

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

Stampa professionale: ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TRENTO, Dott. Paolo Cucino, ISCRIZIONE ALBO N° 2216

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

11 - OPERE CIVILI

A-PONTE SUL FIUME ISARCO

Elaborati Generali

Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica

| | | |
|--------------------------|--|--------|
| APPALTATORE | | SCALA: |
| IL DIRETTORE TECNICO | | - |

| | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| I B O U | 1 B | E | Z Z | C L | V I O O O O | 0 1 4 | A |

| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|----------------------------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|---------------------------|------------|---|
| A | Emissione | S.Piccolo | 14/01/2022 | F.Favaro | 18/01/2022 | D.Buttafoco (Dolomiti) | 19/01/2022 | IL PROGETTISTA M.Organte 29/01/2022 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| File: IB0U1BEZZCLVI0000014A.docx | | | | | | | | n. Elab.: - |

| | | | | | | |
|---|---|--|----------|-----------|------|---------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IB0U | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 2 di 41 |

SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 4 |
| 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA | 4 |
| 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 5 |
| 4. MATERIALI UTILIZZATI | 6 |
| 5. MODELLO DI CALCOLO..... | 7 |
| 6. ANALISI DEI CARICHI | 8 |
| 6.1 CARICHI PERMANENTI..... | 8 |
| 6.1.1 Peso proprio | 8 |
| 6.1.2 Permanenti portati | 8 |
| 6.1.3 Variabili..... | 8 |
| 6.1.4 Neve | 8 |
| 6.1.5 Vento..... | 9 |
| 6.1.6 Sisma..... | 10 |
| 7. ANALISI MODALE..... | 12 |
| 8. COMBINAZIONI DI CARICO..... | 13 |
| 9. VERIFICA SLU | 14 |
| 9.1 VERIFICA TRAVI..... | 17 |
| 9.2 VERIFICA COLONNE | 18 |
| 9.3 VERIFICA COSCIALI | 19 |
| 9.4 VERIFICA ELEMENTI SECONDARI..... | 20 |
| 9.5 VERIFICA PARAPETTI | 21 |
| 9.6 VERIFICA GIUNTI..... | 22 |
| 9.6.1 Nodo trave-pilastro | 22 |
| 9.6.2 Nodo di attacco montante parapetto | 25 |
| 9.6.3 Nodi di attacco IPE100 – cosciale UPN180..... | 28 |
| 9.6.4 Nodo di attacco cosciale UPN180 – trave HEB260..... | 29 |
| 9.6.5 Nodo di attacco rompitratta UPN180 – trave HEB260 | 31 |
| 9.6.6 Nodo di attacco UPN180-UPN180 | 32 |
| 10. VERIFICHE SLE..... | 34 |

| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 3 di 41 |

| | | |
|------------|-----------------------------------|-----------|
| 10.1 | DEFORMABILITA' | 34 |
| 11. | REAZIONI AGLI APPOGGI..... | 35 |
| 11.1 | REAZIONI APPOGGI | 35 |
| 12. | VERIFICHE FONDAZIONI | 36 |
| 12.1 | PIASTRA DI BASE E TIRAFONDI | 36 |
| 12.2 | PLATEA..... | 37 |

| | | | | | | |
|---|---|--|----------|-----------|------|---------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IB0U | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 4 di 41 |

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportati dimensionamento e verifica della scala metallica di esodo dal ponte sul fiume Isarco. Si effettuano le verifiche per la scala lato binario dispari ritenendo soddisfatte di conseguenza le stesse verifiche per la scala lato binario pari. Verranno inoltre riportate le verifiche locali all'appoggio della scala (inclusa fondazione).

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Non sono previsti punti d'appoggio della scala al viadotto ma un varco che garantirà la deformabilità della scala stessa. Mentre per la continuità del camminamento sarà previsto un elemento metallico collegato direttamente alla trave del viadotto.

La scala sarà costituita da: 2 telai principali di altezza 6.978m e 5.413m rispettivamente, costituiti da colonne e travi del tipo HEB260; i telai sostengono tramite mensole, tipo UPN180, le 4 rampe costituite da cosciali UPN180. I pianerottoli sono irrigiditi con travi Ipe100 in direzione parallela alle travi principali e trasversali rompitratta e di irrigidimento UPN180. Pianerottoli e gradini saranno rivestiti da grigliato a maglia rettangolare. Sono previsti infine parapetti alti 1m con montanti e corrimano in profili tubolari 60.3x3.2 .

| | | | | | | |
|---|--|-------|----------|-----------|------|---------------------------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | PROGETTO ESECUTIVO |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IB0U | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 5 di 41 |

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle vigenti normative di seguito riportate:

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- [N1]. **Legge 05/01/1971 n°1086:** Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato,
normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- [N2]. **Legge 02/02/1974 n°64:** Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- [N3]. **D.M. del 14 Gennaio 2008:** Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- [N4]. **C.M. 02/02/2009 n.617:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- [N5]. **RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 22/12/2017:** Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- [N6]. **RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 22/12/2017:** Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;

Tutti gli elementi lavorati dovranno essere controllati ed accettati in accordo al [N6] ed alla **UNI EN 1090-2** (classe di esecuzione EXC2).

| | | | | | | |
|-------------------|---|--|---------------------------|----------|-----------|--------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. FOGGIO. |
| | | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A 6 di 41 |

4. MATERIALI UTILIZZATI

| | | | |
|---|-----------|--|---|
| ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA | | | |
| S275 J2 controllato in stabilimento | | | |
| fyk = | 275 | MPa | Resistenza di calcolo (t ≤ 40 mm) |
| fyk = | 255 | MPa | Resistenza di calcolo (t > 40 mm) |
| γ _M = | 1.05 | - | coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico |
| f _{yd} = | 261.9 | N/mm ² | resistenza di progetto (t ≤ 40 mm) |
| f _{yd} = | 261.9 | N/mm ³ | resistenza di progetto (t > 40 mm) |
| E _s = | 209000 | MPa | modulo elastico |
| ACCIAIO bulloni e dadi | | | |
| viti | 8.8; 10.9 | Conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI-EN I | |
| dadi | 8; 10 | | |
| CALCESTRUZZO PER PLATEA DI FONDAZIONE | | | |
| C28/35 | | | |
| R _{ck} = | 35 | N/mm ² | resistenza caratteristica cubica |
| f _{ck} = | 29.05 | N/mm ² | resistenza caratteristica cilindrica |
| f _{cm} = | 37.05 | N/mm ³ | resistenza caratteristica cilindrica media |
| γ _M = | 1.5 | - | coefficiente parziale di sicurezza SLU |
| f _{cd} = | 16.5 | N/mm ² | resistenza di progetto |
| E _{cm} = | 32588.1 | N/mm ² | modulo elastico BT |
| E _{cm} *= | 11846.0 | N/mm ² | modulo elastico LT |
| E _{cm} ritiro= | 13609.5 | N/mm ² | modulo elastico viscoso |
| XC3+XD3+XF2 | | Classe di esposizione | |
| c = | 30 | mm | copriferro minimo |
| ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE | | | |
| B 450 C controllato in stabilimento | | | |
| fyk = | 450 | N/mm ² | tensione caratteristica di snervamento |
| γ _M = | 1.15 | - | coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico |
| f _{yd} = | 391.3 | N/mm ² | resistenza di progetto |
| E _s = | 210000 | N/mm ² | modulo elastico |
| SALDATURE | | | |
| Procedimenti di saldatura omologati e qualificati (tipo automatico ad arco sommerso o altri che verranno concordati e accettati dall'ente appaltante) conformi a D.M. 14.01.2008. | | | |

| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 7 di 41 |

5. MODELLO DI CALCOLO

Per valutare a livello globale le sollecitazioni e le deformazioni del telaio in esame sono state effettuate modellazioni con il programma agli elementi finiti SAP2000.

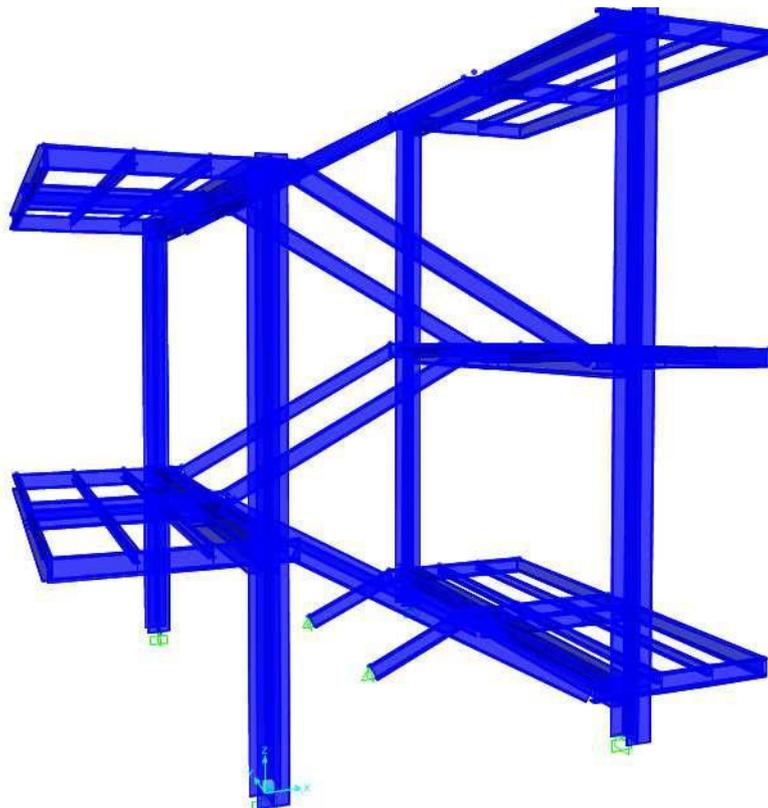


Figura 1 - Modello- Sap2000

| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 8 di 41 |

6. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano nel presente capitolo le azioni considerate nel modello di calcolo per la determinazione delle sollecitazioni agenti.

6.1 CARICHI PERMANENTI

6.1.1 Peso proprio

Agli elementi strutturali è stato attribuito un peso specifico dell'acciaio pari a $78,5 \text{ kN/m}^3$ come previsto dalle vigenti normative; si precisa che al fine di computare masse e pesi dei piatti di irrigidimento dei fazzoletti e delle bullonature si è considerato un moltiplicatore del peso specifico pari a 1,15.

Tale carico viene computato in automatico dal programma di calcolo in funzione della lunghezza delle aste e della sezione assegnata.

6.1.2 Permanenti portati

Grigliati = 0.3 kN/m^2

Parapetti = 0.3 kN/m

6.1.3 Variabili

Accidentale = 5 kN/m^2 ;

6.1.4 Neve

| | | |
|-----------|--------------|-----------------|
| zona | I | |
| as | 471 | m |
| qsk | 1.97 | KN/m^2 |
| c_E | 1 | |
| c_t | 1 | |
| μ | 0.8 | |
| qn | 1.577 | KN/m^2 |

| | | | | | | | |
|---|---|--|-------|----------|-----------|------|---------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 9 di 41 |

6.1.5 Vento

| | | |
|-------------------------|-------|-------------------|
| zona | 1 | |
| T_R | 50 | anni |
| as | 471 | m |
| a0 | 1000 | m |
| vb0 | 25 | m/s |
| a0 | 1000 | m |
| ka | 0.01 | 1/s |
| vb (T_R) | 25.02 | m/s |
| ρ | 1.25 | kg/m ³ |
| q_b | 0.391 | KN/m ² |
| rugosità | D | |
| cat. esposiz. | III | |
| kr | 0.20 | |
| z0 | 0.10 | m |
| z min | 5 | m |
| z | 7 | |
| c_t | 1.00 | |
| $c_e(10m)$ | 1.91 | |
| c_d | 1 | |
| $\phi=S/S_p$ | 1 | |
| c_p | 1.2 | |
| pressione esterna | | |
| $p_e = q_b c_p c_e c_d$ | 0.897 | KN/m ² |

| | | | | | | |
|---|---|---|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 10 di 41 |

6.1.6 Sisma

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

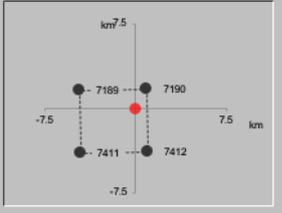
Grafici spettri di risposta

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 nodi
- Interpolazione corretta

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

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="68"/> |
| | $SLD - P_{VR} = 63\%$ | <input type="text" value="113"/> |
| Stati limite ultimi - SLU | $SLV - P_{VR} = 10\%$ | <input type="text" value="1068"/> |
| | $SLC - P_{VR} = 5\%$ | <input type="text" value="2193"/> |

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

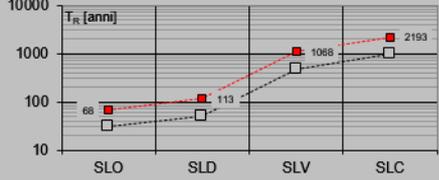
Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

---o--- Strategia per costruzioni ordinarie

---o--- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

| | | | | | | |
|---|--|-------|---|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 11 di 41 |

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** info

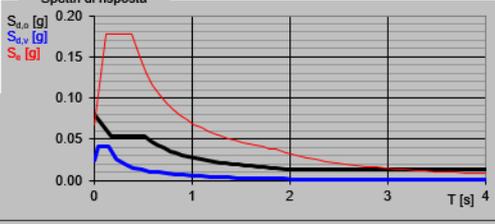
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **B** info $S_B = 1.200$
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 0.000$ (in quota sito, H=altezza rilievo topografico)
 $C_C = 1.326$ info
 $S_T = 1.000$ info

