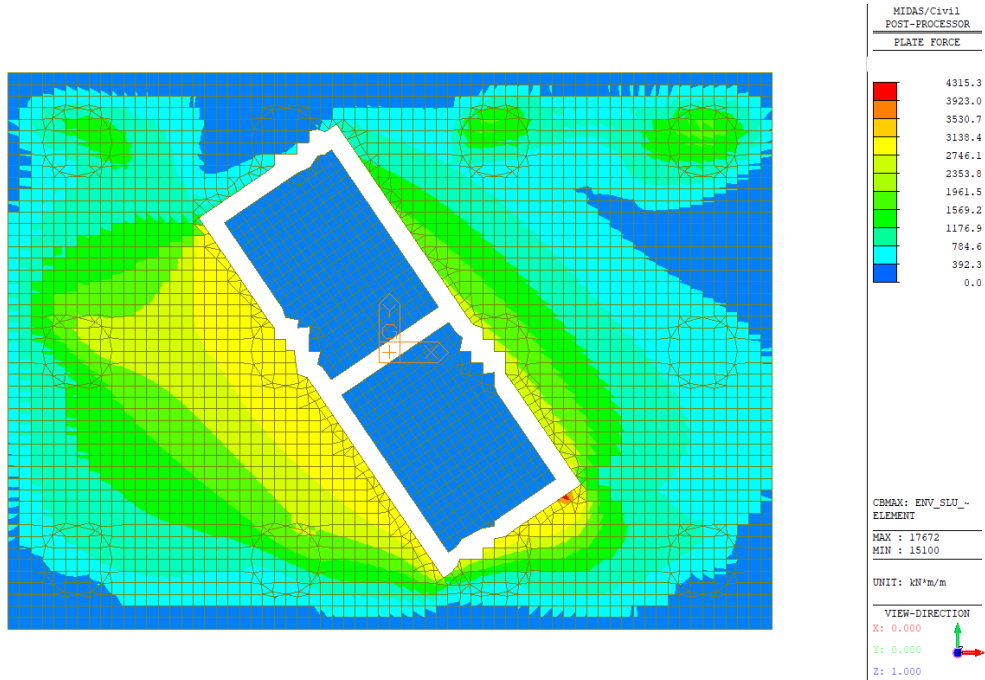


Figura 35 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Top (Inviluppo SLU/SLV)

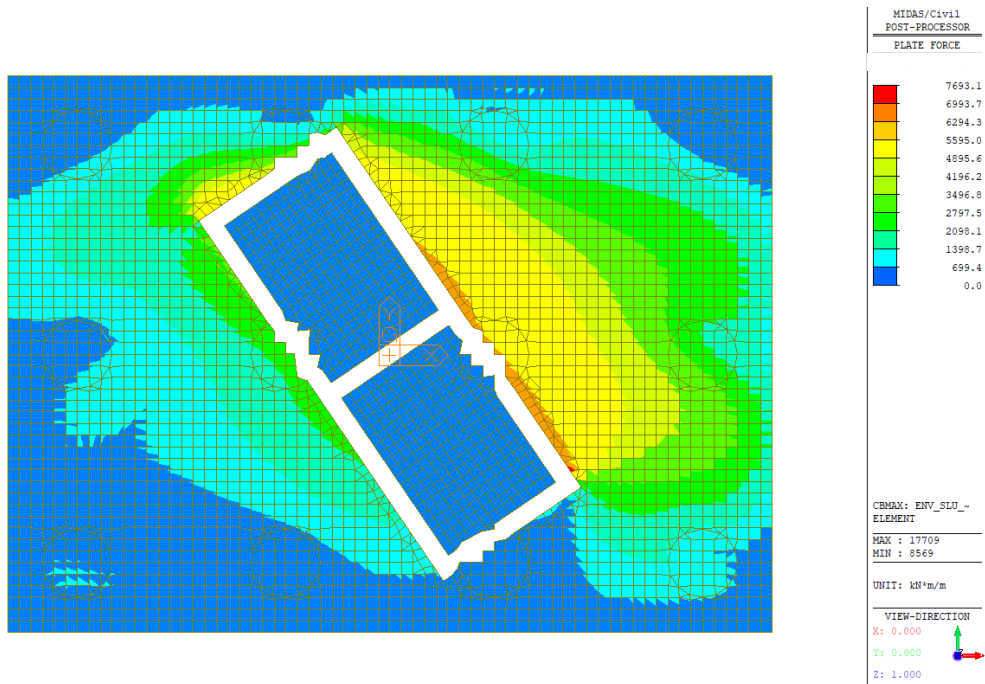


Figura 36 – Wood Armer Moment – Direction 2 – Bottom (Inviluppo SLU/SLV)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Progetto

