

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

FV02 - Stazione di Curno

ELABORATI STRUTTURALI

Relazione di calcolo strutture fabbricato

SCALA:

-

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

N B 1 R 0 2 D 2 6 C L F V 0 2 0 0 0 0 5 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|-----------|------------|--------------|------------|----------------|------------|------------------|
| A | Emissione esecutiva | F. Serrau | Marzo 2020 | A. Cimprelli | Marzo 2020 | M. Berlingieri | Marzo 2020 | A. Perego |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |



File: NB1R02D26CLFV02000005A

n. Elab.:

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA
DA CURNO A BERGAMO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FV0200 005 | A | 2 DI 233 |

Sommario

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Scopo del Documento | 5 |
| 2 | Normativa di Riferimento | 6 |
| 3 | Caratteristiche dei Materiali | 8 |
| 3.1 | Acciaio da carpenteria | 8 |
| 3.2 | Calcestruzzo Strutture di Elevazione..... | 8 |
| 3.3 | Calcestruzzo Strutture di Fondazione..... | 9 |
| 3.4 | Acciaio da c.a. | 10 |
| 4 | Caratterizzazione geotecnica..... | 11 |
| 4.1 | Calcolo del modulo di reazione | 11 |
| 5 | Descrizione del fabbricato..... | 12 |
| 5.1 | Descrizione del fabbricato Est..... | 12 |
| 5.2 | Descrizione del fabbricato Ovest..... | 12 |
| 6 | Modellazione della Struttura | 16 |
| 6.1 | Descrizione del fabbricato Est..... | 16 |
| 6.2 | Descrizione del fabbricato Ovest..... | 24 |
| 7 | Analisi Modale | 32 |
| 7.1 | Fabbricato Est..... | 32 |
| 7.2 | Analisi di buckling | 34 |
| 7.3 | Fabbricato Ovest..... | 35 |
| 7.4 | Analisi di buckling | 37 |
| 8 | Analisi dei Carichi..... | 39 |
| 8.1 | Peso Proprio degli Elementi Strutturali | 39 |
| 8.2 | Carichi Permanenti Non Strutturali | 39 |
| 8.3 | Spinta sulle pareti dovuta al terreno (G2)..... | 40 |
| 8.4 | Sovrappinta del terreno in fase sismica..... | 40 |
| 8.5 | Carichi Variabili | 40 |
| 8.6 | Effetto dei sovraccarichi sul terreno circostante..... | 41 |
| 8.7 | Azione della Neve | 41 |
| 8.8 | Azione del Vento | 42 |
| 8.9 | Azione del Vento in copertura..... | 45 |
| 8.10 | Azione Termica | 46 |
| 8.11 | Azione Sismica | 47 |
| 8.11.1 | Struttura in elevazione | 47 |



PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
 APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA
 DA CURNO A BERGAMO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
 FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FV0200 005 | A | 3 DI 233 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 8.11.2 | Struttura completa (elevazione+fondazione) | 50 |
| 9 | Combinazioni di Carico | 51 |
| 10 | Sollecitazioni..... | 74 |
| 10.1 | Fabbricato Est..... | 74 |
| 10.2 | Fabbricato Ovest..... | 79 |
| 11 | VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI | 85 |
| 11.1 | Criteri di verifica delle sezioni in acciaio | 85 |
| 11.2 | Esito delle verifiche – FA Est..... | 93 |
| 11.2.1 | Colonna HEB300..... | 94 |
| 11.2.2 | Trave HEA400 | 96 |
| 11.2.3 | Trave IPE300 | 98 |
| 11.2.4 | Trave UPN300 | 100 |
| 11.2.1 | Verifica controventi | 102 |
| 11.3 | Esito delle verifiche – FA Ovest..... | 102 |
| 11.3.1 | Colonna HEB300..... | 103 |
| 11.3.2 | Trave HEA400 | 105 |
| 11.3.3 | Trave IPE300 | 107 |
| 11.3.4 | Trave UPN300 | 109 |
| 11.3.5 | Verifica controventi | 111 |
| 11.4 | Verifiche di deformabilità – FA Est | 111 |
| 11.4.1 | Spostamenti verticali..... | 111 |
| 11.4.2 | Spostamenti orizzontali..... | 115 |
| 11.4.3 | Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali | 117 |
| 11.5 | Verifiche di deformabilità – FA Ovest | 119 |
| 11.5.1 | Spostamenti verticali..... | 119 |
| 11.5.2 | Spostamenti orizzontali..... | 124 |
| 11.5.3 | Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali | 126 |
| 11.6 | Verifica giunto..... | 128 |
| 11.7 | Tamponature..... | 130 |
| 12 | Verifiche Fondazione – FA est..... | 136 |
| 12.1 | Verifiche SLU – STR | 136 |
| 12.2 | Verifiche di portanza | 144 |
| 12.3 | Valutazione dei cedimenti | 149 |




PROGETTO DEFINITIVO

**RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
 APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA
 DA CURNO A BERGAMO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
 FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FV0200 005 | A | 4 DI 233 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 13 | Verifiche Fondazione – FA Ovest..... | 151 |
| 13.1 | Verifiche SLU – STR | 151 |
| 13.1.1 | Verifiche soletta Piano Terra (s=30cm)..... | 163 |
| 13.1.2 | Verifica della freccia in soletta | 170 |
| 13.1.3 | Verifiche setti (s=50cm) | 171 |
| 13.1.4 | Sovraccarichi circostanti lo scatolare..... | 178 |
| 13.1.5 | Verifiche platea (s=50cm) | 181 |
| 13.1.6 | Verifiche soletta scala (s=20cm)..... | 188 |
| 13.1.7 | Verifiche Pilastro (50x50cm)..... | 195 |
| 13.1.8 | Verifiche Trave (50x60cm)..... | 201 |
| 13.1.9 | Verifica giunto di base | 206 |
| 13.2 | Verifiche di portanza | 221 |
| 13.3 | Valutazione dei cedimenti | 226 |
| 14 | Verifiche muri laterali | 228 |
| 15 | Conclusioni | 232 |
| 16 | Allegato | 233 |

|  | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| <p>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>5 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 5 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 5 DI 233 | | | | | | | | |


1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento si inquadra nell’ambito delle opere civili relative alla Progettazione Definitiva del raddoppio Ponte S. Pietro – Bergamo – Montello.

In particolare, la presente relazione di calcolo ha come oggetto le verifiche strutturali delle opere relative al fabbricato viaggiatori FV02, che verrà realizzato presso la nuova stazione di Curno.

Nel seguito, dopo una breve descrizione dell’opera, si analizzano le azioni gravanti sulla struttura e si determinano le massime sollecitazioni per le verifiche strutturali.


Le analisi sono state svolte in accordo al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, nel seguito indicato con NTC 2018. Le verifiche strutturali sono state svolte con il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.

|  | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| <p>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>6 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 6 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 6 DI 233 | | | | | | | | |

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO


I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore e nel seguito elencate:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- D.M. del 17.01.2018 “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” (NTC 2018);
- Circolare del 21.01.2019 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 17.01.2018;
- UNI EN 206:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI EN 11104:2016 – “Calcestruzzo - Specificazione. prestazione. produzione e conformità - Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206;
- EN 1991-2:2003/AC:2010 “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: carichi da traffico sui ponti”.
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici”.
- EN 1992-1 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”.
- EN 1997-1 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali”.
- UNI EN 1998-1:2013 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 2 – “Ponti e strutture” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.
- Manuale di progettazione delle opere civili RFI parte II – sezione 3 – “Corpo stradale” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 C.
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – “Capitolato Generale di Appalto delle Opere Civili”.
- UIC CODE 777-2R “Structures built over railway lines-Construction requirements in the track zone”
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019; Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Regolamento (UE) N. 1300/2014/UE Specifiche Tecniche di Interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta del 18/11/2014, modificato con il Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019;
- Regolamento (UE) N° 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del

|  | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|----------|
| <p>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>7 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 7 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 7 DI 233 | | | | | | | | |

sistema ferroviario dell'Unione europea, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019

- Regolamento UE N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 2018/868 del 13 giugno 2018 e dal successivo Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- Regolamento (UE) N. 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea modificata con la Rettifica del 15 giugno 2016 e dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/772 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014 per quanto riguarda l'inventario delle attività al fine di individuare le barriere all'accessibilità, fornire informazioni agli utenti e monitorare e valutare i progressi compiuti in materia di accessibilità.
- REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabiliti nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Acciaio da carpenteria

Per la realizzazione della struttura si prevede l'utilizzo di acciaio S355, che presenta le seguenti caratteristiche:

- Tensione di snervamento caratteristica $\rightarrow f_{yk} \geq 355 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $\rightarrow f_{tk} \geq 510 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1,05$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 338 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_a = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Densità $\rightarrow \rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$


3.2 Calcestruzzo Strutture di Elevazione

Per la realizzazione della fondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow \text{XC4}$
- Classe di Consistenza $\rightarrow \text{S4/S5}$
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41,2 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} = 33.643 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1,5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 18,80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,72 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 2,17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,45 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 19,20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 14,40 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \varepsilon_{cu} = 0,0035$

Per gli elementi strutturali si assume un copriferro di 50 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali aggressive (vedi Tab.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA DOCUMENTO D 26 CL FA0100 005 | REV. A | FOGLIO 9 DI 233 |

4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

Combinazione delle Azioni Frequente $\rightarrow w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$
 Combinazione delle Azioni Quasi Permanente $\rightarrow w_d \leq w_1 = 0,2 \text{ mm}$

3.3 Calcestruzzo Strutture di Fondazione

Per la realizzazione della fondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$), che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza Caratteristica a Compressione (Cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
- Classe di Esposizione $\rightarrow \text{XC2}$
- Classe di Consistenza $\rightarrow \text{S4/S5}$
- Resistenza Media a Compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 33 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} = 31.475 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di Sicurezza $\rightarrow \gamma_c = 1,5$
- Resistenza di Calcolo a Compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 14,17 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione Media $\rightarrow f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0,7 \times f_{ctm} = 1,80 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione di Calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,20 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 15,00 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Compressione (Comb. Quasi Permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 11,25 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $\rightarrow f_{bk} = 2,25 \eta f_{ctk} = 4,04 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo $\rightarrow f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c / 1,5 = 1,80 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione Ultima a Rottura $\rightarrow \varepsilon_{cu} = 0,0035$

Per gli elementi strutturali della fondazione si assume un copriferro di 50 mm (valutato al netto della staffa).

Per quanto riguarda la scelta degli stati limite di fessurazione, si fa riferimento a quanto riportato nella Tabella 4.1.IV delle NTC 2018, assumendo di trovarsi in condizioni ambientali ordinarie (vedi Tab. 4.1.III NTC 2018) con armatura poco sensibile; i limiti adottati per la verifica nei confronti di tale stato limite sono riportati di seguito:

Combinazione delle Azioni Frequente $\rightarrow w_d \leq w_3 = 0,4 \text{ mm}$
 Combinazione delle Azioni Quasi Permanente $\rightarrow w_d \leq w_2 = 0,3 \text{ mm}$

**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO


**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 10 DI 233 |

3.4 Acciaio da c.a.

Barre B450C

- Tensione di snervamento caratteristica $\rightarrow f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura $\rightarrow f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1,15$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a Trazione (Comb. Rara) $\rightarrow \sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360,00 \text{ N/mm}^2$
- Modulo Elastico $\rightarrow E_a = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- Deformazione di Snervamento di Progetto $\rightarrow \varepsilon_{yd} = 0,0019$
- Densità $\rightarrow \rho = 7.850 \text{ kg/m}^3$

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel seguito si riportano le tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame, i relativi parametri geotecnici di calcolo. Le indagini di riferimento sono: PNBGF1008. La falda si ipotizza ad una profondità media di 20 metri da p.c.

| Strato | Profondità media | Profondità media | Descrizione | |
|--------|------------------|------------------|-------------|---------------------------------------|
| | Da [m da p.c.] | A [m da p.c.] | | |
| Ug2 | 0 | 3 | S(L), L(S) | Sabbia limosa e limo sabbioso |
| Ug1 | 3 | 25 | S(G), S,G | Sabbia ghiaiosa e sabbia con ghiaia |
| Ug3 | 25 | 30 | A(S), A,S | Argilla sabbiosa e argilla con sabbia |


| Strato | Parametri di resistenza | | | | | Parametri di deformabilità | | | | | |
|--------|-------------------------|-------|------------|-------|----------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------|
| | γ_n | K_0 | φ' | c' | c_u | G_0 | E_0 | E_{op1} | E_{op2} | ν' | $k_v^{(*)}$ |
| | [kN/m ³] | [-] | [°] | [kPa] | [kPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] | [-] | [m/s] |
| Ug2 | 19.5 | 0.56 | 26 | 0 | 30 | 32 | 80 | 8 | 12 | 0.25 | 1.00E-06 |
| Ug1 | 20 | 0.38 | 35 | 0 | - | 120 - 160 | 300 - 400 | 30 - 40 | 40 - 60 | 0.25 | 1.00E-06 |
| Ug3 | 19 | 0.60 | 24 | 0 | 50 - 100 | 60 - 80 | 150 - 200 | 15 - 20 | 22 - 30 | 0.25 | 1.00E-10 |

Note:

- Gli intervalli, dove presenti, fanno riferimento a valori crescenti con la profondità.
- (*) per analisi di cedimento adottare cautelativamente i parametri di permeabilità verticale definiti in tabella; per analisi di stabilità adottare anche i parametri di permeabilità orizzontale $k_h = 10 k_v$ per tutti i materiali tranne Ug1 per cui adottare $k_h = k_v$.
- I moduli E_{op1} ed E_{op2} sono da adottarsi rispettivamente E_{op1} per problemi di "primo carico" (esempio fondazioni dirette, profonde e rilevati) ed E_{op2} per problemi di scarico e/o di scarico-ricarico (esempio: fronti di scavo sostenuti con opere di sostegno tipo paratie tirantate e non).

4.1 Calcolo del modulo di reazione

Per il modulo di reazione del terreno alla Winkler k_s , che concettualmente rappresenta il rapporto tra la pressione sul terreno e il cedimento, si utilizza il valore di $k_s = 10.000 \text{ kN/m}^3$, in analogia con le altre opere previste lungo il raddoppio.

| | | | | | | |
|---|--|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|---------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A | FOGLIO 12 DI 233 |

5 DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

La struttura è costituita da due corpi di fabbrica giuntanti tra loro, di seguito denominati “Est” ed “Ovest”.

5.1 Descrizione del fabbricato Est

Per il Fabbricato si prevede una struttura intelaiata in acciaio che si sviluppa su un piano fuori terra. L’edificio ha dimensione rettangolare in pianta con copertura piana di dimensioni circa 19,20(parallelo ai binari)×14,20m, comprensiva di sbalzo lato sud, di circa 4.57 m, e lato est, di circa 4.12 m. L’altezza massima è circa pari a 5,90 m dallo spiccatto della fondazione.

Gli elementi strutturali verticali sono costituiti da 4+4 colonne di sezione HEB300 disposte su 3 maglie 5,00x9,65 m; le travi principali hanno sezione HEA400, quelle secondarie IPE300, mentre quelle esterne di chiusura hanno sezione UPN300. La copertura, provvista di controventi di falda $\phi 20$, è composta tramite pannelli prefabbricati.

La fondazione è realizzata con travi rovesce in c.a., aventi sezione 0,6x0,6m.

Le tamponature esterne sono realizzate:

- Lato Nord, blocchi in cemento vibrocompresso;
- Altrove, vetro.

La pavimentazione interna è realizzata con un pavimento in gres, poggiato su una soletta di ripartizione di 6 cm; questo a sua volta è posto su un vespaio aerato costituito da igloo di 45 cm e soletta in c.a. di 15 cm armata con rete elettrosaldata.

Lato est è presente un muro in c.a. di altezza 5.10 m e spessore 0.30 m, di lunghezza 3,60 m con fondazione superficiale di dimensione 1,70 x 0,60 m.

5.2 Descrizione del fabbricato Ovest

Per il Fabbricato si prevede una struttura intelaiata in acciaio che si sviluppa su un piano fuori terra. L’edificio ha dimensione rettangolare in pianta con copertura piana di dimensioni circa 14,30(parallelo ai binari)×14,20m, comprensiva di sbalzo lato sud, di circa 4.57 m, e lato ovest, di circa 4.12 m. L’altezza massima è circa pari a 5,90 m dallo spiccatto della fondazione.

Gli elementi strutturali verticali sono costituiti da 3+3 colonne di sezione HEB300 disposte su 2 maglie 5,28x9,65 m e 4,90x9,65 m; le travi principali hanno sezione HEA400, quelle secondarie IPE300, mentre quelle esterne di chiusura hanno sezione UPN300. La copertura, provvista di controventi di falda $\phi 20$, è composta tramite pannelli prefabbricati.

La sovrastruttura in acciaio è posta al di sopra di una struttura scatolare in c.a. interrata, contigua con il sottopasso di stazione, di dimensioni in pianta 10,90 (parallelo ai binari) x 10,15 m, di altezza 4,05 m. La struttura è composta da 4 setti perimetrali di spessore 50 cm ed è fondata su una platea di spessore 50 cm; al piano terra è prevista una soletta di spessore 30 cm che copre la metà est dello scaatolare, ed è appoggiata sui setti laterali (lati sud ed est), e su travi in c.a. di dimensione 50x60 cm (lati nord e ovest). La trave intermedia è sostenuta a sua volta da due pilastri centrali di dimensione 50x50 cm. Piano terra e

piano interrato sono collegati da una scala a due rampe in c.a. con soletta di spessore 20 cm sulla rampa e 30 cm sul pianerottolo. Il piano interrato è collegato al sottopasso della stazione tramite un foro sulla parete Nord, di luce netta 4,40 m. Al centro della platea è presente la fossa dell'ascensore, di dimensioni interne 1,85x2,00 e profondità 1,50 m.

Le tamponature esterne sono realizzate:

- Lato Nord, blocchi in cemento vibrocompresso;
- Altre, vetro.

La pavimentazione interna è realizzata con un pavimento in gres, poggiato su una soletta di ripartizione di 6 cm; questo a sua volta è posto su un misto granulometrico di alleggerimento di 10 cm.

Lato ovest è presente un muro in c.a. di altezza 5.90 m e spessore 0.30 m, di lunghezza 3,60 m con fondazione superficiale di dimensione 3,10 x 0,60 m, facente parte della struttura di rampa esterna.

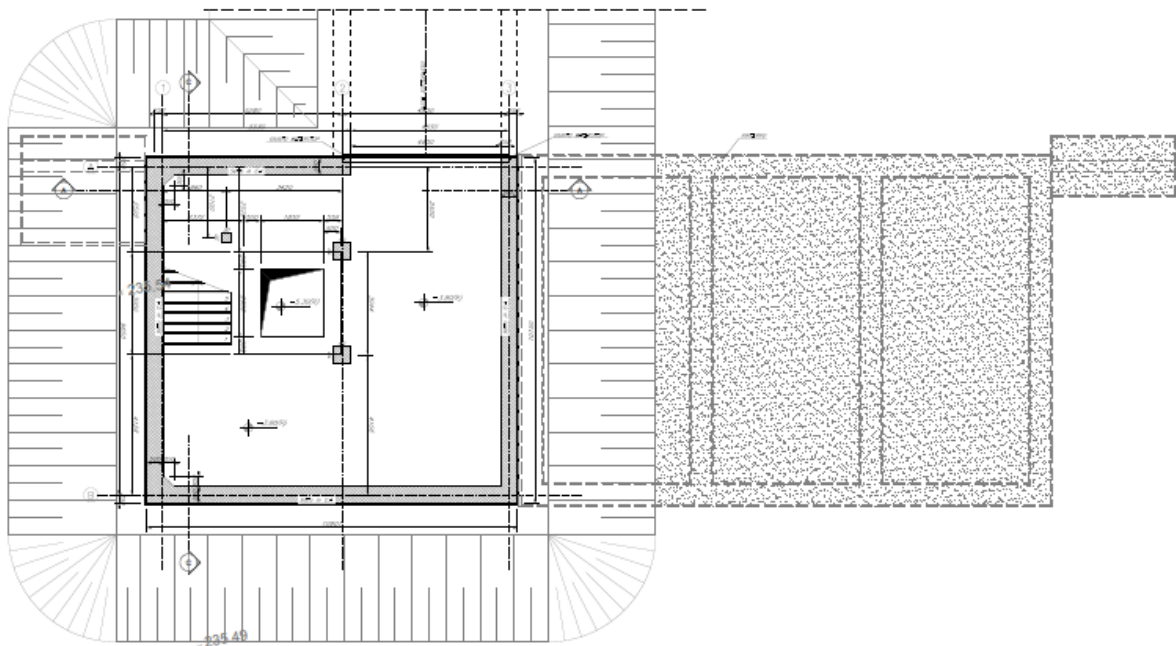


Figura 5.1 – Pianta Piano Interrato

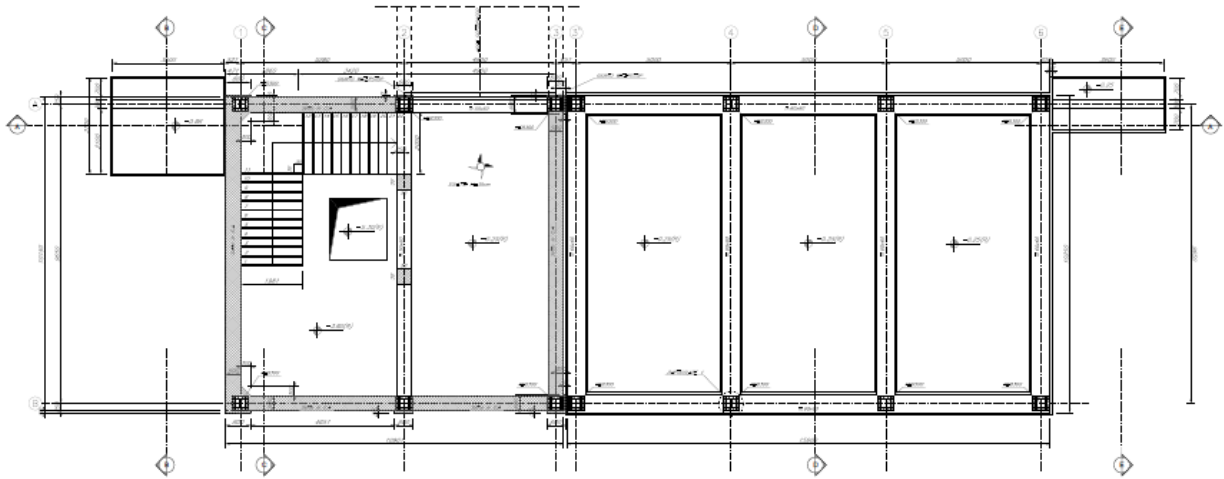


Figura 5.2 – Pianta Piano Terra

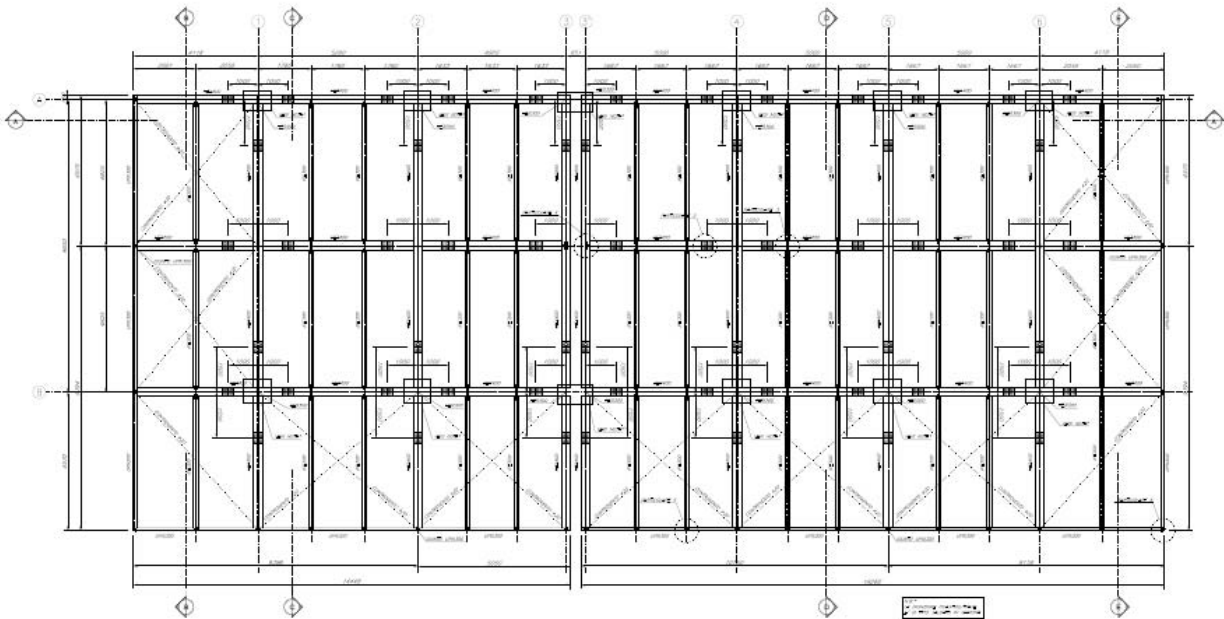


Figura 5.3 – Pianta Copertura

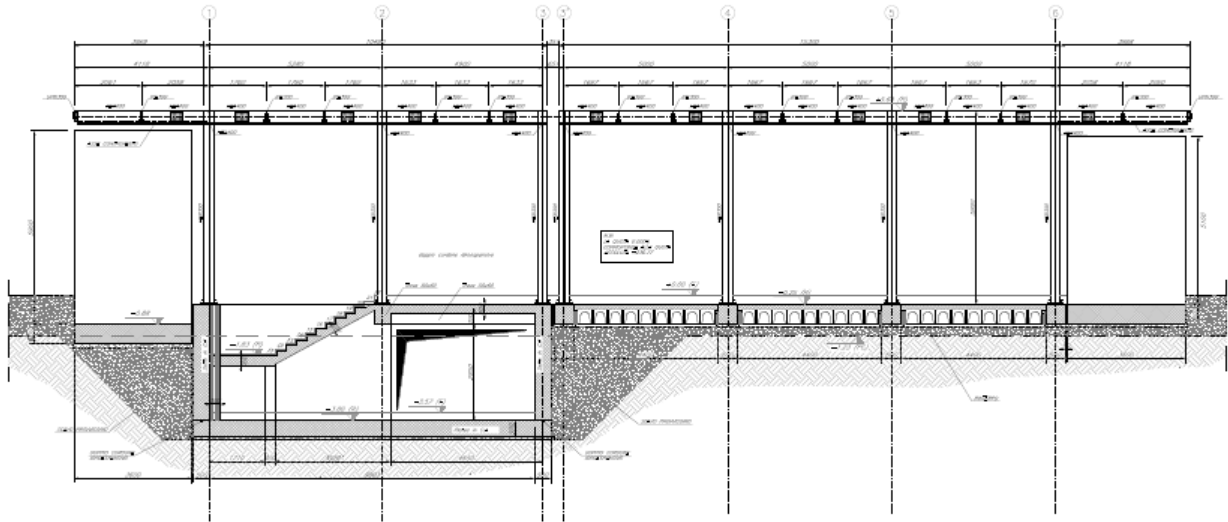


Figura 5.4 – Sezione A – A

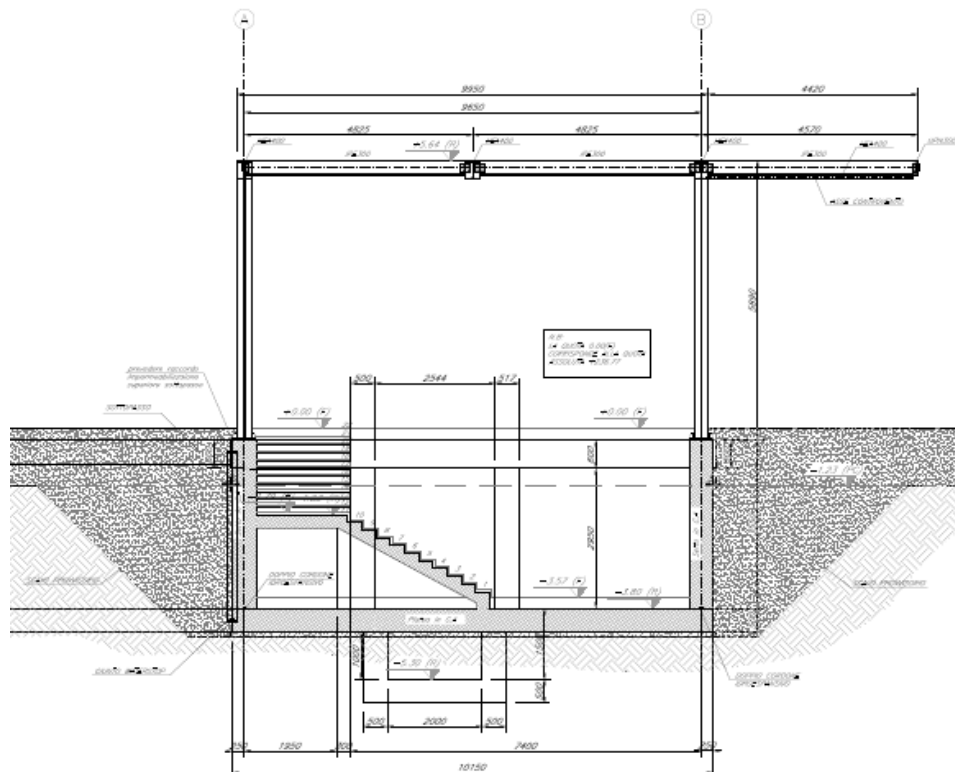



Figura 5.5 – Sezione C – C

|  | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| <p>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>16 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 16 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 16 DI 233 | | | | | | | | |

6 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

L'analisi della struttura è condotta con il programma agli elementi finiti SAP2000, seguendo quanto specificato dalle NTC 2018 al § 7.2.6.

6.1 Descrizione del fabbricato Est

Vengono realizzati due distinti modelli agli elementi finiti per l'individuazione delle sollecitazioni che interessano rispettivamente la struttura in elevazione e le fondazioni del fabbricato.

Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura in elevazione, viene realizzato un modello tridimensionale in cui sono inseriti gli elementi strutturali principali (travi, controventi e colonne modellati con elementi finiti monodimensionali tipo *frame*). In questo modello la fondazione non è rappresentata e le colonne sono vincolate alla base con un vincolo di tipo incastro. Lo schema statico prevede, in entrambi le direzioni, telai monodirezionali con travi incastrate in sommità dei pilastri.

Le tamponature e i solai non vengono modellati direttamente, ma sono rappresentati unicamente in termini di massa tramite elementi bidimensionali di rigidezza nulla; gli orizzontamenti non saranno considerati infinitamente rigidi nel loro piano (NTC 2018, § 7.2.6).

Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura in fondazione, viene creato un secondo modello in cui, al posto dei vincoli ideali, vengono inserite le travi di fondazione modellate con elementi di tipo *frame*. Le travi vengono vincolate con molle elastiche secondo la teoria di Winkler.

Il calcoli sono svolti assumendo per la struttura un comportamento 'Non Dissipativo'.

Nel modello di calcolo ai controventi è stata assegnata una rigidezza ridotta del 50% per tener conto dell'instabilità a compressione degli stessi. In fase di verifica, le azioni sollecitanti derivanti dal modello sono raddoppiate per tener conto del diagonale compresso.