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s : **4** Regol. in altezza: **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q_v : **1.5** $\eta_v = 0.667$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

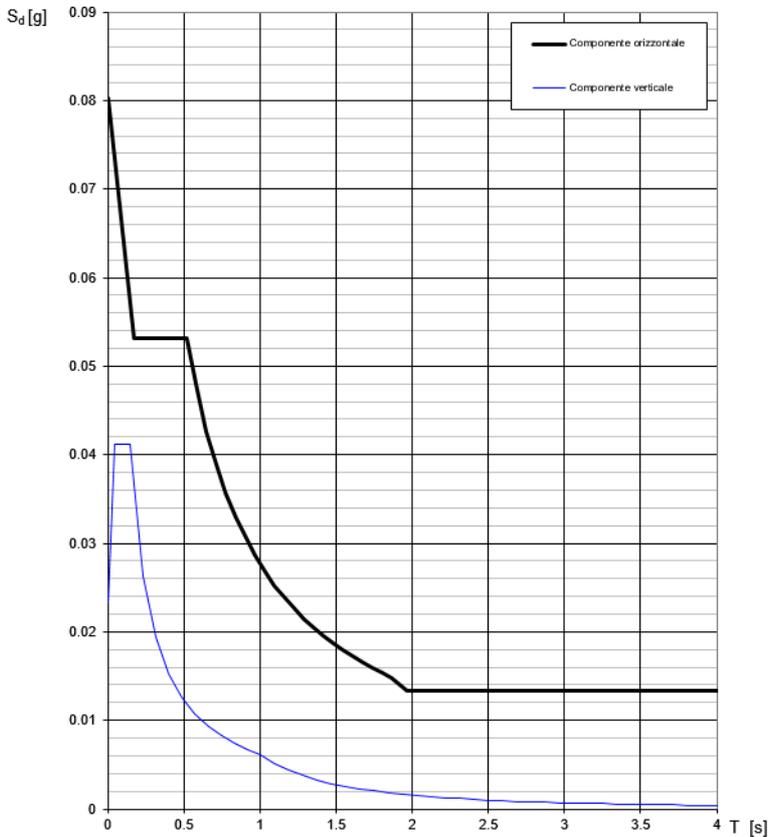
Spettri di risposta



Spettro di progetto - componente orizzontale
 Spettro di progetto - componente verticale
 Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



| | | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|--|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 12 di 41 | |

7. ANALISI MODALE

Si riporta di seguito la rappresentazione grafica dei modi di vibrare traslazionali della struttura in direzione x e y, rispettivamente il secondo e terzo modo. Si riportano, poi, in forma tabellare i periodi propri di vibrare con relativa percentuale di massa partecipante

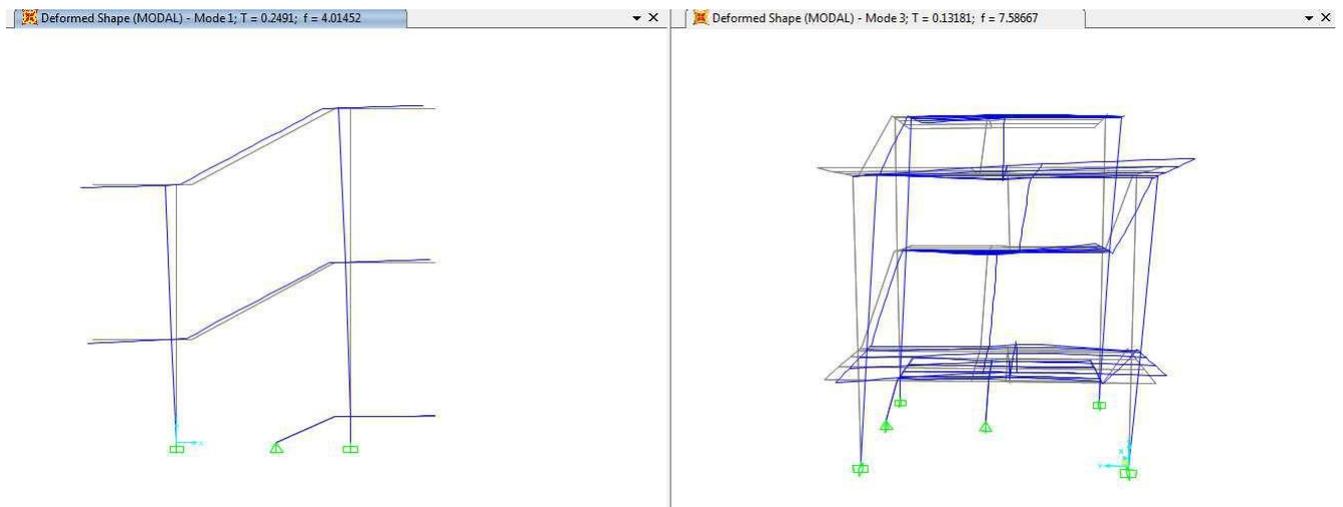


TABLE: Modal Participating Mass Ratios

| OutputCase | StepType | StepNum | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ | SumRX | SumRY | SumRZ |
|------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|-------------|----------|----------|----------|
| Text | Text | Unitless | Sec | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| MODAL | Mode | 1 | 0.2491 | 0.611 | 0.023 | 0.000 | 61% | 2% | 0% | 0.00167 | 0.28196 | 0.02043 | 0% | 28% | 2% |
| MODAL | Mode | 2 | 0.1790 | 0.002 | 0.031 | 0.000 | 61% | 5% | 0% | 0.03937 | 0.00374 | 0.6313 | 4% | 29% | 65% |
| MODAL | Mode | 3 | 0.1318 | 0.026 | 0.597 | 0.001 | 64% | 65% | 0% | 0.14558 | 0.00281 | 0.05181 | 19% | 29% | 70% |
| MODAL | Mode | 4 | 0.1178 | 0.015 | 0.053 | 0.013 | 65% | 70% | 1% | 0.00512 | 0.09927 | 0.00065 | 19% | 39% | 70% |
| MODAL | Mode | 5 | 0.1070 | 0.023 | 0.001 | 0.022 | 68% | 70% | 4% | 0.00081 | 0.03094 | 0.00203 | 19% | 42% | 71% |
| MODAL | Mode | 6 | 0.0990 | 0.003 | 0.000 | 0.019 | 68% | 70% | 5% | 0.00033 | 0.00003086 | 0.000004013 | 19% | 42% | 71% |
| MODAL | Mode | 7 | 0.0927 | 0.019 | 0.000 | 0.027 | 70% | 70% | 8% | 0.00109 | 0.01247 | 0.00043 | 19% | 43% | 71% |
| MODAL | Mode | 8 | 0.0830 | 0.003 | 0.001 | 0.002 | 70% | 71% | 8% | 0.00014 | 0.10909 | 0.00449 | 19% | 54% | 71% |
| MODAL | Mode | 9 | 0.0817 | 0.010 | 0.013 | 0.073 | 71% | 72% | 16% | 0.00001891 | 0.05219 | 0.00557 | 19% | 59% | 72% |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| MODAL | Mode | 88 | 0.0078 | 0.001 | 0.001 | 0.004 | 96% | 99% | 96% | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 95% | 92% | 99% |
| MODAL | Mode | 89 | 0.0074 | 0.002 | 0.000 | 0.002 | 96% | 99% | 96% | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 95% | 92% | 99% |
| MODAL | Mode | 90 | 0.0073 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 96% | 99% | 96% | 0.003 | 0.002 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 91 | 0.0072 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 96% | 99% | 96% | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 92 | 0.0071 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 96% | 99% | 96% | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 93 | 0.0071 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 96% | 99% | 96% | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 94 | 0.0071 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 96% | 99% | 96% | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 95 | 0.0070 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 96% | 99% | 96% | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 96 | 0.0069 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 96% | 99% | 96% | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 97 | 0.0069 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 96% | 99% | 96% | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 98 | 0.0068 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 96% | 99% | 96% | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 99 | 0.0067 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 96% | 99% | 96% | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 95% | 93% | 99% |
| MODAL | Mode | 100 | 0.0066 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 96% | 99% | 96% | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 96% | 93% | 99% |

| | | | | | | | |
|---|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 13 di 41 |

8. COMBINAZIONI DI CARICO

STATO LIMITE ULTIMO

$$F_d = \gamma_{g1} G_1 + \gamma_{g2} G_2 + \gamma_q Q_k$$

STATO LIMITE DI ESERCIZIO (COMB. RARA)

$$F_k = G_1 + G_2 + \psi_{0j} Q_k$$

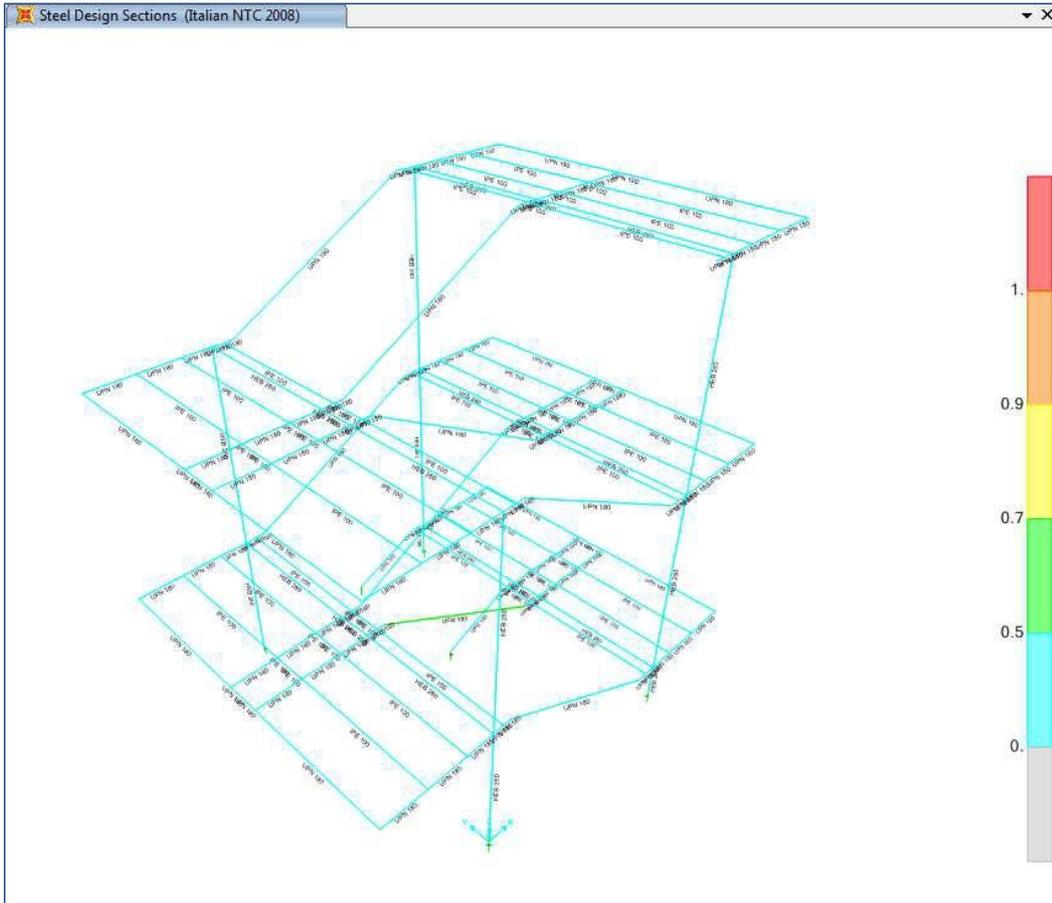
COMBINAZIONE SISMICA

$$F_k = E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1}$$

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 14 di 41 |

9. VERIFICA SLU

Di seguito si riporta la verifica globale a pressoflessione della scala in oggetto e il dettaglio dell'elemento maggiormente sollecitato; la combinazione dimensionante è quella statica allo SLU.