IN17

Lotto

12

Codifica

EI2CLVI0104007

B

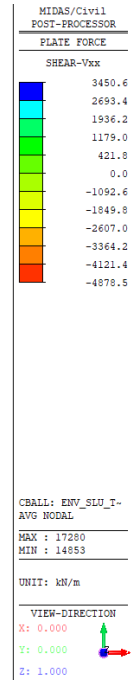
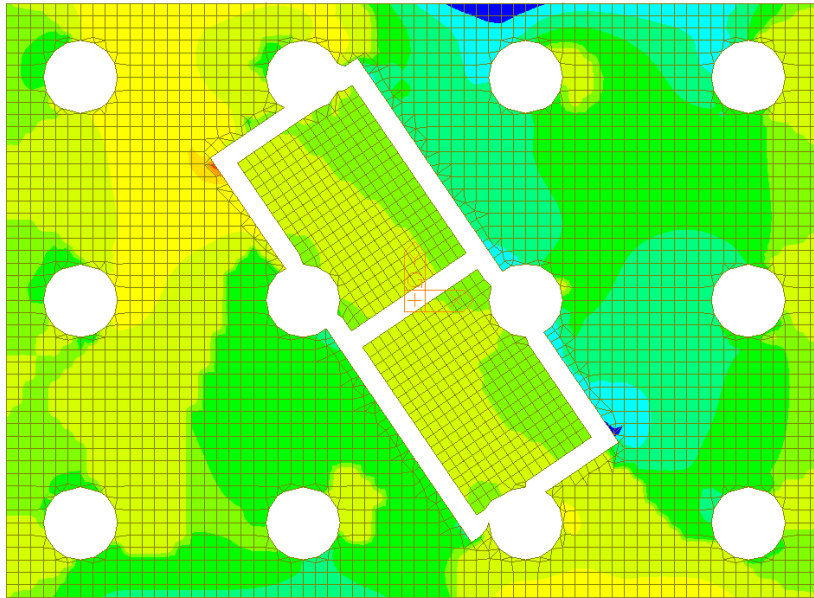


Figura 37 – Vxx, Involuppo SLU/SLV

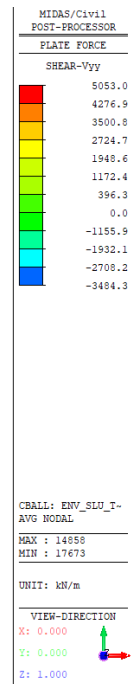
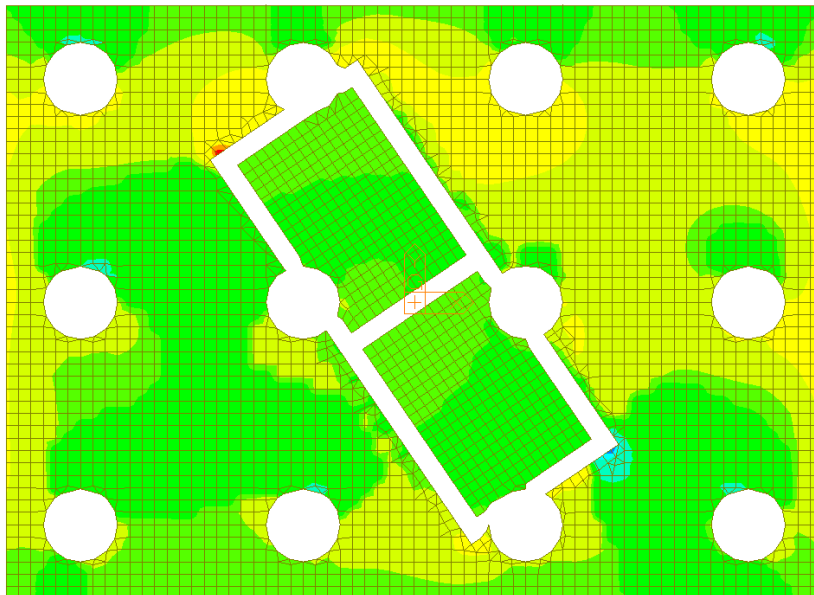


Figura 38 – Vyy, Involuppo SLU/SLV

| | | | | |
|---|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

11.5 Dimensionamento e verifica delle armature

11.5.1 Dimensionamento delle armature

In funzione delle sollecitazioni precedentemente riportate è stata definita per il plinto la seguente armatura.

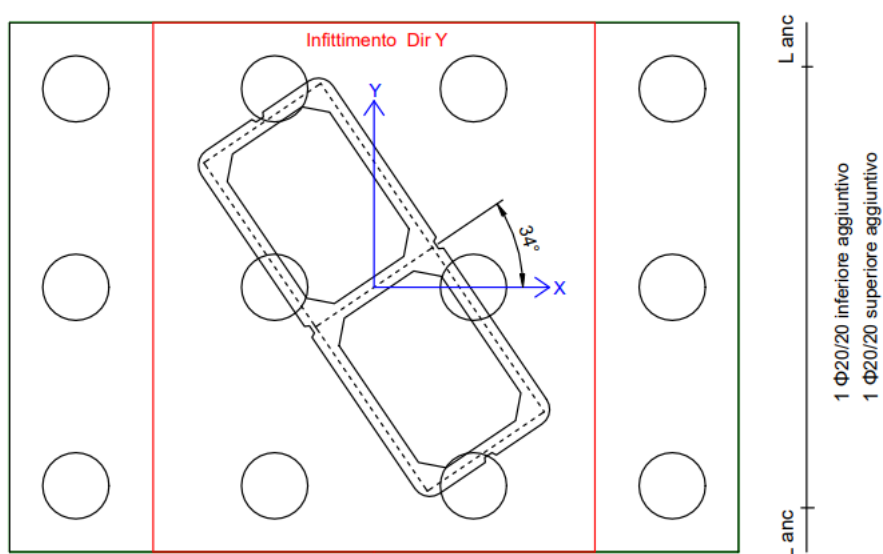
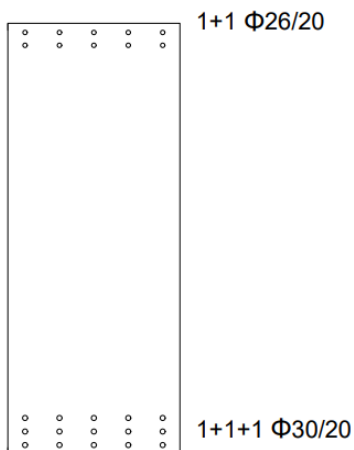