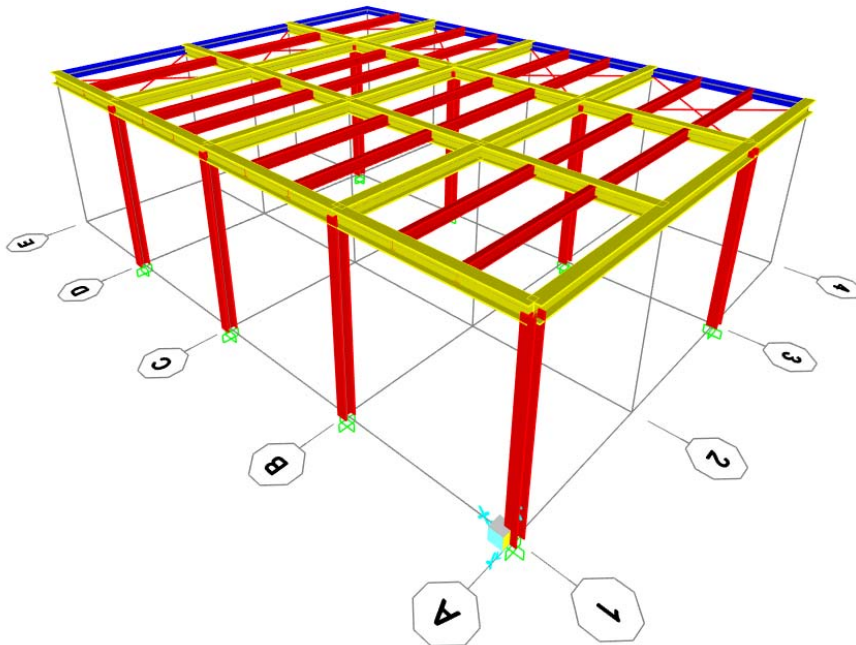


Figura 6.1 - Vista assometrica modello struttura in elevazione - elementi estrusi

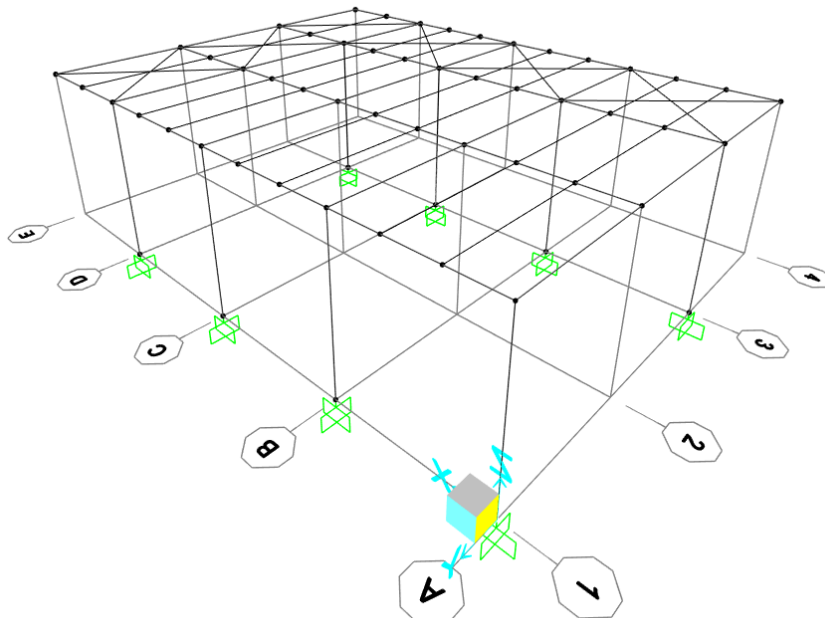


Figura 6.2 – Vista assometrica modello struttura in elevazione

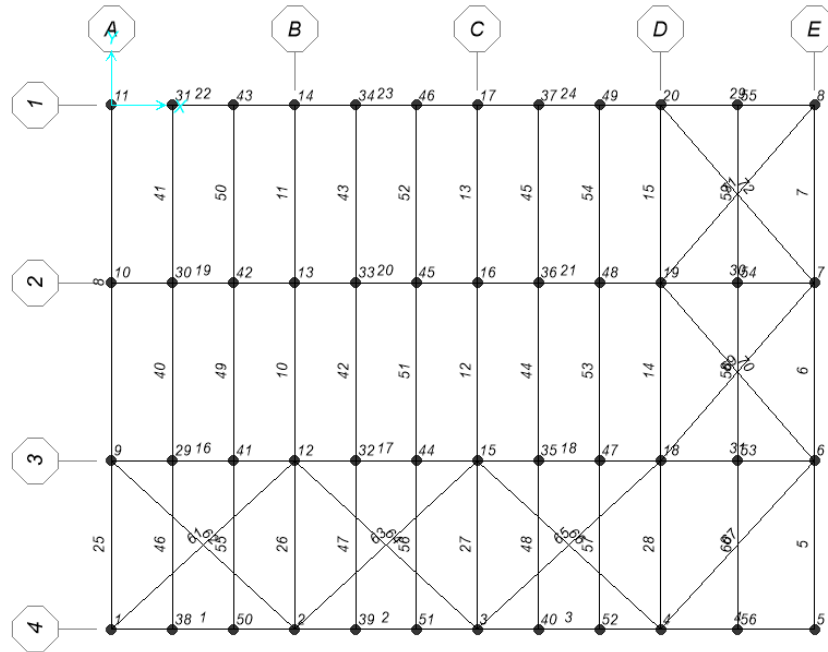


Figura 6.3 – Vista in pianta modello struttura in elevazione – Piano 1 $z = 5,5$ - numerazione elementi frame e joint

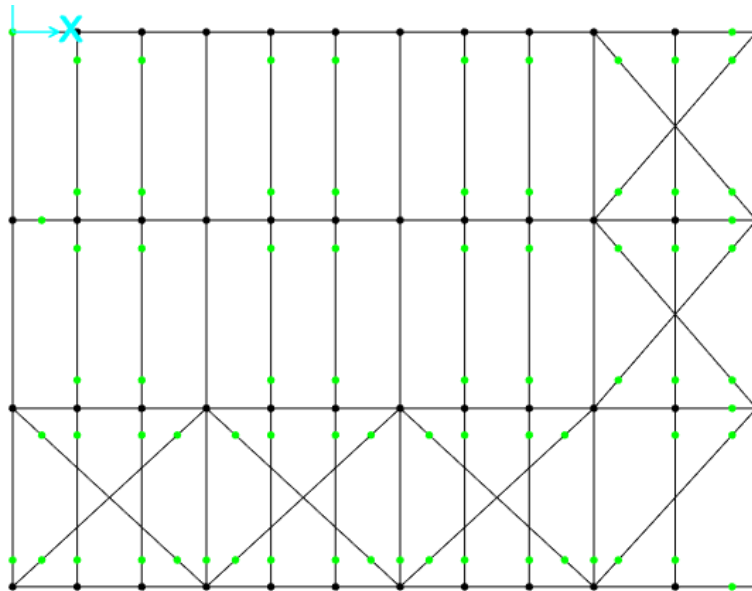


Figura 6.4 – Vista in pianta modello struttura in elevazione – Piano 1 $z = 5,5$ - rilasci

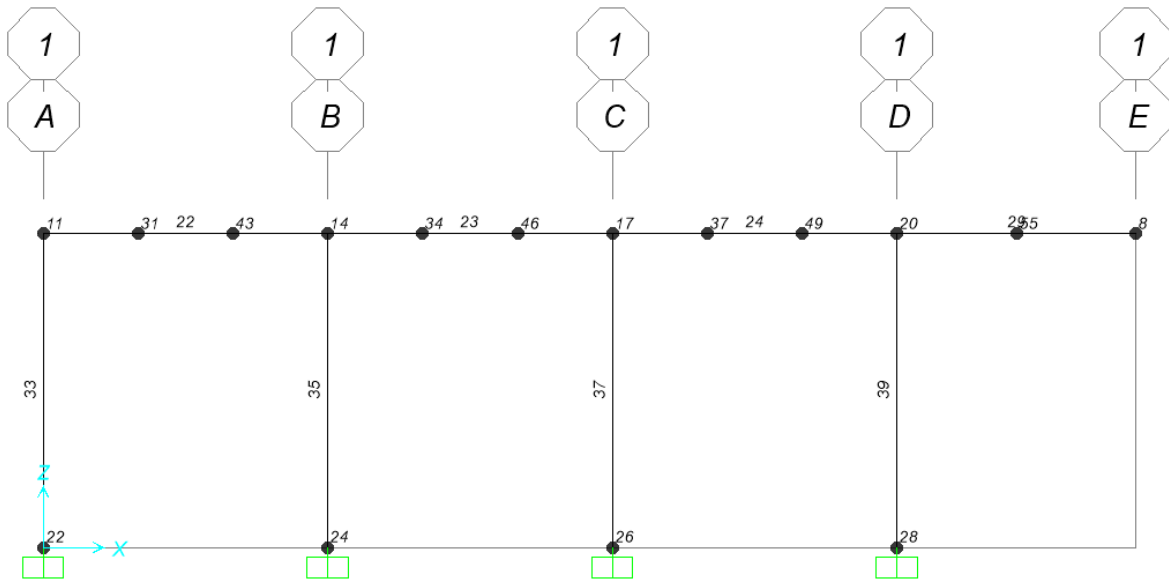


Figura 6.5 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 1 - numerazione elementi frame e joint

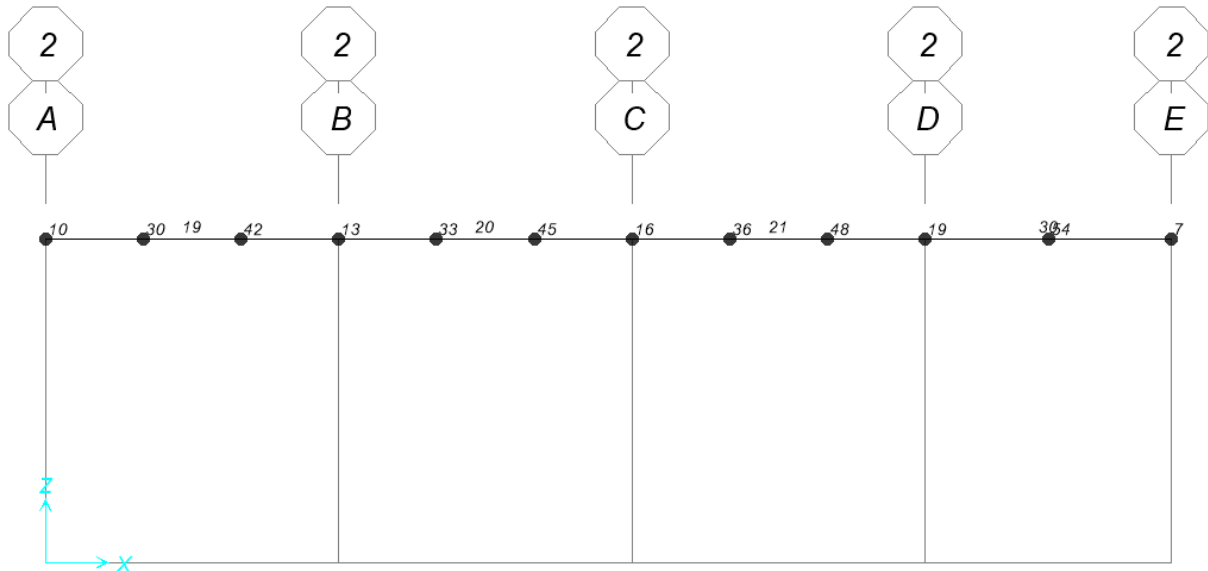


Figura 6.6 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 2 - numerazione elementi frame e joint

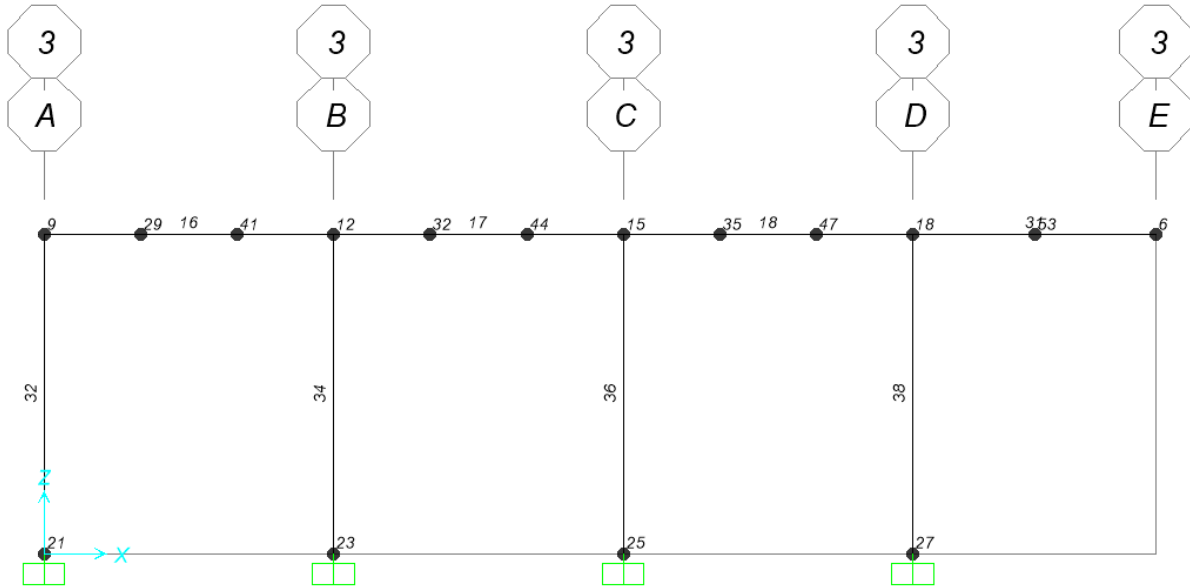


Figura 6.7 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 3 - numerazione elementi frame e joint

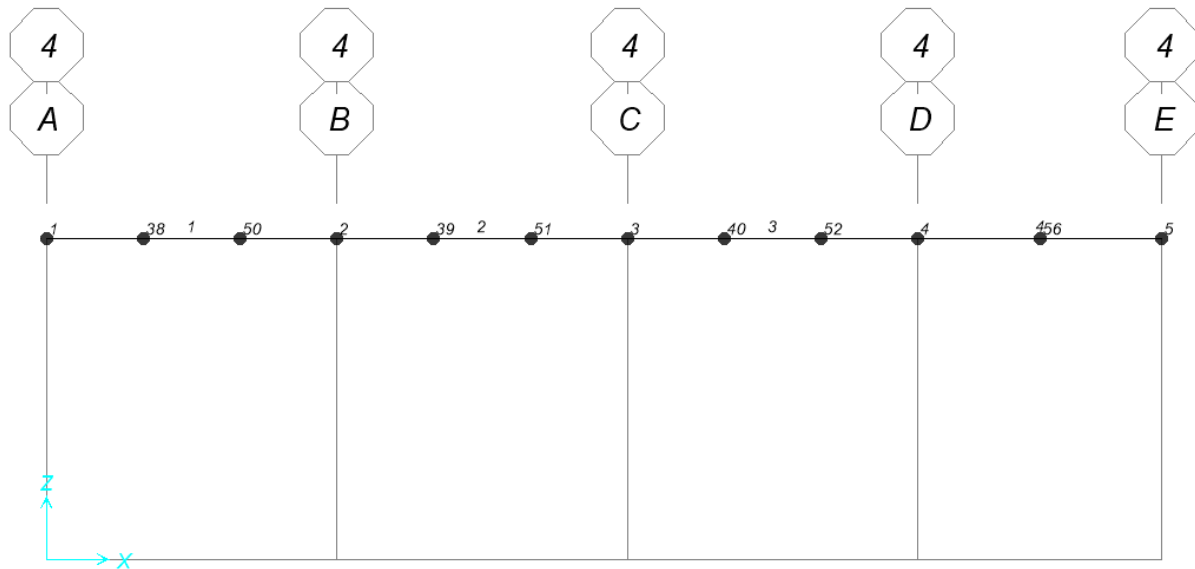


Figura 6.8 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 4 - numerazione elementi frame e joint

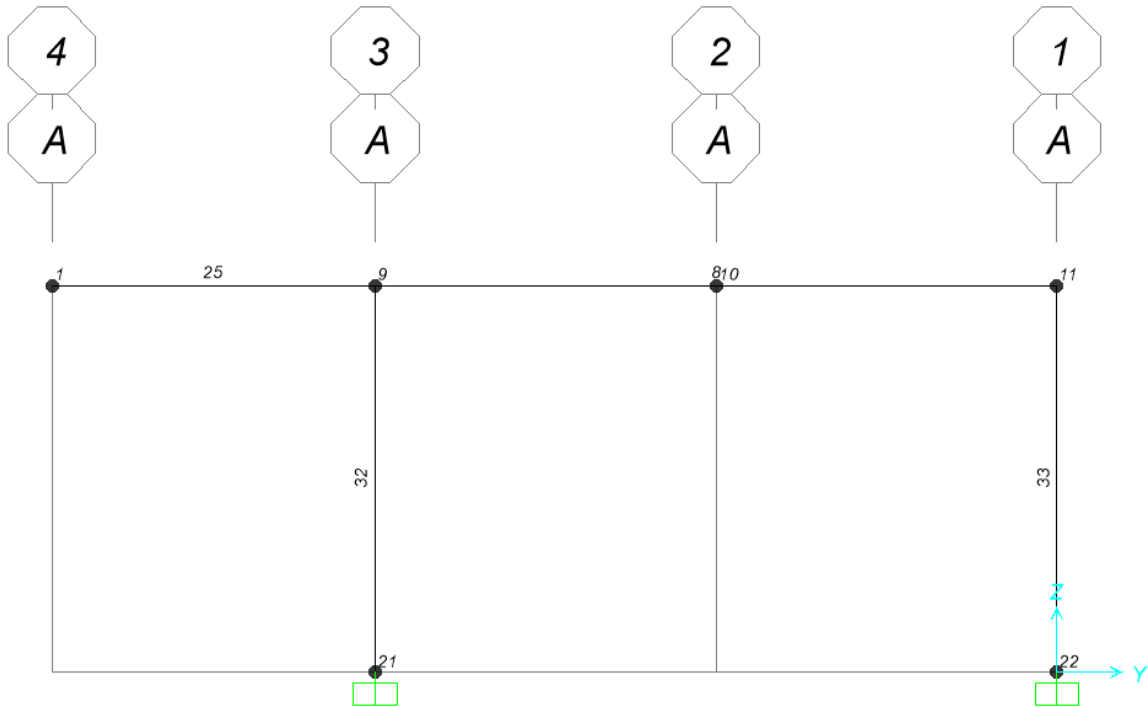


Figura 6.9 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo A - numerazione elementi frame e joint

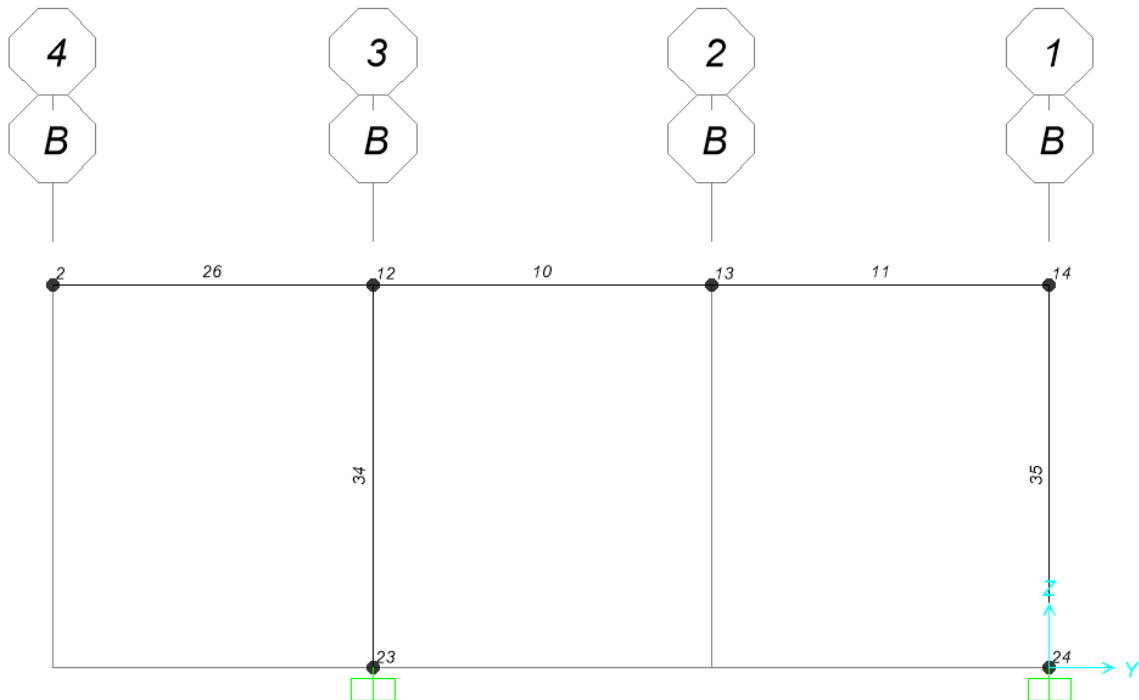


Figura 6.10 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo B - numerazione elementi frame e joint

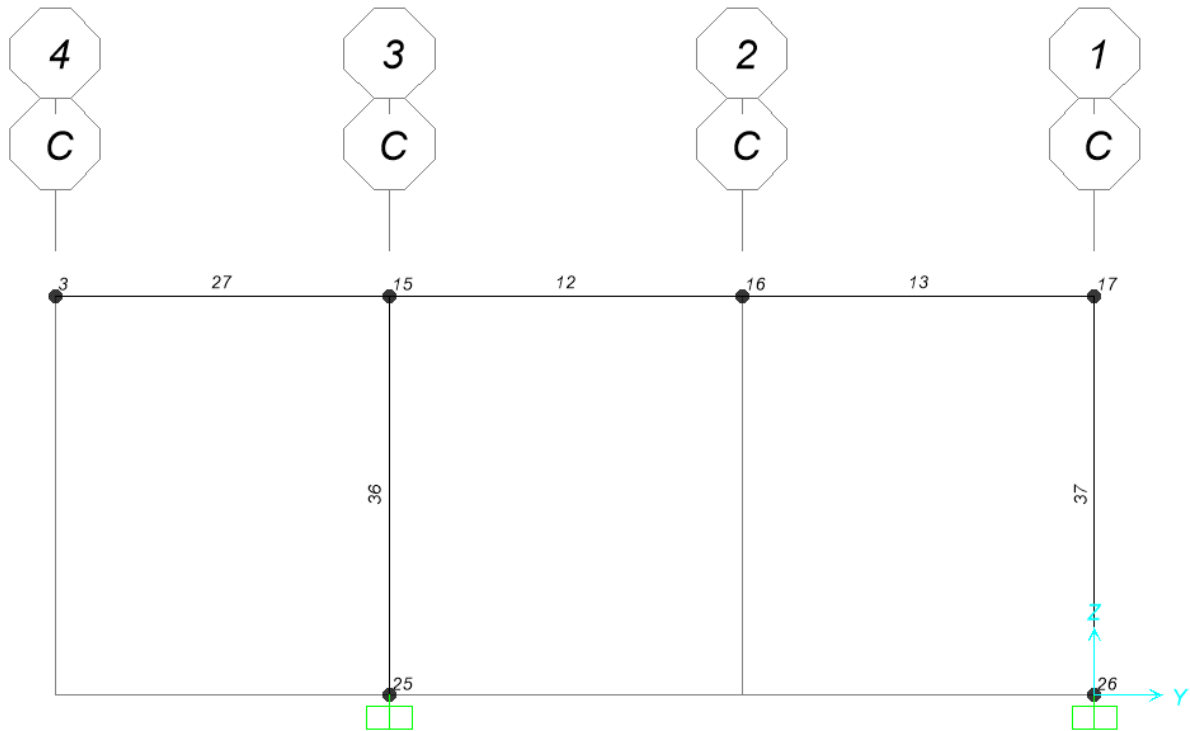


Figura 6.11 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo C - numerazione elementi frame e joint

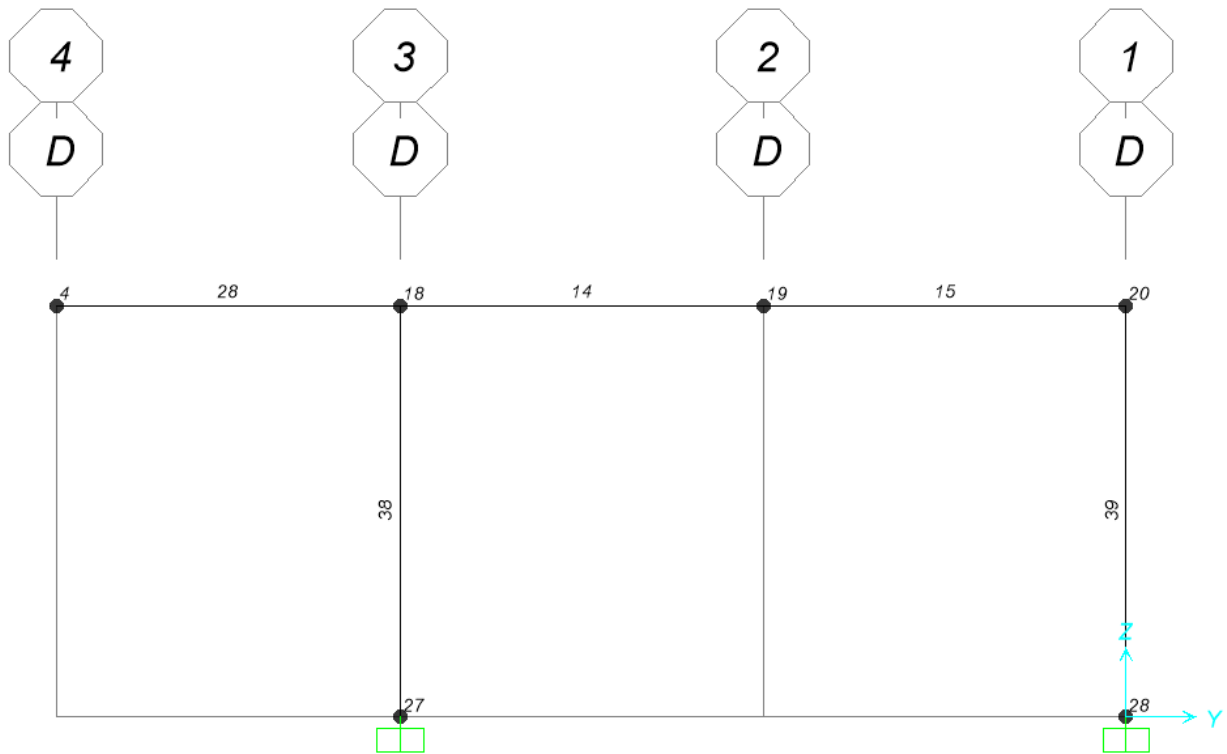


Figura 6.12 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo D - numerazione elementi frame e joint

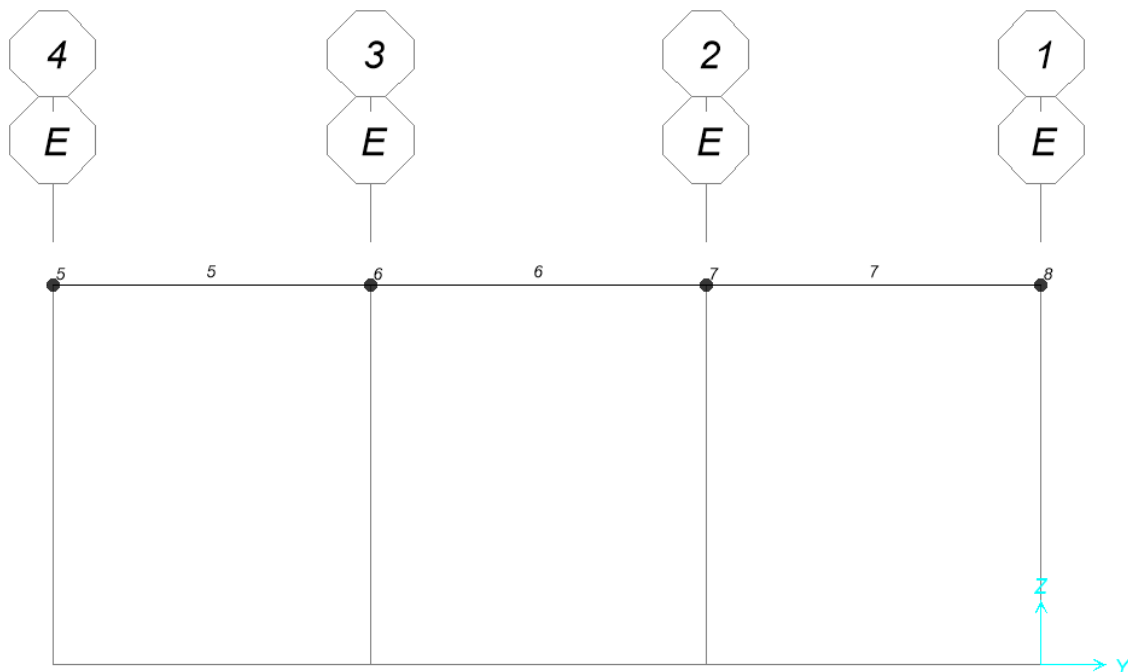


Figura 6.13 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo E - numerazione elementi frame e joint

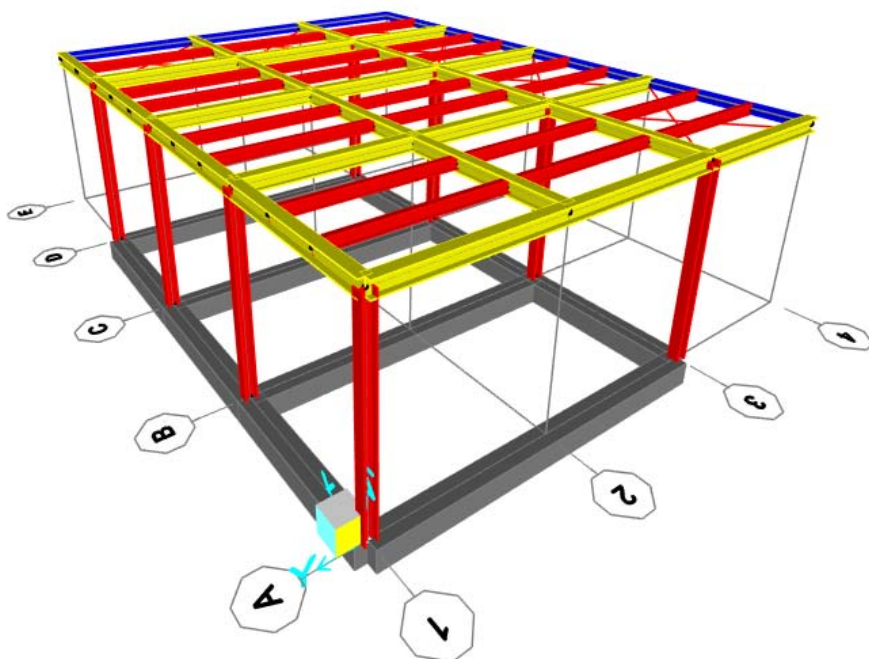


Figura 6.14 – Vista assonometrica modello struttura elevazione/fondazione

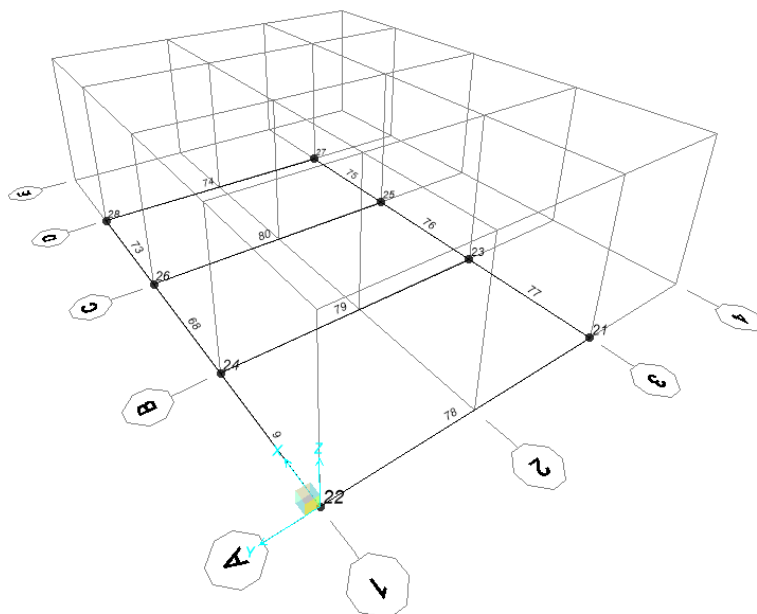


Figura 6.15 – Vista assonometrica modello struttura elevazione/fondazione - numerazione elementi

6.2 Descrizione del fabbricato Ovest

Vengono realizzati due distinti modelli agli elementi finiti per l'individuazione delle sollecitazioni che interessano rispettivamente la struttura in elevazione e le fondazioni del fabbricato.

Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura in elevazione, viene realizzato un modello tridimensionale in cui sono inseriti gli elementi strutturali principali (travi, controventi e colonne modellati con elementi finiti monodimensionali tipo *frame*). In questo modello la fondazione non è rappresentata e le colonne sono vincolate alla base con un vincolo di tipo incastro. Lo schema statico prevede, in entrambi le direzioni, telai monodirezionali con travi incastrate in sommità dei pilastri.

Le tamponature e i solai non vengono modellati direttamente, ma sono rappresentati unicamente in termini di massa tramite elementi bidimensionali di rigidezza nulla; gli orizzontamenti non saranno considerati infinitamente rigidi nel loro piano (NTC 2018, § 7.2.6).

Per individuare le sollecitazioni che interessano gli elementi della struttura in fondazione, viene creato un secondo modello in cui, al posto dei vincoli ideali, vengono inseriti i setti perimetrali, soletta di piano, travi, pilastri e platea. La platea viene vincolata con molle elastiche secondo la teoria di Winkler.

Il calcoli sono svolti assumendo per la struttura un comportamento 'Non Dissipativo'.

Nel modello di calcolo ai controventi è stata assegnata una rigidezza ridotta del 50% per tener conto dell'instabilità a compressione degli stessi. In fase di verifica, le azioni sollecitanti derivanti dal modello sono raddoppiate per tener conto del diagonale compresso.

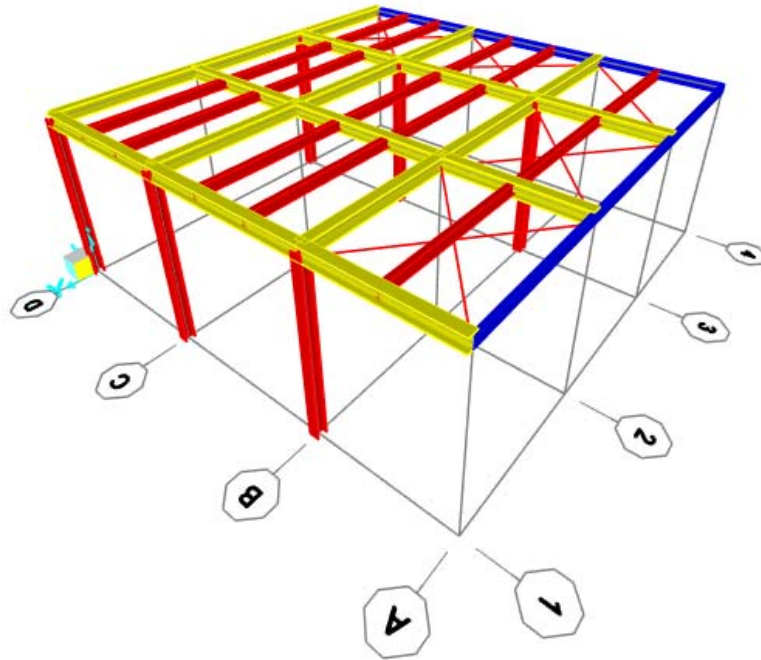


Figura 6.16 - Vista assonometrica modello struttura in elevazione - elementi estrusi

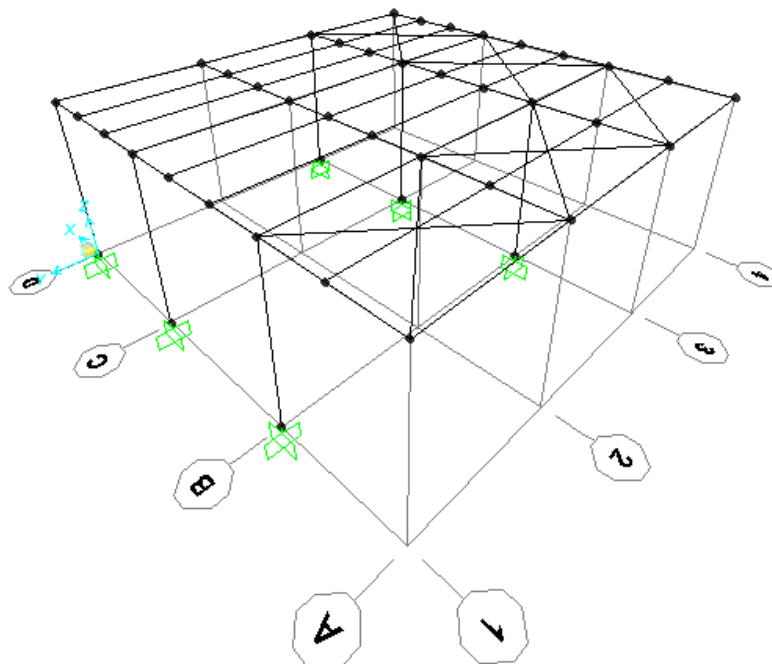


Figura 6.17 – Vista assonometrica modello struttura in elevazione

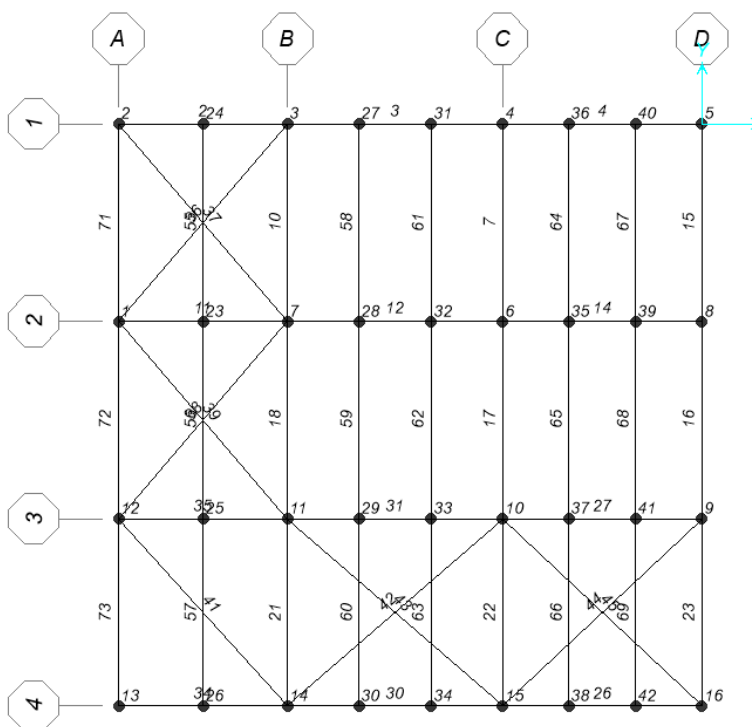


Figura 6.18 – Vista in pianta modello struttura in elevazione – Piano 1 z = 5,5 - numerazione elementi frame e joint

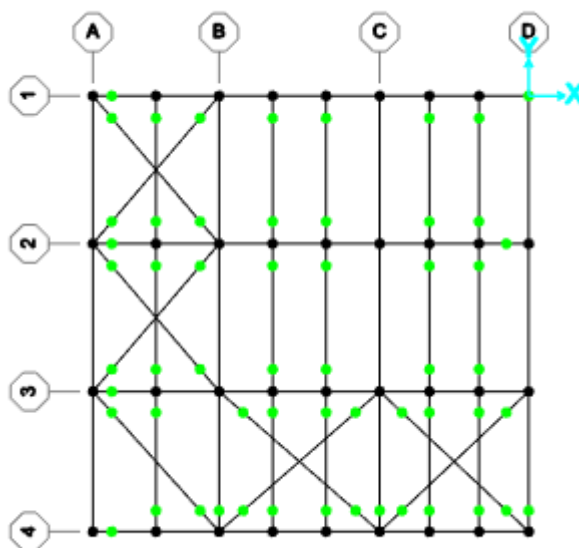


Figura 6.19 – Vista in pianta modello struttura in elevazione – Piano 1 z = 5,5 - rilasci

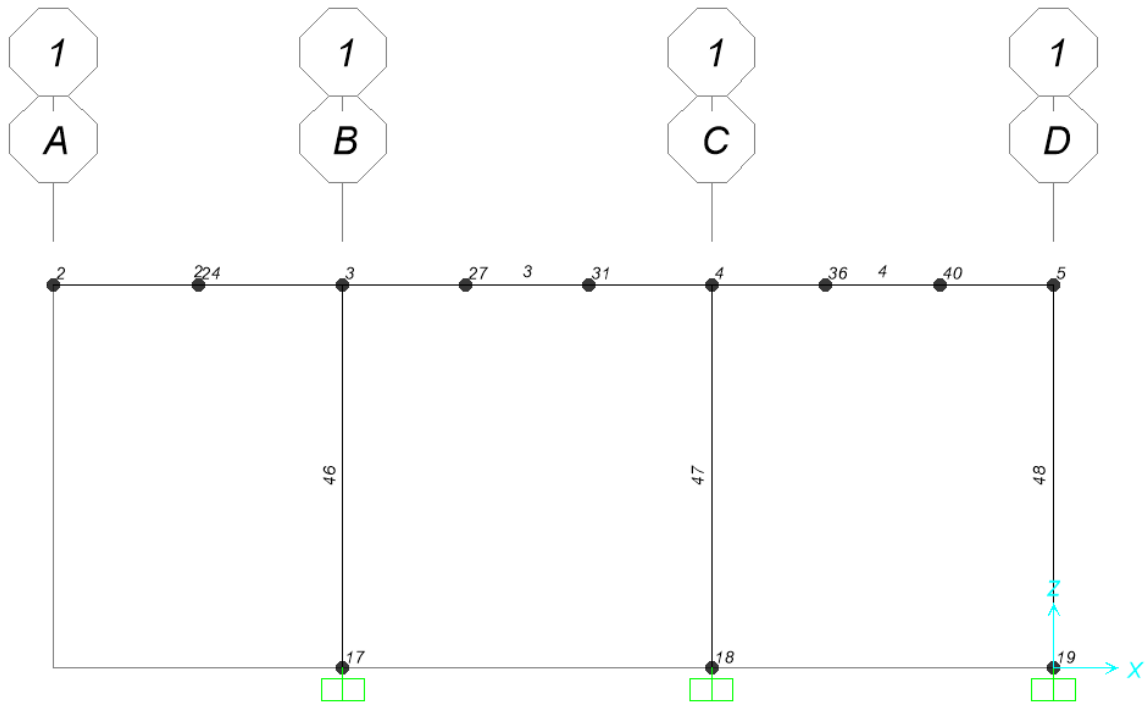


Figura 6.20 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 1 - numerazione elementi frame e joint