Steel Stress Check Information (Italian NTC 2008)

| | | | |
|-------------|------------------|------------------|---------|
| Frame ID | 55 | Analysis Section | UPN 180 |
| Design Code | Italian NTC 2008 | Design Section | UPN 180 |

| COMBO ID | STATION LOC | ----MOMENT INTERACTION CHECK---- | MAJ-SHR | MIN-SHR |
|----------|-------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | | RATIO = AXL + B-MAJ + B-MIN | RATIO | RATIO |
| ENV_SLU | 2.57 | 0.330 (C) = 0.121 + 0.202 + 0.007 | 0.052 | 0.004 |
| ENV_SLU | 2.57 | 0.398 (C) = 0.203 + 0.190 + 0.006 | 0.050 | 0.004 |
| ENV_SLU | 2.81 | 0.406 (C) = 0.209 + 0.189 + 0.007 | 0.061 | 0.004 |
| ENV_SLU | 2.81 | 0.476 (C) = 0.293 + 0.177 + 0.006 | 0.058 | 0.004 |
| ENV_SLU | 3.04 | 0.483 (C) = 0.299 + 0.176 + 0.008 | 0.069 | 0.004 |
| ENV_SLU | 3.04 | 0.557 (C) = 0.385 + 0.163 + 0.008 | 0.062 | 0.001 |
| ENV_SLU | 3.27 | 0.562 (C) = 0.391 + 0.162 + 0.008 | 0.073 | 0.001 |

Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

| | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---------------------------|----------------|------------------------|----------------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. FOGLIO. A 15 di 41 |

Units : KN, m, C

Frame : 55 X Mid: 1.735 Combo: ENV_SLU Design Type: Brace
Length: 3.273 Y Mid: 2.190 Shape: UPN 180 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 3.273 Z Mid: 1.317 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
An/Ag=1.00 RLLF=1.000 PLLF=0.750 D/C Lim=0.950

Aeff=0.003 eNy=0.000 eNz=0.000
A=0.003 Iyy=1.364E-05 iyy=0.070 Wel,yy=1.516E-04 Weff,yy=1.516E-04
It=0.000 Izz=1.303E-06 izz=0.022 Wel,zz=2.660E-05 Weff,zz=2.660E-05
Iw=0.000 Iyz=0.000 h=0.180 Wpl,yy=1.801E-04 Av,y=0.002
E=210000000.0 fy=275000.000 fu=430000.000 Wpl,zz=4.804E-05 Av,z=0.001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|---------|--------|--------|---------|-------|--------|
| 3.273 | -70.693 | 7.383 | 0.121 | -13.681 | 0.338 | -0.040 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
D/C Ratio: 0.562 = 0.391 + 0.162 + 0.008 < 0.950 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT My, Rk / GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz, Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity |
|-------|--------------|-------------------|-------------------|
| Axial | -70.693 | 734.381 | 734.381 |

| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|--|---------|---------|----------|---------|-------|
| | 734.381 | 868.118 | 1109.647 | 969.245 | 1.000 |

| | Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
|--------------|-------|-------|----------|-----------|-------|-------|-----------|
| Major (y-y) | c | 0.490 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 734.381 |
| MajorB (y-y) | c | 0.490 | 2639.537 | 0.540 | 0.729 | 1.000 | +Infinito |
| Minor (z-z) | c | 0.490 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 180.631 |
| MinorB (z-z) | c | 0.490 | 252.073 | 1.749 | 2.409 | 0.246 | +Infinito |
| Torsional TF | c | 0.490 | 969.245 | 0.892 | 1.067 | 0.605 | +Infinito |

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med,span Moment | Mm,Ed Moment | Meq,Ed Moment |
|-------------|---------------|--------------------|-----------------|------------------|
| Major (y-y) | 7.383 | 7.383 | 7.383 | 7.383 |
| Minor (z-z) | 0.121 | 0.200 | 0.121 | 0.157 |

| | Mc,Rd Capacity | Mv,Rd Capacity | Mn,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Major (y-y) | 47.158 | 47.158 | 47.158 | 33.596 |
| Minor (z-z) | 12.581 | 12.581 | 12.581 | |

| | Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | Psi | Mcr |
|-----|-------|---------|-------------|-------|-------|-------|-------------|
| LTB | d | 0.760 | 0.641 | 0.873 | 0.712 | 2.700 | 120.34 4 |

| | kyy | kzy | kzy | kzz |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| Factors | 0.413 | 0.315 | 0.739 | 0.525 |

| | | | | | | |
|--|---|--|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | | | | |
| Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 16 di 41 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Vc,Rd Force | Stress Ratio | Status Check | Ted Torsion |
|-----------|--------------|----------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Major (z) | 13.948 | 191.130 | 0.073 | OK | 0.038 |
| Minor (y) | 0.338 | 232.865 | 0.001 | OK | 0.038 |
| | Vpl,Rd | Eta | LambdaBarW | Mb,Rd Capacity | |
| Reduction | 191.130 | 1.000 | 0.243 | 33.596 | |

| | | | | | | |
|---|--|-------|--------------------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 17 di 41 |

9.1 VERIFICA TRAVI

Si riportano di seguito sollecitazioni e verifiche delle travi principali HEB260:

N max = 87 KN

M max = 36 kNm

T max = 48 kN

| Stabilità delle aste compresse | | | |
|--|-----------|-----------------|----------------------------------|
| E = | 210000 | MPa | modulo elastico |
| | 1 | | classe della sezione |
| N _{ed} = | 87 | kN | sollecitazione agente |
| f _{yk} = | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| A = | 11350 | mm ² | area della sezione |
| L = | 4880 | mm | lunghezza dell'asta |
| J = | 143500000 | mm ⁴ | inerzia della sezione |
| γ _{m1} = | 1.05 | - | coeff. SLU |
| A _{eff} = | 11350 | mm ² | area efficace della sezione |
| χ = | 0.88 | OK | dip da sezione e tipo di acciaio |
| φ = | 0.68 | | |
| α = | 0.34 | TAB 4.2.VI | fattore di imperfezione |
| λ = | 0.50 | | snellezza adimensionale |
| β = | 1.00 | | riduz lugh libera d'inflessione |
| L ₀ = | 4880 | mm | lunghezza libera d'inflessione |
| N _{cr} = | 12489104 | N | carico critico euleriano |
| ν = | 0.20 | | coeff di Poisson |
| si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse | | | |
| N _{b,Rd} = | 2628.5 | kN | |
| N _{b,Rd} ≥ N _{ed} ✓ verifica soddisfatta | | | |

| Stabilità delle travi inflesse | | | |
|--------------------------------|----------|-----------------|--------------------------------------|
| E = | 210000 | MPa | modulo elastico |
| | 1 | | classe della sezione |
| M _{ed} = | 36 | kNm | massimo momento flettente di calcolo |
| f _{yk} = | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| γ _{m1} = | 1.05 | | coeff. SLU |
| f _{yd} = | 262 | MPa | resistenza di progetto |
| W _y = | 1229938 | mm ³ | modulo res |
| χ _{LT} = | 1.00 | | dip da sezione e tipo di acciaio |
| f = | 0.96 | | |
| φ = | 0.49 | | |
| β = | 0.75 | min 0.75 | riduz lugh libera d'inflessione |
| λ _{LT} = | 0.24 | | snellezza adimensionale |
| kc = | 0.77 | TAB 4.2.VIII | |
| M _{cr} = | 5.97E+09 | Nmm | mom critico el di instab torsionale |
| λ _{LT,0} = | 0.4 | max 0.4 | |
| α = | 0.34 | TAB 4.2.VI | fattore di imperfezione |

| | | | |
|--|--------|-----|--------------------|
| M _{b,Rd} = | 322.13 | kNm | momento resistente |
| M _{b,Rd} ≥ M _{ed} ✓ verifica soddisfatta | | | |

| taglio | | | |
|--|-------|-----------------|--------------------------|
| V _{Ed} = | 48 | kN | sollecitazione agente |
| f _{yk} = | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| f _k = | 430 | MPa | resistenza di calcolo |
| γ _{m0} = | 1.05 | - | coeff. SLU |
| γ _{m2} = | 1.25 | - | coeff. SLU |
| f _{yd} = | 262 | MPa | resistenza di progetto |
| A _v = | 2460 | mm ² | area resistente a taglio |
| V _{c,Rd} = | 372.0 | kN | res di calcolo a taglio |
| V _{Ed} / V _{c,Rd} ≤ 1 ✓ verifica soddisfatta | | | |

| taglio + torsione | | | |
|--|-----|-----|---|
| τ _{LT,Ed} = | 6 | MPa | tensione tangenziale max dovuta a torsione uniforme |
| V _{c,Rd,red} = | 366 | kN | res di calcolo a taglio per sez a doppio T o ad H |
| V _{Ed} / V _{c,Rd,red} ≤ 1 ✓ verifica soddisfatta | | | |
| V _{c,Rd,red} = | 357 | kN | res di calcolo a taglio per sez CAVE |
| V _{Ed} / V _{c,Rd,red} ≤ 1 ✓ verifica soddisfatta | | | |

| VERIFICA IN TERMINI TENSIONALI | | | |
|---|---|-----|--|
| τ _{Ed} = | 6 | MPa | tensione tangenziale in campo el lineare |
| τ _{Ed} / f _{yk} * √3 * γ _{m0} ≤ 1 ✓ verifica soddisfatta | | | |

| | | | | | | |
|---|--|-------|--------------------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 18 di 41 |

9.2 VERIFICA COLONNE

Si riportano di seguito sollecitazioni e verifiche delle colonne HEB260:

N max = 254 KN

M max = 38 kNm

T max = 25 kN

| Stabilità delle aste compresse | | | |
|--|-----------|-----------------|----------------------------------|
| E = | 210000 | MPa | modulo elastico |
| η | 1 | | classe della sezione |
| N_{ed} | 254 | kN | sollecitazione agente |
| f_{yk} | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| A = | 11350 | mm ² | area della sezione |
| L = | 3130 | mm | lunghezza dell'asta |
| J = | 143500000 | mm ⁴ | inerzia della sezione |
| γ_{m1} | 1.05 | - | coeff. SLU |
| A _{eff} | 11350 | mm ² | area efficace della sezione |
| χ | 0.96 | OK | dip da sezione e tipo di acciaio |
| ϕ | 0.57 | | |
| α | 0.34 | TAB 4.2.VI | fattore di imperfezione |
| λ | 0.32 | | snellezza adimensionale |
| β | 1.00 | | riduz lugh libera d'inflexione |
| L ₀ | 3130 | mm | lunghezza libera d'inflexione |
| N _{cr} | 30358637 | N | carico critico euleriano |
| ν | 0.20 | | coeff di Poisson |
| si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse | | | |
| N _{b,Rd} | 2843.3 | kN | |
| $N_{b,Rd} \geq N_{ed}$ ✓ verifica soddisfatta | | | |

| taglio | | | |
|---|-------|-----------------|--------------------------|
| V _{ed} | 25 | kN | sollecitazione agente |
| f_{yk} | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| f_{tk} | 430 | MPa | resistenza di calcolo |
| γ_{m0} | 1.05 | - | coeff. SLU |
| γ_{m2} | 1.25 | - | coeff. SLU |
| f_{td} | 262 | MPa | resistenza di progetto |
| AV | 2460 | mm ² | area resistente a taglio |
| V _{c,Rd} | 372.0 | kN | res di calcolo a taglio |
| $V_{ed} / V_{c,Rd} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta | | | |

| Stabilità delle travi inflesse | | | |
|---|----------|-----------------|--------------------------------------|
| E = | 210000 | MPa | modulo elastico |
| η | 1 | | classe della sezione |
| M _{ed} | 38 | kNm | massimo momento flettente di calcolo |
| f_{yk} | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| γ_{m1} | 1.05 | | coeff. SLU |
| f_{yd} | 262 | MPa | resistenza di progetto |
| W _y | 1229938 | mm ³ | modulo res |
| χ_{LT} | 1.00 | | dip da sezione e tipo di acciaio |
| f | 0.96 | | |
| ϕ | 0.50 | | |
| β | 1.00 | min 0.75 | riduz lugh libera d'inflexione |
| λ_{LT} | 0.25 | | snellezza adimensionale |
| kc | 0.77 | TAB 4.2.VIII | |
| M _{cr} | 5.63E+09 | Nmm | mom critico el di instab torsionale |
| $\lambda_{LT,0}$ | 0.4 | max 0.4 | |
| α | 0.34 | TAB 4.2.VI | fattore di imperfezione |
| M _{b,Rd} | 322.13 | kNm | momento resistente |
| $M_{b,Rd} \geq M_{ed}$ ✓ verifica soddisfatta | | | |

| taglio + torsione | | | |
|---|-----|-----|---|
| $\tau_{t,ed}$ | 4 | MPa | tensione tangenziale max dovuta a torsione uniforme |
| V _{c,Rd,red} | 368 | kN | res di calcolo a taglio per sez a doppioT o ad H |
| $V_{ed} / V_{c,Rd,red} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta | | | |
| V _{c,Rd,red} | 362 | kN | res di calcolo a taglio per sez CAVE |
| $V_{ed} / V_{c,Rd,red} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta | | | |
| VERIFICA IN TERMINI TENSIONALI | | | |
| τ_{ed} | 6 | MPa | tensione tangenziale in campo el lineare |
| $\tau_{ed} / f_{yk} \sqrt{3} \gamma_{m0} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta | | | |

| | | | | | | |
|---|--|-------|--|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 19 di 41 |

9.3 VERIFICA COSCIALI

Si riportano di seguito sollecitazioni e verifiche dei cosciali UPN180:

N max = 58 KN

M max = 8 kNm

T max = 20 kN

| Stabilità delle aste compresse | | |
|--|----------|---------------------------------|
| E = | 210000 | MPa |
| | 1 | classe della sezione |
| N _{Ed} = | 58 | kN |
| f _{yk} = | 275 | MPa |
| A = | 2804 | mm ² |
| L = | 4880 | mm |
| J = | 13641055 | mm ⁴ |
| γ _{m1} = | 1.05 | - |
| A _{eff} = | 2804 | mm ² |
| χ = | 0.66 | OK |
| φ = | 0.97 | |
| α = | 0.49 | TAB 4.2.VI |
| λ = | 0.81 | snellezza adimensionale |
| β = | 1.00 | riduz lugh libera d'inflessione |
| L ₀ = | 4880 | mm |
| N _{cr} = | 1187209 | N |
| ν = | 0.20 | coeff di Poisson |
| non si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse | | |
| N _{b,Rd} = | 483.5 | kN |
| N _{b,Rd} ≥ N _{Ed} ✓ verifica soddisfatta | | |

| Stabilità delle travi inflesse | | |
|--|----------|----------------------------------|
| E = | 210000 | MPa |
| | 1 | classe della sezione |
| M _{Ed} = | 8 | kNm |
| f _{yk} = | 275 | MPa |
| γ _m = | 1.05 | coeff. SLU |
| f _{yd} = | 262 | MPa |
| W _y = | 151567 | mm ³ |
| χ _{LT} = | 0.72 | dip da sezione e tipo di acciaio |
| f = | 0.91 | |
| φ = | 0.98 | |
| β = | 1.00 | min 0.75 |
| λ _{LT} = | 0.81 | snellezza adimensionale |
| k _c = | 0.82 | TAB 4.2.VIII |
| M _{cr} = | 6.32E+07 | Nmm |
| λ _{LT,0} = | 0.2 | max 0.4 |
| α = | 0.49 | TAB 4.2.VI |
| M _{b,Rd} = | 28.56 | kNm |
| M _{b,Rd} ≥ M _{Ed} ✓ verifica soddisfatta | | |

| taglio | | |
|--|-------|-----------------|
| V _{Ed} = | 20 | kN |
| f _{yk} = | 275 | MPa |
| f _{yk} = | 430 | MPa |
| γ _{m0} = | 1.05 | - |
| γ _{m2} = | 1.25 | - |
| f _{yd} = | 262 | MPa |
| A _v = | 1363 | mm ² |
| V _{c,Rd} = | 206.1 | kN |
| V _{Ed} / V _{c,Rd} ≤ 1 ✓ verifica soddisfatta | | |

| | | | | | | |
|---|--|---------------------------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 20 di 41 |