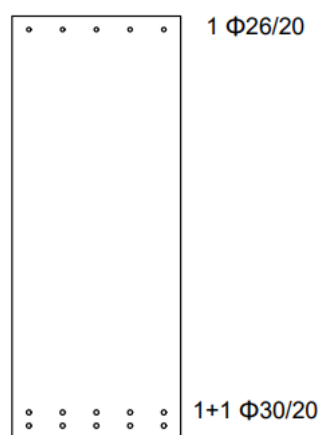
Figura 39 – Zone di infittimento dell'armatura a flessione del plinto

Maglia base

Armatura in direzione X



Armatura in direzione Y



| | | | | |
|---|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Armatura aggiuntiva

Armatura in direzione Y

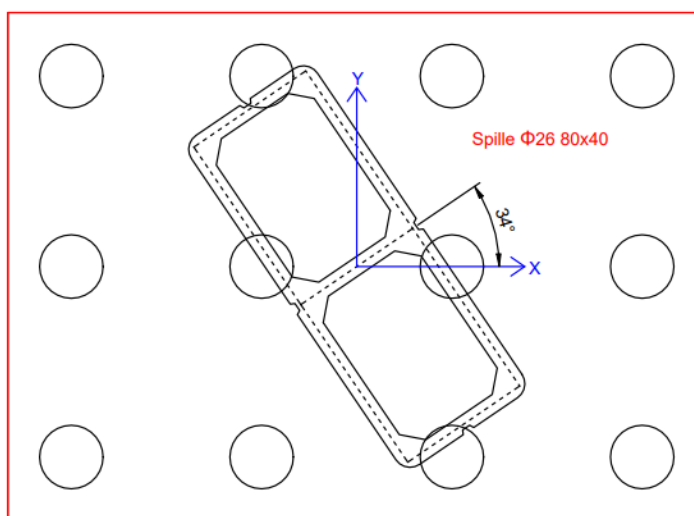
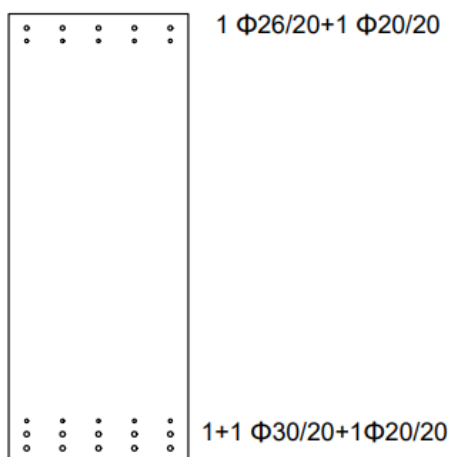


Figura 40 – Armatura a taglio del plinto

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

11.5.2 Verifica a flessione

Le verifiche allo SLU flessionale e agli SLE di fessurazione e tensionale vengono effettuate mediante l'ausilio del programma RC-SEC.

Sono state considerate due sezioni distinte per il dimensionamento e la verifica delle armature nelle due direzioni X e Y, di altezza pari all'altezza del plinto (2.5 m) e di larghezza pari a 1 m.

Il plinto è stato verificato nei confronti dei momenti massimi derivanti dagli involuipi delle combinazioni SLU, SLV, SLE rara, SLE fessurazione, SLE quasi permanente, sia nelle zone di infittimento che nelle zone in cui è presente la sola maglia di base.

Tali sollecitazioni sono riportate nella tabella che segue. Le sollecitazioni massime sono ottenute mediando i valori nell'intorno del picco su una larghezza di circa 1 m.

| | W-A Mom_Top_X (kNm/m) | W-A Mom_Top_Y (kNm/m) | W-A Mom_Bottom_X (kNm/m) | W-A Mom_Bottom_Y (kNm/m) |
|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| SLU/SLV | 4134.5 | 2884.3 | 8736.6 | 6093.4 |
| SLE Rara | 2630.2 | 1999.5 | 6484.7 | 4357.7 |
| SLE Fessurazione | 632.9 | 692.9 | 3959.6 | 2428.1 |
| SLE Quasi Perm. | 401.8 | 774.8 | 2695.0 | 1392.0 |

A titolo di esempio, vengono riportati gli output del programma per le due sezioni nelle zone di infittimento e per tutti i casi di carico sopra descritti.

Sezione per la verifica delle armature in direzione X

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A. NOME FILE SEZIONE: VI01_P16_DirX

| | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 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 |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|--------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C25/30 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 14.160 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 31475.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 2.560 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| | | |
|---|--------|---------------------|
| Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 137.50 | 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 $\beta_1^*\beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1^*\beta_2$: | 0.50 | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 337.50 | MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | |
|----------------------|------------|
| Forma del Dominio: | Poligonale |
| Classe Conglomerato: | C25/30 |