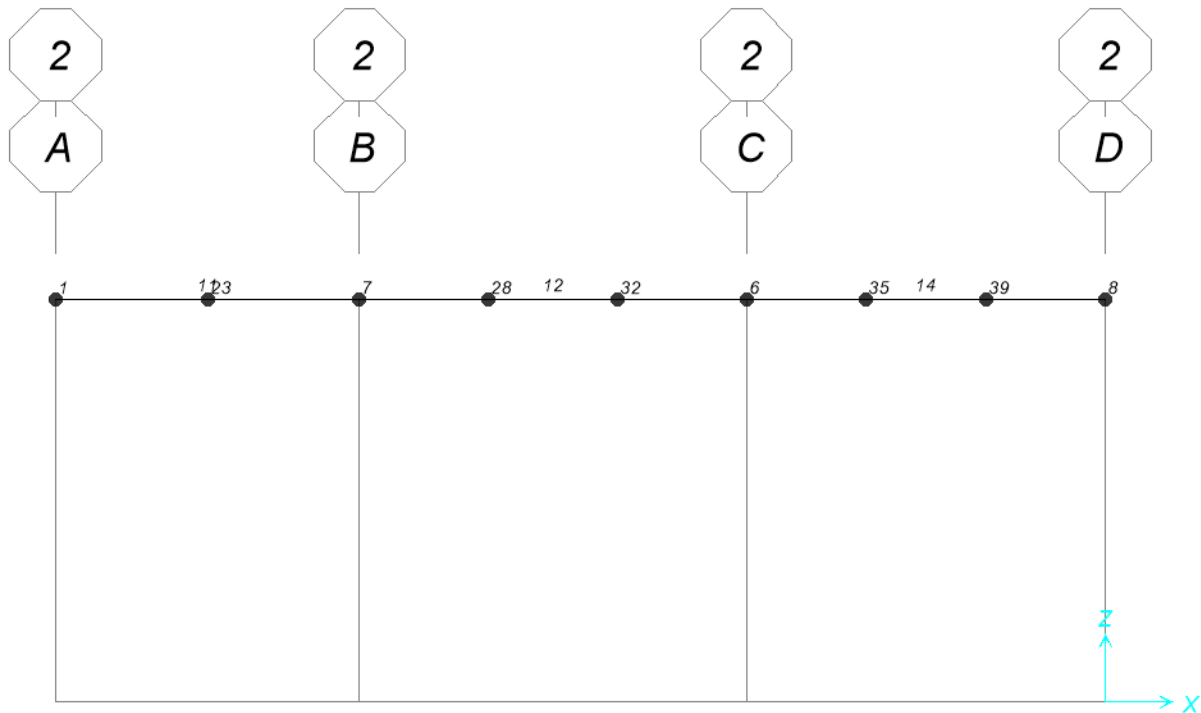


Figura 6.21 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 2 - numerazione elementi frame e joint

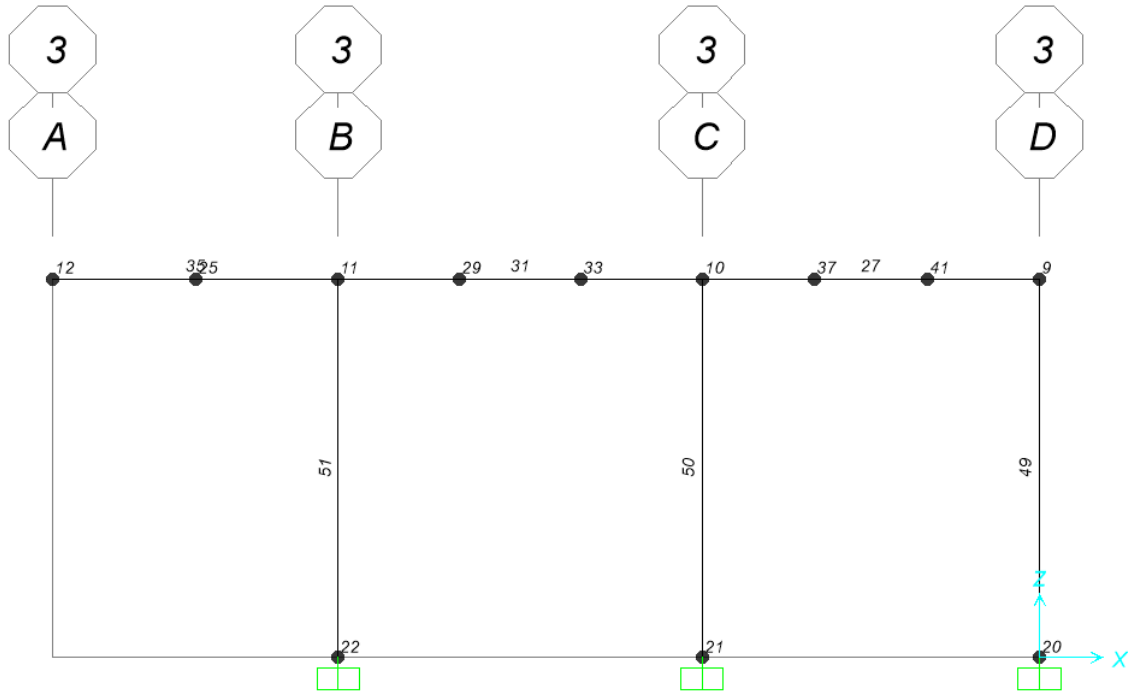


Figura 6.22 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 3 - numerazione elementi frame e joint

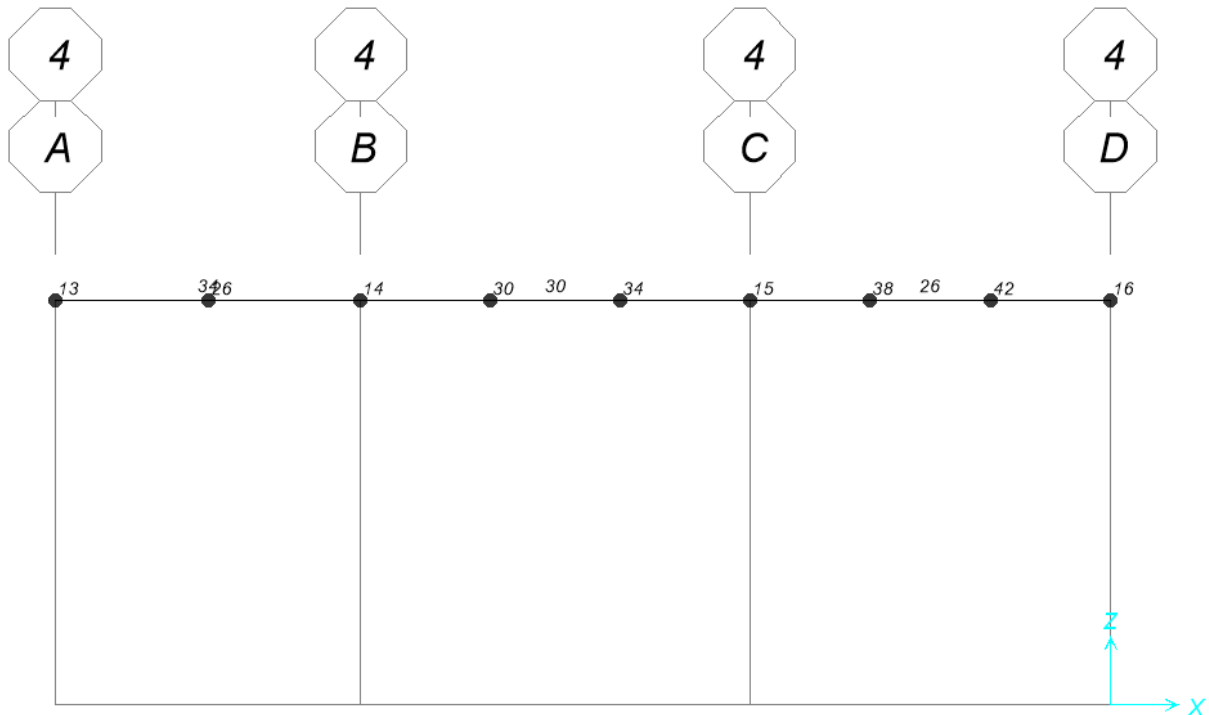


Figura 6.23 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo 4 - numerazione elementi frame e joint

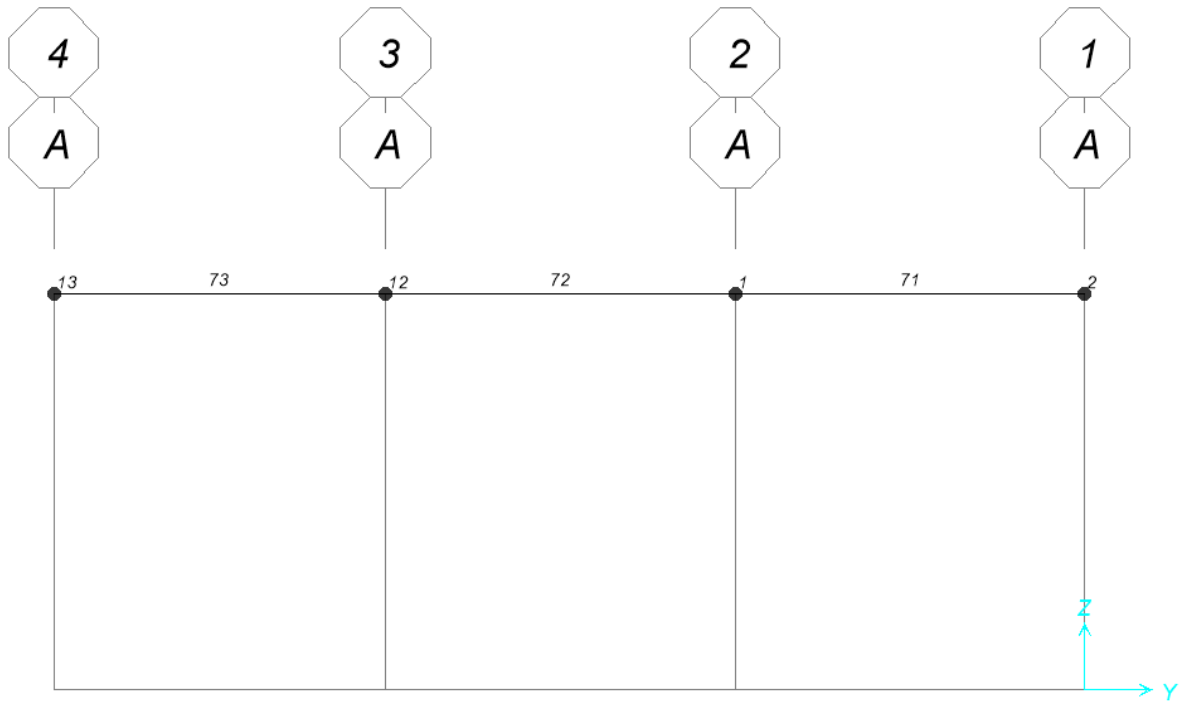


Figura 6.24 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo A - numerazione elementi frame e joint

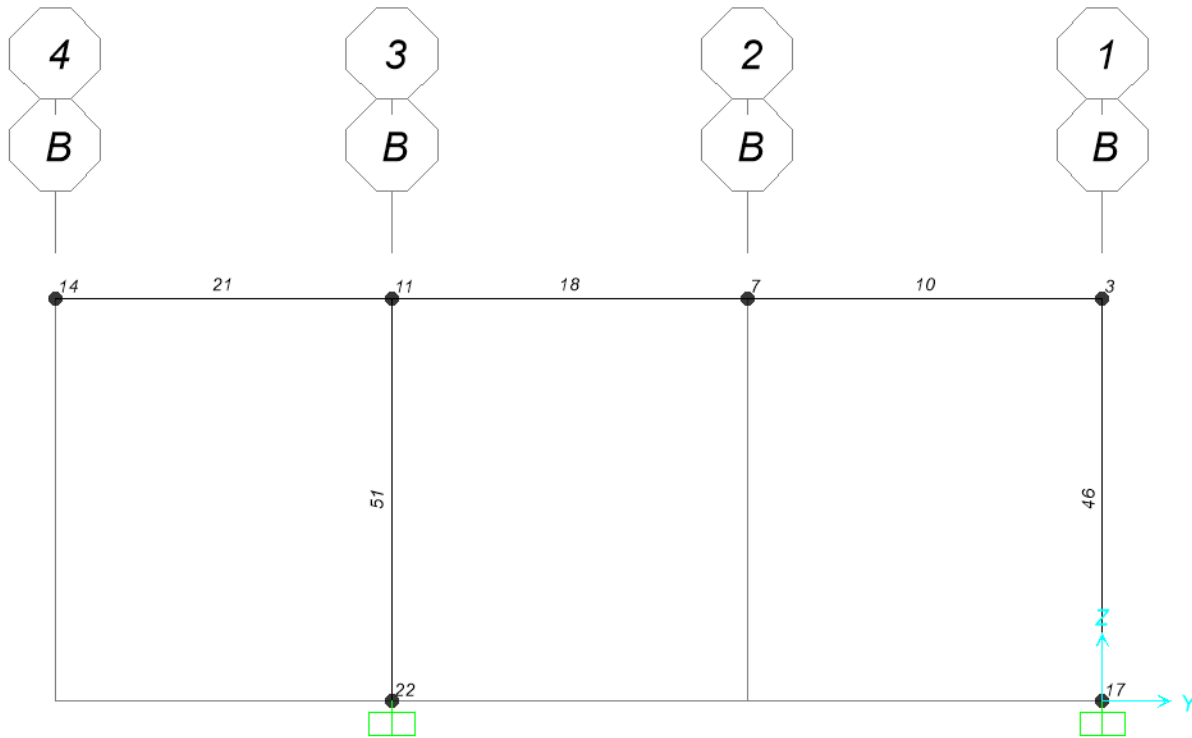


Figura 6.25 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo B - numerazione elementi frame e joint

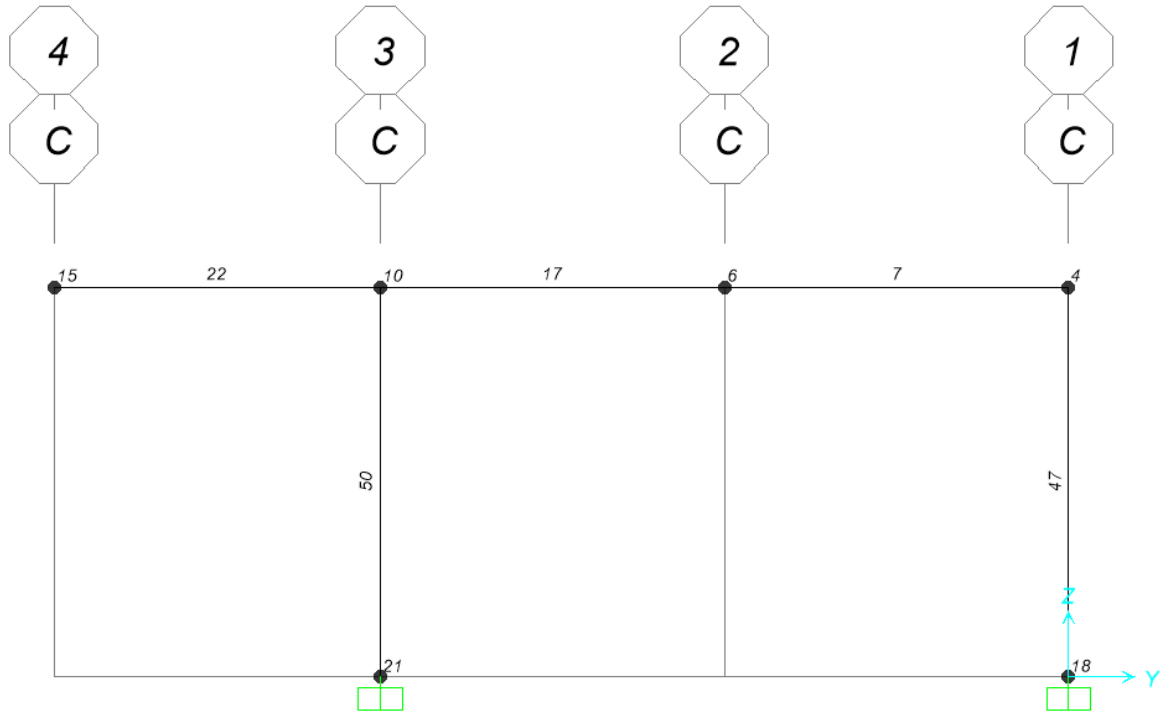


Figura 6.26 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo C - numerazione elementi frame e joint

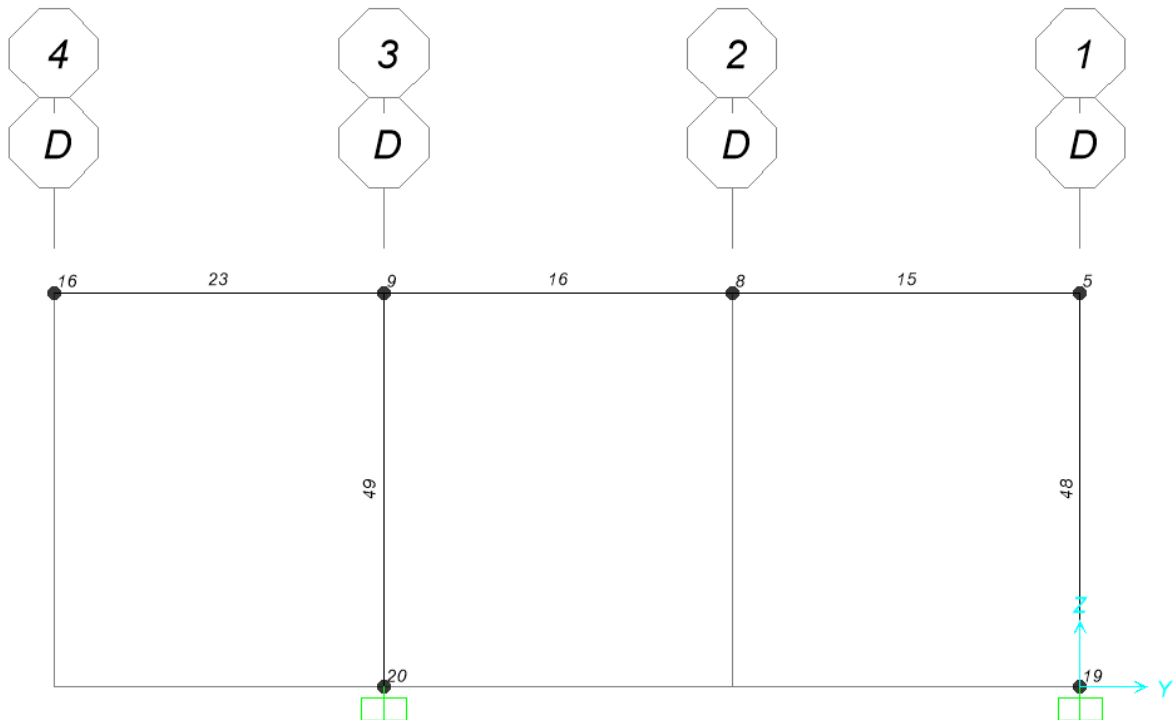


Figura 6.27 – Vista in sezione modello struttura in elevazione –Filo D - numerazione elementi frame e joint

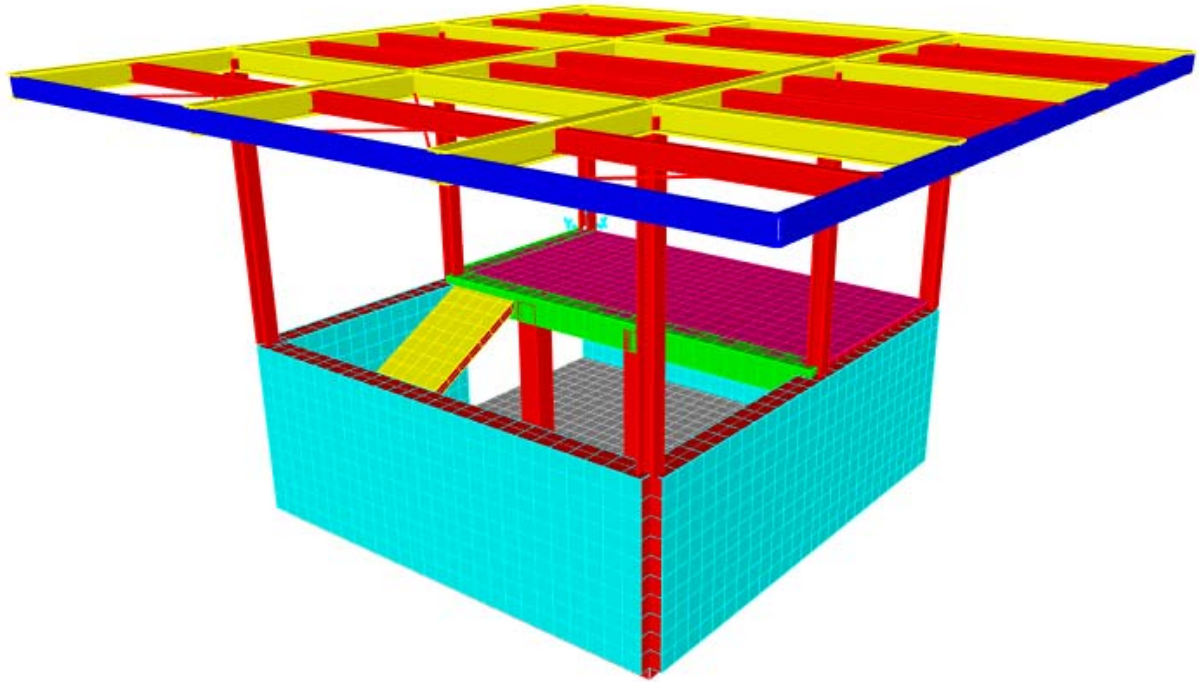


Figura 6.28 – Vista assometrica modello struttura elevazione/fondazione

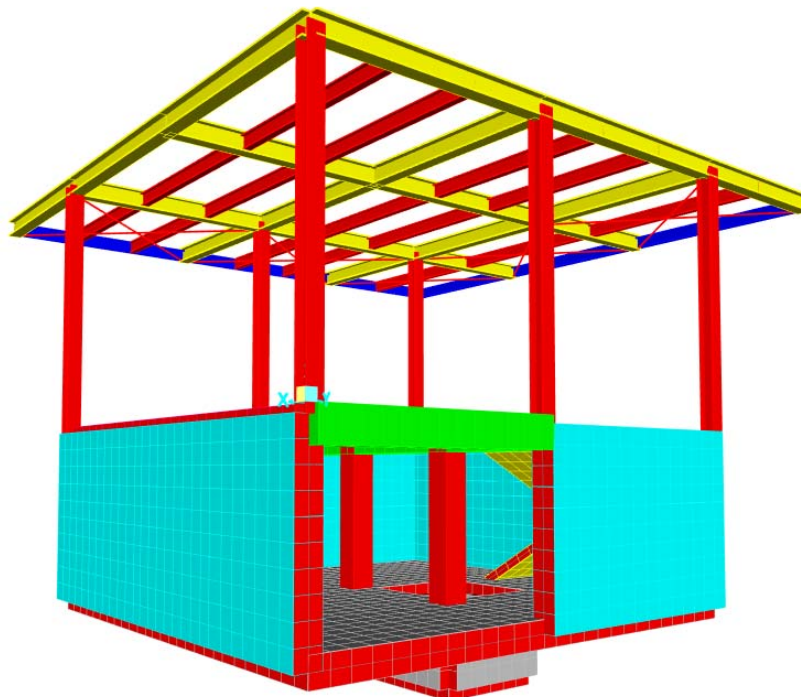


Figura 6.29 – Vista assometrica modello struttura elevazione/fondazione



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 32 DI 233 |

7 ANALISI MODALE

L'analisi modale consente di individuare i modi propri di vibrare della struttura, indipendentemente dalle forzanti che agiscono sulla stessa. Essa permette inoltre di conoscere, per ogni modo di vibrare della struttura, il periodo e la massa partecipante, ovvero la percentuale di massa attivata nella i-esima forma modale.

Secondo quanto riportato al § 7.3.3 delle NTC 2018, devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%.

7.1 Fabbricato Est

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| OutputCase | StepType | StepNum | Period | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ | SumRZ |
| Text | Text | Unitless | Sec | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| MODAL | Mode | 1 | 0.70 | 99.14% | 0.05% | 99.14% | 0.05% | 3.20% | 3.20% |
| MODAL | Mode | 2 | 0.59 | 0.31% | 17.60% | 99.45% | 17.64% | 77.75% | 80.95% |
| MODAL | Mode | 3 | 0.47 | 0.00% | 74.75% | 99.45% | 92.39% | 12.42% | 93.37% |
| MODAL | Mode | 4 | 0.40 | 0.00% | 1.97% | 99.46% | 94.36% | 0.00% | 93.37% |
| MODAL | Mode | 5 | 0.34 | 0.04% | 0.66% | 99.50% | 95.03% | 4.85% | 98.22% |
| MODAL | Mode | 6 | 0.28 | 0.00% | 4.22% | 99.50% | 99.24% | 0.19% | 98.41% |
| MODAL | Mode | 7 | 0.25 | 0.00% | 0.07% | 99.50% | 99.31% | 0.14% | 98.55% |
| MODAL | Mode | 8 | 0.24 | 0.06% | 0.02% | 99.56% | 99.33% | 0.00% | 98.55% |
| MODAL | Mode | 9 | 0.22 | 0.31% | 0.04% | 99.86% | 99.36% | 0.44% | 98.99% |
| MODAL | Mode | 10 | 0.21 | 0.09% | 0.18% | 99.95% | 99.54% | 0.63% | 99.62% |

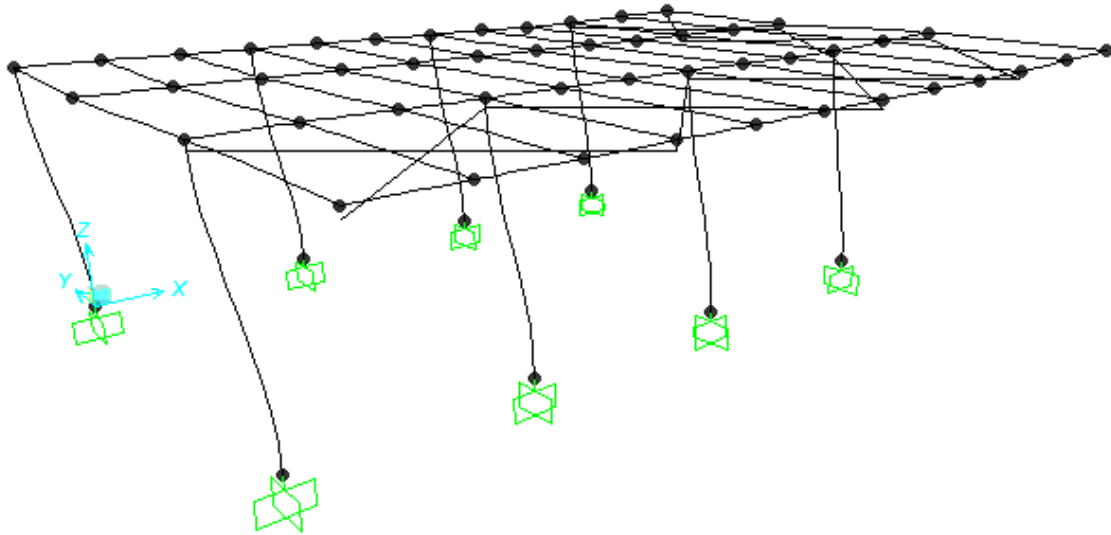


Figura 7.1 – Modo 1

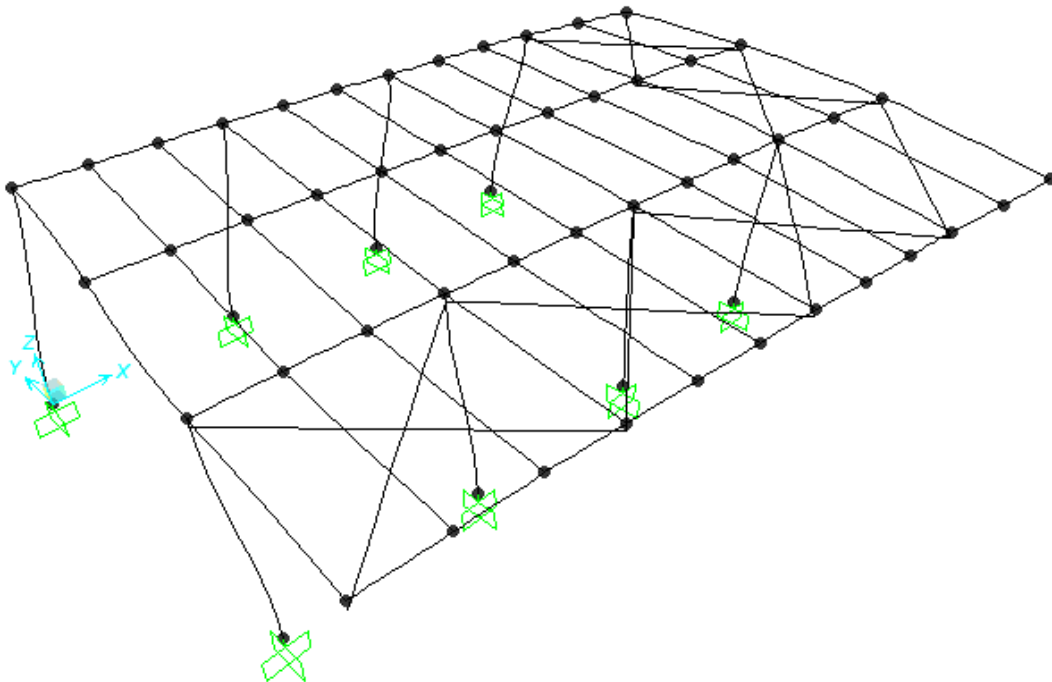
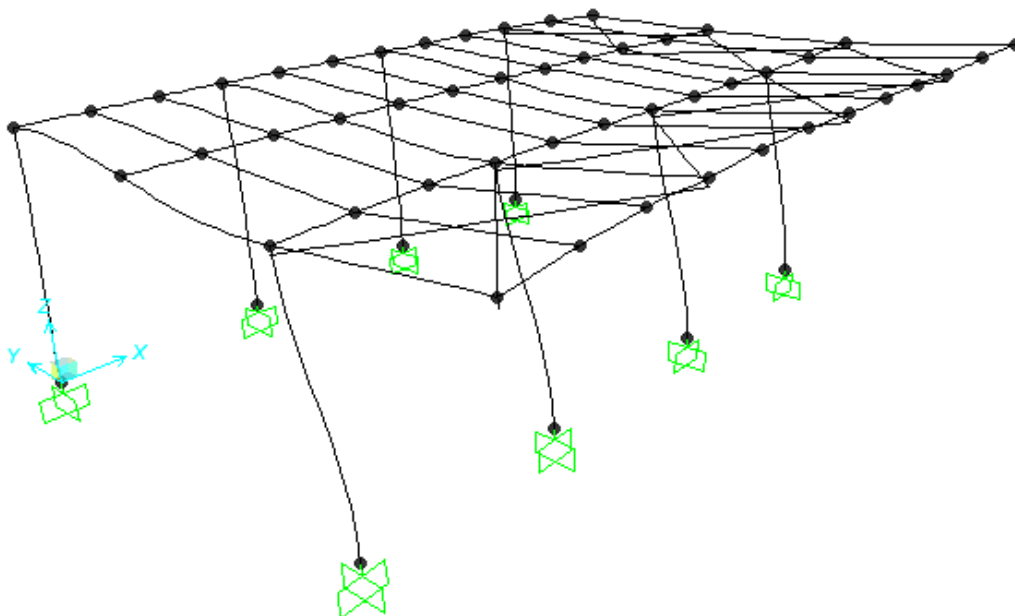


Figura 7.2 – Modo 2


Figura 7.3 – Modo 3


7.2 Analisi di buckling

C4.2.3.4 EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI

Nel § 4.2.3.4 delle NTC si stabilisce che l'analisi globale della struttura può essere eseguita con la teoria del primo ordine quando il moltiplicatore dei carichi α_{cr} che induce l'instabilità della struttura è maggiore o uguale a 10, se si esegue un'analisi elastica, o a 15, se si esegue un'analisi plastica.

Il coefficiente α_{cr} è il minimo fattore del quale devono essere incrementati i carichi applicati alla struttura per causare il primo fenomeno di instabilità elastica globale, ovvero che coinvolge l'intera struttura. Tali valori possono essere ottenuti da apposite analisi elastiche (o di "buckling") condotte in genere utilizzando programmi di calcolo strutturale od apposite procedure numeriche.