9.4 VERIFICA ELEMENTI SECONDARI

I profili UPN180 dei pianerottoli presentano le seguenti sollecitazioni massime:

$N_{max} = 118 \text{ KN}$

$M_{max} = 12 \text{ kNm}$

$T_{max} = 24 \text{ kN}$

| Stabilità delle aste compresse | | | |
|--|----------|-----------------|----------------------------------|
| E = | 210000 | MPa | modulo elastico |
| | 1 | | classe della sezione |
| $N_{ed} =$ | 118 | kN | sollecitazione agente |
| $f_{yk} =$ | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| A = | 2804 | mm ² | area della sezione |
| L = | 4880 | mm | lunghezza dell'asta |
| J = | 13641055 | mm ⁴ | inerzia della sezione |
| $Y_{m1} =$ | 1.05 | - | coeff. SLU |
| A _{eff} = | 2804 | mm ² | area efficace della sezione |
| $\chi =$ | 0.66 | OK | dip da sezione e tipo di acciaio |
| $\phi =$ | 0.97 | | |
| $\alpha =$ | 0.49 | TAB 4.2.VI | fattore di imperfezione |
| $\lambda =$ | 0.81 | | snellezza adimensionale |
| $\beta =$ | 1.00 | | riduz lugh libera d'inflexione |
| $L_0 =$ | 4880 | mm | lunghezza libera d'inflexione |
| $N_{cr} =$ | 1187209 | N | carico critico euleriano |
| $\nu =$ | 0.20 | | coeff di Poisson |
| non si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse | | | |
| $N_{D,Rd} =$ | 483.5 | kN | |
| $N_{D,Rd} \geq N_{ed}$ | | | ✓ verifica soddisfatta |

| taglio | | | |
|----------------------------|-------|-----------------|--------------------------|
| $V_{Ed} =$ | 24 | kN | sollecitazione agente |
| $f_{yk} =$ | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| $f_{tk} =$ | 430 | MPa | resistenza di calcolo |
| $Y_{m0} =$ | 1.05 | | coeff. SLU |
| $Y_{m1} =$ | 1.25 | | coeff. SLU |
| $f_{yd} =$ | 262 | MPa | resistenza di progetto |
| A _v = | 1363 | mm ² | area resistente a taglio |
| $V_{c,Rd} =$ | 206.1 | kN | res di calcolo a taglio |
| $V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$ | | | ✓ verifica soddisfatta |

| Stabilità delle travi inflesse | | | |
|--------------------------------|----------|-----------------|--------------------------------------|
| E = | 210000 | MPa | modulo elastico |
| | 1 | | classe della sezione |
| $M_{ed} =$ | 12 | kNm | massimo momento flettente di calcolo |
| $f_{yk} =$ | 275 | MPa | resistenza di calcolo |
| $Y_{m1} =$ | 1.05 | | coeff. SLU |
| $f_{yd} =$ | 262 | MPa | resistenza di progetto |
| $W_y =$ | 151567 | mm ³ | modulo res |
| $\chi_{LT} =$ | 0.72 | | dip da sezione e tipo di acciaio |
| f = | 0.91 | | |
| $\phi =$ | 0.98 | | |
| $\beta =$ | 1.00 | min 0.75 | riduz lugh libera d'inflexione |
| $\lambda_{LT} =$ | 0.81 | | snellezza adimensionale |
| kc = | 0.82 | TAB 4.2.VIII | |
| $M_{cr} =$ | 6.32E+07 | Nmm | mom critico el di instab torsionale |
| $\lambda_{LT,0} =$ | 0.2 | max 0.4 | |
| $\alpha =$ | 0.49 | TAB 4.2.VI | fattore di imperfezione |
| $M_{D,Rd} =$ | 28.55 | kNm | momento resistente |
| $M_{D,Rd} \geq M_{ed}$ | | | ✓ verifica soddisfatta |

| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 21 di 41 |

9.5 VERIFICA PARAPETTI

- Verifica montante

$$F = 3 \text{ kN/m}$$

$$H = 1 \text{ m (asse bullone centrale)}$$

$$\text{interasse massimo montanti} = 0.58 \text{ m}$$

$$M_d (F \times 1,5 \times 0,58) = 2.6 \text{ kN m}$$

Caratteristiche geometriche sezione resistente montante:

$$\text{Diametro esterno} = 6 \text{ cm}$$

$$\text{Spessore} = 0.5 \text{ cm}$$

$$f_{yd} (M/W) = 236 \text{ MPa} < f_{yk}$$

- Verifica saldatura

$$M = 2.6 \text{ kNm}$$

$$\text{altezza di gola saldatura} = 0.5 \text{ cm}$$

$$\text{Lunghezza saldatura} = 16 \text{ cm}$$

Area saldatura:

$$J \text{ saldatura} = 144 \text{ cm}^4$$

$$W \text{ saldatura} = 43 \text{ cm}^3$$

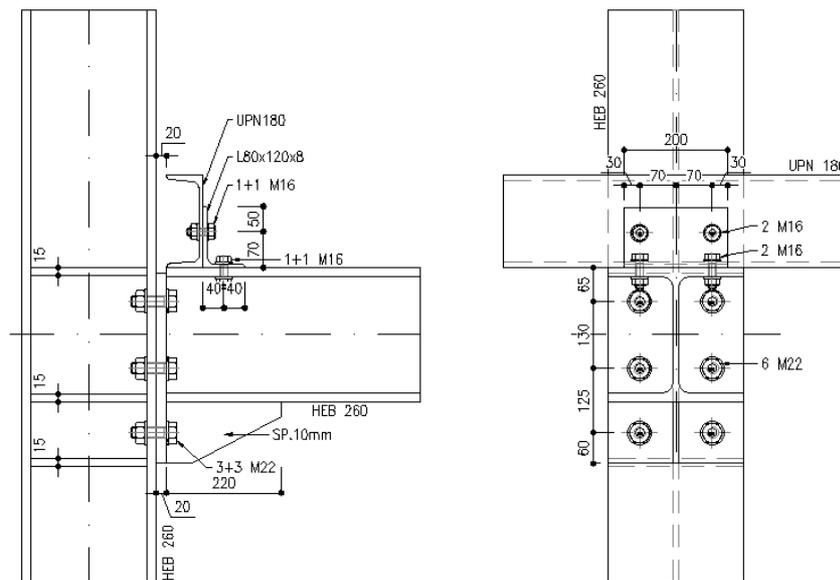
$$\sigma = 58.8 \text{ MPa}$$

| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 22 di 41 |

9.6 VERIFICA GIUNTI

9.6.1 Nodo trave-pilastro

La connessione trave-pilastro viene realizzata mediante un giunto bullonato di tipo flangiato composto da 6 bulloni M22. La geometria della bullonatura risulta la seguente.



Le sollecitazioni con cui si dimensiona il giunto bullonato sono le massime con cui viene sollecitata la trave.

$N_{max} = 87 \text{ KN}$

$M_{max} = 36 \text{ kNm}$

$T_{max} = 48 \text{ kN}$

Il momento flettente e lo sforzo normale provenienti dalla trave generano uno stato di sollecitazione assiale sui sei bulloni, variabile in funzione dell'altezza del bullone all'interno della bullonatura stessa.

Il calcolo della forza assiale sul singolo bullone viene eseguito con il seguente foglio di calcolo opportunamente redatto.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---------------------------|------|----------|---|----------|-------|----------|-----------|------|---------|------|-------|----|-----------|---|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | | | | | <table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO.</td> </tr> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0000014</td> <td>A</td> <td>23 di 41</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 23 di 41 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | | | | | | | | | | | | | |
| IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 23 di 41 | | | | | | | | | | | | | |

FORCES ACTING ON THE BOLTED CONNECTION

| | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| F _x | F _y | F _z | M _x | M _y | M _z |
| kN | kN | kN | kNm | kNm | kNm |
| 0 | 48 | 87 | 36 | 0 | 0 |

MAXIMUM BOLT FORCES

| | |
|-----------------|----------------|
| R _{xy} | R _z |
| kN | kN |
| 8.0 | 74.0 |

BOLT GEOMETRY AND SINGLE BOLT EFFORT

| Bolts | X _{Bi} | Y _{Bi} | R _x | R _y | R _{xy} | R _z | |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|------|
| | | | kN | kN | kN | kN | |
| B ₁ | 60 | 60 | => | 0.0 | 8.0 | 8.0 | 32.4 |
| B ₂ | 200 | 60 | => | 0.0 | 8.0 | 8.0 | 32.4 |
| B ₃ | 60 | 130 | => | 0.0 | 8.0 | 8.0 | 53.2 |
| B ₄ | 200 | 130 | => | 0.0 | 8.0 | 8.0 | 53.2 |
| B ₅ | 60 | 200 | => | 0.0 | 8.0 | 8.0 | 74.0 |
| B ₆ | 200 | 200 | => | 0.0 | 8.0 | 8.0 | 74.0 |
| B ₇ | | | => | - | - | - | - |
| B ₈ | | | => | - | - | - | - |
| B ₉ | | | => | - | - | - | - |
| B ₁₀ | | | => | - | - | - | - |

Number fo bolt

n_b 6 number of bolt

Centroid position of bolts

| | | | |
|----------------------|----------------|--|-------------------|
| X _G | Y _G | | |
| mm | mm | | |
| G _b 130.0 | 130.0 | G _b = (x _G ;y _G) = (Σx _{Bi} /n _b ;Σy _{Bi} /n _b) | centroid position |

Bolts inertial moment

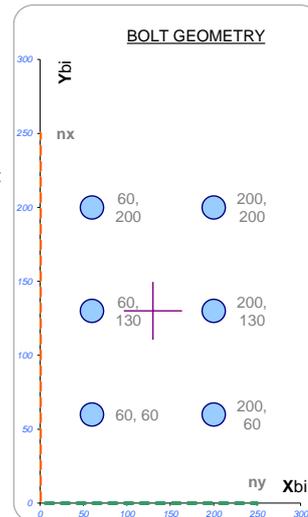
| | | | | |
|----------------|--------|-----------------|--|-----------------------|
| J _p | 49000 | mm ² | J _p = Σ [(x _G -x _{Bi}) ² +(y _G -y _{Bi}) ²] | Polar inertial moment |
| J _x | 121000 | mm ² | J _x = Σ (y _{Bi} -n _y) ² | Inertial moment x |
| J _y | 130800 | mm ² | J _y = Σ (x _{Bi} -n _x) ² | Inertial moment y |

Lever axis positions for efforts Mx,My

| | | | | |
|-----------|---|-----|----|---------------------------|
| nx | 0 | -30 | mm | compressed flap axis // y |
| | 0 | 250 | | (point for chart) |
| ny | 0 | -30 | mm | asse lembo compresso // x |
| | 0 | 250 | | (point for chart) |

Bolt efforts R_x,R_y,R_z

R_{xi} = F_x/n_b + M_z/J_p |(y_G-y_{Bi})| bolt force in direction x
R_{yi} = F_y/n_b + M_z/J_p |(x_G-x_{Bi})| bolt force in direction y
R_{xy} = (R_x²+R_y²)^{1/2} bolt force on the xy plane
R_z = F_z/n_b + M_x/J_x (y_{Bi}-n_y) +M_y/J_y (x_{Bi}-n_x) bolt force in direction z



La verifica viene condotta in accordo a quanto prescritto dal §6.2.3 dell'Eurocodice 3 eed è eseguita mediante un foglio di calcolo opportunamente redatto.

| | | | | | | |
|--|---|--|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 24 di 41 |

T-STUB CHECK - EC3

Material (EN10025-2)

Material: **S275**
 $f_y = 275$ MPa (thk ≤ 40 mm)
 $f_u = 430$ MPa (thk ≤ 40 mm)

Class of bolt

Class of bolt: **8.8**
 $f_{yb} = 640$ MPa
 $f_{ub} = 800$ MPa

Partial factors

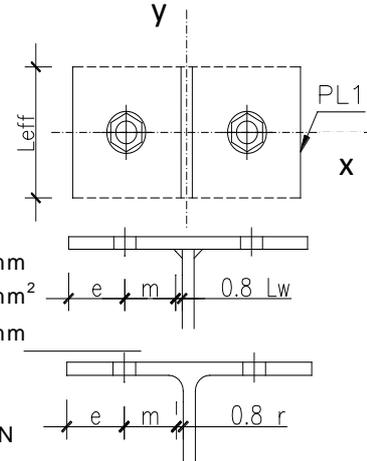
$\gamma_{M0} = 1.00$
 $\gamma_{M2} = 1.25$
 $\gamma_{M3} = 1.25$

Bolts

Diameter (M) $d_b = 22$ mm
Net area $A_s = 303$ mm²
Hole diameter $d_0 = 24$ mm

Bolts design resistances

slip factor $\mu = 0.40$
slip resistance $F_{s,Rd} = k \mu (A_s \cdot 0.7 f_{ub} - 0.8 F_{t,Sd}) / \gamma_{M3} = 35.4$ kN
tension resistance $F_{t,Rd} = (0.9 f_{yb} A_s) / \gamma_{M2} = 174.5$ kN
shear resistance $F_{v,Rd} = (a_v f_{ub} A_s) / \gamma_{M2} = 116.4$ kN