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -50.0 | 125.0 |
| 2 | 50.0 | 125.0 |
| 3 | 50.0 | -125.0 |
| 4 | -50.0 | -125.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | 40.0 | -103.8 | 30 |
| 2 | 20.0 | -103.8 | 30 |
| 3 | 0.0 | -103.8 | 30 |
| 4 | -20.0 | -103.8 | 30 |
| 5 | -40.0 | -103.8 | 30 |
| 6 | 40.0 | 112.2 | 26 |
| 7 | 20.0 | 112.2 | 26 |
| 8 | 0.0 | 112.2 | 26 |
| 9 | -20.0 | 112.2 | 26 |
| 10 | -40.0 | 112.2 | 26 |
| 11 | 40.0 | -111.7 | 30 |
| 12 | 20.0 | -111.7 | 30 |
| 13 | 0.0 | -111.7 | 30 |
| 14 | -20.0 | -111.7 | 30 |
| 15 | -40.0 | -111.7 | 30 |
| 16 | 40.0 | 119.7 | 26 |
| 17 | 20.0 | 119.7 | 26 |
| 18 | 0.0 | 119.7 | 26 |
| 19 | -20.0 | 119.7 | 26 |
| 20 | -40.0 | 119.7 | 26 |
| 21 | 40.0 | -119.5 | 30 |
| 22 | 20.0 | -119.5 | 30 |
| 23 | 0.0 | -119.5 | 30 |
| 24 | -20.0 | -119.5 | 30 |
| 25 | -40.0 | -119.5 | 30 |

| | | | | |
|--------------------|--|--|-------|----------------|
| GENERAL CONTRACTOR |  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA | | |
| | |  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica |
| | | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 |
| | | | | B |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|------|----------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | -4134.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 8736.60 | 0.00 | 0.00 | 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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|----------|------|
| 1 | 0.00 | -2630.20 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 6484.70 | 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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -632.90 (-3208.35) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 0.00 | 3959.60 (3372.15) | 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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -401.80 (-3208.35) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 0.00 | 2695.00 (3372.15) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 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
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y 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
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y 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 | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|------|----------|------|-------|----------|--------|----------|-------------|
| 1 | S | 0.00 | -4134.50 | 0.00 | 0.00 | -5049.67 | 0.00 | 1.22 | 88.4(37.0) |
| 2 | S | 0.00 | 8736.60 | 0.00 | 0.00 | 9464.21 | 0.00 | 1.08 | 106.0(37.0) |

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 | 0.059 | 50.0 | -125.0 | 0.00217 | 40.0 | -119.5 | -0.05573 | 40.0 | 119.7 |
| 2 | 0.00350 | 0.085 | -50.0 | 125.0 | 0.00261 | 40.0 | 119.7 | -0.03756 | 40.0 | -119.5 |

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 | -0.000242047 | -0.026755904 | 0.059 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | 0.000167950 | -0.017493789 | 0.085 | 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)
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

| | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|--|-------------------|--|-------|--|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR | |  | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |  | |
| | | | | Progetto | | Lotto | | Codifica | |
| | | | | IN17 | | 12 | | EI2CLVI0104007 | |
| | | | | | | | | B | |

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 3.40 | -50.0 | -125.0 | -222.5 | -40.0 | 119.7 | 2250 | 53.1 |
| 2 | S | 7.41 | -50.0 | 125.0 | -295.0 | -40.0 | -119.5 | 3350 | 106.0 |

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 = 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 $A_{c\ eff}$ [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] |
| sr max | Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC] |
| wk | Massima distanza tra le fessure [mm] |
| Mx fess. | Apertura fessure in mm calcolata = $sr\ max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi |
| My fess. | 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 | -0.00114 | 0 | 0.500 | 26.0 | 40 | 0.00074 (0.00067) | 323 0.239 (990.00) | | -3208.35 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00152 | 0 | 0.500 | 30.0 | 40 | 0.00118 (0.00089) | 297 0.352 (990.00) | | 3372.15 | 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 | 0.82 | -50.0 | -125.0 | -53.5 | -40.0 | 119.7 | 2250 | 53.1 |
| 2 | S | 4.52 | -50.0 | 125.0 | -180.1 | -40.0 | -119.5 | 3350 | 106.0 |

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 | -0.00027 | 0 | 0.500 | 26.0 | 40 | 0.00016 (0.00016) | 323 0.052 (0.20) | | -3208.35 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00093 | 0 | 0.500 | 30.0 | 40 | 0.00061 (0.00054) | 297 0.181 (0.20) | | 3372.15 | 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 | 0.52 | 50.0 | -125.0 | -34.0 | -40.0 | 119.7 | 2250 | 53.1 |
| 2 | S | 3.08 | -50.0 | 125.0 | -122.6 | -40.0 | -119.5 | 3350 | 106.0 |

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 | -0.00017 | 0 | 0.500 | 26.0 | 40 | 0.00010 (0.00010) | 323 0.033 (990.00) | | -3208.35 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00063 | 0 | 0.500 | 30.0 | 40 | 0.00042 (0.00037) | 297 0.124 (990.00) | | 3372.15 | 0.00 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Sezione per la verifica delle armature in direzione Y

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME FILE SEZIONE: VI01_P16_DirY