Nel caso particolare risulta $\alpha_{cr} = 18 > 15$. Pertanto gli effetti del secondo ordine possono essere trascurati.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

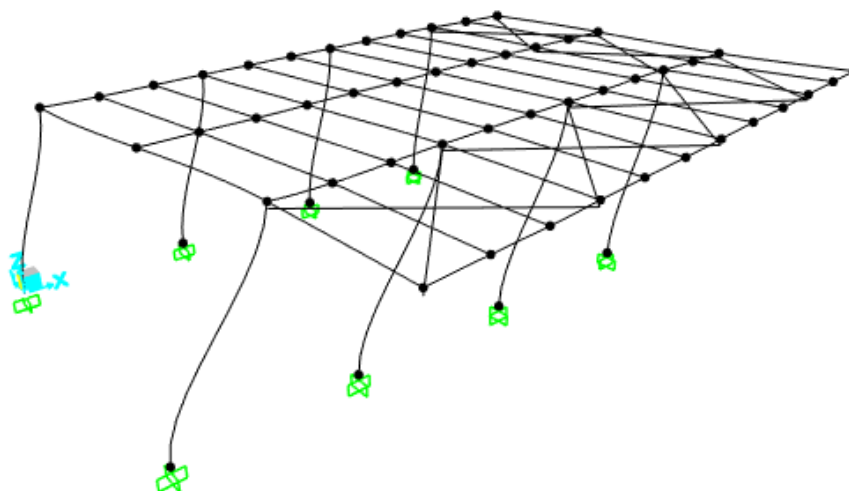


Figura 7.4 – Modo 1 – Buckling $\alpha_{cr} = 18$

7.3 Fabbricato Ovest

Si riportano di seguito la tabella riassuntiva di periodo e masse partecipanti relative ai primi dieci modi di vibrare e le immagini relative ai primi tre modi di vibrare della struttura.

| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| OutputCase | StepType | StepNum | Period | UX | UY | SumUX | SumUY | RZ | SumRZ |
| Text | Text | Unitless | Sec | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| MODAL | Mode | 1 | 0.70 | 96.02% | 0.49% | 96.02% | 0.49% | 9.39% | 9.39% |
| MODAL | Mode | 2 | 0.62 | 3.35% | 18.26% | 99.38% | 18.75% | 72.57% | 81.96% |
| MODAL | Mode | 3 | 0.48 | 0.05% | 44.06% | 99.43% | 62.81% | 11.86% | 93.82% |
| MODAL | Mode | 4 | 0.45 | 0.02% | 27.23% | 99.45% | 90.04% | 2.12% | 95.94% |
| MODAL | Mode | 5 | 0.36 | 0.00% | 6.80% | 99.45% | 96.84% | 0.15% | 96.09% |
| MODAL | Mode | 6 | 0.32 | 0.01% | 0.14% | 99.46% | 96.98% | 0.31% | 96.40% |
| MODAL | Mode | 7 | 0.30 | 0.02% | 2.28% | 99.48% | 99.26% | 2.93% | 99.34% |
| MODAL | Mode | 8 | 0.26 | 0.04% | 0.00% | 99.52% | 99.26% | 0.01% | 99.35% |
| MODAL | Mode | 9 | 0.21 | 0.37% | 0.11% | 99.88% | 99.36% | 0.09% | 99.44% |
| MODAL | Mode | 10 | 0.20 | 0.05% | 0.16% | 99.93% | 99.52% | 0.06% | 99.50% |

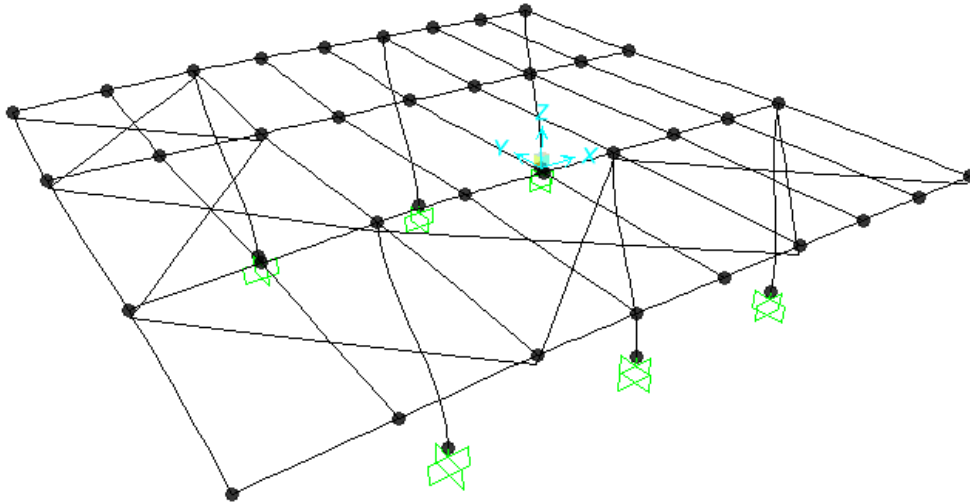


Figura 7.5 – Modo 1

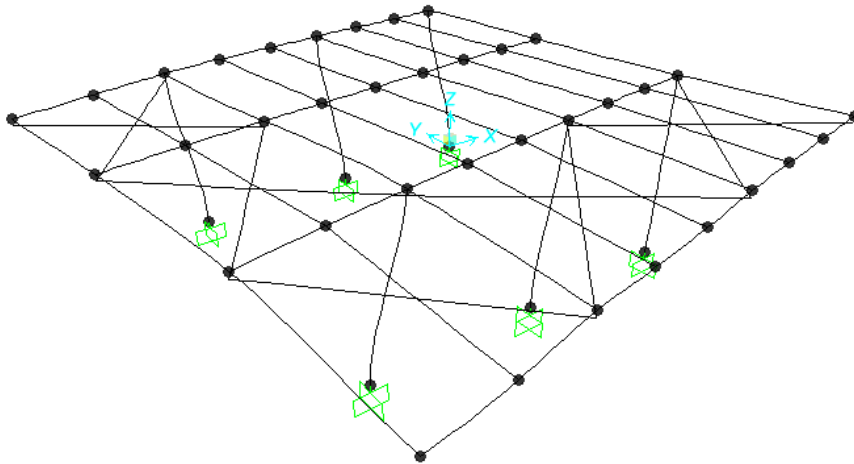



Figura 7.6 – Modo 2

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

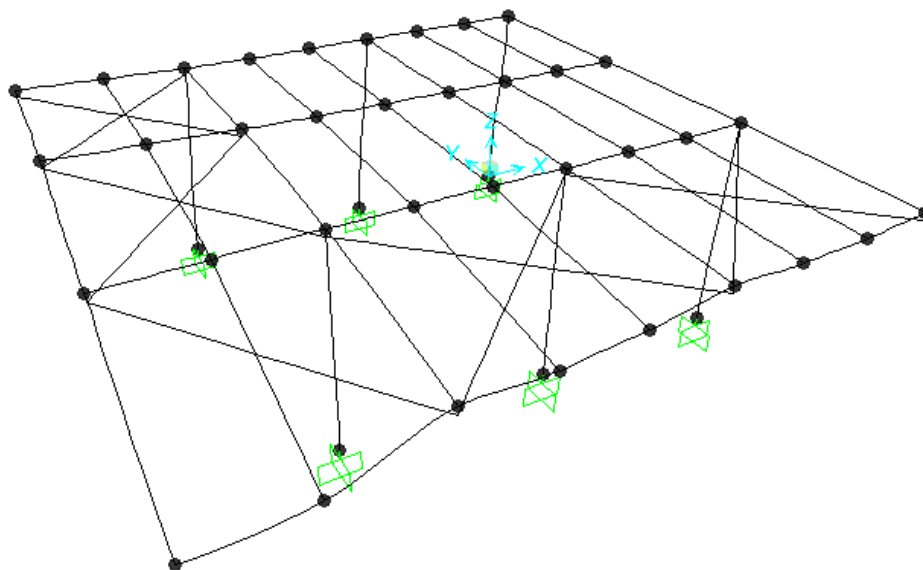


Figura 7.7 – Modo 3

7.4 Analisi di buckling

C4.2.3.4 EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI

Nel § 4.2.3.4 delle NTC si stabilisce che l'analisi globale della struttura può essere eseguita con la teoria del primo ordine quando il moltiplicatore dei carichi α_{cr} che induce l'instabilità della struttura è maggiore o uguale a 10, se si esegue un'analisi elastica, o a 15, se si esegue un'analisi plastica.

Il coefficiente α_{cr} è il minimo fattore del quale devono essere incrementati i carichi applicati alla struttura per causare il primo fenomeno di instabilità elastica globale, ovvero che coinvolge l'intera struttura. Tali valori possono essere ottenuti da apposite analisi elastiche (o di "buckling") condotte in genere utilizzando programmi di calcolo strutturale od apposite procedure numeriche.

Nel caso particolare risulta $\alpha_{cr} = 18 > 15$. Pertanto gli effetti del secondo ordine possono essere trascurati.

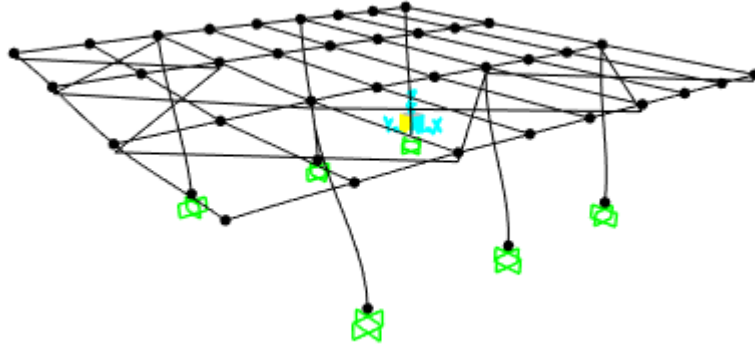



Figura 7.8 – Modo 1 – Buckling $\alpha_{cr} = 18$

|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>39 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 39 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 39 DI 233 | | | | | | | | |

8 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC 2018, sono state considerate agenti sulla struttura diverse condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali. Per il calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali è stato impiegato il programma di calcolo SAP2000.

8.1 Peso Proprio degli Elementi Strutturali

Il peso degli elementi strutturali modellati (travi, colonne) viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato, assumendo $\gamma_s = 78,5 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{cls} = 25,0 \text{ kN/m}^3$.

8.2 Carichi Permanenti Non Strutturali

- Tamponatura Esterna

Per le chiusure esterne in vetro si assume un peso di 100 kg/mq.

Per le chiusure esterne in vibrocemento si assume un peso di 698 kg/mq.

- Copertura

La copertura è così composta:

- Profili a C per creazione pendenze: 25 kg/mq
- lamiera grecata (sp.10/10): 15 kg/mq
- Isolante (lana di roccia) SP.10 cm: 1 kg/mq
- Lamiera acciaio preverniciato, sistema Roofplanet o similare: 16 kg/mq
- Pannelli fotovoltaici in copertura: 25 kg/mq
- Linee vita: 10 kg/mq
- Controsoffitto: 30 kg/mq

Il totale è pari a circa 130 kg/mq. Nel calcolo si adotterà 2.0 kN/mq.

- Piano terra

- 2cm gres: 50 kg/mq
 - 2cm malta: 40 kg/mq
 - 6cm massetto+rete e.s. : 150 kg/mq
 - barriera vapore: 2 kg/mq
 - 5cm isolante: 5 kg/mq
 - 10cm alleggerimento (misto granulometrico) : 160 kg/mq
- Totale 25 cm

Il totale è pari a circa 410 kg/mq. Nel calcolo si adotterà 4.3 kN/mq

**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 40 DI 233 |

- Piano interrato
 - 2cm piastrelle in cemento: 50 kg/mq
 - 2cm malta: 40 kg/mq
 - 6cm massetto+rete e.s. : 150 kg/mq
 - barriera vapore: 2 kg/mq
 - 5cm isolante: 5 kg/mq
 - 10cm alleggerimento (misto granulometrico) : 160 kg/mqTotale 25 cm

Il totale è pari a circa 410 kg/mq. Nel calcolo si adotterà 4.3 kN/mq
Inoltre il peso dell'ascensore viene considerato pari ad 1 ton=10kN.

- Scala
 - 2cm gres: 50 kg/mq
 - 2cm malta: 40 kg/mqTotale 4 cm
- Gradino in c.a: 200 kg/mq

Il totale è pari a circa 290 kg/mq. Nel calcolo si adotterà 4.0 kN/mq

8.3 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (G2)

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\Phi' = 26^\circ$ ed un peso di volume $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidità dello scatolare, utilizzando la formula $K_0 = 1 - \sin \Phi'$, per cui si ottiene un valore di $K_0 = 0.56$.


8.4 Sovrappinta del terreno in fase sismica

La sovra spinta in fase sismica viene valutata tramite la Teoria di Wood:

$$\Delta P = a_g * S * \gamma * H$$

8.5 Carichi Variabili

| | Categoria | Denominazione | Q _k [kN/m ²] |
|-------------------------------------|--|----------------|--|
| Solaio di Copertura | Categoria H1 - Coperture Accessibili per sola Manutenzione | Q _H | 1,0 |
| Solaio Piano terra, interrato scala | Categoria C5 - Aree suscettibili di grandi affollamenti | Q _c | 5,0 |

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

8.6 Effetto dei sovraccarichi sul terreno circostante

Per il la parte interrata del corpo ovest vengono presi in considerazione anche un carico variabile di 5 kPa e l'effetto dello scarico della fondazione del corpo est come sovrappinta sulla parete adiacente. Tali condizioni di carico non influiscono sul dimensionamento dello scatolare, come dimostrato al §13.1.3.

8.7 Azione della Neve

L'azione della neve è stata valutata in conformità alle prescrizioni contenute nelle NTC 2018. Di seguito viene riportato il dettaglio del calcolo.

Regione: Lombardia Provincia: Bergamo Comune: Bergamo

| | | | |
|---|--|--|---|
| ● | Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza. | $q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |
| ○ | Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese. | $q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |
| ○ | Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona. | $q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |
| ○ | Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Catanisetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo. | $q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ | $a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$ |

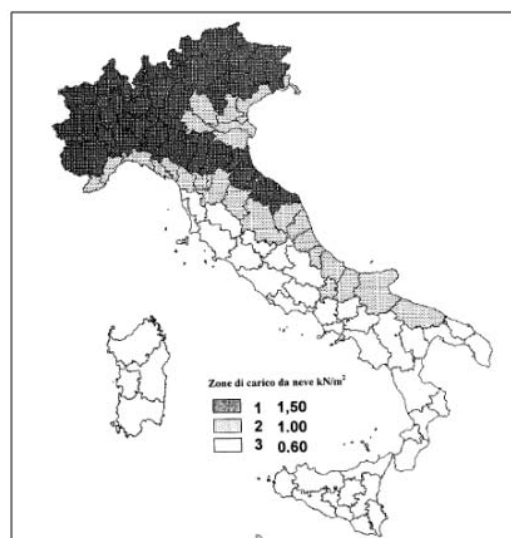
| |
|---|
| q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$ μ_i (coefficiente di forma) q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) C_E (coefficiente di esposizione) C_t (coefficiente termico) |
|---|

Valore caratteristico della neve al suolo

| | |
|---|------|
| a_s (altitudine sul livello del mare [m]) | 250 |
| q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq]) | 1.55 |

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.



Coefficiente di esposizione

| Topografia | Descrizione | C _E |
|------------|---|----------------|
| Normale | Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi. | 1 |

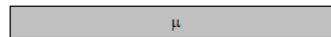
Valore del carico della neve al suolo

| | |
|---|------|
| q _s (carico della neve al suolo [kN/mq]) | 1.55 |
|---|------|

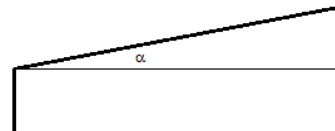
Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

| | |
|----------------------------|---|
| α (inclinazione falda [°]) | 0 |
|----------------------------|---|

1.24 kN/mq



| | |
|---|-----|
| μ | 0.8 |
|---|-----|



8.8 Azione del Vento

L'azione del vento è stata valutata in conformità con le prescrizioni contenute nelle NTC 2018. Di seguito viene riportato il dettaglio del calcolo.

Regione: Lombardia Provincia: Bergamo Comune: Bergamo

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

| | | | |
|--|------------------------|--------------------|----------------------|
| Zona | v _{b,0} [m/s] | a ₀ [m] | k _s [1/s] |
| 1 | 25 | 1000 | 0.01 |
| a _s (altitudine sul livello del mare [m]) | 250 | | |
| T _R (Tempo di ritorno) | 75 | | |
| v _b = v _{b,0} per a _s ≤ a ₀ | | | |
| v _b = v _{b,0} + k _s (a _s - a ₀) per a ₀ < a _s ≤ 1500 m | | | |
| v _b (T _R = 50 [m/s]) | 25.000 | | |
| α _R (T _R) | 1.02346 | | |
| v _b (T _R) = v _b × α _R [m/s] | 25.586 | | |

| |
|--|
| p (pressione del vento [N/mq]) = q _b c _e c _p c _d |
| q _b (pressione cinetica di riferimento [N/mq]) |
| c _e (coefficiente di esposizione) |
| c _p (coefficiente di forma) |
| c _d (coefficiente dinamico) |



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

| | |
|-----------------------|--------|
| q _b [N/mq] | 409.17 |
|-----------------------|--------|

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto surelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

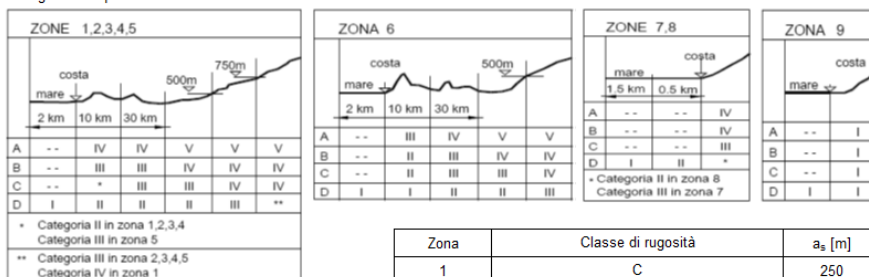
| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 43 DI 233 |

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

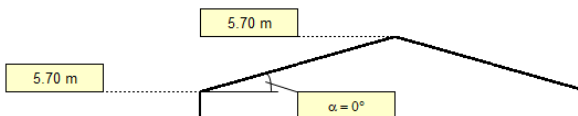
Categoria di esposizione



$C_e(z) = k_z^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0)$ [7+c_t·ln(z/z₀)] per z ≥ z_{min}
 $C_e(z) = C_e(z_{min})$ per z < z_{min}

| Cat. Esposiz. | k _r | z ₀ [m] | z _{min} [m] | c _t |
|---------------|----------------|--------------------|----------------------|----------------|
| III | 0.2 | 0.1 | 5 | 1 |

| z [m] | C _e |
|---------|----------------|
| z ≤ 5 | 1.708 |
| z = 5.7 | 1.786 |
| z = 5.7 | 1.786 |



Per il calcolo di C_{pi} si fa riferimento a:

C3.3.8.5 PRESSIONI INTERNE

Le pressioni interne agli edifici dipendono dalla superficie delle aperture che questi presentano verso l'esterno. Si possono verificare i tre casi seguenti:

Caso 1

Se per almeno due facce dell'edificio l'area totale delle aperture presenti su ciascuna faccia supera il 30% della superficie totale della faccia stessa si applicano le prescrizioni riportate nel § C3.3.8.2 (tettoie).

Caso 2

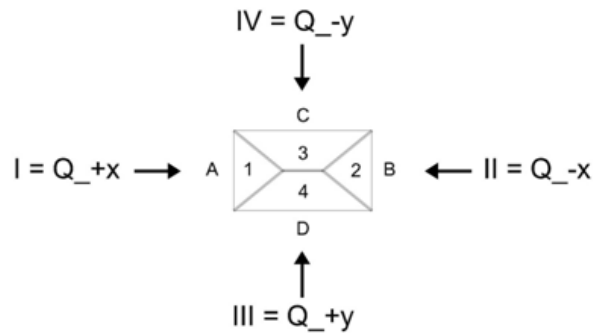
Se l'edificio non rientra nel caso precedente, ma presenta una superficie dotata di un'area totale di aperture pari ad almeno il doppio della somma delle aree delle aperture presenti sulle rimanenti superfici, il coefficiente di pressione interna C_{pi} è pari a 0,75·C_{pe}; se invece l'area delle aperture presenti su detta superficie è pari ad almeno il triplo dell'area delle aperture presenti sulle rimanenti superfici, il coefficiente di pressione interna C_{pi} è pari a 0,90·C_{pe}.

L'altezza di riferimento \bar{z} è pari all'altezza di riferimento \bar{z} relativa alla superficie dominante.

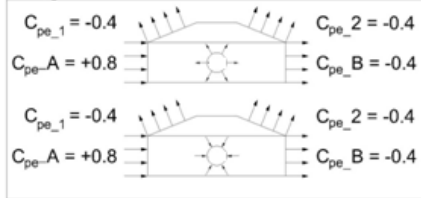
Caso 3

Se l'edificio non rientra in nessuno dei casi precedenti, ma è dotato di porosità distribuita in maniera circa uniforme, in assenza di determinazioni più dettagliate, per le quali si farà riferimento a documenti di comprovata validità, si possono assumere i valori C_{pi} = +0,2 e C_{pe} = -0,3, considerando il caso che di volta in volta conduce alla situazione maggiormente gravosa.

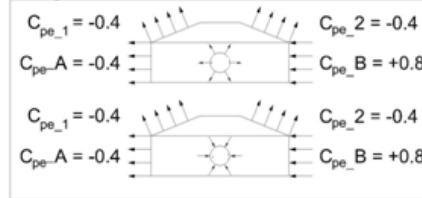
Per considerare le condizioni più gravose indotte dal carico vento sui diversi elementi strutturali, si fa riferimento alle configurazioni riportate nella figura seguente, che considerano 4 scenari a seconda che il vento spiri in direzione ±X o ±Y e per ciascuno di essi valutano le differenti combinazioni possibili di Coefficiente di Forma interno e esterno su ogni facciata lambita.



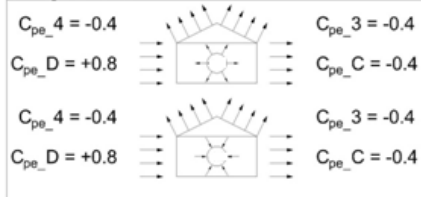
Configurazione I



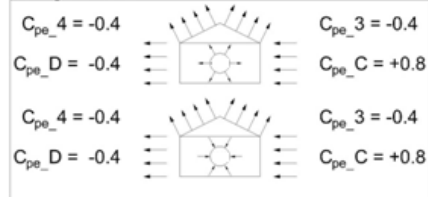
Configurazione II



Configurazione III



Configurazione IV



L'azione in copertura viene considerata come di seguito specificato.

8.9 Azione del Vento in copertura

I valori dei coefficienti di forza sono valutati secondo C3.3.8.1.2 “Coperure piane”:

C3.3.8.1.2 Coperture piane

Si considerano piane le coperture la cui inclinazione sull’orizzontale sia compresa tra -5° e $+5^\circ$. L’altezza di riferimento z_e per le coperture piane è pari alla quota massima della copertura stessa, inclusa la presenza dei parapetti e di altri analoghi elementi. I coefficienti globali c_{pe} da assumere sulle coperture di un edificio a pianta rettangolare sono riportati in Figura C3.3.5 e in Tabella C3.3.III.

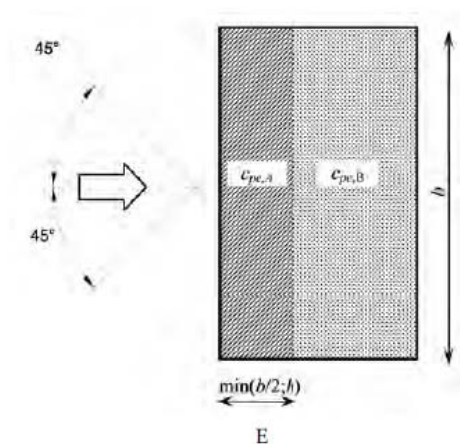



Figura C3.3.5 - Schema di riferimento per coperture piane

Tabella C3.3.III - Edifici rettangolari: c_{pe} per coperture piane.

| | |
|--|-----------------------|
| Fascia sopravento di profondità pari al minimo tra $b/2$ e h : | $c_{pe,A} = -0,80$ |
| Restanti zone | $c_{pe,B} = \pm 0,20$ |

L’azione verticale di sollevamento ($C_p < 0$) risulta favorevole pertanto viene trascurata. Si utilizzerà solo il $C_{pB} = +0.2$ con pressione rivolta verso il basso.

|  | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|------------|----------|-----------|------|--------|------|----|---------|------------|---|-----------|
| <p>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>46 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 46 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 46 DI 233 | | | | | | | | |

8.10 Azione Termica

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 al § 3.5.5, nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente uniforme di variazione termica ΔT_u , esprimibile come segue:


$$\Delta T_u = T - T_0$$

in cui:

T = Temperatura media attuale

T_0 = Temperatura iniziale alla data della costruzione T_0 .

Il valore di ΔT_u può essere ricavato dalla Tabella 3.5.II della stessa norma e per costruzioni in acciaio può essere assunto pari a $\pm 25^\circ\text{C}$.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

8.11 Azione Sismica

8.11.1 Struttura in elevazione

Nell'analisi dinamica lineare di un edificio soggetto a sisma l'azione sismica è rappresentata dallo spettro di risposta di progetto. La definizione di quest'ultimo avviene direttamente all'interno del software SAP2000, il quale fornisce gli spettri di risposta di riferimento per la verifica allo SLO, SLD e SLV, determinati conformemente a quanto prescritto dalla norma.

Per fornire gli spettri richiesti, il software richiede l'inserimento di alcuni parametri caratteristici della struttura in esame e del sito in cui si trova. In particolare, oltre alle coordinate geografiche, il programma richiede di specificare la Vita Nominale V_N dell'edificio e il suo Coefficiente d'Uso C_U , al fine di poter calcolare il periodo di riferimento dell'azione sismica $V_R = V_N * C_U$

Per la definizione della **Vita Nominale** da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di un'infrastruttura ferroviaria si rimanda alla Tabella 2.5.1.1.1-1 *Vita Nominale delle infrastrutture ferroviarie* contenuta nel "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – PARTE 2 SEZIONE II – Ponti e Strutture" (RFI DTC SI PS MA IFS 001 C) e di seguito riportata.


| TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾ | Vita Nominale V_N [Anni] ⁽¹⁾ |
|--|--|
| OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h) | 50 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h | 75 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h | 100 |
| OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m | ≥ 100 ⁽²⁾ |
| (1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. | |
| (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE. | |

Tab. 2.5.1.1.1-1 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

Figura 8.1 – RFI DTC SI PS MA IFS 001 C - Tabella 2.5.1.1.1-1 Vita Nominale delle infrastrutture ferroviarie

L'oggetto della presente relazione rientra nell'ambito di "opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14/01/2008 a velocità convenzionale ($V < 250$ km/h)", dunque le strutture di progetto avranno vita nominale $V_N = 50$ anni.

Il valore del Coefficiente d'Uso C_U varia in relazione alla **Classe d'Uso** dell'edificio, come riportato nella Tabella 2.4.II delle NTC 2018 (Figura 8.2). Le NTC 2018 prevedono quattro diverse Classi d'Uso; per la

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

struttura in esame si fa riferimento alla *Classe III*, alla quale corrisponde un Coefficiente d'Uso C_U pari a 1,5.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

| | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| CLASSE D'USO | I | II | III | IV |
| COEFFICIENTE C_U | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Figura 8.2 – NTC 2018, Coefficiente d'Uso degli edifici

È inoltre necessario precisare la **Categoria di Sottosuolo** e la **Categoria Topografica** cui appartiene il sito in esame; queste informazioni sono reperibili dalla relazione geotecnica, che prescrive l'assunzione di una Categoria di Sottosuolo C e una Categoria Topografica T_1 .

Per la determinazione dello spettro di risposta di progetto è anche necessario precisare il valore adottato per il **Fattore di Comportamento q** nell'ambito di ciascuno stato limite considerato. Secondo quanto riportato al § 7.3 delle NTC 2018, nel caso di analisi lineare, infatti, la domanda sismica per le strutture può essere ridotta utilizzando un opportuno fattore di comportamento q, che tiene implicitamente conto della capacità dissipativa delle stesse. I valori attribuibili a q variano in funzione del comportamento strutturale (dissipativo o non dissipativo) e dello stato limite considerati, legandosi all'entità delle plasticizzazioni, che a ciascuno stato limite si accompagnano.

Le NTC 2018 forniscono i seguenti valori massimi per il valore di q da assumere per ogni stato limite, in funzione del comportamento strutturale assunto.

Tab. 7.3.I – Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica

| STATI LIMITE | | Lineare (Dinamica e Statica) | | Non Lineare | |
|--------------|-----|------------------------------|----------------------|-------------|-----------|
| | | Dissipativo | Non Dissipativo | Dinamica | Statica |
| SLE | SLO | q = 1,0 § 3.2.3.4 | q = 1,0 § 3.2.3.4 | § 7.3.4.1 | § 7.3.4.2 |
| | SLD | q ≤ 1,5 § 3.2.3.5 | q ≤ 1,5 § 3.2.3.5 | | |
| SLU | SLV | q ≥ 1,5 § 3.2.3.5 | q ≤ 1,5 § 3.2.3.5 | | |
| | SLC | --- | --- | | |

Figura 8.3 - NTC 2018, valori limite per il fattore di comportamento q

Assumendo che la struttura sia Non Dissipativa, si ha $q = 1,0$.

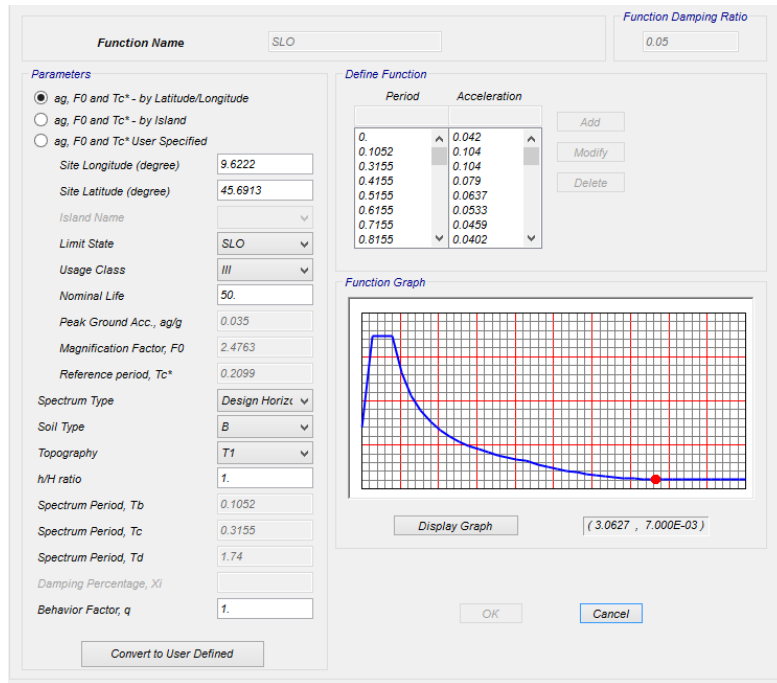


Figura 8.4 - Spettro di Risposta definito all'interno di SAP2000 allo SLO

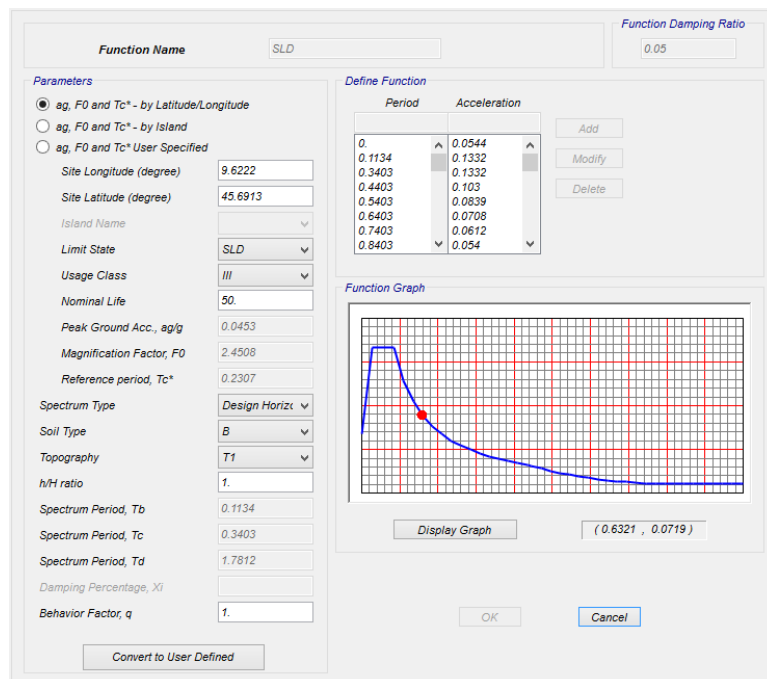


Figura 8.5 – Spettro di Risposta definito all'interno di SAP2000 allo SLD

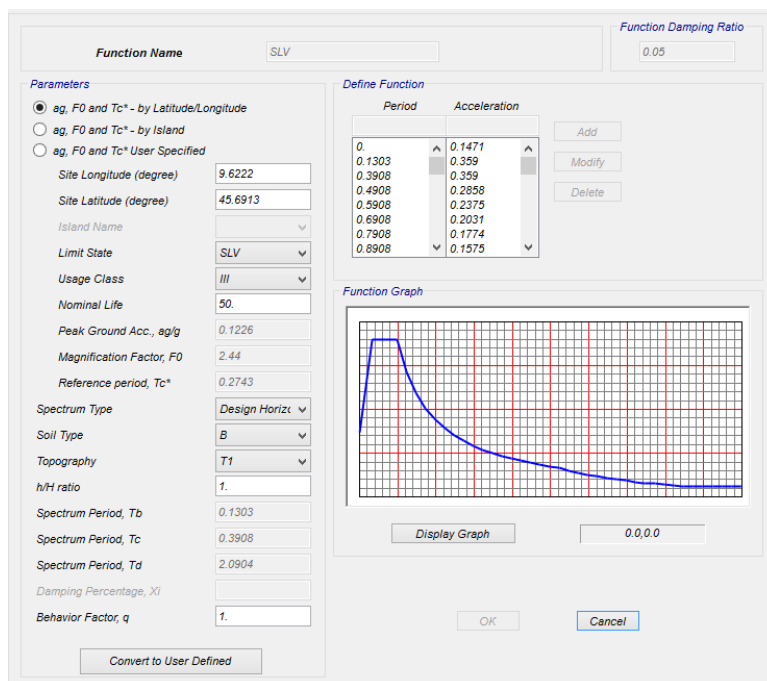



Figura 8.6 - Spettro di Risposta definito all'interno di SAP2000 allo SLV

Per eseguire un'analisi con spettro di risposta su SAP2000, una volta definite le funzioni spettro, è necessario creare un nuovo Load Case di tipo Response Spectrum, impostando come modal combination l'opzione CQC, inserendo nei carichi applicati la funzione Spettro allo SLV appena creata e impostando come tipo di carico l'accelerazione U1 con fattore di scala 9,81, poiché i valori di accelerazione riportati nello spettro sono normalizzati rispetto all'accelerazione di gravità g. Secondo quanto richiesto dalle NTC 2018, è necessario introdurre all'interno del modello le eccentricità delle azioni; infatti, al § 7.2.6 la normativa prescrive la necessità di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale, per tener conto della variabilità spaziale del moto sismico nonché delle incertezze nella localizzazione delle masse. Questa operazione è fatta direttamente in questa fase, assegnando all'opzione "Eccentricity Ratio" il valore 0,05. Il caso di carico così creato rappresenta il sisma agente in direzione x allo SLV. Si prosegue in modo analogo creando in tutto 6 differenti Load Cases: SLO_Ex, SLO_Ey, SLD_Ex, SLD_Ey, SLV_Ex, SLV_Ey, che verranno combinati con le altre azioni verticali, secondo quanto prescritto dalla combinazione sismica definita dalla normativa e descritta al prossimo paragrafo.

8.11.2 Struttura completa (elevazione+fondazione)

Per la struttura di fondazione si è applicata una Analisi Lineare Statica (cap. 7.3.3.2 NTC). Per una corretta correlazione con il modello di partenza, l'azione sismica è stata valutata a partire dai periodi propri di vibrazione, T1x e T1y, calcolati nel §7 Analisi Modale.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

9 COMBINAZIONI DI CARICO

Per le verifiche nei confronti dei diversi stati limite si adottano le combinazioni delle azioni tratte dal § 2.5.3 NTC 2018:

- Combinazione fondamentale SLU:
 $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3}..$
- Combinazione caratteristica (rara):
 $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione frequente:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione quasi permanente:
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$
- Combinazione sismica:
 $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$


I valori dei coefficienti parziali per le azioni sono riportati nella tabella sottostante, tratti dalla Tabella 2.5.I in funzione delle diverse categorie di carico.

| | Q_H | Q_{Neve} | Q_{Vento} | Q_c |
|----------|-------|------------|-------------|-------|
| Ψ_0 | 0,00 | 0,50 | 0,60 | 0,70 |
| Ψ_1 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,70 |
| Ψ_2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 |

Per le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si adotta *l'Approccio Progettuale 2*, in cui si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I delle NTC 2018, di seguito riportata.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche agli SLU

| Azione | | Coefficiente γ_F | A1 STR | A2 GEO |
|------------------------------------|-------------|----------------------------|-----------|-----------|
| Carichi Permanenti | Favorevoli | γ_{G1} | 1,00 | 1,00 |
| | Sfavorevoli | | 1,30 | 1,00 |
| Carichi Permanenti non strutturali | Favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 |
| | Sfavorevoli | | 1,50 | 1,30 |
| Carichi Variabili | Favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 |
| | Sfavorevoli | | 1,50 | 1,30 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

In base ai valori assunti dai coefficienti sopra definiti, si ottengono le seguenti combinazioni, per ciascuno degli Stati Limite Considerati.