T-element geometry

Effective length $L_{eff} = 125$ mm
Reduced bolt distance $m = 46$ mm
Minimum bolt distance $e = 60$ mm
Bolt distance from the edge $n = 57.3$ mm
Plate thickness Pos. PL1 $t1 = 18$ mm

ULS design efforts on two bolts of T-element

Tension force $F_{Z2,Ed} = 2x R_z = 148$ kN
Shear force $F_{xy2,Ed} = 2x R_{xy} = 16$ kN

Check resistance of equivalent T-element related to two bolts

Resistance plastic moment of the T-element $M_{pl,Rd} = 2631836$ Nmm
Complete yielding of the flange $F_{t,Rd1} = 229.9$ kN
Bolt failure with yielding of the flange $F_{t,Rd2} = 245.0$ kN
Bolt failure $F_{t,Rd3} = 349.1$ kN
Design resistance of equivalent T-element $F_{t,Rd} = 229.9$ kN
Check $F_{iSd} = F_{Z2,Ed} \leq F_{iRd} = 148.0 \text{ kN} \leq 229.9 \cdot 0.64$ **OK**

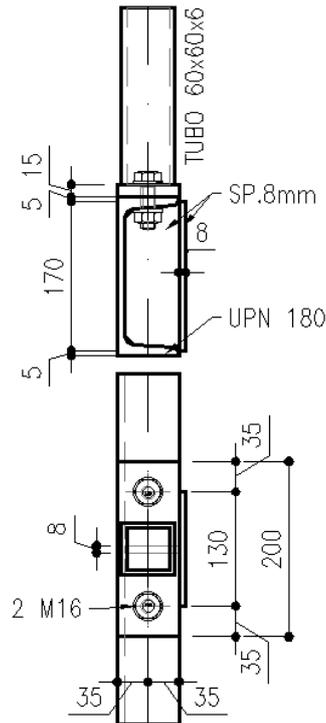
Bolts check

connection type **SLIP**
shear planes $n_T = 1$
tension on single bolt $F_{t,Sd} = F_{Z2,Ed} / 2 = 74.0$ kN
shear on single bolt $F_{v,Sd} = F_{xy2,Ed} / 2 = 8.0$ kN
check of shear and tension combination $[(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}))] = 0.37 \leq 1.00 \cdot 0.37$ **N.A.**
check of slip and tension combination $F_{s,Ed} = 8.0 \leq 35.4 \cdot 0.23$ **OK**

| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 25 di 41 |

9.6.2 Nodo di attacco montante parapetto

Il montante del parapetto è connesso al cosciale o al profilo di bordo (in entrambi i casi costituito da un UPN 180) attraverso un giunto bullonato di tipo flangiato avente la seguente geometria.



La forza orizzontale applicata a 1.20 m dal piano di calpestio delle scale è pari a 3.0 kN e pertanto il momento flettente è pari a 3.6 kNm.

La forza risultante applicata ai bulloni viene calcolata con il seguente foglio di calcolo.

| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 26 di 41 |

FORCES ACTING ON THE BOLTED CONNECTION

| Fx kN | Fy kN | Fz kN | Mx kNm | My kNm | Mz kNm |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 3.6 | 0 | 0 |

MAXIMUM BOLT FORCES

| Rxy kN | Rz kN |
|-----------|----------|
| 0.0 | 51.4 |

BOLT GEOMETRY AND SINGLE BOLT EFFORT

| Bolts | x_{Bi} | y_{Bi} | | Rx kN | Ry kN | Rxy kN | Rz kN |
|-----------------|----------|----------|----|----------|----------|-----------|----------|
| B ₁ | 35 | 35 | => | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 51.4 |
| B ₂ | 165 | 35 | => | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 51.4 |
| B ₃ | | | => | - | - | - | - |
| B ₄ | | | => | - | - | - | - |
| B ₅ | | | => | - | - | - | - |
| B ₆ | | | => | - | - | - | - |
| B ₇ | | | => | - | - | - | - |
| B ₈ | | | => | - | - | - | - |
| B ₉ | | | => | - | - | - | - |
| B ₁₀ | | | => | - | - | - | - |

Number fo bolt

n_b 2 number of bolt

Centroid position of bolts

| | x_G mm | y_G mm | | |
|-------|-------------|-------------|---|-------------------|
| G_b | 100.0 | 35.0 | $G_b = (x_G; y_G) = (\sum x_{Bi}/n_b; \sum y_{Bi}/n_b)$ | centroid position |

Bolts inertial moment

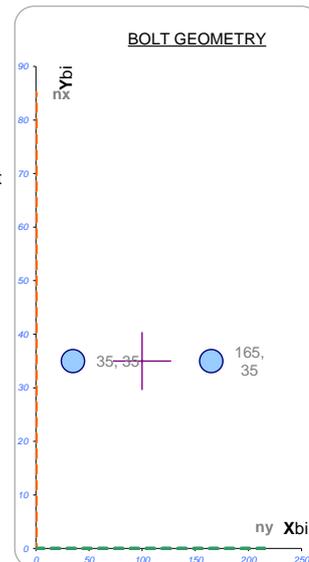
| | | mm^2 | | |
|-------|-------|--------|--|-----------------------|
| J_p | 8450 | mm^2 | $J_p = \sum [(x_G - x_{Bi})^2 + (y_G - y_{Bi})^2]$ | Polar inertial moment |
| J_x | 2450 | mm^2 | $J_x = \sum (y_{Bi} - n_y)^2$ | Inertial moment x |
| J_y | 28450 | mm^2 | $J_y = \sum (x_{Bi} - n_x)^2$ | Inertial moment y |

Lever axis positions for efforts Mx, My

| n_x | 0 | -30 | mm | compressed flap axis // y (point for chart) |
|-------|---|-----|----|--|
| | | 85 | | |
| n_y | 0 | -30 | mm | asse lembo compresso // x (point for chart) |
| | | 215 | | |

Bolt efforts Rx, Ry, Rz

$R_{xi} = F_x/n_b + M_z/J_p |(y_G - y_{Bi})|$ bolt force in direction x
 $R_{yi} = F_y/n_b + M_z/J_p |(x_G - x_{Bi})|$ bolt force in direction y
 $R_{xy} = (R_x^2 + R_y^2)^{1/2}$ bolt force on the xy plane
 $R_z = F_z/n_b + M_x/J_x (y_{Bi} - n_y) + M_y/J_y (x_{Bi} - n_x)$ bolt force in direction z



La verifica viene condotta in accordo a quanto prescritto dal §6.2.3 dell'Eurocodice 3 eed è eseguita mediante un folgio di calcolo opportunamente redatto.

| | | | | | | |
|---|--|---------------------------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 27 di 41 |

B CHECK - EC3

Material (EN10025-2)

S275
 $f_y = 275 \text{ MPa}$ (thk $\leq 40\text{mm}$)
 $f_u = 430 \text{ MPa}$ (thk $\leq 40\text{mm}$)

Class of bolt

8.8
 $f_{yb} = 640 \text{ MPa}$
 $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

Partial factors

$\gamma_{M0} = 1.05$
 $\gamma_{M2} = 1.25$
 $\gamma_{M3} = 1.25$

Bolts

Diameter (M) $d_b = 16 \text{ mm}$
Net area $A_s = 157 \text{ mm}^2$
Hole diameter $d_o = 18 \text{ mm}$

Bolts design resistances

slip factor $\mu = 0.40$
slip resistance $F_{s,Rd} = k \mu (A_s \cdot 0.7 f_{ub} - 0.8 F_{t,Sd}) / \gamma_{M3} = 15.0 \text{ kN}$
tension resistance $F_{t,Rd} = (0.9 f_{ub} A_s) / \gamma_{M2} = 90.4 \text{ kN}$
shear resistance $F_{v,Rd} = (a_v f_{ub} A_s) / \gamma_{M2} = 60.3 \text{ kN}$

T-element geometry

Effective length $l_{eff} = 70 \text{ mm}$
Reduced bolt distance $m = 30 \text{ mm}$
Minimum bolt distance $e = 35 \text{ mm}$
Bolt distance from the edge $n = 35.0 \text{ mm}$
Plate thickness Pos. PL1 $t_1 = 15 \text{ mm}$

ULS design efforts on two bolts of T-element

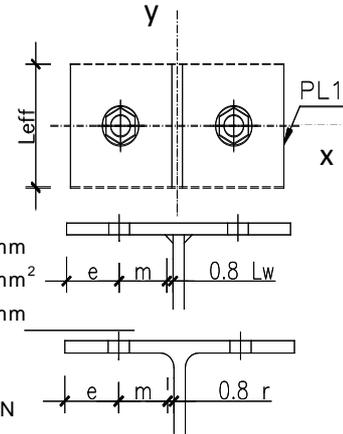
Tension force $F_{Z2,Ed} = 2x R_z = 103 \text{ kN}$
Shear force $F_{xy2,Ed} = 2x R_{xy} = 3 \text{ kN}$

Check resistance of equivalent T-element related to two bolts

Resistance plastic moment of the T-element $M_{pl,Rd} = 1031250 \text{ Nmm}$
Complete yielding of the flange $F_{t,Rd1} = 137.5 \text{ kN}$
Bolt failure with yielding of the flange $F_{t,Rd2} = 129.1 \text{ kN}$
Bolt failure $F_{t,Rd3} = 180.9 \text{ kN}$
Design resistance of equivalent T-element $F_{t,Rd} = 129.1 \text{ kN}$
Check $F_{tSd} = F_{Z2,Ed} \leq F_{tRd} \quad 102.8 \text{ kN} \leq 129.1 \quad 0.80 \quad \text{OK}$

Bolts check

connection type **SLIP**
shear planes $n_T = 1$
tension on single bolt $F_{t,Sd} = F_{Z2,Ed} / 2 = 51.4 \text{ kN}$
shear on single bolt $F_{v,Sd} = F_{xy2,Ed} / 2 = 1.5 \text{ kN}$
check of shear and tension combination $[(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}))] = 0.43 \leq 1.00 \quad 0.43 \quad \text{N.A.}$
check of slip and tension combination $F_{s,Ed} = 1.5 \leq 15.0 \quad 0.10 \quad \text{OK}$



| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 28 di 41 |

9.6.3 Nodi di attacco IPE100 – cosciale UPN180

I profili IPE100 hanno la funzione di elementi secondari atti a riportare la sollecitazione dal piano di calpestio ai profili UPN180 che fungono da cosciali o da travi rompitratta. Il profilo IPE100 avente lunghezza maggiore ha lunghezza di calcolo di 2.0metri. Lo schema statico del profilo è di semplice appoggio sui cosciali o sui rompitratta; a favore di sicurezza si assume interasse delle travi pari a 0.64 metri.

Il carico distribuito allo SLU gravante sul profilo è:

$$q_{SLU} = 1.3 G_1 + 1.5 G_2 + 1.5 (Q_{Acc} + 0.5 Q_{neve}) = 5.95 \frac{kN}{m}$$

Il taglio sull'appoggio e la conseguente reazione vincolare è;

$$V_{app} = R = \frac{ql}{2} = 5.95 kN$$

Il taglio all'appoggio viene trasmesso attraverso un giunto che, attraverso due spezzoni di angolare 60x6 connette e mediante quattro bulloni M12 aventi una singola o due superfici di taglio l'anima del profilo IPE100 all'UPN180. La verifica dei due bulloni a singola superficie di taglio che connettono gli angolari al profilo UPN viene eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto e risulta:

| VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018 | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|-----------|----------------------|----------|----------------------------------|----------|
| MATERIALI | | GEOMETRIA | | VERIFICA | | |
| PROFILATI | S275 | VITE | M12 | Fv,Ed = | 2.975 kN | |
| f _{yk} = | 275 MPa | d= | 12 mm | Ft,Ed = | kN | |
| f _{tk} = | 430 MPa | do = | 13 mm | Pos. N | BORDO dir. ortogonale alla forza | |
| BULLONI | CLASSE 8.8 | A = | 113 mm | Pos. P | BORDO dir. parallela alla forza | |
| f _{yb} = | 640 MPa | Ares = | 84.3 mm ² | γM2 = | 1.25 | VERIFICA |
| f _{tb} = | 800 MPa | t = | 6 mm | Fv,Rd = | 32.37 kN | ✓ |
| n° sezioni | 1 | e1 = | 35 mm | Fb,Rd = | 55.57 kN | ✓ |
| t piastra base | 6 mm | e2 = | 40 mm | Ft,Rd = | 48.56 kN | ✓ |
| k = | 2.5000 | p1 = | 60 mm | Bp,Rd = | 70.03 kN | ✓ |
| α = | 0.8974 | p2 = | 74 mm | comb. | 0.092 < 1 | ✓ |
| piano di taglio su filetto | si | | - | | | |

La verifica è soddisfatta.