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
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit : Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C25/30
Resis. compr. di progetto fcd: 14.160 MPa
Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
Def.unit. ultima ecu: 0.0035
Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec: 31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm: 2.560 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 137.50 daN/cm²
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/cm²
Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1\beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1\beta_2$: 0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -50.0 | 125.0 |
| 2 | 50.0 | 125.0 |
| 3 | 50.0 | -125.0 |
| 4 | -50.0 | -125.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | 40.0 | -101.3 | 20 |
| 2 | 20.0 | -101.3 | 20 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



| | | | | |
|--|----------|-------|----------------|---|
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

| | | | |
|----|-------|--------|----|
| 3 | 0.0 | -101.3 | 20 |
| 4 | -20.0 | -101.3 | 20 |
| 5 | -40.0 | -101.3 | 20 |
| 6 | 40.0 | 110.0 | 20 |
| 7 | 20.0 | 110.0 | 20 |
| 8 | 0.0 | 110.0 | 20 |
| 9 | -20.0 | 110.0 | 20 |
| 10 | -40.0 | 110.0 | 20 |
| 11 | 40.0 | -108.6 | 30 |
| 12 | 20.0 | -108.6 | 30 |
| 13 | 0.0 | -108.6 | 30 |
| 14 | -20.0 | -108.6 | 30 |
| 15 | -40.0 | -108.6 | 30 |
| 16 | 40.0 | -116.5 | 30 |
| 17 | 20.0 | -116.5 | 30 |
| 18 | 0.0 | -116.5 | 30 |
| 19 | -20.0 | -116.5 | 30 |
| 20 | -40.0 | -116.5 | 30 |
| 21 | 40.0 | 117.1 | 26 |
| 22 | 20.0 | 117.1 | 26 |
| 23 | 0.0 | 117.1 | 26 |
| 24 | -20.0 | 117.1 | 26 |
| 25 | -40.0 | 117.1 | 26 |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione) |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. |
| Vy | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y |
| Vx | Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x |

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|------|----------|------|------|------|
| 1 | 0.00 | -2884.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 6093.40 | 0.00 | 0.00 | 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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |
| My | Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione |

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|----------|------|
| 1 | 0.00 | -1999.50 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 4357.70 | 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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| | | | | |
|--|---|-------|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -692.90 (-3093.11) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 0.00 | 2428.10 (3225.82) | 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 princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|--------------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -774.80 (-3093.11) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 0.00 | 1392.00 (3225.82) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 4.8 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
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y 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
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y 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 | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Tesa |
|--------|-----|------|----------|------|-------|----------|--------|----------|------------|
| 1 | S | 0.00 | -2884.30 | 0.00 | 0.00 | -3982.64 | 0.00 | 1.38 | 93.3(37.0) |
| 2 | S | 0.00 | 6093.40 | 0.00 | 0.00 | 7683.73 | 0.00 | 1.26 | 86.4(37.0) |

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

| | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---|--|-------------------|-------|----------------|--|--|--|
| GENERAL CONTRACTOR | |  | | ALTA SORVEGLIANZA | | | |  | |
| | | | | Progetto | Lotto | Codifica | | | |
| | | | | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | | B | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---------|-------|-------|--------|---------|------|--------|----------|------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.059 | 50.0 | -125.0 | 0.00141 | 40.0 | -116.5 | -0.05595 | 40.0 | 117.1 |
| 2 | 0.00350 | 0.077 | -50.0 | 125.0 | 0.00201 | 40.0 | 117.1 | -0.04194 | 40.0 | -116.5 |

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 | -0.000245541 | -0.027192614 | 0.059 | 0.700 |
| 2 | 0.000000000 | 0.000188177 | -0.020022139 | 0.077 | 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)
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 | 2.99 | -50.0 | -125.0 | -212.5 | 40.0 | 117.1 | 2635 | 42.3 |
| 2 | S | 5.55 | -50.0 | 125.0 | -241.0 | 40.0 | -116.5 | 3585 | 86.4 |

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
 = 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 | -0.00110 | 0 | 0.500 | 23.4 | 66 | 0.00064 (0.00064) | 472 0.301 (990.00) | -3093.11 | 0.00 | |
| 2 | S | -0.00126 | 0 | 0.500 | 27.5 | 70 | 0.00084 (0.00072) | 432 0.362 (990.00) | 3225.82 | 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 | 1.04 | -50.0 | -125.0 | -73.7 | 40.0 | 117.1 | 2635 | 42.3 |
| 2 | S | 3.09 | -50.0 | 125.0 | -134.3 | 40.0 | -116.5 | 3585 | 86.4 |

| | | | | |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

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 | -0.00038 | 0 | 0.500 | 23.4 | 66 | 0.00022 (0.00022) | 472 | 0.104 (0.20) | -3093.11 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00070 | 0 | 0.500 | 27.5 | 70 | 0.00040 (0.00040) | 432 | 0.174 (0.20) | 3225.82 | 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 | 1.16 | -50.0 | -125.0 | -82.4 | 40.0 | 117.1 | 2635 | 42.3 |
| 2 | S | 1.77 | -50.0 | 125.0 | -77.0 | 40.0 | -116.5 | 3585 | 86.4 |

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 | -0.00043 | 0 | 0.500 | 23.4 | 66 | 0.00025 (0.00025) | 472 | 0.117 (990.00) | -3093.11 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00040 | 0 | 0.500 | 27.5 | 70 | 0.00023 (0.00023) | 432 | 0.100 (990.00) | 3225.82 | 0.00 |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

11.5.3 Verifica a taglio

La verifica SLU a taglio viene invece effettuata mediante calcolo diretto distintamente per le due direzioni. Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo le indicazioni del §4.1.2.1.3.2 [1]:

$$V_{Rcd} = \min(V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha$$

in cui:

- d altezza utile della sezione
- b_w larghezza minima della sezione
- A_{sw} area dell'armatura trasversale
- s interasse tra due armature trasversali consecutive
- θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo (posto pari a 45°)
- α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento
- f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5 f_{cd})
- α_{cv} coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione (posto cautelativamente pari a 1)

La verifica è stata effettuata nei confronti del valore massimo di taglio $V_{Ed,max}$, per le combinazioni SLU e SLV.