TABELLA CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO - ELEVAZIONE

| Load | Descrizione |
|----------|------------------------------------|
| G1 | Carichi permanenti |
| G2 | Carichi permanenti non strutturali |
| QH1 | Variabile manutenzione |
| N | Variabile neve |
| T | Variazione termica |
| Vx | Vento dir.x+ |
| Vy | Vento dir.y+ |
| Vx- | Vento dir.x- |
| Vy- | Vento dir.y- |
| RS_SLV-X | Analisi dinamica lineare dir.x |
| RS_SLV-Y | Analisi dinamica lineare dir.y |
| QC | Variabile affollamento |

TABELLA CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO - FONDAZIONE

| Load | Descrizione |
|------------|--|
| G1 | Carichi permanenti |
| G2 | Carichi permanenti non strutturali |
| QH1 | Variabile manutenzione |
| N | Variabile neve |
| T | Variazione termica |
| Vx | Vento dir.x+ |
| Vy | Vento dir.y+ |
| Vx- | Vento dir.x- |
| Vy- | Vento dir.y- |
| Sisma X e+ | Sisma x eccentricità positiva |
| Sisma X e- | Sisma x eccentricità negativa |
| Sisma Y e+ | Sisma y eccentricità positiva |
| Sisma Y e- | Sisma y eccentricità negativa |
| Wood X+ | Sovra spinta sismica in dir.X positiva |
| Wood X - | Sovra spinta sismica in dir.X negativa |
| Wood Y+ | Sovra spinta sismica in dir.Y positiva |
| Wood Y - | Sovra spinta sismica in dir.Y negativa |
| QC | Variabile affollamento |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 53 DI 233 |

TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO SLU – ELEVAZIONE E FONDAZIONE

| TABLE: Combination Definitions | | | | |
|--------------------------------|------------|---------------|----------|-------------|
| ComboName | ComboType | CaseType | CaseName | ScaleFactor |
| Text | Text | Text | Text | Unitless |
| SLU_Q1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q1 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q1 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q1 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Q1 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_Q1 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Q1 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Q2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q2 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q2 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q2 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Q2 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_Q2 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Q2 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Q3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q3 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q3 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q3 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Q3 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_Q3 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Q3 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Q4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q4 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q4 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q4 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Q4 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_Q4 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Q4 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Q5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q5 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q5 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q5 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Q5 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_Q5 | | Linear Static | N | 0.75 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 54 DI 233 |

| | | | | |
|----------|------------|---------------|-----|------|
| SLU_Q5 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Q6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q6 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q6 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q6 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Q6 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_Q6 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Q6 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Q7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q7 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q7 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q7 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Q7 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |
| SLU_Q7 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Q7 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Q8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Q8 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Q8 | | Linear Static | QH1 | 1.5 |
| SLU_Q8 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Q8 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |
| SLU_Q8 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Q8 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vx1+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vx1+ | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vx1+ | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vx1+ | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Vx1+ | | Linear Static | Vx | 1.5 |
| SLU_Vx1+ | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vx1- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vx1- | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vx1- | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vx1- | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Vx1- | | Linear Static | Vx- | 1.5 |
| SLU_Vx1- | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vx2+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vx2+ | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vx2+ | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vx2+ | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Vx2+ | | Linear Static | Vx | 1.5 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 55 DI 233 |

| | | | | |
|----------|------------|---------------|-----|------|
| SLU_Vx2+ | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vx2- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vx2- | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vx2- | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vx2- | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Vx2- | | Linear Static | Vx- | 1.5 |
| SLU_Vx2- | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vy1+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vy1+ | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vy1+ | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vy1+ | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Vy1+ | | Linear Static | Vy | 1.5 |
| SLU_Vy1+ | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vy1- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vy1- | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vy1- | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vy1- | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_Vy1- | | Linear Static | Vy- | 1.5 |
| SLU_Vy1- | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vy2+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vy2+ | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vy2+ | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vy2+ | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Vy2+ | | Linear Static | Vy | 1.5 |
| SLU_Vy2+ | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_Vy2- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_Vy2- | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_Vy2- | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_Vy2- | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_Vy2- | | Linear Static | Vy- | 1.5 |
| SLU_Vy2- | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_N1 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N1 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N1 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_N1 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_N1 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N1 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 56 DI 233 |

| | | | | |
|--------|------------|---------------|-----|------|
| SLU_N2 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N2 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N2 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_N2 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_N2 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N2 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_N3 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N3 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N3 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_N3 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_N3 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N3 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_N4 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N4 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N4 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_N4 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_N4 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N4 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_N5 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N5 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N5 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_N5 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_N5 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N5 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_N6 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N6 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N6 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_N6 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_N6 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N6 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_N7 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N7 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N7 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_N7 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 57 DI 233 |

| | | | | |
|--------|------------|---------------|-----|------|
| SLU_N7 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N7 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_N8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_N8 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_N8 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_N8 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_N8 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |
| SLU_N8 | | Linear Static | N | 1.5 |
| SLU_N8 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T1 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_T1 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T1 | | Linear Static | T | 1.5 |
| SLU_T1 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_T1 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T1 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T2 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_T2 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T2 | | Linear Static | T | -1.5 |
| SLU_T2 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_T2 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T2 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T3 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_T3 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T3 | | Linear Static | T | 1.5 |
| SLU_T3 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_T3 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T3 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T4 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_T4 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T4 | | Linear Static | T | -1.5 |
| SLU_T4 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_T4 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T4 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T5 | | Linear Static | G2 | 1.5 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 58 DI 233 |

| | | | | |
|---------|------------|---------------|-----|------|
| SLU_T5 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T5 | | Linear Static | T | 1.5 |
| SLU_T5 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_T5 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T5 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T6 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_T6 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T6 | | Linear Static | T | -1.5 |
| SLU_T6 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_T6 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T6 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T7 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_T7 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T7 | | Linear Static | T | 1.5 |
| SLU_T7 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |
| SLU_T7 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T7 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_T8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_T8 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_T8 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_T8 | | Linear Static | T | -1.5 |
| SLU_T8 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |
| SLU_T8 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_T8 | | Linear Static | QC | 1.05 |
| SLU_AE1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE1 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE1 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_AE1 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_AE1 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_AE1 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_AE1 | | Linear Static | QC | 1.5 |
| SLU_AE2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE2 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE2 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_AE2 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_AE2 | | Linear Static | Vx | 0.9 |
| SLU_AE2 | | Linear Static | N | 0.75 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 59 DI 233 |

| | | | | |
|---------|------------|---------------|-----|------|
| SLU_AE2 | | Linear Static | QC | 1.5 |
| SLU_AE3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE3 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE3 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_AE3 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_AE3 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_AE3 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_AE3 | | Linear Static | QC | 1.5 |
| SLU_AE4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE4 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE4 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_AE4 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_AE4 | | Linear Static | Vx- | 0.9 |
| SLU_AE4 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_AE4 | | Linear Static | QC | 1.5 |
| SLU_AE5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE5 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE5 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_AE5 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_AE5 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_AE5 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_AE5 | | Linear Static | QC | 1.5 |
| SLU_AE6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE6 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE6 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_AE6 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_AE6 | | Linear Static | Vy | 0.9 |
| SLU_AE6 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_AE6 | | Linear Static | QC | 1.5 |
| SLU_AE7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE7 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE7 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLU_AE7 | | Linear Static | T | 0.9 |
| SLU_AE7 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |
| SLU_AE7 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_AE7 | | Linear Static | QC | 1.5 |
| SLU_AE8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1.3 |
| SLU_AE8 | | Linear Static | G2 | 1.5 |
| SLU_AE8 | | Linear Static | QH1 | 0 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 60 DI 233 |

| | | | | |
|---------|--|---------------|-----|------|
| SLU_AE8 | | Linear Static | T | -0.9 |
| SLU_AE8 | | Linear Static | Vy- | 0.9 |
| SLU_AE8 | | Linear Static | N | 0.75 |
| SLU_AE8 | | Linear Static | QC | 1.5 |

TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO SLV – ELEVAZIONE

| TABLE: Combination Definitions | | | | |
|--------------------------------|------------|-------------------|----------|-------------|
| ComboName | ComboType | CaseType | CaseName | ScaleFactor |
| Text | Text | Text | Text | Unitless |
| SLV_X | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLV_X | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLV_X | | Response Spectrum | RS_SLV-X | 1 |
| SLV_X | | Response Spectrum | RS_SLV-Y | 0.3 |
| SLV_Y | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLV_Y | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLV_Y | | Response Spectrum | RS_SLV-X | 0.3 |
| SLV_Y | | Response Spectrum | RS_SLV-Y | 1 |

TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO SLV – FONDAZIONE

| TABLE: Combination Definitions | | | | |
|--------------------------------|------------|---------------|------------|-------------|
| ComboName | ComboType | CaseType | CaseName | ScaleFactor |
| Text | Text | Text | Text | Unitless |
| Stat_lin_X1 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X1 | | Linear Static | Sisma X e+ | 1 |
| Stat_lin_X1 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 0.3 |
| Stat_lin_X1 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X1 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X2 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X2 | | Linear Static | Sisma X e+ | 1 |
| Stat_lin_X2 | | Linear Static | Sisma Y e- | 0.3 |
| Stat_lin_X2 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X2 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X3 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X3 | | Linear Static | Sisma X e- | 1 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 61 DI 233 |

| | | | | |
|--------------|------------|---------------|------------|------|
| Stat_lin_X3 | | Linear Static | Sisma Y e- | 0.3 |
| Stat_lin_X3 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X3 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X4 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X4 | | Linear Static | Sisma X e- | 1 |
| Stat_lin_X4 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 0.3 |
| Stat_lin_X4 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X4 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X5 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X5 | | Linear Static | Sisma X e+ | -1 |
| Stat_lin_X5 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 0.3 |
| Stat_lin_X5 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X5 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X6 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X6 | | Linear Static | Sisma X e+ | -1 |
| Stat_lin_X6 | | Linear Static | Sisma Y e- | 0.3 |
| Stat_lin_X6 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X6 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X7 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X7 | | Linear Static | Sisma X e- | -1 |
| Stat_lin_X7 | | Linear Static | Sisma Y e- | 0.3 |
| Stat_lin_X7 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X7 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X8 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X8 | | Linear Static | Sisma X e- | -1 |
| Stat_lin_X8 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 0.3 |
| Stat_lin_X8 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X8 | | Linear Static | Wood y+ | 0.3 |
| Stat_lin_X9 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X9 | | Linear Static | Sisma X e+ | -1 |
| Stat_lin_X9 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -0.3 |
| Stat_lin_X9 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X9 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_X10 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X10 | | Linear Static | Sisma X e+ | -1 |
| Stat_lin_X10 | | Linear Static | Sisma Y e- | -0.3 |
| Stat_lin_X10 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X10 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_X11 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 62 DI 233 |

| | | | | |
|--------------|------------|---------------|------------|------|
| Stat_lin_X11 | | Linear Static | Sisma X e- | -1 |
| Stat_lin_X11 | | Linear Static | Sisma Y e- | -0.3 |
| Stat_lin_X11 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X11 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_X12 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X12 | | Linear Static | Sisma X e- | -1 |
| Stat_lin_X12 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -0.3 |
| Stat_lin_X12 | | Linear Static | Wood x- | 1 |
| Stat_lin_X12 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_X13 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X13 | | Linear Static | Sisma X e+ | 1 |
| Stat_lin_X13 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -0.3 |
| Stat_lin_X13 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X13 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_X14 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X14 | | Linear Static | Sisma X e+ | 1 |
| Stat_lin_X14 | | Linear Static | Sisma Y e- | -0.3 |
| Stat_lin_X14 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X14 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_X15 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X15 | | Linear Static | Sisma X e- | 1 |
| Stat_lin_X15 | | Linear Static | Sisma Y e- | -0.3 |
| Stat_lin_X15 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X15 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_X16 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_X16 | | Linear Static | Sisma X e- | 1 |
| Stat_lin_X16 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -0.3 |
| Stat_lin_X16 | | Linear Static | Wood x+ | 1 |
| Stat_lin_X16 | | Linear Static | Wood y- | 0.3 |
| Stat_lin_Y1 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y1 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 1 |
| Stat_lin_Y1 | | Linear Static | Sisma X e+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y1 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y1 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |
| Stat_lin_Y2 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y2 | | Linear Static | Sisma Y e- | 1 |
| Stat_lin_Y2 | | Linear Static | Sisma X e+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y2 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y2 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 63 DI 233 |

| | | | | |
|--------------|------------|---------------|------------|------|
| Stat_lin_Y3 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y3 | | Linear Static | Sisma Y e- | 1 |
| Stat_lin_Y3 | | Linear Static | Sisma X e- | 0.3 |
| Stat_lin_Y3 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y3 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |
| Stat_lin_Y4 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y4 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 1 |
| Stat_lin_Y4 | | Linear Static | Sisma X e- | 0.3 |
| Stat_lin_Y4 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y4 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |
| Stat_lin_Y5 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y5 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -1 |
| Stat_lin_Y5 | | Linear Static | Sisma X e+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y5 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y5 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y6 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y6 | | Linear Static | Sisma Y e- | -1 |
| Stat_lin_Y6 | | Linear Static | Sisma X e+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y6 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y6 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y7 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y7 | | Linear Static | Sisma Y e- | -1 |
| Stat_lin_Y7 | | Linear Static | Sisma X e- | 0.3 |
| Stat_lin_Y7 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y7 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y8 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y8 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -1 |
| Stat_lin_Y8 | | Linear Static | Sisma X e- | 0.3 |
| Stat_lin_Y8 | | Linear Static | Wood x+ | 0.3 |
| Stat_lin_Y8 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y9 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y9 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -1 |
| Stat_lin_Y9 | | Linear Static | Sisma X e+ | -0.3 |
| Stat_lin_Y9 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |
| Stat_lin_Y9 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y10 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y10 | | Linear Static | Sisma Y e- | -1 |
| Stat_lin_Y10 | | Linear Static | Sisma X e+ | -0.3 |
| Stat_lin_Y10 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 64 DI 233 |

| | | | | |
|--------------|------------|---------------|------------|------|
| Stat_lin_Y10 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y11 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y11 | | Linear Static | Sisma Y e- | -1 |
| Stat_lin_Y11 | | Linear Static | Sisma X e- | -0.3 |
| Stat_lin_Y11 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |
| Stat_lin_Y11 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y12 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y12 | | Linear Static | Sisma Y e+ | -1 |
| Stat_lin_Y12 | | Linear Static | Sisma X e- | -0.3 |
| Stat_lin_Y12 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |
| Stat_lin_Y12 | | Linear Static | Wood y- | 1 |
| Stat_lin_Y13 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y13 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 1 |
| Stat_lin_Y13 | | Linear Static | Sisma X e+ | -0.3 |
| Stat_lin_Y13 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |
| Stat_lin_Y13 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |
| Stat_lin_Y14 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y14 | | Linear Static | Sisma Y e- | 1 |
| Stat_lin_Y14 | | Linear Static | Sisma X e+ | -0.3 |
| Stat_lin_Y14 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |
| Stat_lin_Y14 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |
| Stat_lin_Y15 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y15 | | Linear Static | Sisma Y e- | 1 |
| Stat_lin_Y15 | | Linear Static | Sisma X e- | -0.3 |
| Stat_lin_Y15 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |
| Stat_lin_Y15 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |
| Stat_lin_Y16 | Linear Add | Linear Static | V_sisma | 1 |
| Stat_lin_Y16 | | Linear Static | Sisma Y e+ | 1 |
| Stat_lin_Y16 | | Linear Static | Sisma X e- | -0.3 |
| Stat_lin_Y16 | | Linear Static | Wood x- | 0.3 |
| Stat_lin_Y16 | | Linear Static | Wood y+ | 1 |

In cui "V_sisma" = G1+G2+0.6*QC

TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO SLE – ELEVAZIONE E FONDAZIONE

| TABLE: Combination Definitions | | | | |
|--------------------------------|-----------|----------|----------|-------------|
| ComboName | ComboType | CaseType | CaseName | ScaleFactor |
| Text | Text | Text | Text | Unitless |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 65 DI 233 |

| | | | | |
|---------|------------|---------------|-----|------|
| SLER_Q1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q1 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q1 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q1 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Q1 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q1 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_Q1 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q1 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Q2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q2 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q2 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q2 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Q2 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q2 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_Q2 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q2 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Q3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q3 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q3 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q3 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Q3 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q3 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_Q3 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q3 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Q4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q4 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q4 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q4 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Q4 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q4 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_Q4 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q4 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Q5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q5 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q5 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q5 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Q5 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q5 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_Q5 | | Linear Static | N | 0.5 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 66 DI 233 |

| | | | | |
|-------------|------------|---------------|-----|------|
| SLER_Q5 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Q6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q6 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q6 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q6 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Q6 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q6 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_Q6 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q6 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Q7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q7 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q7 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q7 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Q7 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q7 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_Q7 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q7 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Q8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Q8 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Q8 | | Linear Static | QH1 | 1 |
| SLER_Q8 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Q8 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q8 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_Q8 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Q8 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vx+_T- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vx+_T- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Vx+_T- | | Linear Static | Vx | 1 |
| SLER_Vx+_T- | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vx+_T- | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Vx+_T- | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vy+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vy+ | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Vy+ | | Linear Static | Vy | 1 |
| SLER_Vy+ | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vy+ | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Vy+ | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vx- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vx- | | Linear Static | G2 | 1 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 67 DI 233 |

| | | | | |
|-------------|------------|---------------|-----|------|
| SLER_Vx- | | Linear Static | Vx- | 1 |
| SLER_Vx- | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vx- | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Vx- | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vy- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vy- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Vy- | | Linear Static | Vy- | 1 |
| SLER_Vy- | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vy- | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Vy- | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vx+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vx+ | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Vx+ | | Linear Static | Vx | 1 |
| SLER_Vx+ | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vx+ | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_Vx+ | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vx-_T- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vx-_T- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Vx-_T- | | Linear Static | Vx- | 1 |
| SLER_Vx-_T- | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vx-_T- | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Vx-_T- | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vy+_T- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vy+_T- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Vy+_T- | | Linear Static | Vy | 1 |
| SLER_Vy+_T- | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vy+_T- | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Vy+_T- | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_Vy-_T- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_Vy-_T- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_Vy-_T- | | Linear Static | Vy- | 1 |
| SLER_Vy-_T- | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_Vy-_T- | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_Vy-_T- | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N1 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N1 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N1 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_N1 | | Linear Static | N | 0.5 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 68 DI 233 |

| | | | | |
|---------|------------|---------------|-----|------|
| SLER_N1 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_N1 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N1 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N2 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N2 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N2 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_N2 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_N2 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_N2 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N2 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N3 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N3 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N3 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_N3 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_N3 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_N3 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N3 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N4 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N4 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N4 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_N4 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_N4 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_N4 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N4 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N5 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N5 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N5 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_N5 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_N5 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_N5 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N5 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N6 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N6 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N6 | | Linear Static | T | -0.6 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 69 DI 233 |

| | | | | |
|---------|------------|---------------|-----|------|
| SLER_N6 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_N6 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_N6 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N6 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N7 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N7 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N7 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_N7 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_N7 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_N7 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N7 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_N8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_N8 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_N8 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_N8 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_N8 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_N8 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_N8 | | Linear Static | N | 1 |
| SLER_N8 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T1 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_T1 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_T1 | | Linear Static | T | 1 |
| SLER_T1 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T1 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_T1 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T1 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T2 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_T2 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_T2 | | Linear Static | T | -1 |
| SLER_T2 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T2 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_T2 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T2 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T3 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_T3 | | Linear Static | QH1 | 0 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 70 DI 233 |

| | | | | |
|---------|------------|---------------|-----|-----|
| SLER_T3 | | Linear Static | T | 1 |
| SLER_T3 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T3 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_T3 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T3 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T4 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_T4 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_T4 | | Linear Static | T | -1 |
| SLER_T4 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T4 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_T4 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T4 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T5 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_T5 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_T5 | | Linear Static | T | 1 |
| SLER_T5 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T5 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_T5 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T5 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T6 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_T6 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_T6 | | Linear Static | T | -1 |
| SLER_T6 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T6 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_T6 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T6 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T7 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_T7 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_T7 | | Linear Static | T | 1 |
| SLER_T7 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T7 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_T7 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T7 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_T8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_T8 | | Linear Static | G2 | 1 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 71 DI 233 |

| | | | | |
|----------|------------|---------------|-----|------|
| SLER_T8 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_T8 | | Linear Static | T | -1 |
| SLER_T8 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T8 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_T8 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_T8 | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLER_AE1 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_AE1 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE1 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE1 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_AE1 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE1 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_AE1 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE1 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLER_AE2 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_AE2 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE2 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE2 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_AE2 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE2 | | Linear Static | Vx | 0.6 |
| SLER_AE2 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE2 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLER_AE3 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_AE3 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE3 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE3 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_AE3 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE3 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_AE3 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE3 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLER_AE4 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_AE4 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE4 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE4 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_AE4 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE4 | | Linear Static | Vx- | 0.6 |
| SLER_AE4 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE4 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLER_AE5 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 72 DI 233 |

| | | | | |
|----------|------------|---------------|-----|------|
| SLER_AE5 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE5 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE5 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_AE5 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE5 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_AE5 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE5 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLER_AE6 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_AE6 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE6 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE6 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_AE6 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE6 | | Linear Static | Vy | 0.6 |
| SLER_AE6 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE6 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLER_AE7 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_AE7 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE7 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE7 | | Linear Static | T | 0.6 |
| SLER_AE7 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE7 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_AE7 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE7 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLER_AE8 | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLER_AE8 | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLER_AE8 | | Linear Static | QH1 | 0 |
| SLER_AE8 | | Linear Static | T | -0.6 |
| SLER_AE8 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE8 | | Linear Static | Vy- | 0.6 |
| SLER_AE8 | | Linear Static | N | 0.5 |
| SLER_AE8 | | Linear Static | QC | 1 |
| SLEF_Vx+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_Vx+ | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_Vx+ | | Linear Static | Vx | 0.2 |
| SLEF_Vx+ | | Linear Static | QC | 0.6 |
| SLEF_Vy+ | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_Vy+ | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_Vy+ | | Linear Static | Vy | 0.2 |
| SLEF_Vy+ | | Linear Static | QC | 0.6 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 73 DI 233 |

| | | | | |
|----------|------------|---------------|-----|------|
| SLEF_Vx- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_Vx- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_Vx- | | Linear Static | Vx- | 0.2 |
| SLEF_Vx- | | Linear Static | QC | 0.6 |
| SLEF_Vy- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_Vy- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_Vy- | | Linear Static | Vy- | 0.2 |
| SLEF_Vy- | | Linear Static | QC | 0.6 |
| SLEF_N | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_N | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_N | | Linear Static | N | 0.2 |
| SLEF_N | | Linear Static | QC | 0.6 |
| SLEF_T | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_T | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_T | | Linear Static | T | 0.5 |
| SLEF_T | | Linear Static | QC | 0.6 |
| SLEF_T- | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_T- | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_T- | | Linear Static | T | -0.5 |
| SLEF_T- | | Linear Static | QC | 0.6 |
| SLEF_AE | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEF_AE | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEF_AE | | Linear Static | QC | 0.7 |
| SLEQP | Linear Add | Linear Static | G1 | 1 |
| SLEQP | | Linear Static | G2 | 1 |
| SLEQP | | Linear Static | QC | 0.6 |

10 SOLLECITAZIONI

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 al § 7.3.6, per le costruzioni di Classe III, se si vogliono limitare i danneggiamenti strutturali, per tutti gli elementi strutturali deve essere verificato che il valore di progetto di ciascuna sollecitazione (E_d) calcolato in presenza delle azioni sismiche corrispondenti allo *SLD*, sia inferiore al corrispondente valore della resistenza di progetto (R_d), calcolato secondo le regole specifiche indicate per ciascun tipo strutturale nel Cap. 4.

Dal momento che l'azione sismica allo Stato Limite di Danno è di entità inferiore rispetto a quella considerata per le verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, gli elementi strutturali risulteranno certamente verificati all'*SLD* una volta condotte le verifiche all'*SLV*. Pertanto, si omette di riportare i valori delle sollecitazioni nei diversi elementi strutturali corrispondenti a tale combinazione di carico.

10.1 Fabbricato Est

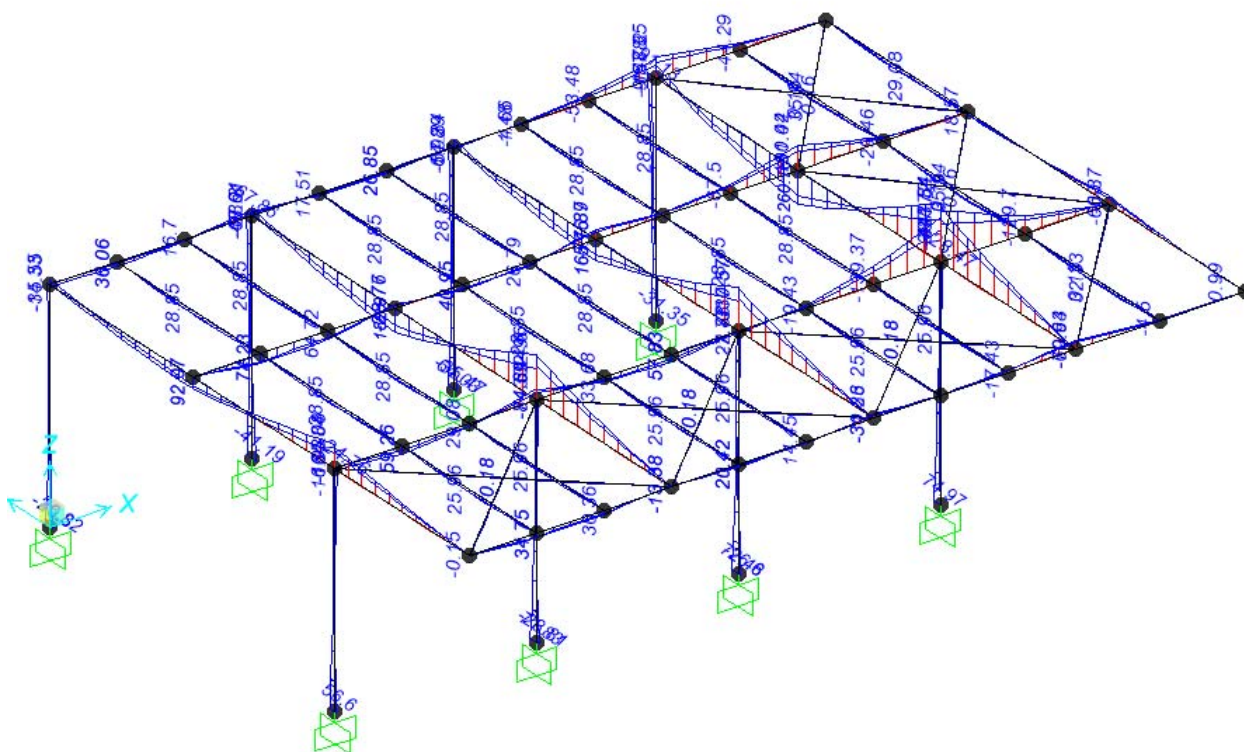


Figura 10.1 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M33

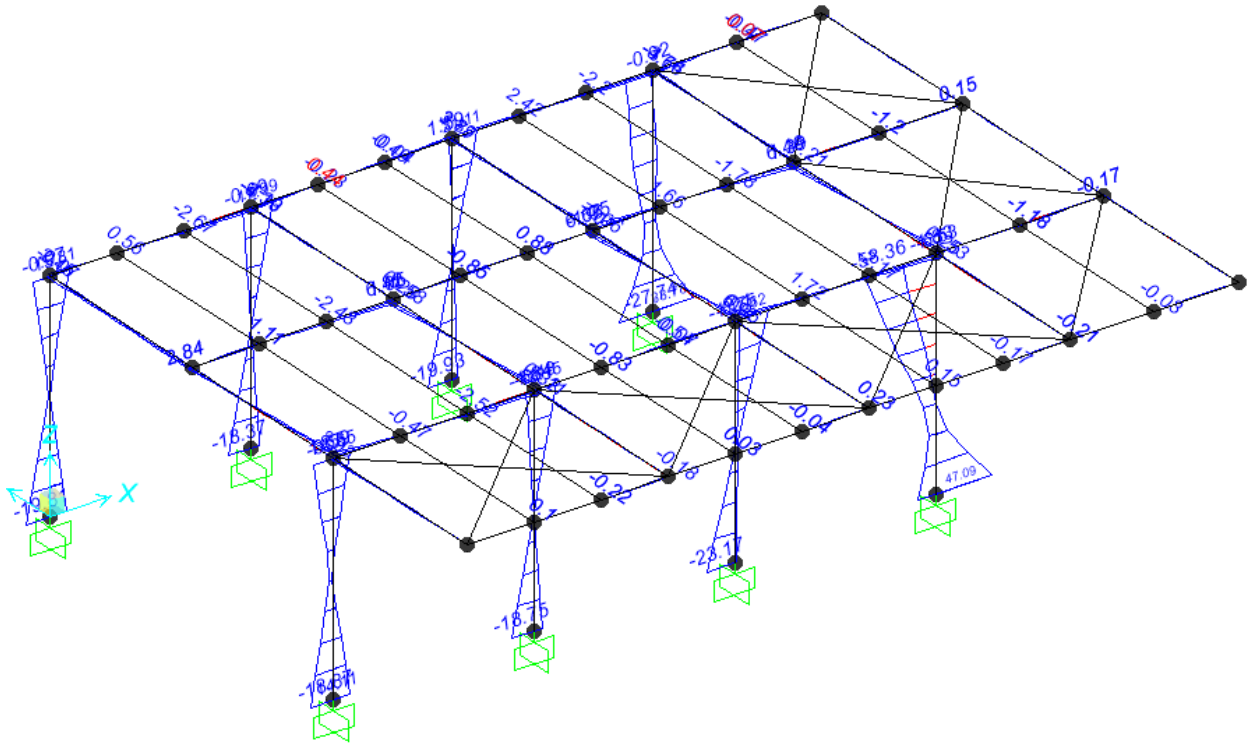


Figura 10.2 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M22

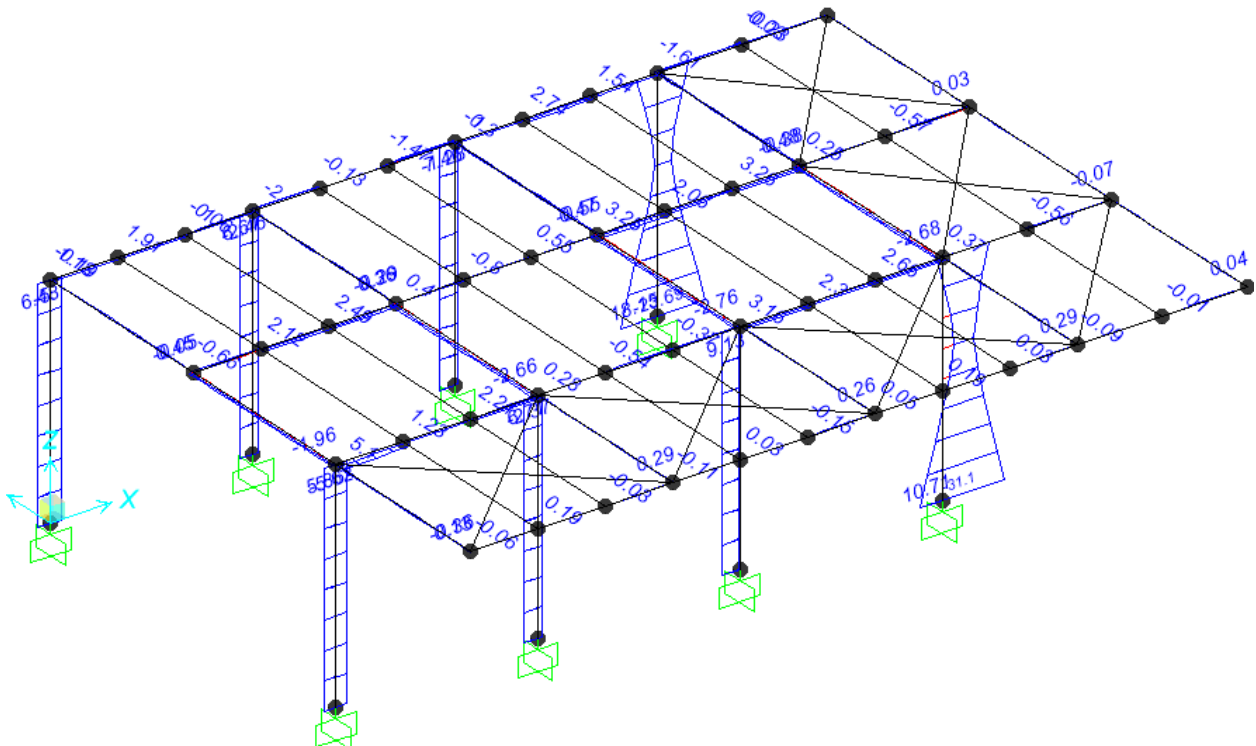
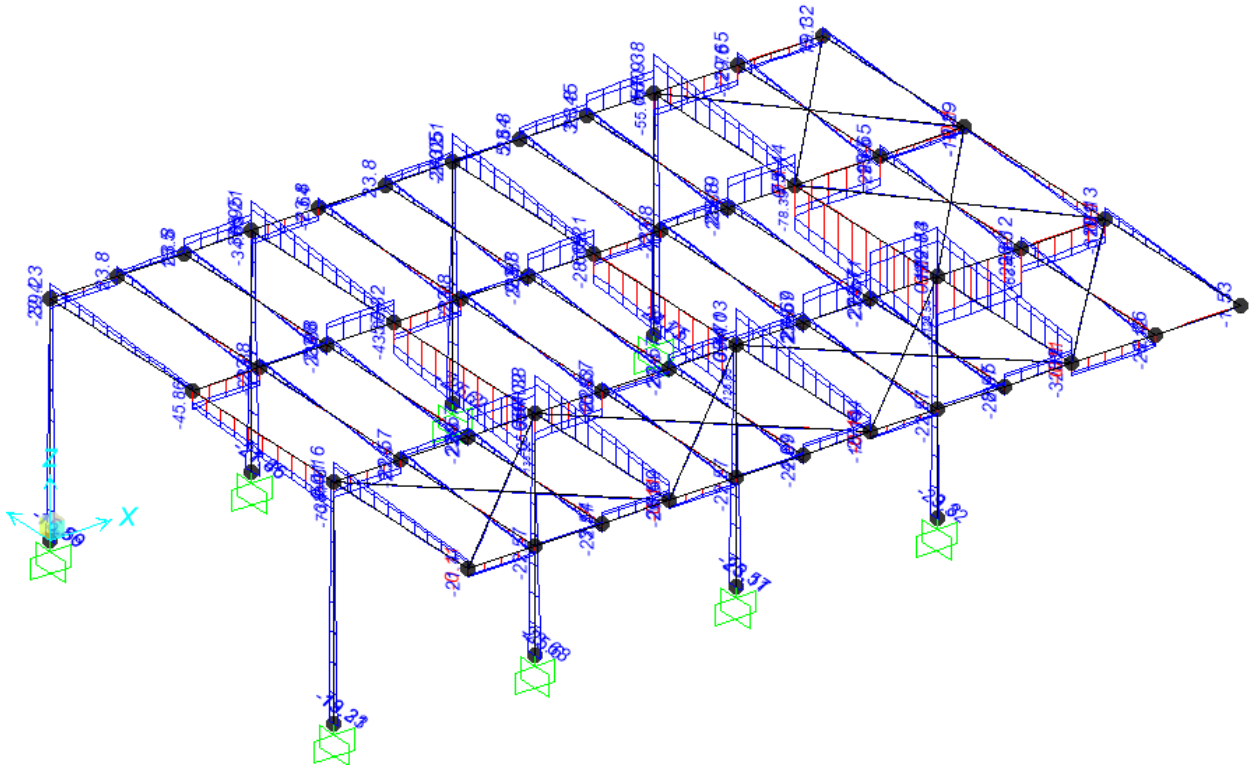
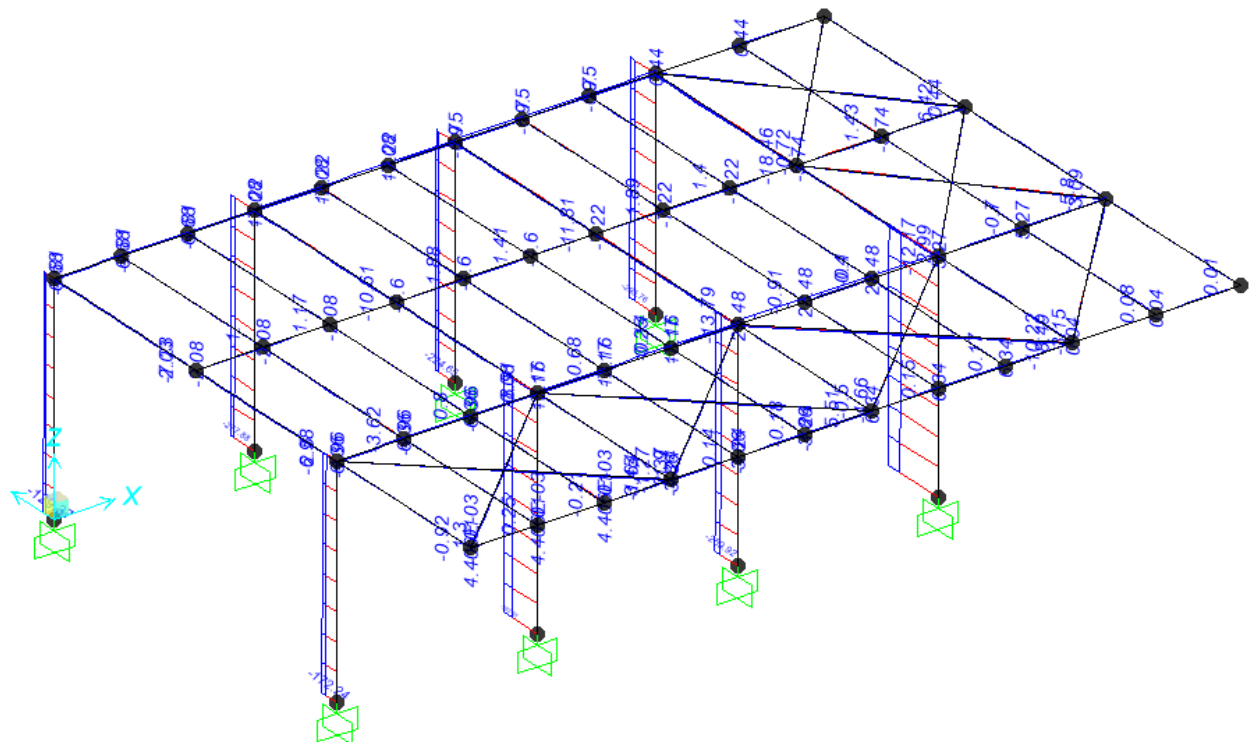