La verifica dei due bulloni a doppia superficie di taglio che connettono il profilo IPE100 ai due angolari viene eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto. Il taglio puro generato dalla reazione vincolare viene incrementato dalla componente di taglio orizzontale generata dalla coppia di forze in cui viene suddiviso il momento flettente. Tale momento flettente scaturisce dall'eccentricità di questi bulloni dal punto in cui viene localizzata la cerniera.

$$M = V * e = 5.95 * 0.035 = 0.21 kNm$$

$$V_h = \frac{0.21}{0.035} = 5.95 kN$$

Pertanto:

$$V_b = (5.95^2 + 2.975^2)^{0.5} = 6.65 kN$$

Tali bulloni hanno due superfici di taglio e pertanto la verifica risulta:

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 29 di 41 |

| VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018 | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|-----------|----------------------|----------|----------------------------------|----------|
| MATERIALI | | GEOMETRIA | | VERIFICA | | |
| PROFILATI | S275 | VITE | M12 | Fv,Ed = | 3.325 kN | |
| f _{yk} = | 275 MPa | d= | 12 mm | Ft,Ed = | kN | |
| f _{tk} = | 430 MPa | do = | 13 mm | Pos. N | BORDO dir. ortogonale alla forza | |
| BULLONI | CLASSE 8.8 | A = | 113 mm | Pos. P | BORDO dir. parallela alla forza | |
| f _{yb} = | 640 MPa | Ares = | 84.3 mm ² | γM2 = | 1.25 | VERIFICA |
| f _{tb} = | 800 MPa | t = | 6 mm | Fv,Rd = | 32.37 kN | ✓ |
| n° sezioni | 1 | e1 = | 35 mm | Fb,Rd = | 55.57 kN | |
| t piastra base | 6 mm | e2 = | 40 mm | Ft,Rd = | 48.56 kN | ✓ |
| k = | 2.5000 | p1 = | 60 mm | Bp,Rd = | 70.03 kN | |
| α = | 0.8974 | p2 = | 74 mm | comb. | 0.103 < 1 | ✓ |
| piano di taglio su filetto | si | | | | | |

La verifica è soddisfatta.

9.6.4 Nodo di attacco cosciale UPN180 – trave HEB260

I cosciali UNP180 vengono connessi alle travi HEB260 con un giunto bullonato che, mediante un profilo angolare 120x80x8 e 4 bulloni M16 connette l'UPN180 alla HEB260.

Il cosciale risulta avere lo schema statico di una trave in semplice appoggio su due vincoli infinitamente rigidi avente due sbalzi laterali di lunghezza pari alla lunghezza del pianerottolo della scala. Si assume che, data la simmetria del cosciale e delle forze che vi gravano, i carichi statici verticali permanenti (g1 e g2) vengano trasmessi alla trave principale attraverso il contatto tra la piattabanda del cosciale (ala inferiore del profilo UPN) e la piattabanda superiore della trave HEB. Si dimensiona quindi il giunto bullonato supponendo che il carico accidentale sia disposto solo su un pianerottolo della scala, posizione che genera la massima trazione sul singolo appoggio. Tale trazione costituisce la reazione vincolare (sull'appoggio distante dal carico) che equilibra il momento flettente generato dal carico accidentale sul pianerottolo. Il valore della reazione allo SLU risulta:

$$R = -2.91 \text{ kN}$$

Tale reazione vincolare costituisce un taglio sui due bulloni che connettono il cosciale allo spezzone di profilo 120x80x8. La verifica risulta:

| VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018 | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|-----------|---------------------|----------|----------------------------------|----------|
| MATERIALI | | GEOMETRIA | | VERIFICA | | |
| PROFILATI | S275 | VITE | M16 | Fv,Ed = | 1.46 kN | |
| f _{yk} = | 275 MPa | d= | 16 mm | Ft,Ed = | kN | |
| f _{tk} = | 430 MPa | do = | 17 mm | Pos. N | BORDO dir. ortogonale alla forza | |
| BULLONI | CLASSE 8.8 | A = | 201 mm | Pos. P | BORDO dir. parallela alla forza | |
| f _{yb} = | 640 MPa | Ares = | 157 mm ² | γM2 = | 1.25 | VERIFICA |
| f _{tb} = | 800 MPa | t = | 8 mm | Fv,Rd = | 60.29 kN | ✓ |
| n° sezioni | 1 | e1 = | 50 mm | Fb,Rd = | 107.92 kN | |
| t piastra base | 15 mm | e2 = | 30 mm | Ft,Rd = | 90.43 kN | ✓ |
| k = | 2.5000 | p1 = | 60 mm | Bp,Rd = | 233.43 kN | |
| α = | 0.9804 | p2 = | 60 mm | comb. | 0.024 < 1 | ✓ |
| piano di taglio su filetto | si | | | | | |

Il bullone che connette lo spezzone del profilo a L alla piattabanda della trave viene sollecitato dallo stesso taglio che verrà incrementato a causa del momento flettente generato dall'eccentricità del bullone.

$$M = V * e = 1.46 * 0.04 = 0.06 \text{ kNm}$$

Il braccio della coppia che equilibra il momento è paria 0.9d=0.036m e pertanto:

| | | | | | | |
|-------------------|---|--|---------------------------|----------|-----------|--------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. FOGLIO. |
| | | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A 30 di 41 |

$$F_{T,b} = 1.67 \text{ kN}$$

La verifica della bullonatura che connette lo spezzone del profilo L120x80x8 e la trave HEB risulta:

| T-STUB CHECK - EC3 | | |
|--|--|-------------------------------|
| Material (EN10025-2) | | |
| $f_y =$ | S275 | 275 MPa (thk ≤ 40mm) |
| $f_u =$ | | 430 MPa (thk ≤ 40mm) |
| Class of bolt | | |
| $f_{yb} =$ | 8.8 | 640 MPa |
| $f_{ub} =$ | | 800 MPa |
| Partial factors | | |
| $\gamma_{M0} =$ | 1.05 | |
| $\gamma_{M2} =$ | 1.25 | |
| $\gamma_{M3} =$ | 1.25 | |
| Bolts | | |
| Diameter (M) | $d_b =$ | 16 mm |
| Net area | $A_s =$ | 157 mm ² |
| Hole diameter | $d_o =$ | 18 mm |
| Bolts design resistances | | |
| slip factor | $\mu =$ | 0.40 |
| slip resistance | $F_{s,Rd} = k \mu (A_s 0.7 f_{ub} - 0.8 F_{t,Sd}) / \gamma_{M3}$ | 27.7 kN |
| tension resistance | $F_{t,Rd} = (0.9 f_{ub} A_s) / \gamma_{M2}$ | 90.4 kN |
| shear resistance | $F_{v,Rd} = (a_v f_{ub} A_s) / \gamma_{M2}$ | 60.3 kN |
| T-element geometry | | |
| Effective length | $l_{eff} =$ | 70 mm |
| Reduced bolt distance | $m =$ | 41 mm |
| Minimum bolt distance | $e =$ | 60 mm |
| Bolt distance from the edge | $n =$ | 51.3 mm |
| Plate thickness Pos. PL1 | $t_1 =$ | 18 mm |
| ULS design efforts on two bolts of T-element | | |
| Tension force | $F_{Z2, Ed} = 2x R_z =$ | 3 kN |
| Shear force | $F_{Xy2, Ed} = 2x R_{xy} =$ | 0 kN |
| Check resistance of equivalent T-element related to two bolts | | |
| Resistance plastic moment of the T-element | $M_{pl,Rd} =$ | 1403646 Nmm |
| Complete yielding of the flange | $F_{t,Rd1} =$ | 136.9 kN |
| Bolt failure with yielding of the flange | $F_{t,Rd2} =$ | 130.9 kN |
| Bolt failure | $F_{t,Rd3} =$ | 180.9 kN |
| Design resistance of equivalent T-element | $F_{t,Rd} =$ | 130.9 kN |
| Check | $F_{t,Sd} = F_{Z2, Ed} \leq F_{t,Rd}$ | 3.3 kN ≤ 130.9 0.03 OK |
| Bolts check | | |
| connection type | | SLIP |
| shear planes | $n_T =$ | 1 |
| tension on single bolt | $F_{t,Sd} = F_{Z2, Ed} / 2$ | 1.7 kN |
| shear on single bolt | $F_{v,Sd} = F_{Xy2, Ed} / 2$ | 0.0 kN |
| check of shear and tension combination | $[(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}))]$ | 0.01 ≤ 1.00 0.01 N.A. |
| check of slip and tension combination | $F_{s,Ed} =$ | 0.0 ≤ 27.7 0.00 OK |

La verifica risulta soddisfatta.

La reazione vincolare sull'appoggio posto in adiacenza al carico è di pura compressione e viene trasferita attraverso contatto fra i profili: il collegamento bullonato non richiede quindi verifica specifica.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 31 di 41 |

9.6.5 Nodo di attacco rompitratta UPN180 – trave HEB260

I profili UPN180 che fungono da rompitratta vengono connessi alle travi HEB260 con un giunto bullonato che, mediante un profilo angolare 120x80x8 e 4 bulloni M16 connette l'UPN180 alla HEB260.

Per quanto riguarda i carichi statici, il rompitratta lavora in semplice appoggio tra il profilo di bordo UPN180 e la trave HEB260. La principale funzione che assolve tale profilo è di irrigidimento torsionale del profilo UPN 180 in corrispondenza dell'attacco del parapetto quando questo è sottoposto al momento generato dalla spinta orizzontale sul parapetto stesso.

Il massimo interasse delle travi rompitratta è di 0.9 metri e pertanto la sollecitazione che deriva dalla spinta uniformemente distribuita sul parapetto risulta:

$$F_p = 3 * 0.9 = 2.7 \text{ kN}$$

Il momento flettente alla base del montante (trasmesso con andamento costante fino al giunto sulla trave) è:

$$M = 2.7 * 1.2 = 3.24 \text{ kNm}$$

Allo stato limite ultimo, la sollecitazione sulla sezione di appoggio sulla trave HEB260 risulta:

$$M_{SLU} = 3.24 * 1.5 = 4.86 \text{ kNm} \quad N_{SLU} = 2.7 * 1.5 = 4.05 \text{ kNm}$$

Il momento flettente viene scomposto in una coppia di forze con braccio pari a 0.155m: la forza di taglio sul bullone risulta:

$$F_{V,b} = \frac{4.86}{0.14} = 34.71 \text{ kN}$$

Lo sforzo normale induce un ulteriore taglio sulla bullonatura:

$$F_{V,b} = \frac{4.05}{2} = 2.025 \text{ kN}$$

Il taglio risultante è:

$$F_{V,b} = (34.71^2 + 2.025^2)^{0.5} = 34.77 \text{ kN}$$

La verifica, eseguita con un fogliolo di calcolo opportunamente redatto, risulta:

| VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018 | | | | | |
|---------------------------------------|------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|
| MATERIALI | | GEOMETRIA | | VERIFICA | |
| PROFILATI | S275 | VITE | M16 | F _{v,Ed} = | 34.77 kN |
| f _{yk} = | 275 MPa | d = | 16 mm | F _{t,Ed} = | 0 kN |
| f _{tk} = | 430 MPa | d _o = | 17 mm | Pos. N | BORDO dir. ortogonale alla forza |
| BULLONI | CLASSE 8.8 | A = | 201 mm | Pos. P | BORDO dir. parallela alla forza |
| f _{yb} = | 640 MPa | A _{res} = | 157 mm ² | γ _{M2} = | 1.25 VERIFICA |
| f _{tb} = | 800 MPa | t = | 8 mm | F _{v,Rd} = | 60.29 kN ✓ |
| n° sezioni | 1 | e ₁ = | 30 mm | F _{b,Rd} = | 64.75 kN ✓ |
| t piastra base | 6 mm | e ₂ = | 40 mm | F _{t,Rd} = | 90.43 kN ✓ |
| k = | 2.5000 | p ₁ = | 140 mm | B _{p,Rd} = | 93.37 kN ✓ |
| α = | 0.5882 | p ₂ = | mm | comb. | 0.577 < 1 ✓ |
| piano di taglio su filetto | si | | - | | |

La verifica risulta soddisfatta.

| | | | | | | |
|--|---|--|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 32 di 41 |

I due bulloni inferiori, avendo un'eccentricità di 6cm rispetto ai due bulloni sollecitati unicamente a taglio, vengono sollecitati a taglio e trazione.

Il taglio è generato dallo sforzo normale mentre la trazione è generata dal momento flettente.

$$F_{V,b} = 2.025 \text{ kN}$$

La forza verticale sul bullone verificato precedentemente viene incrementato a causa dell'eccentricità, la quale genera un'ulteriore momento:

$$M = 34.71 * 0.06 = 2.08 \text{ kNm}$$

Tale momento viene nuovamente scomposto in una coppia di forze con braccio pari a 0.04 m e pertanto la forza di trazione risulta di 52.07 kN. Sul bullone più sollecitato agiscono quindi:

$$F_{V,b} = 2.025 \text{ kN}$$

$$F_{T,b} = 52.07 \text{ kN}$$

| VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018 | | | | | |
|---------------------------------------|------------|-----------|---------------------|----------|----------------------------------|
| MATERIALI | | GEOMETRIA | | VERIFICA | |
| PROFILATI | S275 | VITE | M16 | Fv,Ed = | 2.025 kN |
| f _{yk} = | 275 MPa | d = | 16 mm | Ft,Ed = | 52.07 kN |
| f _{tk} = | 430 MPa | do = | 17 mm | Pos. N | BORDO dir. ortogonale alla forza |
| BULLONI | CLASSE 8.8 | A = | 201 mm | Pos. P | BORDO dir. parallela alla forza |
| f _{yb} = | 640 MPa | Ares = | 157 mm ² | γM2 = | 1.25 VERIFICA |
| f _{tb} = | 800 MPa | t = | 8 mm | Fv,Rd = | 60.29 kN ✓ |
| n° sezioni | 1 | e1 = | 30 mm | Fb,Rd = | 64.75 kN ✓ |
| t piastra base | 6 mm | e2 = | 40 mm | Ft,Rd = | 90.43 kN ✓ |
| k = | 2.5000 | p1 = | 140 mm | Bp,Rd = | 93.37 kN ✓ |
| α = | 0.5882 | p2 = | mm | comb. | 0.445 < 1 ✓ |
| piano di taglio su filetto | si | | - | | |

La verifica è quindi soddisfatta.