In particolar modo, per ogni elemento plate e per ogni combinazione è stato calcolato il taglio

risultante $V_{Ed} = \sqrt{V_{xx}^2 + V_{yy}^2}$, dove V_{xx} è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse x locale

dell'elemento plate, mentre V_{yy} è il taglio al metro lineare sulla faccia di normale l'asse y. Il taglio di progetto è ottenuto poi mediando le sollecitazioni nell'intorno del picco su una larghezza di circa 1 m.

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

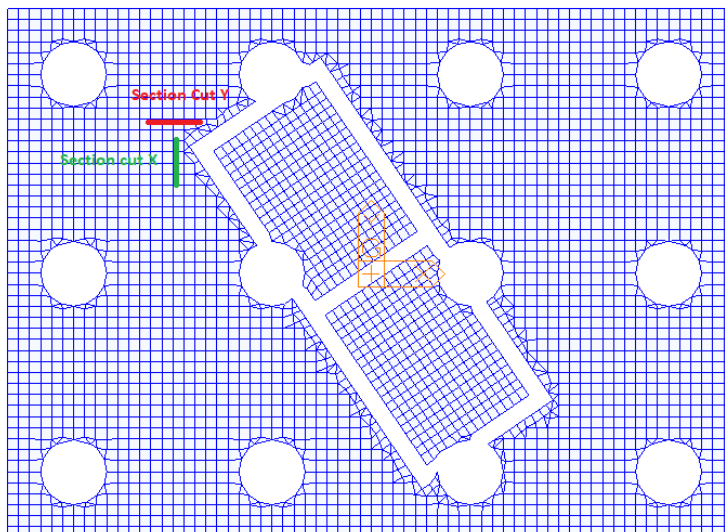


Figura 41 – Section cut considerate per la verifica a taglio

Non sono stati presi in considerazione gli elementi “plate” del plinto di fondazione in corrispondenza dei pali e della pila.

Di seguito viene esplicitata la verifica a taglio per la sezione più gravosa, sulla quale agisce un taglio massimo $V_{Ed,max} = 2800 \text{ kN/m}$.

Caratteristiche materiali

CIs

| | | | |
|-----------|-------|-----------------|---|
| R_{ck} | 30 | N/mm^2 | resistenza cubica caratteristica a compressione |
| f_{ck} | 24.90 | N/mm^2 | resistenza cilindrica caratteristica a compressione |
| f_{cm} | 32.90 | N/mm^2 | resistenza cilindrica media a compressione |
| f_{cd} | 14.11 | N/mm^2 | resistenza cilindrica di progetto a compressione |
| f_{ctm} | 2.56 | N/mm^2 | resistenza a trazione media |
| f_{ctm} | 3.07 | N/mm^2 | resistenza a trazione media per fessurazione |
| E_{cm} | 31447 | N/mm^2 | modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 f_{cm}) |
| ν | 0.2 | | coefficiente di Poisson |

Acciaio barre longitudinali

| | | | |
|----------|-------|-----------------|--|
| f_{yk} | 450 | N/mm^2 | tensione caratteristica di snervamento |
| f_{yd} | 391.3 | N/mm^2 | resistenza di progetto di snervamento |

Acciaio staffe

| | | | |
|----------|-------|-----------------|--|
| f_{yk} | 450 | N/mm^2 | tensione caratteristica di snervamento |
| f_{yd} | 391.3 | N/mm^2 | resistenza di progetto di snervamento |

| | | | | | |
|--------------------|--|-------------------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA |  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

Calcoli preliminari

| | | | |
|-------------------|-------------|-------------------|--|
| A_{sl} | 4225.4 | mm ² | area dell'armatura longitudinale |
| ρ_l | 0.0018 | | rapporto geometrico d'armatura longitudinale |
| $\rho_{l,eff}$ | 0.0018 | | rapporto considerato nei calcoli |
| σ_{cp} | 0.000 | N/mm ² | tensione media di compressione nella sezione |
| $\sigma_{cp,eff}$ | 0.000 | N/mm ² | tensione media considerata nei calcoli |
| n_{bw} | 1.25 | | numero di bracci degli spilli (in 1 m) |
| φ_{st} | 26 | mm | diametro degli spilli |
| S_{st} | 400 | mm | passo degli spilli |
| A_{sw} | 663.7 | mm ² | area della singola staffa (è considerato il numero di braccia) |

Elemento non armato a taglio

| | | | |
|------------|--------|----|------------------------------|
| k | 1.29 | | |
| k_{eff} | 1.29 | | |
| v_{min} | 0.26 | | |
| $V_{Rd,1}$ | 606.96 | KN | taglio resistente - valore 1 |
| $V_{Rd,2}$ | 612.50 | KN | taglio resistente - valore 2 |
| V_{Rd} | 612.50 | KN | taglio resistente di calcolo |

Elemento armato a taglio

| | | | |
|-------------|-------------|-------------------|---|
| α | 1.571 | rad | inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale |
| θ | 0.384 | rad | inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave |
| f'_{cd} | 7.055 | N/mm ² | resistenza a compressione ridotta del cls d'anima |
| α_c | 1.000 | | coefficiente maggiorativo per compressione |
| N_{Rd} | 35275 | KN | sforzo normale di compressione ultimo |
| $ctg\alpha$ | 0.00 | | |
| $ctg\theta$ | 2.48 | | |
| V_{Rsd} | 3466.2 | KN | taglio resistente relativo alle armature tese |
| V_{Rcd} | 5285.7 | KN | taglio resistente relativo alle bielle compresse |
| V_{Rd} | 3466.2 | KN | taglio resistente di calcolo |
| V_{Ed} | 2800 | kN | Taglio di calcolo |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.24 | | Coefficiente di sicurezza |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

11.5.4 Verifica a taglio-punzonamento

Le verifiche a punzonamento sono state condotte secondo le formulazioni dell'Eurocodice 2, par. 6.4. Il punzonamento può essere determinato dalla reazione concentrata del palo agente su un'area relativamente piccola di plinto.