Figura 10.3 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V3


Figura 10.4 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V2

Figura 10.5 – Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale

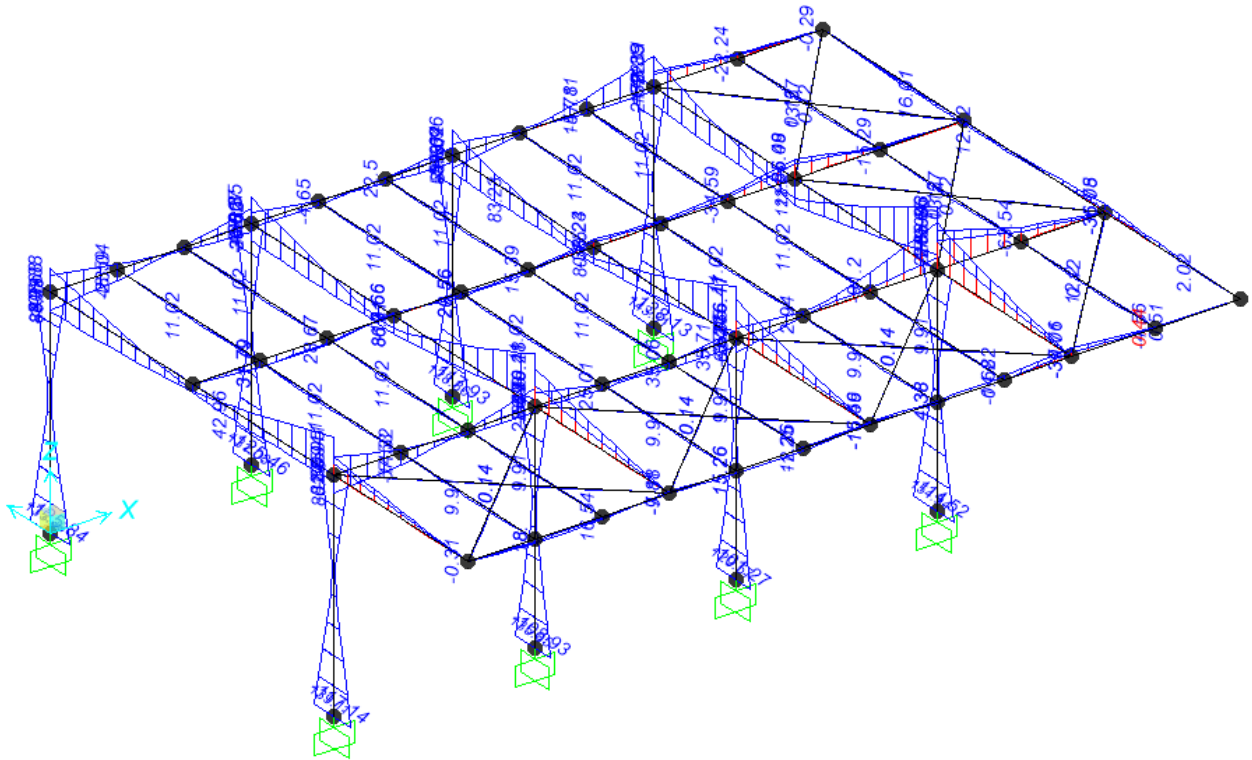


Figura 10.6 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M33

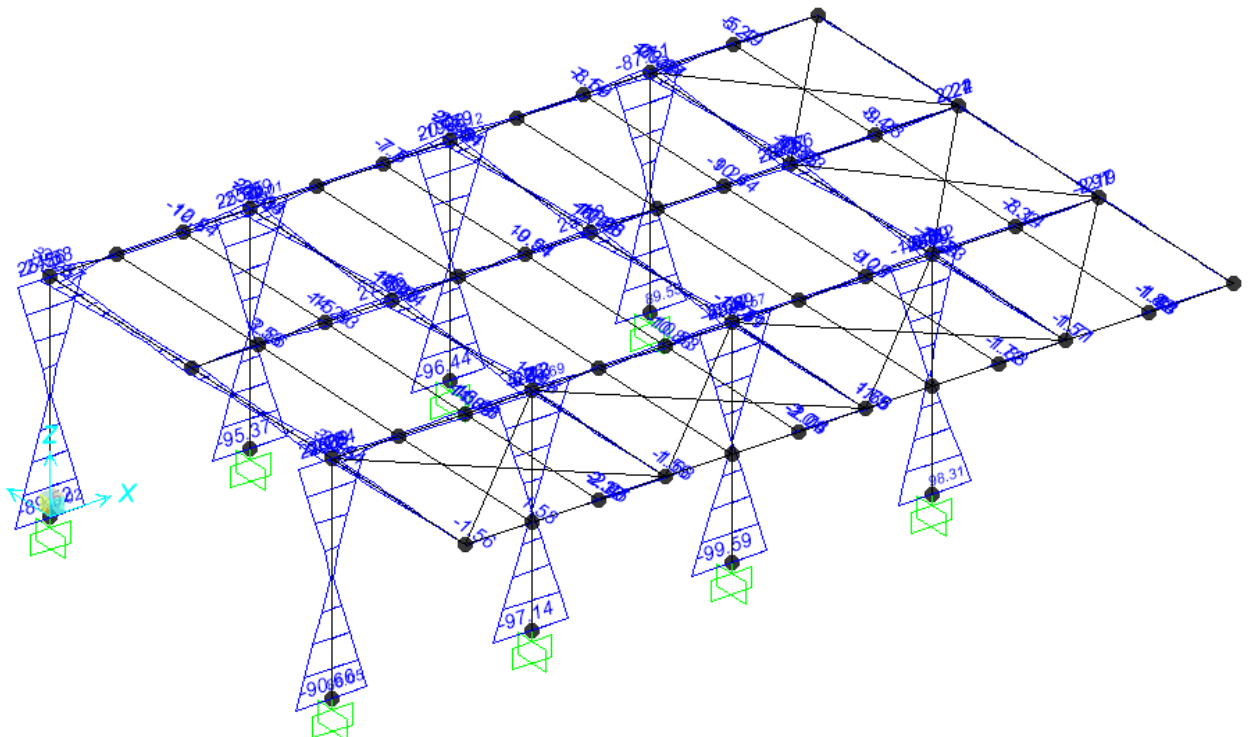
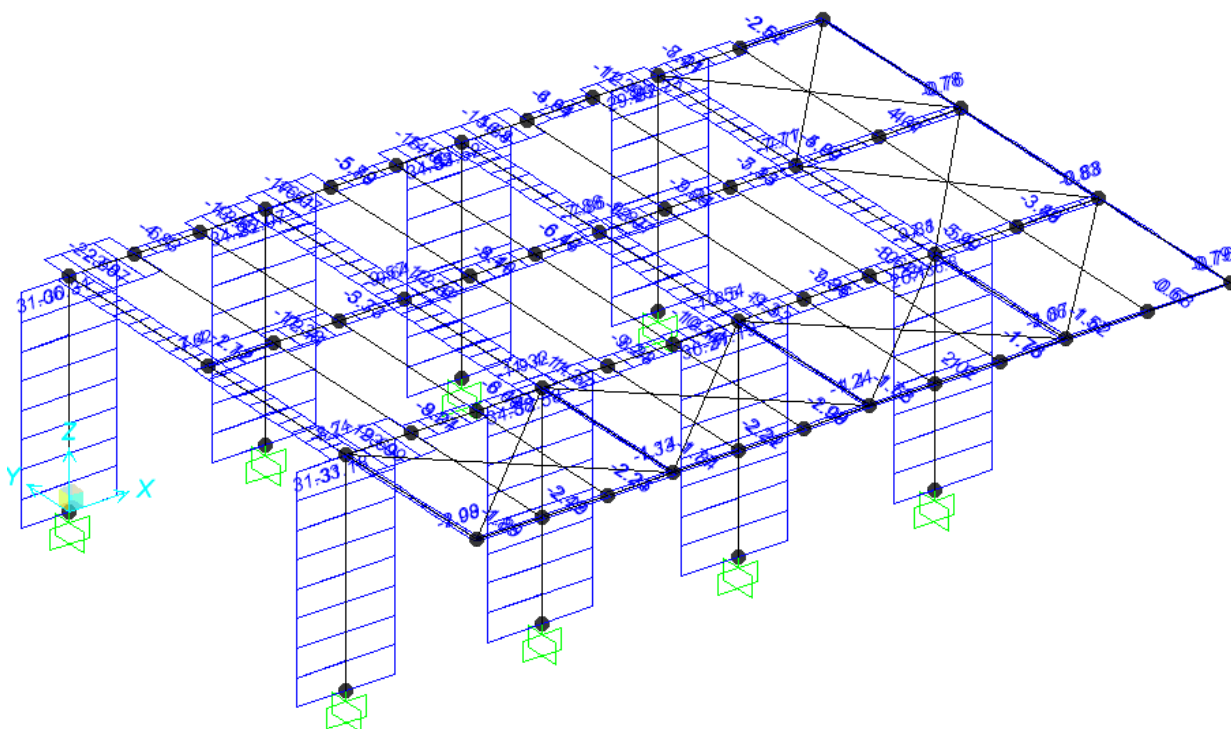
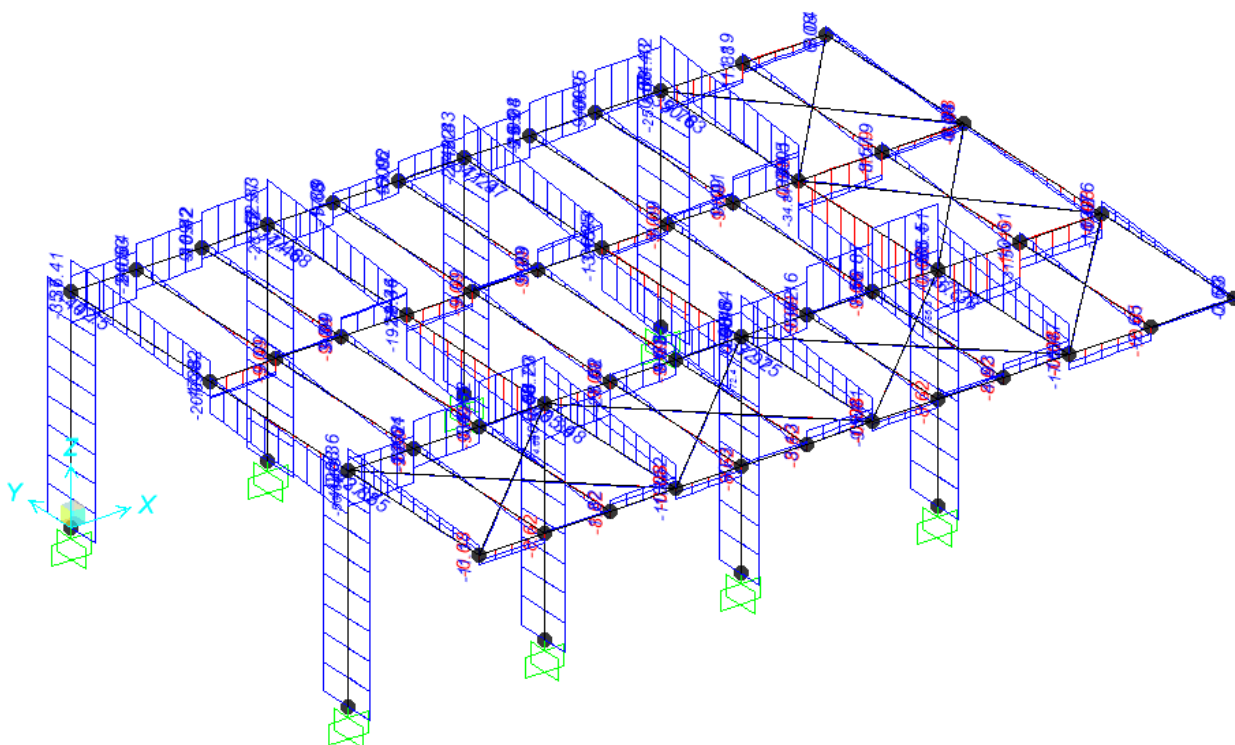


Figura 10.7 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M22


Figura 10.8 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V3

Figura 10.9 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V2

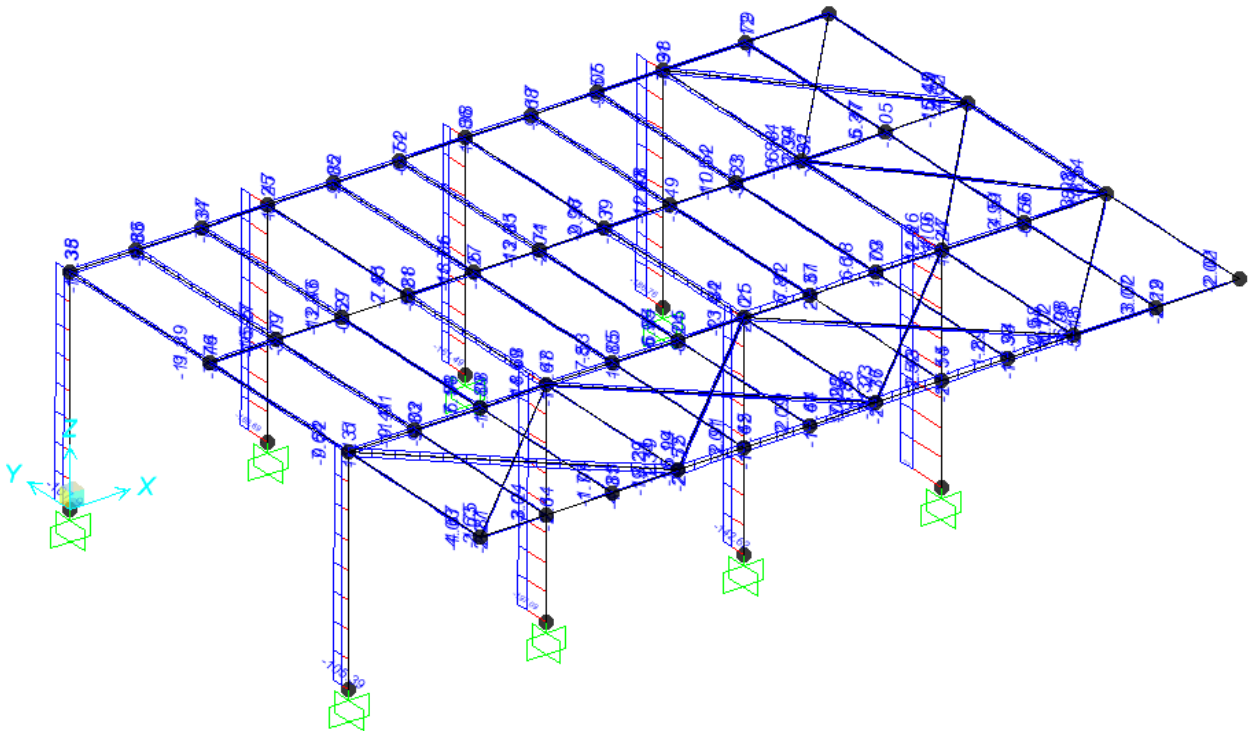


Figura 10.10 – Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale

10.2 Fabbricato Ovest

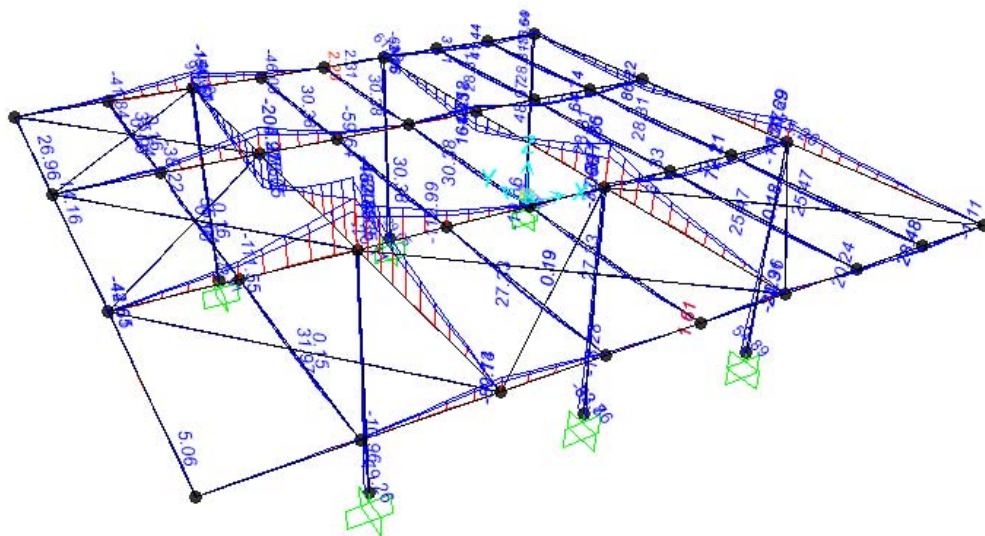


Figura 10.11 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M33

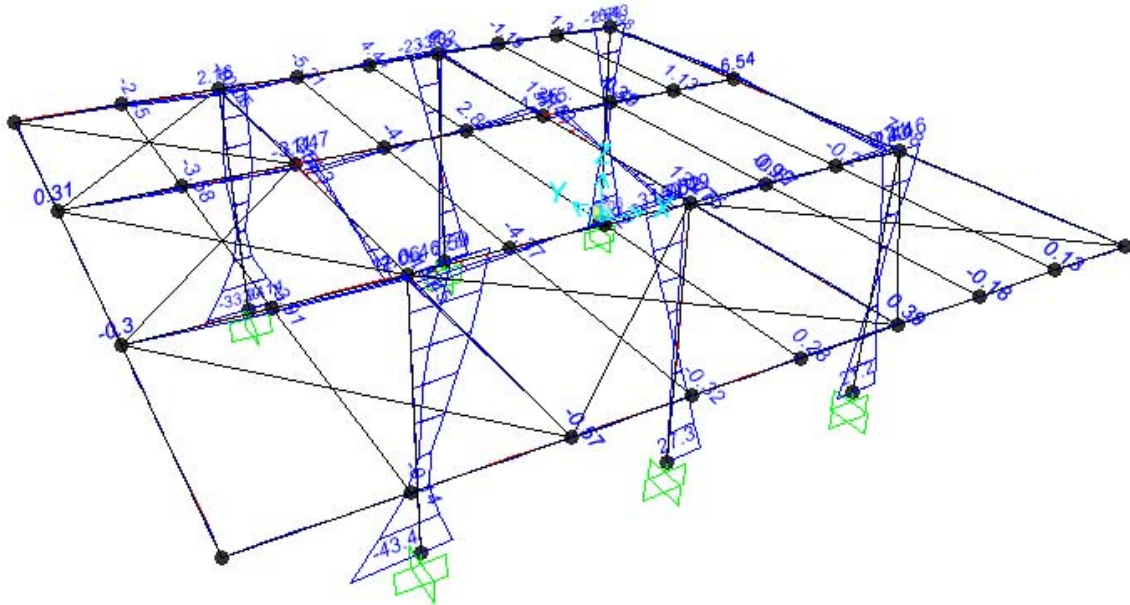


Figura 10.12 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M22

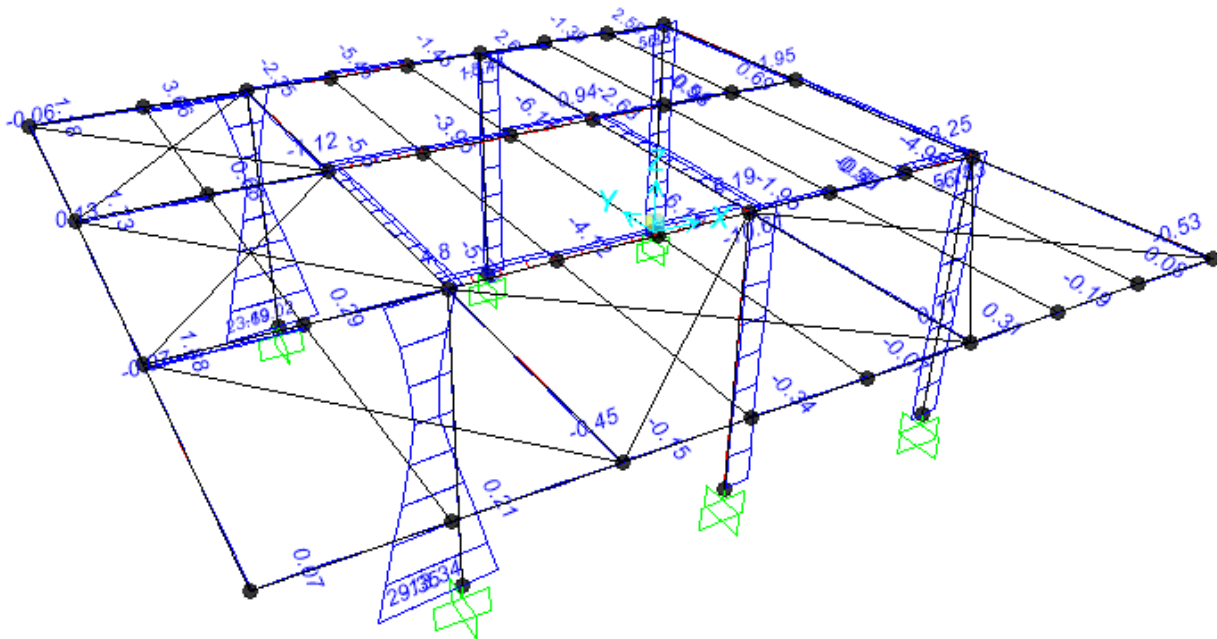
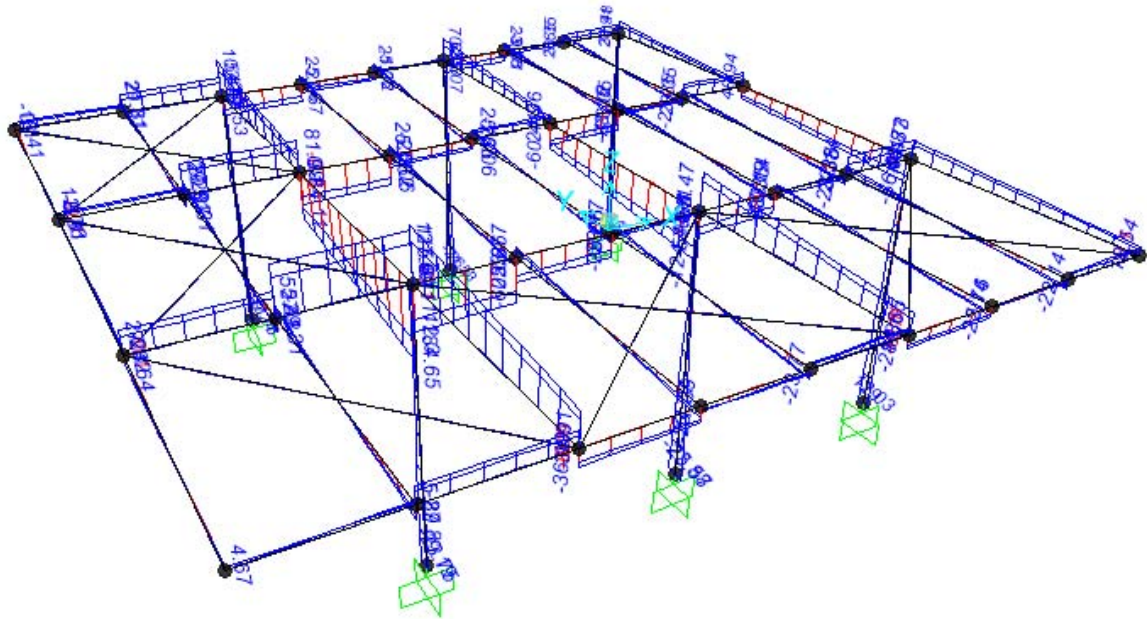
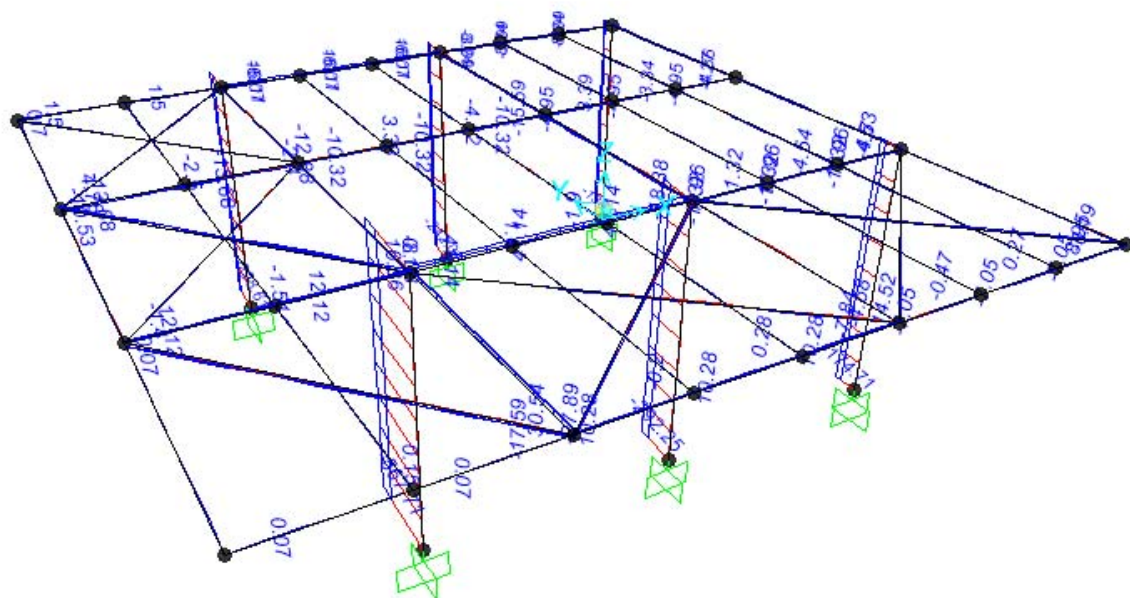


Figura 10.13 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V3


Figura 10.14 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V2

Figura 10.15 – Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale

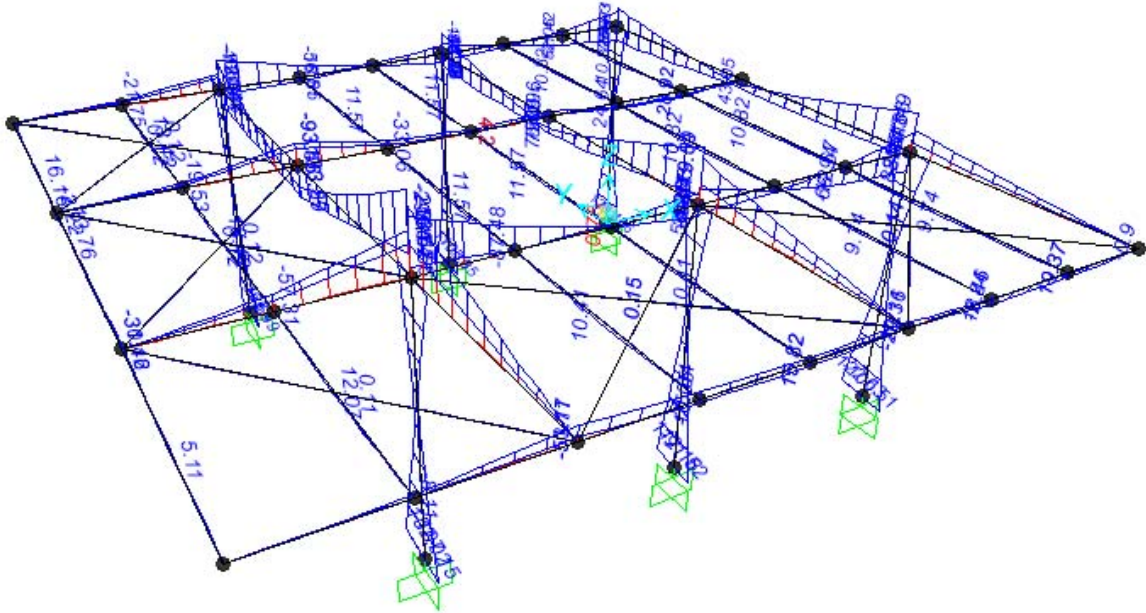


Figura 10.16 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M33

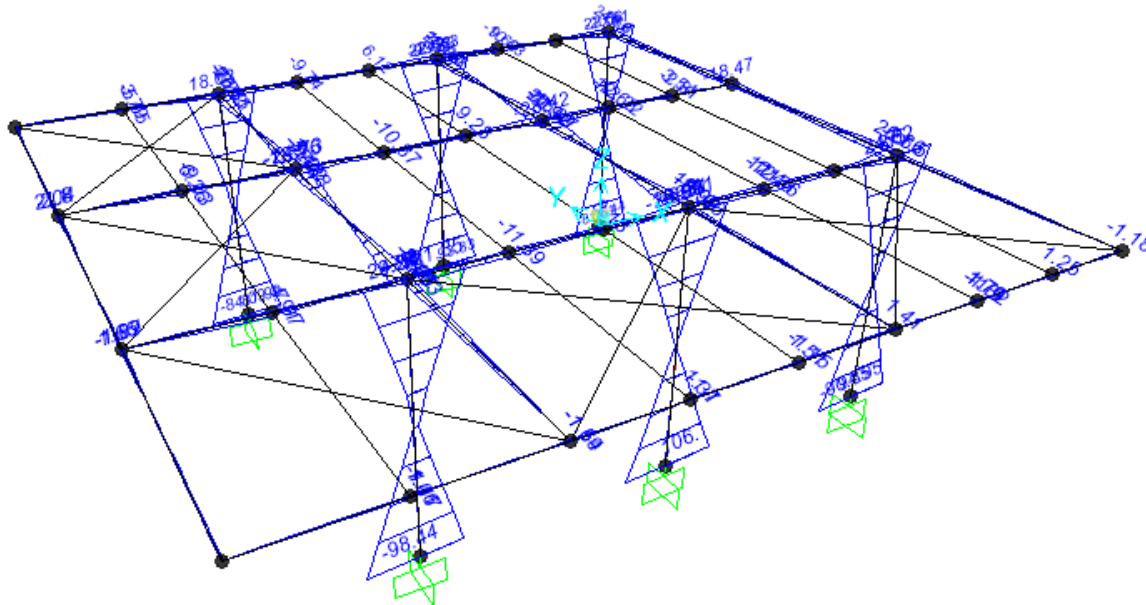


Figura 10.17 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M22

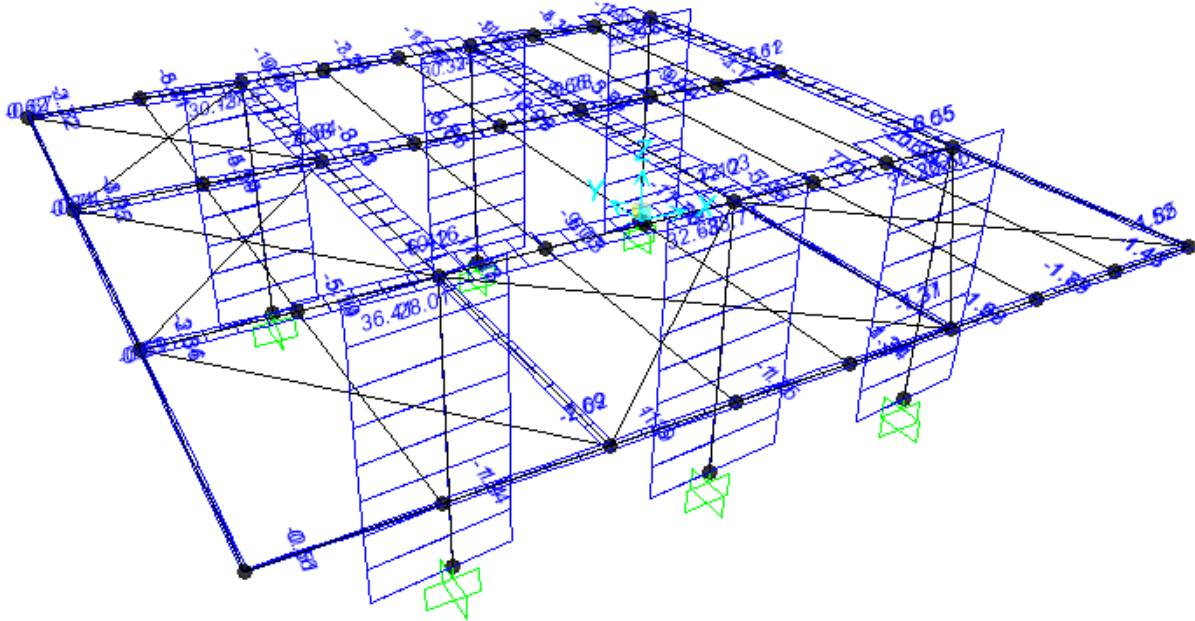


Figura 10.18 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V3

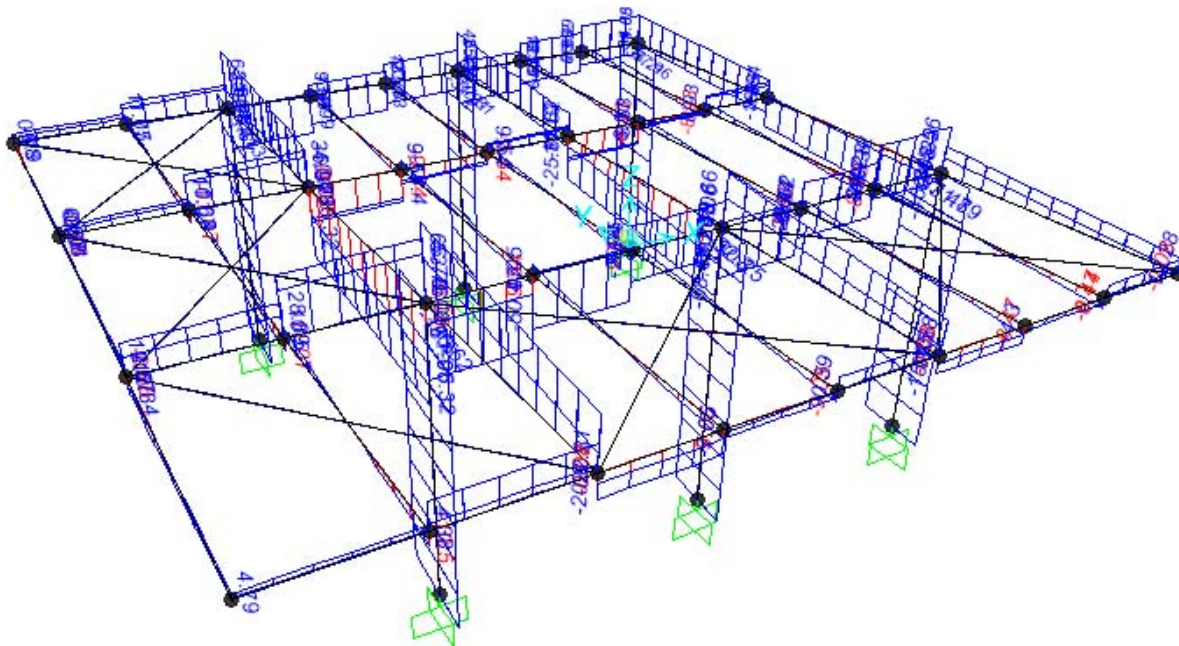


Figura 10.19 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V2

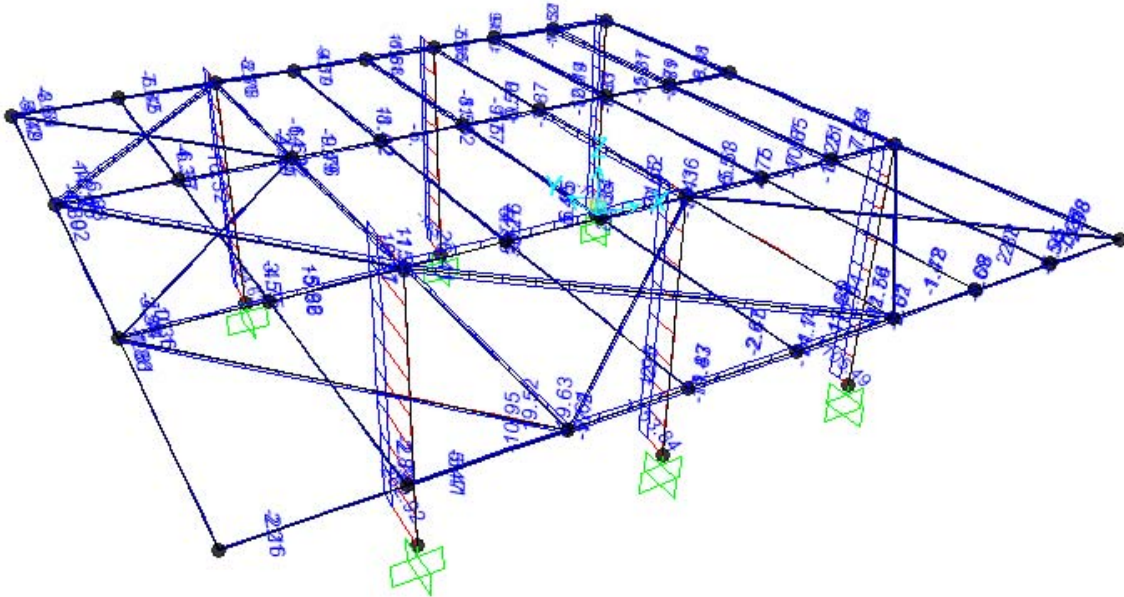



Figura 10.20 – Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

11 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

11.1 Criteri di verifica delle sezioni in acciaio

Il post-processore del software di calcolo SAP2000 è in grado di verificare le sezioni in acciaio secondo le Normative vigenti. Le verifiche svolte sono le seguenti:

Sforzo Normale di Trazione

Viene verificato che:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1.0, \quad (\text{NTC Eq. 4.2.5})$$

$N_{t,Rd}$ è il min tra:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.6})$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.7})$$

Sforzo Normale di Compressione

Viene verificato che:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.9})$$

Dove:

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{for Class 1, 2, or 3 cross-sections} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.10})$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{for Class 4 cross-sections} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.10})$$

Instabilità per Sforzo Assiale

Viene verificato che:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1.0 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.41})$$

Dove:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_c A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{for Class 1, 2, and 3 cross-sections} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.42})$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{c,eff} A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{for Class 4 cross-sections} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.43})$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1.0 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.44})$$

$$\Phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad (\text{NTC § 4.2.4.1.3.1})$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}, \quad \text{for Class 1, 2 and 3 cross-sections} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.45})$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}}, \quad \text{for Class 4 cross-sections} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.46})$$

Momento Flettente

Viene verificato che:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.11})$$

Dove:

- Class 1 or 2 sections

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.12})$$

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 87 DI 233 |

▪ Class 3 sections

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.13})$$

▪ Class 4 sections

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.14})$$

Se:

$$V_{Ed} \geq 0.5V_{c,Rd} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.30})$$

Allora:

$$M_{y,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,y} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w} \right] f_{yk}}{\gamma_{M0}} \leq M_{y,c,Rd} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.32})$$

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{c,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.31})$$

$$A_v = h_w t_w$$

Instabilità Flesso-Torsionale

Viene verificato che:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1.0 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.48})$$

Dove:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.49})$$

– Class 1 or 2 sections

$$W_y = W_{pl,y} \quad (\text{NTC } \S 4.2.4.1.3.2)$$

– Class 3 sections

$$W_y = W_{el,y} \quad (\text{NTC } \S 4.2.4.1.3.2)$$

– Class 4 sections

$$W_y = W_{eff,y} \quad (\text{NTC } \S 4.2.4.1.3.2)$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq \begin{cases} 1 \\ \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \cdot \frac{1}{f} \end{cases} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.50 and 4.2.53})$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad (\text{NTC } \S 4.2.4.1.3.2)$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.51})$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.2$$

$$\beta = 1$$

$$f = 1 - 0.5(1 - k_c) \cdot \left[1 - 2(\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2 \right] \quad (\text{NTC Eq. 4.2.52})$$

$$M_{cr} = \psi \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr}^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{cr}^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} \right)^{0.5}$$

$$\psi = 1.75 - 1.05 \frac{M_B}{M_A} + 0.3 \left(\frac{M_B}{M_A} \right)^2 \quad \text{Table 6-1: Corrective Factor (NTC Table 4.2.X)}$$

$$\psi = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.7$$



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 89 DI 233 |

Taglio

Viene verificato che:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1.0 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.16})$$

Dove:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.17})$$

Instabilità a Taglio

Se:

$$\frac{h_w}{t_w} > \frac{72}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.27})$$

Allora:

$$V_{c,Rd} = V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (\text{NTC Eq. C4.2.46})$$

Dove:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (\text{NTC Eq. C4.2.47})$$

$$\bar{\lambda}_w = 0.76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} \quad (\text{NTC Eq. C4.2.50})$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E \quad (\text{NTC § 4.2.4.1.3.4.1})$$

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_w} = 190000 \cdot \left(\frac{t}{h_w} \right)^2 \quad (\text{NTC § 4.2.4.1.3.4.1})$$

$$k_\tau = 5.34 + 4.00 \left(\frac{h_w}{L} \right)^2 \quad (\text{NTC Eq. C4.2.51})$$

$$\chi_w = \begin{cases} \eta & \text{if } \bar{\lambda}_w < 0.83/\eta \\ 0.83/\bar{\lambda}_w & \text{if } \bar{\lambda}_w \geq 0.83/\eta \end{cases} \quad (\text{NTC Tab. C.4.2.VII})$$

Torsione e Taglio

Viene verificato che:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1.0, \quad (\text{EC3 6.2.7(9)})$$

Dove:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1.25(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} \right]} V_{pl,Rd} \quad (\text{I-Shapes}) \quad (\text{EC3 6.2.7(9)})$$

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} \right]} V_{pl,Rd} \quad (\text{Hollow Shapes}) \quad (\text{EC3 6.2.7(9)})$$

$$\rho_T = \frac{V_{pl,T,Rd}}{V_{pl,Rd}} = \begin{cases} \sqrt{\left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{1.25(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} \right]}, & \text{for I-shapes,} \\ \sqrt{\left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} \right]}, & \text{for Boxes and Pipes,} \end{cases}$$

Sollecitazioni Composte: Momento flettente – Sforzo Assiale – Taglio

Per sezioni di Classe 1 e 2, viene verificato che:

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^{5n} \leq 1 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.38})$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.36})$$

Dove:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \left(\frac{1-n}{1-0.5a} \right) \leq M_{pl,y,Rd} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.33})$$

$$M_{N,z,Rd} = \begin{cases} M_{pl,z,Rd}, & \text{for } n \leq a, \\ M_{pl,z,Rd} \left[1 - \left(\frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right], & \text{for } n > a \end{cases} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.34-35})$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.36})$$

$$a = \frac{A - 2b_f t_f}{A} \leq 0.5 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.37})$$

Per sezioni di Classe 3, viene verificato che:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.0 \quad (\text{EC3 6.2.1(7)})$$

Per sezioni di Classe 4, viene verificato che:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}} \leq 1.0 \quad (\text{EC3 6.2.9.3(2)})$$

Se:

$$V_{Ed} \geq 0.5V_{c,Rd} \quad (\text{NTC Eq. 4.2.30})$$

Allora:

$$f_{y,red} = (1-\rho) \cdot f_{yk} \quad (\text{NTC § 4.2.4.1.2.9})$$

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{Rd}} - 1 \right)^2 \quad (\text{NTC Eq. 4.2.40})$$

Instabilità per Sollecitazioni Composte: Momento flettente – Sforzo Assiale – Taglio

Viene verificato che:

Per sezioni di Classe 1, 2, e 3:

Method A:

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{y,eq,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{z,eq,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M1}} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} \leq 1$$

(NTC Eq. C4.2.32)

Method B:

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} \cdot A f_{yk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_y f_{yk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot W_z f_{yk}} \leq 1 \quad (\text{NTC C4.2.37})$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} \cdot A f_{yk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_y f_{yk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot W_z f_{yk}} \leq 1 \quad (\text{NTC C4.2.38})$$

Dove:

$$k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (\text{EC3 6.3.3(4)})$$

$$k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (\text{EC3 6.3.3(4)})$$

Per sezioni di Classe 4:

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} \cdot A f_{yk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_{yk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{W_{eff,z} f_{yk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (\text{NTC Eq. C4.2.38})$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1} \cdot A f_{yk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_{yk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{\gamma_{M1} \cdot \frac{W_{eff,z} f_{yk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (\text{NTC Eq. C4.2.38})$$

Dove:

$$k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed}e_{Ny}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed}e_{Nz}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (\text{EC3 6.3.3(4)})$$

$$k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed}e_{Ny}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed}e_{Nz}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (\text{EC3 6.3.3(4)})$$

11.2 Esito delle verifiche – FA Est

Si riportano di seguito i coefficienti d'uso:

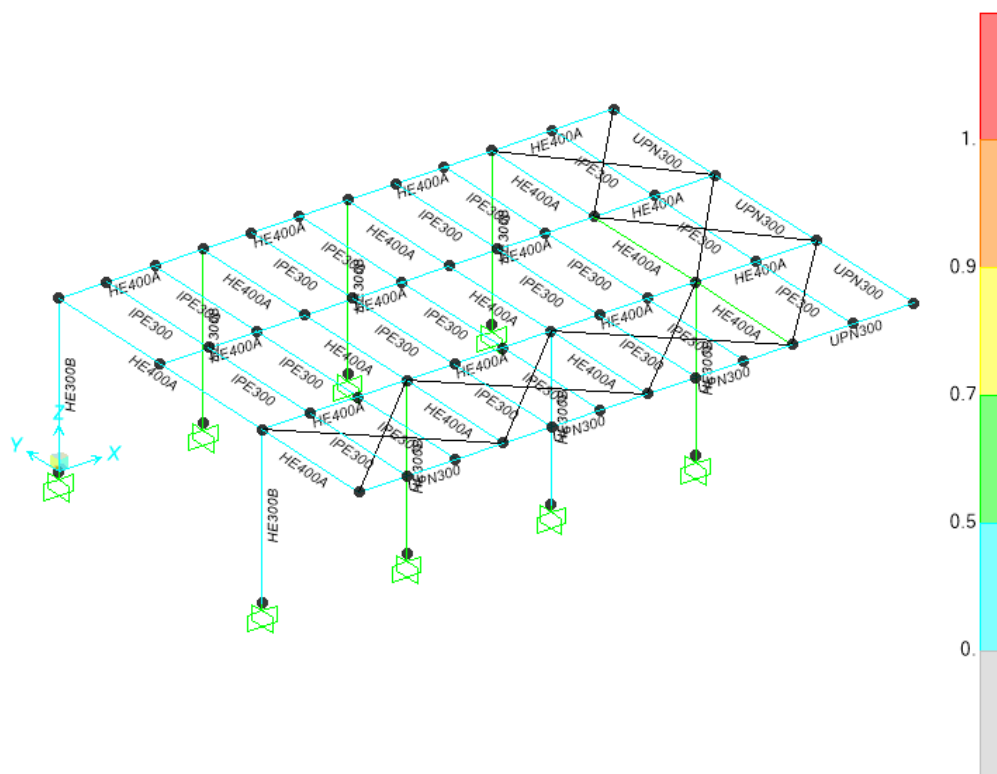


Figura 11.1 Coef. D'uso – Valore max.0,60.

Di seguito si riportano i tabulati di verifica degli elementi principali.



PROGETTO DEFINITIVO

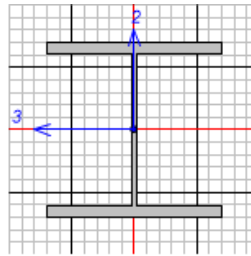
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 94 DI 233 |

11.2.1 Colonna HEB300



Units v

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 38 X Mid: 15. Combo: SLV_Y Design Type: Column
Length: 5.5 Y Mid: -9.7 Shape: HE300B Frame Type: Non Dissipative
Loc : 5.5 Z Mid: 2.75 Class: Class 1 Rolled: Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.015 eNy=0. eNz=0.
A=0.015 Iyy=2.517E-04 iyy=0.13 Wel,yy=0.002 Weff,yy=0.002
It=1.890E-06 Izz=8.563E-05 izz=0.076 Wel,zz=5.709E-04 Weff,zz=5.709E-04
Iw=1.690E-06 Iyz=0. h=0.3 Wpl,yy=0.002 Av,y=0.012
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=8.700E-04 Av,z=0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|----------|---------|--------|---------|--------|--------|
| 5.5 | -283.614 | 154.943 | -46.27 | -46.604 | 13.895 | -0.055 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.604 = 0.102 + 0.287 + 0.216 < 0.95 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)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 95 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | <i>Ned</i> | <i>Nc,Rd</i> | <i>Nt,Rd</i> |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Force</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Axial</i> | -283.614 | 5037.619 | 5037.619 |

| | <i>Npl,Rd</i> | <i>Nu,Rd</i> | <i>Ncr,T</i> | <i>Ncr,TF</i> | <i>An/Ag</i> |
|--|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | 5037.619 | 5471.28 | 11575.512 | 11575.512 | 1. |

| | <i>Curve</i> | <i>Alpha</i> | <i>Ncr</i> | <i>LambdaBar</i> | <i>Phi</i> | <i>Chi</i> | <i>Nb,Rd</i> |
|---------------------|--------------|--------------|------------|------------------|------------|------------|--------------|
| <i>Major (y-y)</i> | b | 0.34 | 12937.926 | 0.639 | 0.779 | 0.817 | 4114.699 |
| <i>MajorB(y-y)</i> | b | 0.34 | 44064.62 | 0.346 | 0.585 | 0.947 | 4769.639 |
| <i>Minor (z-z)</i> | c | 0.49 | 5542.538 | 0.977 | 1.168 | 0.553 | 2788.071 |
| <i>MinorB(z-z)</i> | c | 0.49 | 20088.342 | 0.513 | 0.708 | 0.836 | 4209.513 |
| <i>Torsional TF</i> | c | 0.49 | 11575.512 | 0.676 | 0.845 | 0.739 | 3725.302 |

MOMENT DESIGN

| | <i>Med</i> | <i>Med,span</i> | <i>Mm,Ed</i> | <i>Meq,Ed</i> |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 154.943 | 154.943 | 123.423 | 129.727 |
| <i>Minor (z-z)</i> | -46.27 | -71.884 | -59.077 | -61.638 |

| | <i>Mc,Rd</i> | <i>Mv,Rd</i> | <i>Mn,Rd</i> | <i>Mb,Rd</i> |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 631.9 | 631.9 | 631.9 | 537.036 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 294.143 | 294.143 | 294.143 | |

| | <i>Curve</i> | <i>AlphaLT</i> | <i>LambdaBarLT</i> | <i>PhiLT</i> | <i>ChiLT</i> | <i>psi</i> | <i>Mcr</i> |
|------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| <i>LTB</i> | b | 0.34 | 0.668 | 0.803 | 0.85 | 1.233 | 1485.704 |

| | <i>kyy</i> | <i>kyz</i> | <i>kzy</i> | <i>kzz</i> |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Factors</i> | 0.845 | 0.529 | 0.994 | 0.882 |

SHEAR DESIGN

| | <i>Ved</i> | <i>Ted</i> | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Reduction</i> | <i>Stress</i> | <i>Status</i> |
|------------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| | <i>Force</i> | <i>Torsion</i> | <i>Capacity</i> | <i>Factor</i> | <i>Ratio</i> | <i>Check</i> |
| <i>Major (z)</i> | 46.604 | 0.055 | 924.269 | 0.999 | 0.05 | OK |
| <i>Minor (y)</i> | 24.593 | 0.055 | 2345.905 | 0.999 | 0.01 | OK |

| | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Eta</i> | <i>LambdaBarW</i> |
|------------------|---------------|------------|-------------------|
| <i>Reduction</i> | 924.269 | 1. | 0.333 |



PROGETTO DEFINITIVO

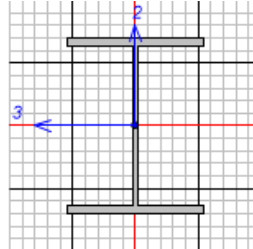
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 96 DI 233 |

11.2.2 Trave HEA400



Units: ▼

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : kN, m, C

Frame : 18 X Mid: 12.5 Combo: SLU_Q3 Design Type: Beam
Length: 5. Y Mid: -9.7 Shape: HE400A Frame Type: Non Dissipative
Loc : 5. Z Mid: 5.5 Class: Class 1 Rolled: Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.016 eNy=0. eNz=0.
A=0.016 Iyy=4.507E-04 iyy=0.168 Wel,yy=0.002 Weff,yy=0.002
It=1.930E-06 Izz=8.564E-05 izz=0.073 Wel,zz=5.709E-04 Weff,zz=5.709E-04
Iw=2.947E-06 Iyz=0. h=0.39 Wpl,yy=0.003 Av,y=0.012
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=8.730E-04 Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|--------|----------|--------|---------|-------|-------|
| 5. | 11.301 | -341.005 | -5.376 | 122.308 | 2.148 | 0.004 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation BS EN 1993-6 Annex A)

D/C Ratio: 0.401 = 0.394 + 0.007 + 0. < 0.95 OK
= (My,Ed)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ Cmz (Mz,Ed + Mz,T,Ed)/(Mz,Rk/GammaM1)
+ (Kw * Kzw * Kalpha) * (Mw,Ed)/(Mz,Rk/2.0*GammaM1)) (BS EN 1993-6 Annex A)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 97 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | <i>Ned</i> | <i>Nc,Rd</i> | <i>Nt,Rd</i> |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Force</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Axial</i> | 11.301 | 5375.714 | 5375.714 |

| | <i>Npl,Rd</i> | <i>Nu,Rd</i> | <i>Ncr,T</i> | <i>Ncr,TF</i> | <i>An/Ag</i> |
|--|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | 5375.714 | 5838.48 | 69805.551 | 69805.551 | 1. |

| | <i>Curve</i> | <i>Alpha</i> | <i>Ncr</i> | <i>LambdaBar</i> | <i>Phi</i> | <i>Chi</i> | <i>Nb,Rd</i> |
|---------------------|--------------|--------------|------------|------------------|------------|------------|--------------|
| <i>Major (y-y)</i> | <i>a</i> | 0.21 | 37365.138 | 0.389 | 0.595 | 0.956 | 5137.803 |
| <i>MajorB(y-y)</i> | <i>a</i> | 0.21 | 37365.138 | 0.389 | 0.595 | 0.956 | 5137.803 |
| <i>Minor (z-z)</i> | <i>b</i> | 0.34 | 63899.609 | 0.297 | 0.561 | 0.965 | 5188.253 |
| <i>MinorB(z-z)</i> | <i>b</i> | 0.34 | 63899.609 | 0.297 | 0.561 | 0.965 | 5188.253 |
| <i>Torsional TF</i> | <i>b</i> | 0.34 | 69805.551 | 0.284 | 0.555 | 0.97 | 5213.457 |

MOMENT DESIGN

| | <i>Med</i> | <i>Med,span</i> | <i>Mm,Ed</i> | <i>Meq,Ed</i> |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | -341.005 | -341.005 | -48.012 | -81.727 |
| <i>Minor (z-z)</i> | -5.376 | -5.376 | 0.131 | -0.756 |

| | <i>Mc,Rd</i> | <i>Mv,Rd</i> | <i>Mn,Rd</i> | <i>Mb,Rd</i> |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 866.2 | 866.2 | 866.2 | 866.2 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 295.157 | 295.157 | 295.157 | |

| | <i>Curve</i> | <i>AlphaLT</i> | <i>LambdaBarLT</i> | <i>PhiLT</i> | <i>ChiLT</i> | <i>psi</i> | <i>Mcr</i> |
|------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| <i>LTB</i> | <i>b</i> | 0.34 | 0.22 | 0.528 | 1. | 1.531 | 18782.583 |

| | <i>kyy</i> | <i>kyz</i> | <i>kzy</i> | <i>kzz</i> |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Factors</i> | 0.4 | 0.24 | 0.897 | 0.4 |

SHEAR DESIGN

| | <i>Ved</i> | <i>Ted</i> | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Reduction</i> | <i>Stress</i> | <i>Status</i> |
|------------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| | <i>Force</i> | <i>Torsion</i> | <i>Capacity</i> | <i>Factor</i> | <i>Ratio</i> | <i>Check</i> |
| <i>Major (z)</i> | 122.308 | 0.004 | 1119.468 | 1. | 0.109 | OK |
| <i>Minor (y)</i> | 2.148 | 0.004 | 2347.857 | 1. | 0.001 | OK |

| | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Eta</i> | <i>LambdaBarW</i> |
|------------------|---------------|------------|-------------------|
| <i>Reduction</i> | 1119.468 | 1. | 0.443 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | <i>VMajor</i> | <i>VMajor</i> |
|-------------------|---------------|---------------|
| | <i>Left</i> | <i>Right</i> |
| <i>Major (V2)</i> | 22.041 | 122.732 |



PROGETTO DEFINITIVO

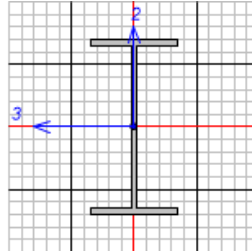
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 98 DI 233 |

11.2.3 Trave IPE300



Units:

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : kN, m, C

Frame : 60 X Mid: 17.1 Combo: SLU_Q8 Design Type: Beam
Length: 4.6 Y Mid: -12. Shape: IPE300 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.6 Z Mid: 5.5 Class: Class 1 Rolled: Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.005 eNy=0. eNz=0.
A=0.005 Iyy=8.356E-05 iyy=0.125 Wel,yy=5.571E-04 Weff,yy=5.571E-04
It=0. Izz=6.040E-06 izz=0.034 Wel,zz=8.053E-05 Weff,zz=8.053E-05
Iw=0. Iyz=0. h=0.3 Wpl,yy=6.280E-04 Av,y=0.003
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.250E-04 Av,z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-----|
| 4.6 | 0.055 | 0. | 0. | 28.117 | 0. | 0. |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation BS EN 1993-6 Annex A)

D/C Ratio: 0.322 = 0.322 + 0. + 0. < 0.95 OK
= (My,Ed)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ Cmz (Mz,Ed + Mz,T,Ed)/(Mz,Rk/GammaM1)
+ (Kw * Kzw * Kalpha) * (Mw,Ed)/(Mz,Rk/2.0*GammaM1)) (BS EN 1993-6 Annex A)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|-----------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 99 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | <i>Ned</i> | <i>Nc,Rd</i> | <i>Nt,Rd</i> |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Force</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Axial</i> | 0.055 | 1818.952 | 1818.952 |

| | <i>Npl,Rd</i> | <i>Nu,Rd</i> | <i>Ncr,T</i> | <i>Ncr,TF</i> | <i>An/Ag</i> |
|--|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | 1818.952 | 1975.536 | 1708.38 | 1708.38 | 1. |

| | <i>Curve</i> | <i>Alpha</i> | <i>Ncr</i> | <i>LambdaBar</i> | <i>Phi</i> | <i>Chi</i> | <i>Nb,Rd</i> |
|---------------------|--------------|--------------|------------|------------------|------------|------------|--------------|
| <i>Major (y-y)</i> | a | 0.21 | 8184.682 | 0.483 | 0.646 | 0.929 | 1690.623 |
| <i>MajorB(y-y)</i> | a | 0.21 | 8184.682 | 0.483 | 0.646 | 0.929 | 1690.623 |
| <i>Minor (z-z)</i> | b | 0.34 | 591.617 | 1.797 | 2.386 | 0.253 | 459.925 |
| <i>MinorB(z-z)</i> | b | 0.34 | 591.617 | 1.797 | 2.386 | 0.253 | 459.925 |
| <i>Torsional TF</i> | b | 0.34 | 1708.38 | 1.057 | 1.205 | 0.561 | 1020.656 |

MOMENT DESIGN

| | <i>Med</i> | <i>Med,span</i> | <i>Mm,Ed</i> | <i>Meq,Ed</i> |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 0. | 32.335 | 21.341 | 27.743 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 0. | 0. | 0. | 0. |

| | <i>Mc,Rd</i> | <i>Mv,Rd</i> | <i>Mn,Rd</i> | <i>Mb,Rd</i> |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 212.324 | 212.324 | 212.324 | 100.445 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 42.262 | 42.262 | 42.262 | |

| | <i>Curve</i> | <i>AlphaLT</i> | <i>LambdaBarLT</i> | <i>PhiLT</i> | <i>ChiLT</i> | <i>psi</i> | <i>Mcr</i> |
|------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| <i>LTB</i> | b | 0.34 | 1.226 | 1.426 | 0.473 | 1.143 | 148.241 |

| | <i>kyy</i> | <i>kyz</i> | <i>kzy</i> | <i>kzz</i> |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Factors</i> | 0.95 | 0.6 | 1. | 1. |

SHEAR DESIGN

| | <i>Ved</i> | <i>Ted</i> | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Reduction</i> | <i>Stress</i> | <i>Status</i> |
|------------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| | <i>Force</i> | <i>Torsion</i> | <i>Capacity</i> | <i>Factor</i> | <i>Ratio</i> | <i>Check</i> |
| <i>Major (z)</i> | 28.117 | 0. | 501.071 | 1. | 0.056 | OK |
| <i>Minor (y)</i> | 0. | 0. | 664.056 | 1. | 0. | OK |

| | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Eta</i> | <i>LambdaBarW</i> |
|------------------|---------------|------------|-------------------|
| <i>Reduction</i> | 501.071 | 1. | 0.546 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | <i>VMajor</i> | <i>VMajor</i> |
|-------------------|---------------|---------------|
| | <i>Left</i> | <i>Right</i> |
| <i>Major (V2)</i> | 28.117 | 28.117 |



PROGETTO DEFINITIVO

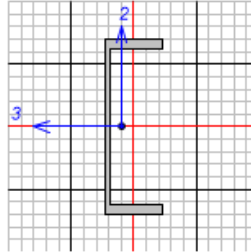
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 100 DI 233 |

11.2.4 Trave UPN300



Units:

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 4 X Mid: 17.1 Combo: SLU_Q6 Design Type: Beam
Length: 4.2 Y Mid: -14.3 Shape: UPN300 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0. Z Mid: 5.5 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.006 eNy=0. eNz=0.
A=0.006 Iyy=8.022E-05 iyy=0.117 Wel,yy=5.348E-04 Weff,yy=5.348E-04
It=0. Izz=4.940E-06 izz=0.029 Wel,zz=6.755E-05 Weff,zz=6.755E-05
Iw=0. Iyz=0. h=0.3 Wpl,yy=6.469E-04 Av,y=0.003
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.446E-04 Av,z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|-------|---------|--------|---------|--------|--------|
| 0. | 0.036 | -70.639 | -0.211 | -32.112 | -0.089 | -0.895 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: $0.38 = 0. + 0.378 + 0.002 < 0.95$ OK
 $= \frac{NEd}{\chi_z N Rk / \Gamma M1} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd eNy)}{\chi_{LT} M_y Rk / \Gamma M1} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd eNz)}{(M_z, Rk / \Gamma M1)}$ (NTC Eq C4.2.38)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 101 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned | Nc,Rd | Nt,Rd |
|-------|-------|----------|----------|
| | Force | Capacity | Capacity |
| Axial | 0.036 | 1985.971 | 1985.971 |

| Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|----------|----------|----------|----------|-------|
| 1985.971 | 2156.933 | 3642.031 | 3284.899 | 1. |

| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
|--------------|--------|----------|-----------|-------|-------|----------|
| Major (y-y) | c 0.49 | 9425.472 | 0.47 | 0.677 | 0.859 | 1706.78 |
| MajorB(y-y) | c 0.49 | 9425.472 | 0.47 | 0.677 | 0.859 | 1706.78 |
| Minor (z-z) | c 0.49 | 2321.707 | 0.948 | 1.132 | 0.571 | 1133.644 |
| MinorB(z-z) | c 0.49 | 2321.707 | 0.948 | 1.132 | 0.571 | 1133.644 |
| Torsional TF | c 0.49 | 3284.899 | 0.797 | 0.964 | 0.664 | 1319.079 |

MOMENT DESIGN

| | Med | Med,span | Mm,Ed | Meq,Ed |
|-------------|---------|----------|--------|---------|
| | Moment | Moment | Moment | Moment |
| Major (y-y) | -70.639 | -70.639 | -8.386 | -22.984 |
| Minor (z-z) | -0.211 | -0.211 | -0.032 | -0.074 |

| | Mc,Rd | Mv,Rd | Mn,Rd | Mb,Rd |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | Capacity | Capacity | Capacity | Capacity |
| Major (y-y) | 218.714 | 218.714 | 218.714 | 186.96 |
| Minor (z-z) | 48.889 | 48.889 | 48.889 | |

| Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
|-------|---------|-------------|-------|-------|-------|---------|
| LTB | d 0.76 | 0.48 | 0.721 | 0.855 | 2.545 | 998.373 |

| | kyy | kzy | kzy | kzz |
|---------|-----|------|-----|-----|
| Factors | 0.4 | 0.24 | 1. | 0.4 |

SHEAR DESIGN

| | Ved | Ted | Vc,Rd | Stress | Status |
|-----------|--------|---------|----------|--------|--------|
| | Force | Torsion | Capacity | Ratio | Check |
| Major (z) | 32.112 | 0.895 | 603.166 | 0.053 | OK |
| Minor (y) | 0.089 | 0.895 | 623.467 | 0. | OK |

| | Vpl,Rd | Eta | LambdaBarW |
|-----------|---------|-----|------------|
| Reduction | 603.166 | 1. | 0.372 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | VMajor | VMajor |
|------------|--------|--------|
| | Left | Right |
| Major (V2) | 32.112 | 1.526 |

11.2.1 Verifica controventi

L'azione massima sul controvento è pari a 20kN. Viene moltiplicata per 2 per tenere in conto della perdita del controvento compresso:

$$N_{Ed} = 20 * 2 = 40 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = A * f_{yd} = 3.14 * (20\text{mm})^2 / 4 * 355 / 1.05 = 106 \text{ kN} > N_{Ed}$$

11.3 Esito delle verifiche – FA Ovest

Si riportano di seguito i coefficienti d'uso:

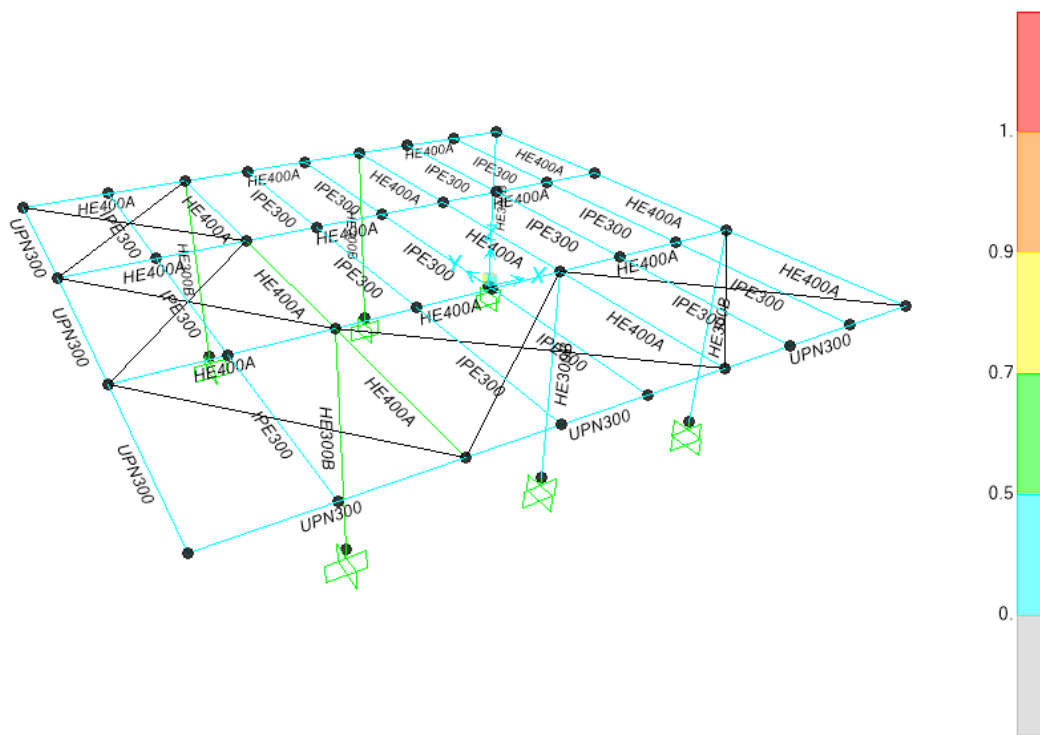


Figura 11.2 Coef. D'uso – Valore max.0,62.

Di seguito si riportano i tabulati di verifica degli elementi principali.