9.6.6 Nodo di attacco UPN180-UPN180

Il collegamento fra due profili UPN180 fa loro ortogonali viene realizzato mediante un giunto bullonato flangiato costituito da due bulloni M16 aventi una sola superficie di taglio.

La massima reazione vincolare verticale dovuta ai carichi verticali statici allo SLU che si ha in corrispondenza del giunto oggetto di verifica risulta pari a 7.665 kN. Tale reazione genera un taglio sul singolo bullone pari a:

$$F_{V,b1} = \frac{7.665}{2} = 3.83 \text{ kN}$$

La massima reazione vincolare torcente dovuta ai carichi orizzontali statici (spinta sul parapetto) genera un momento torcente (allo SLU) sulla sezione del giunto bullonato pari a:

$$M_T = 2.295 \text{ kNm}$$

Tale sollecitazione genera un secondo taglio sul bullone ortogonale al precedente:

$$F_{V,b2} = \frac{2.295}{0.1} = 22.95 \text{ kN}$$

Il taglio risultante sul bullone risulta:

$$F_{V,b} = (3.83^2 + 22.95^2)^{0.5} = 23.27 \text{ kN}$$

La verifica eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto risulta:

| | | | | | | |
|---|---|--|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | | | | |
| Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 33 di 41 |

| VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018 | | |
|---------------------------------------|--|---|
| MATERIALI | GEOMETRIA | VERIFICA |
| PROFILATI S275 | VITE M16 | Fv,Ed = 23.27 kN |
| f _{yk} = 275 MPa | d = 16 mm | Ft,Ed = kN |
| f _{tk} = 430 MPa | d _o = 17 mm | Pos. N BORDO dir. ortogonale alla forza |
| BULLONI CLASSE 8.8 | A = 201 mm | Pos. P BORDO dir. parallela alla forza |
| f _{yb} = 640 MPa | A _{res} = 157 mm ² | γ _{M2} = 1.25 VERIFICA |
| f _{tb} = 800 MPa | t = 8 mm | Fv,Rd = 60.29 kN ✓ |
| n° sezioni 1 | e ₁ = 40 mm | Fb,Rd = 86.34 kN ✓ |
| t piastra base 15 mm | e ₂ = 35 mm | Ft,Rd = 90.43 kN ✓ |
| k = 2.5000 | p ₁ = 100 mm | B _{p,Rd} = 233.43 kN ✓ |
| α = 0.7843 | p ₂ = mm | comb. 0.386 < 1 ✓ |
| piano di taglio su filetto si | - | |

La verifica risulta soddisfatta.

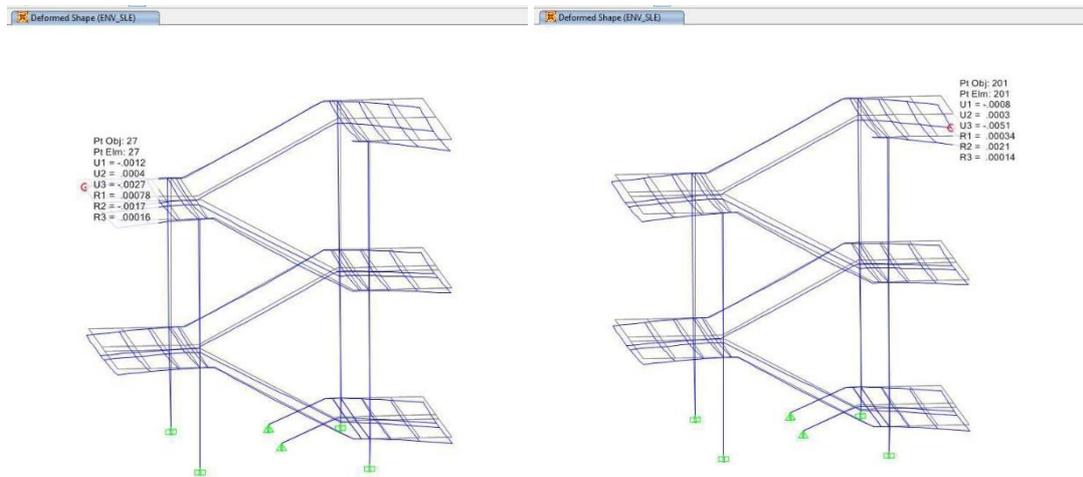
| | | | | | | |
|---|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 34 di 41 |

10. VERIFICHE SLE

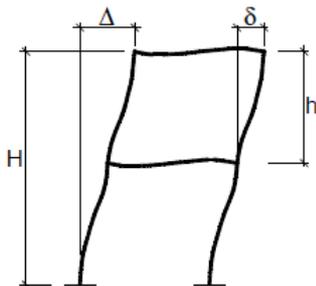
Si riporta di seguito la configurazione deformata del modello globale, in condizioni di esercizio, così da aggiornare la verifica deformativa della passerella in relazione alla sua reale condizione di vincolo, ovvero poggiata sul telaio.

10.1 DEFORMABILITA'

La freccia verticale massima è pari a 5.1 mm che risulta essere inferiore a $L/500 = 4880/250 = 19.52\text{mm}$



il valore massimo dello spostamento orizzontale, in condizioni di esercizio, risulta pari a 1.2 mm in direzione longitudinale (x) e 0.4 mm in direzione trasversale (y).



$$\delta/h = (1.2-0.7)/3130 = 0.00016 < 1/300 = 0.0033$$

$$\Delta/h = 1.2/6260 = 0.000192 < 1/500 = 0.002$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 35 di 41 |

11. REAZIONI AGLI APPOGGI

I telai presentano vincoli di incastro alla base, i cosciali vincoli di cerniera:

11.1 REAZIONI APPOGGI

Si riporta di seguito lo schema statico della struttura e le reazioni dei vincoli nel caso di inviluppo allo SLU ed in combinazione sismica.

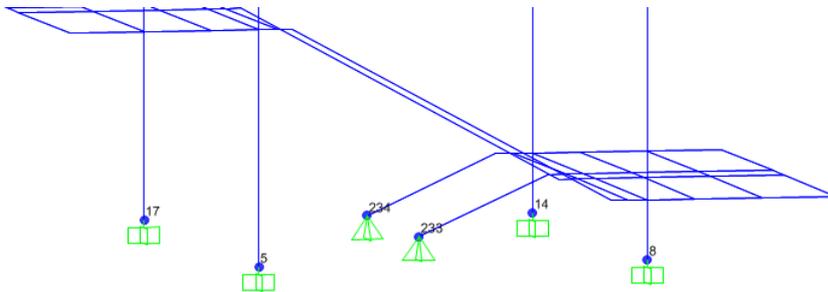


TABLE: Joint Reactions

| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|-------|------------|-------------|----------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|
| Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| 5 | ENV_SLU | Combination | Max | -3.298 | 5.674 | 183.41 | -13.4485 | -2.5414 | -0.4385 |
| 5 | ENV_SLU | Combination | Min | -3.362 | -0.545 | 164.045 | -22.2567 | -2.7935 | -0.4426 |
| 8 | ENV_SLU | Combination | Max | -23.84 | 14.874 | 222.715 | -20.0219 | -11.5974 | -3.0895 |
| 8 | ENV_SLU | Combination | Min | -35.942 | 14.287 | 217.191 | -22.9869 | -18.1867 | -4.6592 |
| 14 | ENV_SLU | Combination | Max | -0.011 | -15.861 | 254.768 | 25.8963 | -5.3147 | 0.0687 |
| 14 | ENV_SLU | Combination | Min | -0.593 | -20.433 | 235.352 | 22.4428 | -6.1383 | -0.01 |
| 17 | ENV_SLU | Combination | Max | 6.911 | -20.005 | 183.716 | 44.1412 | 9.9379 | -0.4242 |
| 17 | ENV_SLU | Combination | Min | 3.238 | -22.8 | 182.158 | 39.8902 | 4.8101 | -0.9043 |
| 233 | ENV_SLU | Combination | Max | 81.827 | 16.437 | 33.832 | 0 | 0 | 0 |
| 233 | ENV_SLU | Combination | Min | 76.932 | 10.401 | 31.952 | 0 | 0 | 0 |
| 234 | ENV_SLU | Combination | Max | -36.113 | -1.118 | -10.557 | 0 | 0 | 0 |
| 234 | ENV_SLU | Combination | Min | -41.344 | -4.235 | -12.693 | 0 | 0 | 0 |

TABLE: Joint Reactions

| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|-------|------------|-------------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| 5 | sisma | Combination | Max | 0.787 | 4.048 | 12.342 | 5.6361 | 0.4614 | 0.105 |
| 5 | sisma | Combination | Min | -0.787 | -4.048 | -12.342 | -5.6361 | -0.4614 | -0.105 |
| 8 | sisma | Combination | Max | 9.477 | 2.128 | 13.139 | 3.1518 | 4.7 | 1.2298 |
| 8 | sisma | Combination | Min | -9.477 | -2.128 | -13.139 | -3.1518 | -4.7 | -1.2298 |
| 14 | sisma | Combination | Max | 1.539 | 2.114 | 14.802 | 2.0772 | 0.625 | 0.1994 |
| 14 | sisma | Combination | Min | -1.539 | -2.114 | -14.802 | -2.0772 | -0.625 | -0.1994 |
| 17 | sisma | Combination | Max | 3.076 | 2.907 | 12.34 | 4.5878 | 4.3668 | 0.4027 |
| 17 | sisma | Combination | Min | -3.076 | -2.907 | -12.34 | -4.5878 | -4.3668 | -0.4027 |
| 233 | sisma | Combination | Max | 3.012 | 4.866 | 1.427 | 0 | 0 | 0 |
| 233 | sisma | Combination | Min | -3.012 | -4.866 | -1.427 | 0 | 0 | 0 |
| 234 | sisma | Combination | Max | 6.479 | 6.039 | 2.916 | 0 | 0 | 0 |
| 234 | sisma | Combination | Min | -6.479 | -6.039 | -2.916 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 36 di 41 |

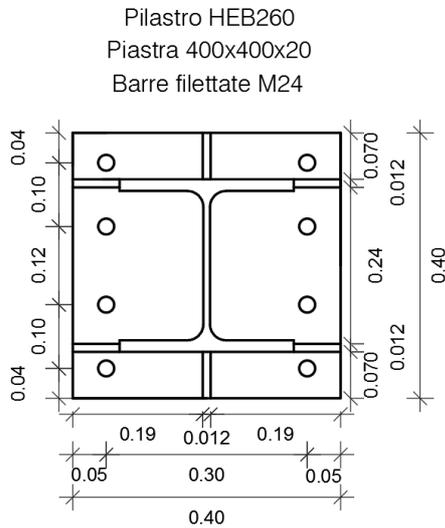
12. VERIFICHE FONDAZIONI

12.1PIASTRA DI BASE E TIRAFONDI

Verifica di resistenza

L'ipotesi di calcolo è quella di considerare l'acciaio dei tirafondi reagente solo a trazione.

Lo schema di incastro è costituito da una piastra 400x400x25 mm3 opportunamente costolata e 4+4tirafondi M24 la cui lunghezza viene dimensionata in funzione della resistenza allo sfilamento nel cls costituente la platea di fondazione.



| | | |
|---|-----|------|
| b | 400 | [mm] |
| H | 400 | [mm] |

Armatura superiore

| | | |
|-----------------|-----|--------------------|
| n' _b | 0 | |
| φ' | M24 | [mm] |
| A _{a'} | 0 | [mm ²] |
| h' | 50 | [mm] |

| | | |
|-----------------|---------------|--------------------|
| n | 15 | |
| f | 53.0 | [mm] |
| h ₀ | 350.0 | [mm] |
| y | 146.7 | [mm] |
| J _{id} | 1 296 336 822 | [mm ⁴] |

Armatura inferiore

| | | |
|----------------|------|--------------------|
| n _b | 4 | |
| φ | M24 | [mm] |
| A _a | 1412 | [mm ²] |
| h | 350 | [mm] |
| φ | 24 | [mm] |

| | | |
|---------------------------------|--------|----------------------|
| M | 18.24 | [kN×m] |
| σ _c | -2.06 | [N/mm ²] |
| σ _a | -20.41 | [N/mm ²] |
| σ _s = σ _s | 42.90 | [N/mm ²] |

RESISTENZA

| | M | M | σ _c | Δσ |
|----|------|-------|----------------------|----------------------|
| | kN×m | kN×m | [N/mm ²] | [N/mm ²] |
| 1+ | 18.2 | 18.24 | 42.9 | 42.9 |
| 1- | | 0.00 | 0.0 | |

| | | | | | | |
|---|--|---------------------------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 37 di 41 |

12.2PLATEA

La platea di fondazione è rettangolare di dimensioni $5.30 \times 5.68 \times 0.40 \text{ m}^3$

Le sollecitazioni riportate sono output del modello di calcolo comprensivo della scala.