Il procedimento di calcolo per il taglio-punzonamento si fonda sulle verifiche alla faccia del palo e al perimetro di verifica di base u_1 . Si definiscono le seguenti tensioni di taglio di progetto lungo le sezioni di verifica:

- $v_{Rd,c}$: è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra, priva di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata;
- $v_{Rd,cs}$: è il valore di progetto del taglio-punzonamento resistente di una piastra dotata di armature per il taglio-punzonamento, lungo la sezione di verifica considerata.

L'armatura per il taglio-punzonamento non è necessaria se:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

Se v_{Ed} supera il valore $v_{Rd,c}$ si deve disporre armatura specifica per il taglio-punzonamento e deve risultare:

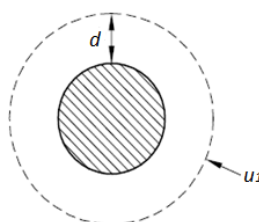
$$v_{Ed} \leq v_{Rd,cs}$$

La tensione massima di taglio, nel caso generale di reazione d'appoggio eccentrica rispetto al perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_1 d}$$

Dove:

- d è l'altezza utile media della piastra;
- u_1 è la lunghezza del perimetro di verifica
- V_{Ed} è il taglio agente
- β è un coefficiente assunto pari a 1



| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

Secondo quanto riportato al §6.4.2 dell'Eurocodice 2 il perimetro di verifica di base u_1 può generalmente essere collocato a una distanza pari a $2d$ dall'area caricata. Tuttavia, considerando lo spessore elevato del plinto di fondazione e, a favore di sicurezza, tale perimetro è stato collocato ad una distanza d dal bordo del palo.

La resistenza di progetto a punzonamento $v_{Rd,c}$ per una piastra priva di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp})$$

Dove:

- $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0.02$, dove ρ_{ly} e ρ_{lz} sono riferiti all'acciaio teso aderente rispettivamente nelle direzioni y e z.
- $\sigma_{cp} = 0$
- $C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$
- $k_1 = 1$
- $v_{min} = 0.035 k^2 \sqrt{f_{ck}}$

La resistenza di progetto a punzonamento $v_{Rd,cs}$ per una piastra munita di armatura specifica a taglio è pari a:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 v_{Rd,c} + 1,5 (d/s_r) A_{sw} f_{ywd,ef} (1/(u_1 d)) \sin \alpha$$

Dove:

- A_{sw} è l'area di armatura a taglio- punzonamento situata su di un perimetro intorno al pilastro;
- s_r è il passo dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento;
- $f_{ywd,ef}$ è la resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento, secondo la relazione $f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$;
- α è l'angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra (pari a 90° nel caso di armatura verticale).

Inoltre, in adiacenza ai pilastri la resistenza a taglio-punzonamento è limitata a un valore massimo di:

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

$$v_{Ed} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} \leq v_{Rd,max}$$

Dove:

- u_0 è il perimetro del pilastro;
- $v_{Rd,max} = 0.5 v f_{cd}$
- $v = 0.6 (1 - f_{ck}/250)$

La verifica è stata condotta in corrispondenza del palo d'angolo più sollecitato (palo 4), per lo sforzo assiale massimo della combinazione SLV - Treno 1 – Sisma X prevalente: $V_{Ed} = 9008$ kN.

Tale sforzo assiale massimo è stato poi ridotto a causa dell'effetto favorevole del peso del plinto di fondazione e del terreno di ricoprimento.

Caratteristiche materiali

| | | | |
|------------|------|-------------------|-----------------------------------|
| R_{ck} | 30 | N/mm ² | Resistenza caratt. cubica cls |
| f_{ck} | 25 | N/mm ² | Resistenza caratt. cilindrica cls |
| γ_c | 1.5 | | Coefficiente sicurezza cls |
| T_{rd} | 0.30 | N/mm ² | Resist. unit. a taglio |
| f_{yk} | 450 | N/mm ² | Tensione di snervamento acciaio |
| γ_s | 1.15 | | Coefficiente di sicurezza acciaio |

Armatatura tesa

| | | | |
|----------|-------|--------------------|--|
| A_{lx} | 34.40 | cm ² /m | Armatatura tesa in direzione x (media) |
| A_{ly} | 39.82 | cm ² /m | Armatatura tesa in direzione y (media) |

Impronta di carico

| | | | |
|---------|-----|----|--|
| a | 75 | cm | (a = raggio per sezioni circolari) |
| h | 250 | cm | Altezza plinto |
| d | 240 | cm | Altezza utile |
| β | 1 | | Coeff. che tiene conto eccentricità del carico |

| | | | |
|----------|--------|----|-------------------------------|
| u_1 | 807 | cm | Perimetro di verifica di base |
| u_0 | 471.24 | cm | Perimetro dell'area caricata |
| k | 1.29 | | Coefficiente |
| ρ_l | 0.0015 | | Percentuale di armatura tesa |

Peso del plinto

| | | | |
|-----------------|-------|-------------------|--|
| γ_{cls} | 25 | kN/m ³ | Peso specifico cls |
| h_{plinto} | 2.5 | m | Altezza plinto |
| A | 10.48 | m ² | Area di verifica in corrispondenza del baricentro del plinto |
| ΔV_{sd} | 654.7 | kN | Riduzione di taglio dovuta al peso proprio del plinto |

| | | | | | |
|--------------------|--|-------------------|--|----------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA |  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | |
| | | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

Peso del rinterro

| | | | |
|-----------------|--------|-------------------|---|
| γ_{terr} | 19 | kN/m ³ | Peso specifico terreno |
| h_{rint} | 4 | m | Altezza rinterro |
| A | 19.12 | m ² | Area di verifica in corrispondenza dell'estradosso del plinto |
| ΔV_{sd} | 1453.1 | kN | Riduzione di taglio dovuta al peso del rinterro |

Tensione massima di taglio

| | | | |
|----------|------|-------------------|--|
| V_{ed} | 9008 | kN | Reazione agli SLU |
| V_{ed} | 6900 | kN | Taglio applicato (ridotto del peso proprio e del rinterro) |
| V_{ed} | 855 | kN/m | Taglio applicato per unità di lunghezza |
| V_{ed} | 0.36 | N/mm ² | Tensione di taglio agente |

Resistenza a punzonamento offerta dal solo calcestruzzo immediatamente a ridosso del palo

| | | | |
|-------------|------|-------------------|---------------------------------------|
| V_{ed} | 0.61 | N/mm ² | Tensione di taglio a rifosso del palo |
| V_{rdmax} | 3.83 | N/mm ² | Tensione resistente massima |
| Verifica | ok | | |
| FS | 6.26 | | |

Resistenza a punz. per unità di lungh. senza armatura a taglio

| | | | |
|------------|--------|-------------------|---|
| $V_{Rd,c}$ | 0.26 | N/mm ² | Tensione resistente senza armatura a taglio |
| V_{min} | 0.26 | N/mm ² | |
| V_{Rd} | 613.73 | kN/m | Taglio resistente per unità di lunghezza |
| Verifica | no | | |
| FS | 0.72 | | |

Resistenza a punz. per unità di lungh. con armatura a taglio

STAFFE

| | | | |
|--------------|--------|-------------------|---|
| $f_{ywd,ef}$ | 391.30 | N/mm ² | Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento |
| α | 90.00 | ° | Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra |
| | 1.57 | rad | |

| | | | |
|------|------|----|---|
| sr | 400 | mm | Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento |
| d/sr | 5.99 | | |

| | | | |
|---------------|-------|-----------------|---|
| $A_{sw\ min}$ | 905.8 | mm ² | Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo le staffe) |
|---------------|-------|-----------------|---|

| | | | |
|----------|--------|-----------------|--|
| ϕ | 26 | | Diametro armatura taglio-punzonamento |
| n ferri | 3.75 | | Numero di ferri in uno strato |
| A_{sw} | 1991.0 | mm ² | Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato |

| | | | | |
|--------------------|---|-------|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR |  | | ALTA SORVEGLIANZA | |
| | | |  | |
| | Progetto | Lotto | Codifica | |
| | IN17 | 12 | EI2CLVI0104007 | B |

CAVALLOTTI

| | | | |
|--------------|--------|-------------------|--|
| $f_{ywd,ef}$ | 391.30 | N/mm ² | <i>Resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento</i> |
| α | 90.00 | ° | <i>Angolo compreso fra l'armatura a taglio e il piano della piastra</i> |
| | 1.57 | rad | |

| | | | |
|------|------|----|--|
| sr | 1500 | mm | <i>Passo radiale dei perimetri dell'armatura a taglio-punzonamento</i> |
| d/sr | 1.60 | | |

| | | | |
|---------------|--------|-----------------|---|
| $A_{sw\ min}$ | 3396.9 | mm ² | <i>Area di armatura minima a taglio-punzonamento di uno strato (se sono presenti solo i cavallotti)</i> |
|---------------|--------|-----------------|---|

| | | | |
|-----------|--------|-----------------|---|
| φ | 24 | | <i>Diametro armatura taglio-punzonamento</i> |
| n ferri | 2 | | <i>Numero di ferri in uno strato</i> |
| A_{sw} | 904.78 | mm ² | <i>Area di armatura di armatura a taglio-punzonamento di uno strato</i> |

| | | | |
|-------------|------|-------------------|--|
| $V_{Rd,cs}$ | 0.60 | N/mm ² | <i>Valore di progetto del taglio-punzonamento resistente</i> |
| V_{Ed} | 0.36 | N/mm ² | <i>Tensione di taglio-punzonamento agente</i> |
| Verifica | ok | | |
| FS | 1.68 | | |

| | | | | |
|--|---|-------------|----------------------------|---|
| GENERAL CONTRACTOR  IRICAV2 | ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | | | |
| | Progetto IN17 | Lotto 12 | Codifica EI2CLVI0104007 | B |

12. Valutazione della accettabilità 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 o con altri codici di calcolo nonché dal confronto critico con i risultati presentati dai documenti di progettazione definitiva.

Per lo studio dei plinti di fondazione sono stati sviluppati modelli agli elementi finiti a piastra caricati con tutti i carichi analizzati in modo da ottenere, in base alla distribuzione effettiva delle sollecitazioni, la corretta distribuzione di dettaglio delle armature.

Il confronto tra i risultati del PE con quelli del PD è stato criticamente eseguito al fine di validare i valori ottenuti.