$R_{ck} = 35 \text{ Mpa}$

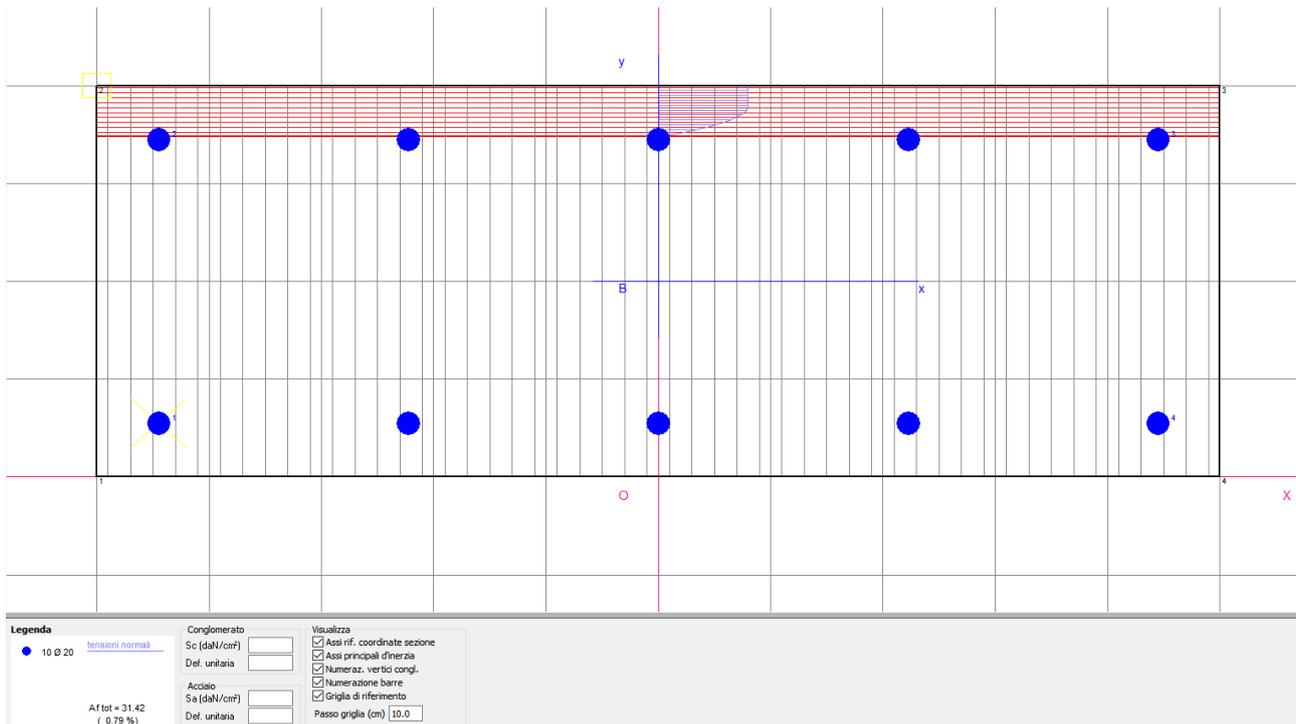
VERIFICA A FLESSIONE

Si verifica a flessione la sezione della platea, la quale viene armata con due ordini di $\Phi 20/20$ nelle due direzioni.

Le sollecitazioni risultano:

- $M_{SLU} = 160.00 \text{ kNm/m}$
- $M_{SLE, \text{rara}} = 123.08 \text{ kNm/m}$

La verifica è stata eseguita con il software RC-Sec, di cui si riporta il listato di verifica.



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Descrizione Sezione: | |
| Metodo di calcolo resistenza: | Stati Limite Ultimi |
| Tipologia sezione: | Sezione generica |
| Normativa di riferimento: | N.T.C. |
| Percorso sollecitazione: | A Sforzo Norm. costante |
| Condizioni Ambientali: | Poco aggressive |
| Riferimento Sforzi assegnati: | Assi x,y principali d'inerzia |
| Riferimento alla sismicità: | Zona non sismica |
| Posizione sezione nell'asta: | In zona critica |

| | | | | | | | |
|--------------------------|---|--|---------------------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 38 di 41 |

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35
 Resis. compr. di calcolo fcd : 158.60 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 79.30 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 323080 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 27.60 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 168.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C28/35

| N.vertice | Ascissa X, cm | Ordinata Y, cm |
|-----------|---------------|----------------|
| 1 | -50.00 | 0.00 |
| 2 | -50.00 | 40.00 |
| 3 | 50.00 | 40.00 |
| 4 | 50.00 | 0.00 |

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
 Diam. Diametro in mm della barra

| N.Barra | Ascissa X, cm | Ordinata Y, cm | Diam.Ø,mm |
|---------|---------------|----------------|-----------|
| 1 | -44.50 | 5.50 | 20 |
| 2 | -44.50 | 34.50 | 20 |
| 3 | 44.50 | 34.50 | 20 |
| 4 | 44.50 | 5.50 | 20 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

| N.Gen. | N.Barra In. | N.Barra Fin. | N.Barre | Diam.Ø,mm |
|--------|-------------|--------------|---------|-----------|
| 1 | 1 | 4 | 3 | 20 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 20 |

| | | | | | | | |
|---|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 39 di 41 |

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | | | | | | |
|----|--|---|-------|----|----|----|
| N | Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione) | | | | | |
| Mx | Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. | | | | | |
| My | Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. | | | | | |
| Vy | Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y | | | | | |
| Vx | Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x | | | | | |
| | N.Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
| | 1 | 0 | 16000 | 0 | 10 | 0 |

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

| | | | | |
|----|---|---|-------|----|
| N | Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione) | | | |
| Mx | Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez. | | | |
| My | Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. | | | |
| | N.Comb. | N | Mx | My |
| | 1 | 0 | 12308 | 0 |

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.3 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

| | | | | | | | | | |
|----------|--|-----|---|-------|----|-------|--------|--------|----------|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata | | | | | | | | |
| N | Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione) | | | | | | | | |
| Mx | Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| My | Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| N ult | Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.) | | | | | | | | |
| Mx ult | Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| My ult | Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia | | | | | | | | |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000 | | | | | | | | |
| | N.Comb. | Ver | N | Mx | My | N ult | Mx ult | My ult | Mis.Sic. |
| | 1 | S | 0 | 16000 | 0 | 0 | 20053 | 0 | 1.253 |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

| | | | | | | | | | | | |
|--------|--|---------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| ec max | Deform. unit. massima del conglomerato a compressione | | | | | | | | | | |
| ec 3/7 | Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace | | | | | | | | | | |
| Xc max | Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.) | | | | | | | | | | |
| Yc max | Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.) | | | | | | | | | | |
| ef min | Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione) | | | | | | | | | | |
| Xf min | Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.) | | | | | | | | | | |
| Yf min | Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.) | | | | | | | | | | |
| ef max | Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.) | | | | | | | | | | |
| Xf max | Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.) | | | | | | | | | | |
| Yf max | Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.) | | | | | | | | | | |
| | N.Comb. | ec max | ec 3/7 | Xc max | Yc max | ef min | Xf min | Yf min | ef max | Xf max | Yf max |
| | 1 | 0.00350 | -0.00796 | -50.0 | 40.0 | -0.00018 | 44.5 | 34.5 | -0.01957 | -44.5 | 5.5 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.

| | | | | | | | |
|--------------------------|---|--|---------------------------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI | Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| | | IBOU | 1BEZZ | CL | VI0000014 | A | 40 di 41 |

b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N.Comb. | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|---------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000668635 | -0.023245400 | 0.152 | 0.700 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

| N.Comb. | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xf min | Yf min | Ac eff. | D fess. | K3 | Ap.Fess. |
|---------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------|----------|
| 1 | S | 67.2 | -50.0 | 40.0 | -2540 | -44.5 | 5.5 | 1497 | 232 | 0.128 | 0.249 |

La verifica risulta pertanto superata.

VERIFICA A PUNZONAMENTO E TAGLIO

Le colonne metalliche che sostengono la struttura delle scale possiedono una sezione di interfaccia con il calcestruzzo di area pari a:

$$A_c = c_1 * c_2 = 0.56 * 0.50 = 0.28 \text{ m}^2$$

Si verifica quindi il punzonamento della platea di fondazione in corrispondenza dell'attacco delle colonne. La verifica viene eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto.

| Pilastro n° | Posizione (I,B,A) | Coef. β (ecc. N) | VEd [kN] | ΔVEd (kN/m ²) | VEd,red,β [kN] | Altezza d [cm] | c2<c1 (per calcolo β) | | Verifica lungo il perimetro del pilastro (res. massima) | | | | |
|---|-------------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|---------|---|-----------|----------------|---------------|--------------|
| | | | | | | | c2 | c1 | u0 (cm) | vEd (MPa) | v | vRd,max (MPa) | Sd/Rd |
| Pilastro platea | A | 1.05 | 254.00 | 0.00 | 265.93 | 34.5 | 50.0 | 56.0 | 212.00 | 0.36 | 0.62 | 5.09 | 0.07 |
| | a/d<=2 | 1.5 | | | | | | | | | | | |
| Pilastro n° | a (cm) | Peri. u1 [cm] | A = u1 d [cm ²] | Ap [cm ²] | Asl,y [cm ²] | iz (cm) | Asl,z [cm ²] | iy (cm) | pl | k | VRd,c,min [kN] | VRd,c [kN] | Sd/Rd |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Pilastro platea | 51.75 | 187.29 | 6461.47 | 22184.40 | 3.14 | 20.00 | 3.14 | 20.00 | 0.0046 | 1.76 | 284.94 | 322.99 | Piastra 0.82 |
| Validità per pilastri interni e con ecc. lungo c1 | | | | | | | | | | | | | |
| Pilastro n° | MEd (kNm) | e=M/V (m) | W1 (cm ²) | c1/c2 | k | β | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Pilastro platea | 44.20 | 0.17 | 4.25E+04 | 1.12 | 0.6120 | 1.05 | | | | | | | |

La verifica risulta quindi soddisfatta senza considerare né l'apporto alla resistenza data da armatura specifica a punzonamento, né un'eventuale riduzione della sollecitazione data dalla sottopressione del terreno (ΔV_{Ed}).

Si verifica infine che, al di fuori della zona caratterizzata da taglio-punzonamento (area all'interno del perimetro u_1), la sezione sia comunque sufficientemente armata per resistere al taglio proveniente dalla colonna metallica. Il taglio a metro lineare sul perimetro di verifica u_1 risulta:

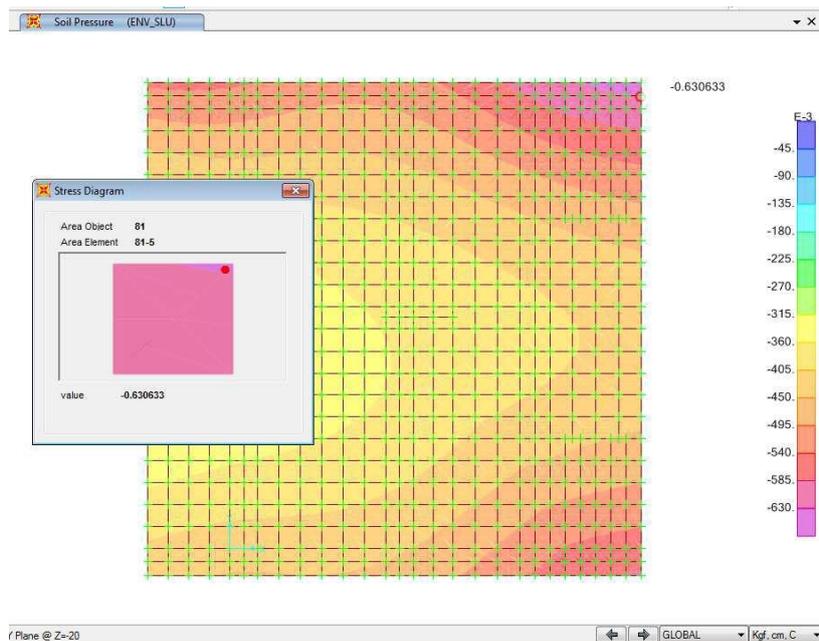
| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO VI0000014 | REV. A | FOGLIO. 41 di 41 |

$$V_{Sd} = \frac{V_{Ed,red,\beta}}{P_{u1}} = \frac{265.93}{1.873} = 142 \frac{kN}{m}$$

La verifica a taglio viene eseguita con un foglio di calcolo opportunemente redatto.

| VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A. SECONDO NTC 2008 | | | | | |
|---|------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|
| Caratteristiche materiali | | Geometria | | Armatura longitudinale tesa | Sollecitazioni |
| Acciaio B450C | | | | As = 1571 mm ² | NEd = 0 kN |
| fyk = 450 MPa | fck = 29.05 MPa | d = 345 mm | bw = 1000 mm | Parametri | VEd = 142 kN |
| ftk = 540 MPa | Rck = 35.00 MPa | Ac = 345000 mm ² | Ac = 345000 mm ² | | Verifica senza armatura a taglio |
| Es = 210000 MPa | fcm = 37.05 MPa | Armatura a taglio | | vmin = 0.44 | VRd = 172.5 kN |
| Resistenze di calcolo | | α = 90 ° | Asw,min = 93 mm ² | ρl = 0.005 | Verifica : / CS = 1.21 |
| fcd = 16.46 MPa | fctk (0,05) = 1.98 MPa | ∅ = 0.00 mm | s = 200 mm | σcp = 0 | ARMATURA MINIMA |
| fctd (0,05) = 1.32 MPa | fctk (0,95) = 3.69 MPa | n. bracci = 12 | fcm = 32588 MPa | v = 0.5 | Verifica con armatura a taglio |
| fctd (0,95) = 2.46 MPa | fcm = 3.40 MPa | Asw = 0 mm ² | Ecm = 32588 MPa | ωsw = 0.0000 | VRsd = 0 kN |
| fyd = 391 MPa | γc = 1.5 | | fctm = 3.40 MPa | cotg θ = ##### rott. armatura | VRcd = 881 kN |
| Coefficienti | | | αcc = 0.85 | cotg θ = 2.5 | VRd = 0 kN |
| γs = 1.15 | | | | αc = 1 | Verifica : / CS = 0 |

VERIFICA PRESSIONE ALL'INTERFACCIA TERRENO-STRUTTURA



La tensione massima sul terreno è inferiore a 2kg/cmq.