PROGETTO DEFINITIVO

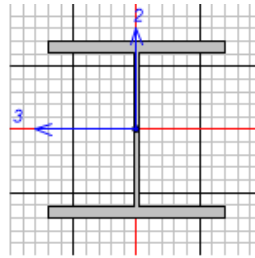
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 103 DI 233 |

11.3.1 Colonna HEB300



Units

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 51 X Mid: -10.18 Combo: SLV_X Design Type: Column
Length: 5.5 Y Mid: -9.7 Shape: HE300B Frame Type: Non Dissipative
Loc : 5.5 Z Mid: 2.75 Class: Class 1 Rolled: Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.015 eNy=0. eNz=0.
A=0.015 Iyy=2.517E-04 Iyy=0.13 Wel,yy=0.002 Weff,yy=0.002
It=1.890E-06 Izz=8.563E-05 Izz=0.076 Wel,zz=5.709E-04 Weff,zz=5.709E-04
Iw=1.690E-06 Iyz=0. h=0.3 Wpl,yy=0.002 Av,y=0.012
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=8.700E-04 Av,z=0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 5.5 | -274.123 | 100.944 | 86.514 | 20.363 | 36.415 | -0.042 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.618 = 0.098 + 0.185 + 0.335 < 0.95 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)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 104 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | <i>Ned</i> | <i>Nc,Rd</i> | <i>Nt,Rd</i> |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Force</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Axial</i> | -274.123 | 5037.619 | 5037.619 |

| | <i>Npl,Rd</i> | <i>Nu,Rd</i> | <i>Ncr,T</i> | <i>Ncr,TF</i> | <i>An/Ag</i> |
|--|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | 5037.619 | 5471.28 | 11560.531 | 11560.531 | 1. |

| | <i>Curve</i> | <i>Alpha</i> | <i>Ncr</i> | <i>LambdaBar</i> | <i>Phi</i> | <i>Chi</i> | <i>Nb,Rd</i> |
|---------------------|--------------|--------------|------------|------------------|------------|------------|--------------|
| <i>Major (y-y)</i> | b | 0.34 | 12937.926 | 0.639 | 0.779 | 0.817 | 4114.699 |
| <i>MajorB(y-y)</i> | b | 0.34 | 44064.62 | 0.346 | 0.585 | 0.947 | 4769.639 |
| <i>Minor (z-z)</i> | c | 0.49 | 5525.357 | 0.978 | 1.169 | 0.553 | 2783.565 |
| <i>MinorB(z-z)</i> | c | 0.49 | 19943.181 | 0.515 | 0.71 | 0.835 | 4204.217 |
| <i>Torsional TF</i> | c | 0.49 | 11560.531 | 0.676 | 0.845 | 0.739 | 3723.947 |

MOMENT DESIGN

| | <i>Med</i> | <i>Med,span</i> | <i>Mm,Ed</i> | <i>Meq,Ed</i> |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 100.944 | 100.944 | 78.797 | 83.226 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 86.514 | 101.853 | 94.184 | 95.718 |

| | <i>Mc,Rd</i> | <i>Mv,Rd</i> | <i>Mn,Rd</i> | <i>Mb,Rd</i> |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 631.9 | 631.9 | 631.9 | 541.106 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 294.143 | 294.143 | 294.143 | |

| | <i>Curve</i> | <i>AlphaLT</i> | <i>LambdaBarLT</i> | <i>PhiLT</i> | <i>ChiLT</i> | <i>psi</i> | <i>Mcr</i> |
|------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| <i>LTB</i> | b | 0.34 | 0.663 | 0.798 | 0.856 | 1.255 | 1509.472 |

| | <i>kyy</i> | <i>kzy</i> | <i>kzz</i> |
|----------------|------------|------------|------------|
| <i>Factors</i> | 0.831 | 0.58 | 0.994 |

SHEAR DESIGN

| | <i>Ved</i> | <i>Ted</i> | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Reduction</i> | <i>Stress</i> | <i>Status</i> |
|------------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| | <i>Force</i> | <i>Torsion</i> | <i>Capacity</i> | <i>Factor</i> | <i>Ratio</i> | <i>Check</i> |
| <i>Major (z)</i> | 30.245 | 0.043 | 924.269 | 1. | 0.033 | OK |
| <i>Minor (y)</i> | 36.415 | 0.043 | 2345.905 | 1. | 0.016 | OK |

| | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Eta</i> | <i>LambdaBarW</i> |
|------------------|---------------|------------|-------------------|
| <i>Reduction</i> | 924.269 | 1. | 0.333 |



PROGETTO DEFINITIVO

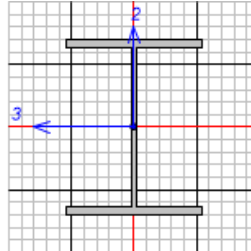
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 105 DI 233 |

11.3.2 Trave HEA400



Units: ▾

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 18 X Mid: -10.18 Combo: SLU_Q7 Design Type: Beam
Length: 4.85 Y Mid: -7.275 Shape: HE400A Frame Type: Non Dissipative
Loc : 2.425 Z Mid: 5.5 Class: Class 1 Rolled: Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.016 eNy=0. eNz=0.
A=0.016 Iyy=4.507E-04 iyy=0.168 Wel,yy=0.002 Weff,yy=0.002
It=1.930E-06 Izz=8.564E-05 izz=0.073 Wel,zz=5.709E-04 Weff,zz=5.709E-04
Iw=2.947E-06 Iyz=0. h=0.39 Wpl,yy=0.003 Av,y=0.012
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=8.730E-04 Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|--------|---------|--------|----------|-------|------|
| 2.425 | -7.345 | -71.013 | -0.066 | -154.912 | 4.38 | 0.01 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: $0.616 = 0.002 + 0.599 + 0.015 < 0.95$ OK
 $= NEd / (\chi_z NRk / \Gamma M1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (\chi_{LT} My,Rk / \Gamma M1) + kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / \Gamma M1)$ (NTC Eq C4.2.38)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 106 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity |
|-------|--------------|-------------------|-------------------|
| Axial | -7.345 | 5375.714 | 5375.714 |

| Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|----------|---------|-----------|-----------|-------|
| 5375.714 | 5838.48 | 12318.887 | 12318.887 | 1. |

| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
|--------------|--------|-----------|-----------|-------|-------|----------|
| Major (y-y) | a 0.21 | 9928.031 | 0.754 | 0.842 | 0.821 | 4412.958 |
| MajorB(y-y) | a 0.21 | 9928.031 | 0.754 | 0.842 | 0.821 | 4412.958 |
| Minor (z-z) | b 0.34 | 7545.92 | 0.865 | 0.987 | 0.684 | 3675.265 |
| MinorB(z-z) | b 0.34 | 7545.92 | 0.865 | 0.987 | 0.684 | 3675.265 |
| Torsional TF | b 0.34 | 12318.887 | 0.677 | 0.81 | 0.797 | 4282.247 |

MOMENT DESIGN

| | Med | Med,span | Mm,Ed | Meq,Ed |
|-------------|---------|----------|---------|----------|
| | Moment | Moment | Moment | Moment |
| Major (y-y) | -71.013 | -482.727 | -83.271 | -362.045 |
| Minor (z-z) | -0.066 | -10.688 | -0.066 | -4.275 |

| | Mc,Rd Capacity | Mv,Rd Capacity | Mn,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Major (y-y) | 866.2 | 866.2 | 866.2 | 804.883 |
| Minor (z-z) | 295.157 | 295.157 | 295.157 | |

| Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
|-------|---------|-------------|-------|-------|-------|----------|
| LTB | b 0.34 | 0.472 | 0.658 | 0.929 | 2.305 | 4081.598 |

| Factors | kyy | kzy | kzy | kzz |
|---------|-----|-------|-------|-------|
| | 0.4 | 0.241 | 0.999 | 0.401 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vpl,Rd Capacity | Reduction Factor | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 154.912 | 0.01 | 1119.468 | 1. | 0.138 | OK |
| Minor (y) | 4.38 | 0.01 | 2347.857 | 1. | 0.002 | OK |

| Reduction | Vpl,Rd | Eta | LambdaBarW |
|-----------|----------|-----|------------|
| | 1119.468 | 1. | 0.443 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| Major (V2) | VMajor Left | VMajor Right |
|------------|----------------|-----------------|
| | 184.647 | 125.176 |



PROGETTO DEFINITIVO

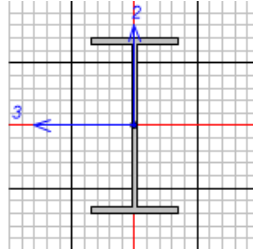
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 107 DI 233 |

11.3.3 Trave IPE300



Units: ▼

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 57 X Mid: -12.255 Combo: SLU_Q8 Design Type: Beam
Length: 4.6 Y Mid: -12. Shape: IPE300 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.6 Z Mid: 5.5 Class: Class 1 Rolled: Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.005 eNy=0. eNz=0.
A=0.005 Iyy=8.356E-05 iyy=0.125 Wel,yy=5.571E-04 Weff,yy=5.571E-04
It=0. Izz=6.040E-06 izz=0.034 Wel,zz=8.053E-05 Weff,zz=8.053E-05
Iw=0. Iyz=0. h=0.3 Wpl,yy=6.280E-04 Av,y=0.003
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.250E-04 Av,z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|-------|--------|--------|--------|-------|-----|
| 4.6 | 0.125 | 0. | 0. | 27.797 | 0. | 0. |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation BS EN 1993-6 Annex A)

D/C Ratio: 0.318 = 0.318 + 0. + 0. < 0.95 OK
= (My,Ed)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ Cmz (Mz,Ed + Mz,T,Ed)/(Mz,Rk/GammaM1)
+ (Kw * Kzw * Kalpha) * (Mw,Ed)/(Mz,Rk/2.0*GammaM1)) (BS EN 1993-6 Annex A)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 108 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | <i>Ned</i> | <i>Nc,Rd</i> | <i>Nt,Rd</i> |
|--------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Force</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Axial</i> | 12.75 | 185481.52 | 185481.52 |

| <i>Npl,Rd</i> | <i>Nu,Rd</i> | <i>Ncr,T</i> | <i>Ncr,TF</i> | <i>An/Ag</i> |
|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 185481.52 | 201448.605 | 174206.323 | 174206.323 | 1. |

| | <i>Curve</i> | <i>Alpha</i> | <i>Ncr</i> | <i>LambdaBar</i> | <i>Phi</i> | <i>Chi</i> | <i>Nb,Rd</i> |
|---------------------|--------------|--------------|------------|------------------|------------|------------|--------------|
| <i>Major (y-y)</i> | a | 0.21 | 834605.272 | 0.483 | 0.646 | 0.929 | 172395.567 |
| <i>MajorB(y-y)</i> | a | 0.21 | 834605.272 | 0.483 | 0.646 | 0.929 | 172395.567 |
| <i>Minor (z-z)</i> | b | 0.34 | 60328.098 | 1.797 | 2.386 | 0.253 | 46899.271 |
| <i>MinorB(z-z)</i> | b | 0.34 | 60328.098 | 1.797 | 2.386 | 0.253 | 46899.271 |
| <i>Torsional TF</i> | b | 0.34 | 174206.323 | 1.057 | 1.205 | 0.561 | 104077.907 |

MOMENT DESIGN

| | <i>Med</i> | <i>Med,span</i> | <i>Mm,Ed</i> | <i>Meq,Ed</i> |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|
| | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> | <i>Moment</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 0. | 3259.7 | 2151.402 | 2796.823 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 0. | 0. | 0. | 0. |

| | <i>Mc,Rd</i> | <i>Mv,Rd</i> | <i>Mn,Rd</i> | <i>Mb,Rd</i> |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> | <i>Capacity</i> |
| <i>Major (y-y)</i> | 21651.003 | 21651.003 | 21651.003 | 10242.502 |
| <i>Minor (z-z)</i> | 4309.515 | 4309.515 | 4309.515 | |

| | <i>Curve</i> | <i>AlphaLT</i> | <i>LambdaBarLT</i> | <i>PhiLT</i> | <i>ChiLT</i> | <i>psi</i> | <i>Mcr</i> |
|------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|--------------|------------|------------|
| <i>LTB</i> | b | 0.34 | 1.226 | 1.426 | 0.473 | 1.143 | 15116.364 |

| | <i>kyy</i> | <i>kyz</i> | <i>kzy</i> | <i>kzz</i> |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Factors</i> | 0.95 | 0.6 | 1. | 1. |

SHEAR DESIGN

| | <i>Ved</i> | <i>Ted</i> | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Reduction</i> | <i>Stress</i> | <i>Status</i> |
|------------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
| | <i>Force</i> | <i>Torsion</i> | <i>Capacity</i> | <i>Factor</i> | <i>Ratio</i> | <i>Check</i> |
| <i>Major (z)</i> | 2834.522 | 0. | 51094.993 | 1. | 0.055 | OK |
| <i>Minor (y)</i> | 0. | 0. | 67714.892 | 1. | 0. | OK |

| | <i>Vpl,Rd</i> | <i>Eta</i> | <i>LambdaBarW</i> |
|------------------|---------------|------------|-------------------|
| <i>Reduction</i> | 51094.993 | 1. | 0.546 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | <i>VMajor</i> | <i>VMajor</i> |
|-------------------|---------------|---------------|
| | <i>Left</i> | <i>Right</i> |
| <i>Major (V2)</i> | 2834.522 | 2834.522 |



PROGETTO DEFINITIVO

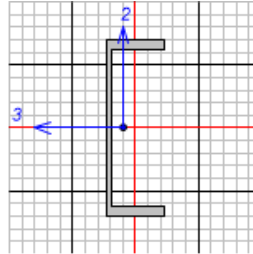
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 109 DI 233 |

11.3.4 Trave UPN300



Units ▼

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 34 X Mid: -12.255 Combo: SLU_Q6 Design Type: Beam
Length: 4.15 Y Mid: -14.3 Shape: UPN300 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.15 Z Mid: 5.5 Class: Class 1 Rolled: Yes

Interaction=Method Both MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No
Ignore Seismic Code? No Ignore Special EQ Load? No D/P Plug Welded? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
q0=1. Omega=1. GammaRd=1.1
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=0.95

Aeff=0.006 eNy=0. eNz=0.
A=0.006 Iyy=8.022E-05 Iyy=0.117 Wel,yy=5.348E-04 Weff,yy=5.348E-04
It=0. Izz=4.940E-06 Izz=0.029 Wel,zz=6.755E-05 Weff,zz=6.755E-05
Iw=0. Iyz=0. h=0.3 Wpl,yy=6.469E-04 Av,y=0.003
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=1.446E-04 Av,z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|-------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 4.15 | 0.065 | -82.133 | -0.573 | 34.909 | 0.211 | 3.019 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.459 = 0. + 0.452 + 0.006 < 0.95 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)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 110 DI 233 |

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned | Nc,Rd | Nt,Rd |
|-------|-------|----------|----------|
| | Force | Capacity | Capacity |
| Axial | 0.065 | 1985.971 | 1985.971 |

| Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
|----------|----------|----------|----------|-------|
| 1985.971 | 2156.933 | 3691.323 | 3333.903 | 1. |

| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
|--------------|--------|----------|-----------|-------|-------|----------|
| Major (y-y) | c 0.49 | 9653.96 | 0.465 | 0.673 | 0.862 | 1712.879 |
| MajorB(y-y) | c 0.49 | 9653.96 | 0.465 | 0.673 | 0.862 | 1712.879 |
| Minor (z-z) | c 0.49 | 2377.989 | 0.936 | 1.119 | 0.578 | 1147.14 |
| MinorB(z-z) | c 0.49 | 2377.989 | 0.936 | 1.119 | 0.578 | 1147.14 |
| Torsional TF | c 0.49 | 3333.903 | 0.791 | 0.957 | 0.668 | 1326.411 |

MOMENT DESIGN

| | Med | Med,span | Mm,Ed | Meq,Ed |
|-------------|---------|----------|---------|---------|
| | Moment | Moment | Moment | Moment |
| Major (y-y) | -82.133 | -82.133 | -13.444 | -29.345 |
| Minor (z-z) | -0.573 | -0.573 | -0.132 | -0.232 |

| | Mc,Rd | Mv,Rd | Mn,Rd | Mb,Rd |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | Capacity | Capacity | Capacity | Capacity |
| Major (y-y) | 218.714 | 218.714 | 218.714 | 181.547 |
| Minor (z-z) | 48.889 | 48.889 | 48.889 | |

| Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
|-------|---------|-------------|-------|-------|-------|---------|
| LTB | d 0.76 | 0.517 | 0.754 | 0.83 | 2.149 | 858.751 |

| | kyy | kzy | kzy | kzz |
|---------|-----|-------|-----|-------|
| Factors | 0.4 | 0.328 | 1. | 0.547 |


SHEAR DESIGN

| | Ved | Ted | Vc,Rd | Stress | Status |
|-----------|--------|---------|----------|--------|--------|
| | Force | Torsion | Capacity | Ratio | Check |
| Major (z) | 34.909 | 3.019 | 603.166 | 0.058 | OK |
| Minor (y) | 0.211 | 3.019 | 623.467 | 0. | OK |

| Reduction | Vpl,Rd | Eta | LambdaBarW |
|-----------|---------|-----|------------|
| | 603.166 | 1. | 0.372 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | VMajor | VMajor |
|------------|--------|--------|
| | Left | Right |
| Major (V2) | 4.673 | 34.909 |

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

11.3.5 Verifica controventi

L'azione massima sul controvento (barra $\phi 20$) risultante da modellazione è pari a 28 kN. Viene moltiplicata per 2 per tenere in conto della perdita di efficacia del controvento compresso:

$$N_{Ed} = 28 * 2 = 56 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A * f_{yk} / 1.05 = 314 * 355 / 1.05 / 1000 = 106 \text{ kN} > N_{Ed}$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 A_{eff} * f_{tk} / 1.25 = 0.9 * 245 * 510 / 1.25 / 1000 = 89 \text{ kN} > N_{Ed}$$

11.4 Verifiche di deformabilità – FA Est

11.4.1 Spostamenti verticali

Vengono seguiti i criteri esposti al cap.4.2.4.2.1 delle NTC:

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento (Fig. 4.2.3) è definito come

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2 \quad [4.2.60]$$

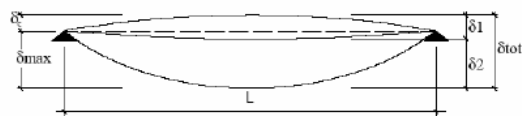


Fig. 4.2.3 -Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

δ_C la monta iniziale della trave,

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_C$.

Nel caso di coperture, solai e travi di edifici ordinari, i valori limite di δ_{max} e δ_2 , riferiti alle combinazioni caratteristiche delle azioni, sono espressi come funzione della luce L dell'elemento.

I valori di tali limiti sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle caratteristiche degli elementi strutturali e non strutturali gravanti sull'elemento considerato, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 4.2.XII, dove L è la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

| Elementi strutturali | Limiti superiori per gli spostamenti verticali | |
|--|--|----------------------|
| | $\frac{\delta_{max}}{L}$ | $\frac{\delta_2}{L}$ |
| Coperture in generale | $\frac{1}{200}$ | $\frac{1}{250}$ |
| Coperture praticabili | $\frac{1}{250}$ | $\frac{1}{300}$ |
| Solai in generale | $\frac{1}{250}$ | $\frac{1}{300}$ |
| Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili | $\frac{1}{250}$ | $\frac{1}{350}$ |
| Solai che supportano colonne | $\frac{1}{400}$ | $\frac{1}{500}$ |
| Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio | $\frac{1}{250}$ | |

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

La freccia ammassabile è pari ad:

Dir.x

$L/250 = 2 \cdot 420 \text{ cm} / 250 = 0,0336 \text{ m}$ per carico variabile

$L/200 = 2 \cdot 420 \text{ cm} / 200 = 0,042 \text{ m}$ per comb. Rara

L'abbassamento vale:

$V_z = 0,008 \text{ m}$ per carico variabile

$V_z = 0,0336 \text{ m}$ per comb. Rara

La verifica risulta soddisfatta

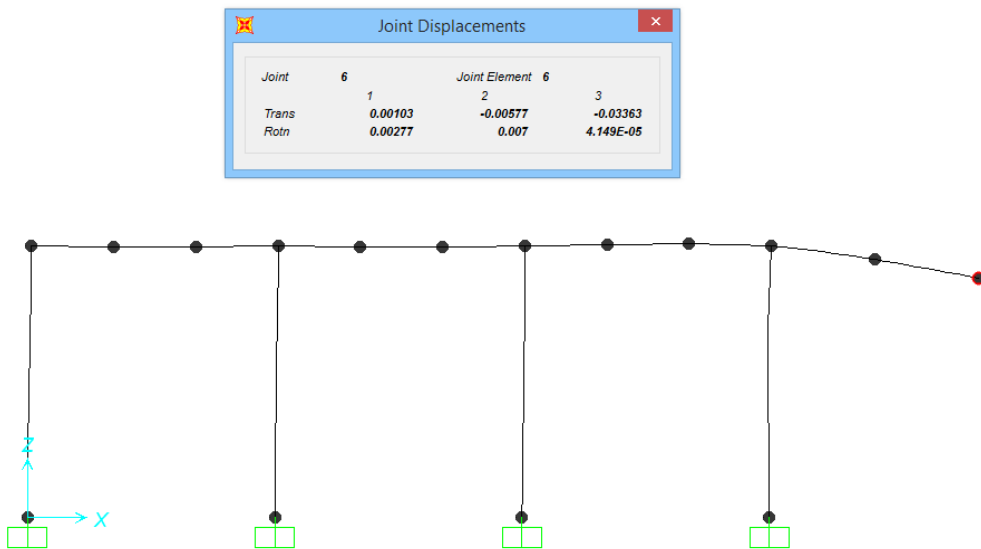


Figura 11.3 Comb. Rara – $V_z = 0,0336$.

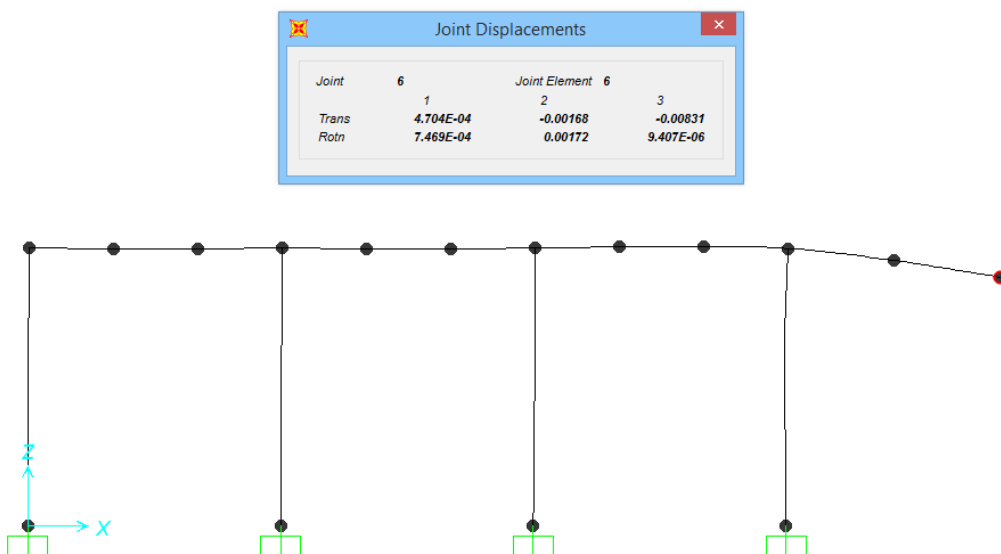


Figura 11.4 Q neve – $V_z = 0,008$.

Dir.y

$L/250 = 2 \cdot 460 \text{ cm} / 250 = 0,0368 \text{ m}$ per carico variabile

$L/200 = 2 \cdot 460 \text{ cm} / 200 = 0,046 \text{ m}$ per comb. Rara

L'abbassamento vale:

$V_z = 0,008 \text{ m}$ per carico variabile

$V_z = 0,032 \text{ m}$ per comb. Rara

La verifica risulta soddisfatta

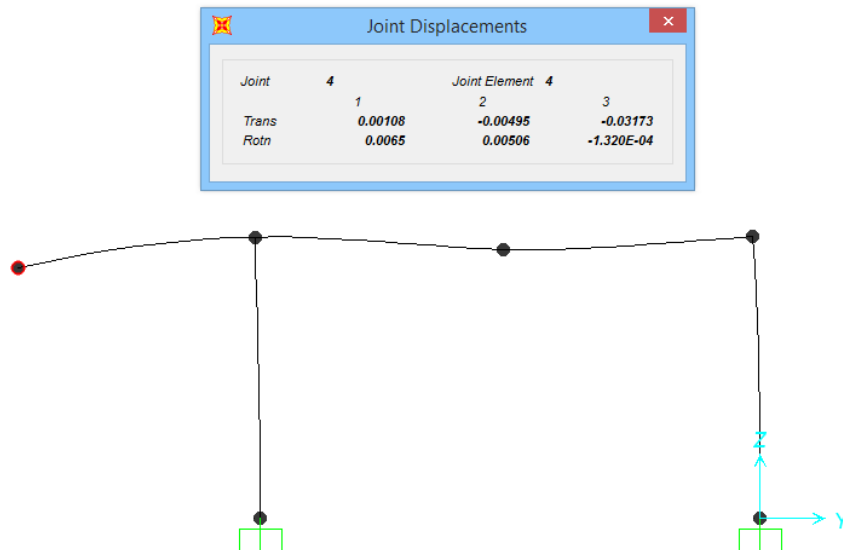


Figura 11.5 Comb. Rara – $V_z = 0,032$.

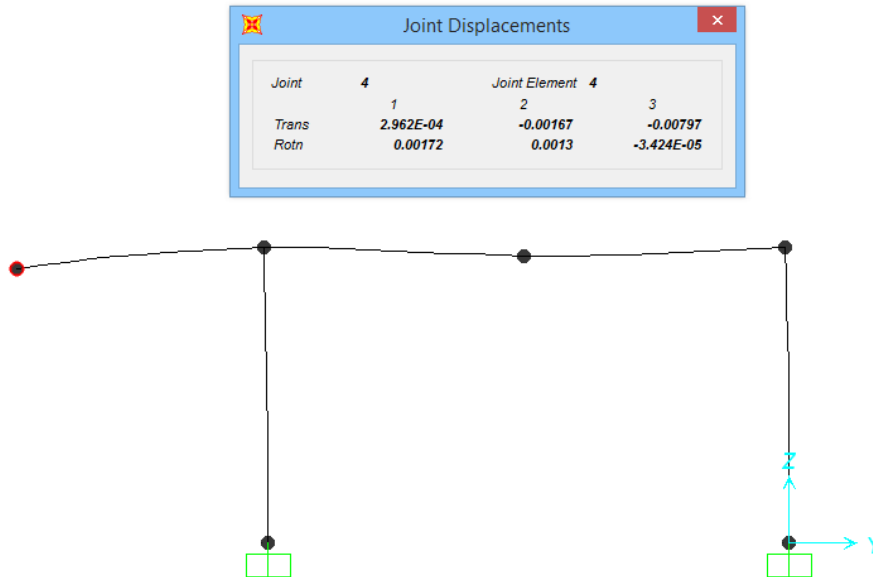


Figura 11.6 Q neve – $V_z = 0,008$.

Doppio sbalzo

$L/250 = 2 \cdot 420 \text{ cm} / 250 = 0,0336 \text{ m}$ per carico variabile

$L/200 = 2 \cdot 420 \text{ cm} / 200 = 0,042 \text{ m}$ per comb. Rara

L'abbassamento vale:

$V_z = 0,017 - 0,008 \text{ m} = 0,009 \text{ m}$ per carico variabile

$V_z = 0,06 \text{ m} - 0,032 \text{ m} = 0,028 \text{ m}$ per comb. Rara

La verifica risulta soddisfatta

| Joint Displacements | | | |
|---------------------|-----------|-----------------|------------|
| Joint | 5 | Joint Element 5 | |
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 3.476E-04 | -0.00496 | -0.06595 |
| Rotn | 0.00665 | -0.08742 | -2.433E-04 |

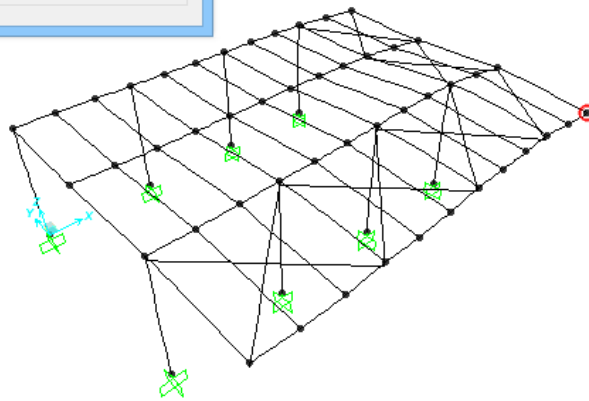


Figura 11.7 Comb. Rara – $V_z = 0,066$.

| Joint Displacements | | | |
|---------------------|-----------|-----------------|------------|
| Joint | 5 | Joint Element 5 | |
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 2.963E-04 | -0.00168 | -0.01673 |
| Rotn | 0.00173 | -0.02242 | -6.143E-05 |

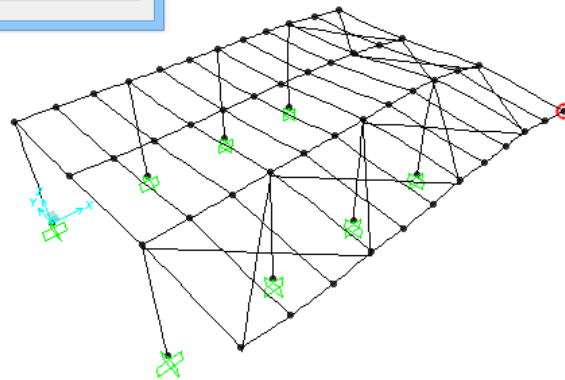


Figura 11.8 Q neve – $V_z = 0,017$.

11.4.2 Spostamenti orizzontali

Vengono seguiti i criteri esposti al cap. 4.2.4.2.1 delle NTC:

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In assenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti per gli spostamenti orizzontali indicati in Tab. 4.2.XIII (Δ spostamento in sommità; δ spostamento relativo di piano – Fig. 4.2.4).

Tab. 4.2.XIII - Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

| Tipologia dell'edificio | Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali | |
|---|--|--------------------|
| | $\frac{\delta}{h}$ | $\frac{\Delta}{H}$ |
| Edifici industriali monopiano senza carro-ponte | $\frac{1}{150}$ | / |
| Altri edifici monopiano | $\frac{1}{300}$ | / |
| Edifici multipiano | $\frac{1}{300}$ | $\frac{1}{500}$ |

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

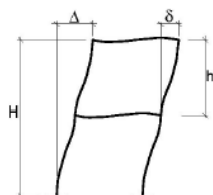
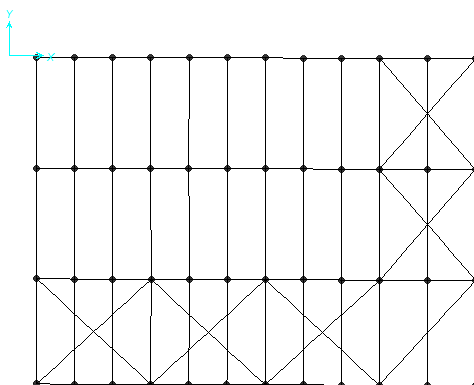


Fig. 4.2.4 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

Il valore limite è pari ad $5.5\text{m}/300 = 0,0183\text{m}$.

Tale valore risulta inoltre più restrittivo delle tolleranze ammissibili per la vetrata di chiusura, pari a 25mm.

| Joint | 18 | Joint Element | 18 |
|-------|-----------|---------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 0.00204 | -2.012E-04 | -2.258E-05 |
| Rotn | 4.853E-05 | 7.035E-05 | -2.148E-06 |




| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

Figura 11.9 – Vento x – Valori di spostamento

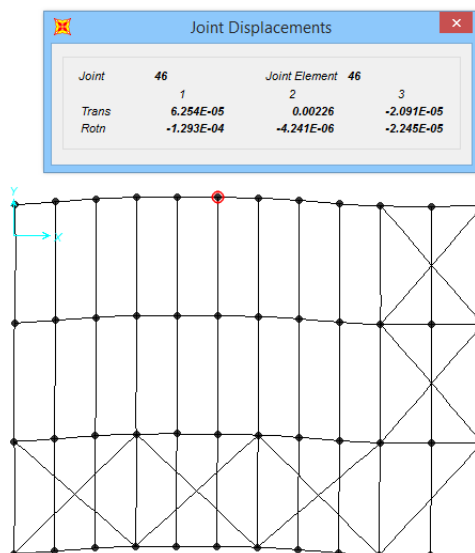


Figura 11.10 – Vento y – Valori di spostamento


Poiché lo spostamento massimo risulta 0,0023m (dir.y) le verifiche risultano soddisfatte.

11.4.3 Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 in Tab. 7.3.III, per le costruzioni ricadenti in Classe d’Uso III e IV è necessario operare una verifica di rigidità degli elementi strutturali, riferendosi allo Stato Limite di Operatività.

In particolare, secondo la norma, la verifica in termini di rigidità sulla struttura si può ritenere soddisfatta qualora la deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall’analisi in presenza dell’azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla CU considerati siano inferiori ai limiti indicati. In particolare, dunque, per costruzioni ricadenti in Classe d’Uso III e IV, la norma prescrive che gli spostamenti interpiano valutati per lo SLO siano inferiori ai 2/3 dei limiti indicati per le costruzioni ricadenti in Classe d’Uso I e II al § 7.3.6.1.

| | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA DOCUMENTO D 26 CL FA0100 005 | REV. A |

In definitiva si può considerare che il caso in esame ricada nel punto a) descritto in normativa, che riguarda gli edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura e che interferiscono con la deformabilità della stessa, per i quali nel caso di tamponamenti fragili è previsto di contenere gli spostamenti interpiano entro il 5‰ dell'altezza di piano. Tenendo conto che l'edificio in esame è in Classe d'Uso IV, le prescrizioni descritte a tale punto della normativa si modificano come segue:

$$q \cdot d_r \leq 2/3 (0,005 h)$$

dove:

q = fattore di comportamento adottato nell'analisi per lo Stato Limite considerato;

h = altezza di piano;

d_r = spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, determinato per lo SLO

Nel caso in esame si ha $q_{SLO} = 1$.

Inoltre, essendo l'altezza di interpiano $h_1 = 5,5$ m, il limite massimo degli spostamenti nel caso in esame è:

$$d_r \leq 2/3 * (0,005 * 5,5) = 0.0183m$$

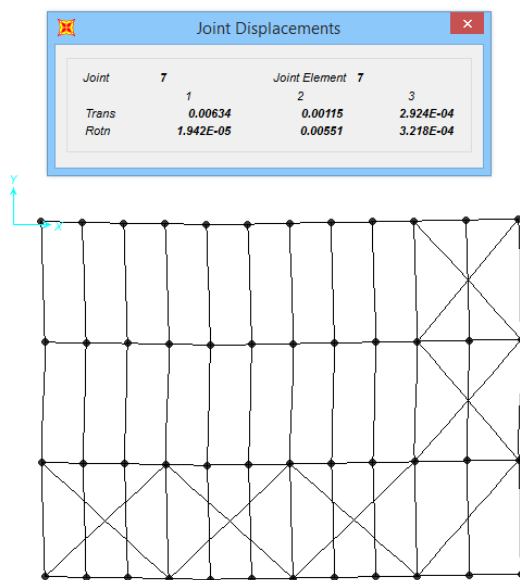


Figura 11.11 – SLO x – Valori di spostamento

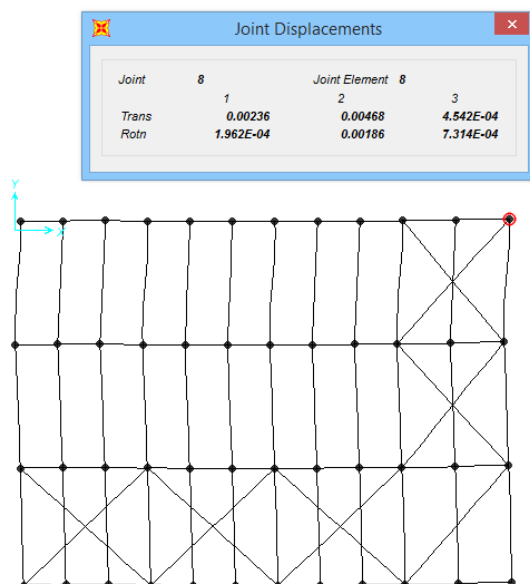


Figura 11.12 – SLO y – Valori di spostamento

Poiché lo spostamento massimo risulta 0,0047m (dir.y) le verifiche risultano soddisfatte.

11.5 Verifiche di deformabilità – FA Ovest

11.5.1 Spostamenti verticali

Vengono seguiti i criteri esposti al cap.4.2.4.2.1 delle NTC:

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento (Fig. 4.2.3) è definito come

$$\delta_{tot} = \delta_1 + \delta_2 \quad [4.2.60]$$

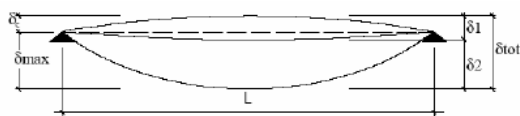


Fig. 4.2.3 -Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

δ_C la monta iniziale della trave,

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_C$.

Nel caso di coperture, solai e travi di edifici ordinari, i valori limite di δ_{max} e δ_2 , riferiti alle combinazioni caratteristiche delle azioni, sono espressi come funzione della luce L dell'elemento.

I valori di tali limiti sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle caratteristiche degli elementi strutturali e non strutturali gravanti sull'elemento considerato, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 4.2.XII, dove L è la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Tab. 4.2.XII - Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

| Elementi strutturali | Limiti superiori per gli spostamenti verticali | |
|--|--|----------------------|
| | $\frac{\delta_{max}}{L}$ | $\frac{\delta_2}{L}$ |
| Coperture in generale | $\frac{1}{200}$ | $\frac{1}{250}$ |
| Coperture praticabili | $\frac{1}{250}$ | $\frac{1}{300}$ |
| Solai in generale | $\frac{1}{250}$ | $\frac{1}{300}$ |
| Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili | $\frac{1}{250}$ | $\frac{1}{350}$ |
| Solai che supportano colonne | $\frac{1}{400}$ | $\frac{1}{500}$ |
| Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio | $\frac{1}{250}$ | |

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

La freccia ammissibile è pari ad:

Dir.x

$L/250 = 2 \cdot 415 \text{ cm} / 250 = 0,032 \text{ m}$ per carico variabile

$L/200 = 2 \cdot 415 \text{ cm} / 200 = 0,0415 \text{ m}$ per comb. Rara

L'abbassamento vale:

$V_z = 0,0073 \text{ m}$ per carico variabile

$V_z = 0,030 \text{ m}$ per comb. Rara

La verifica risulta soddisfatta



Figura 11.13 Comb. Rara – $V_z = 0,030$.



Figura 11.14 Q neve – $V_z = 0,0073$.

Dir.y

$L/250 = 2 \cdot 460 \text{ cm} / 250 = 0,0368 \text{ m}$ per carico variabile

$L/200 = 2 \cdot 460 \text{ cm} / 200 = 0,046 \text{ m}$ per comb. Rara

L'abbassamento vale:

$V_z = 0,0088 \text{ m}$ per carico variabile

$V_z = 0,035 \text{ m}$ per comb. Rara

La verifica risulta soddisfatta

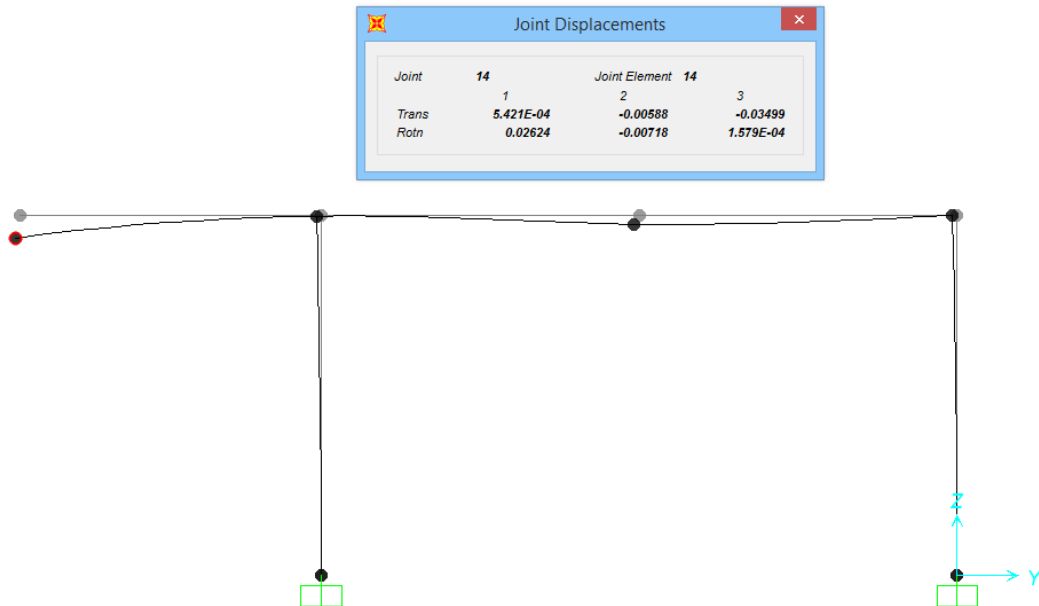


Figura 11.15 Comb. Rara – $V_z = 0,035$.

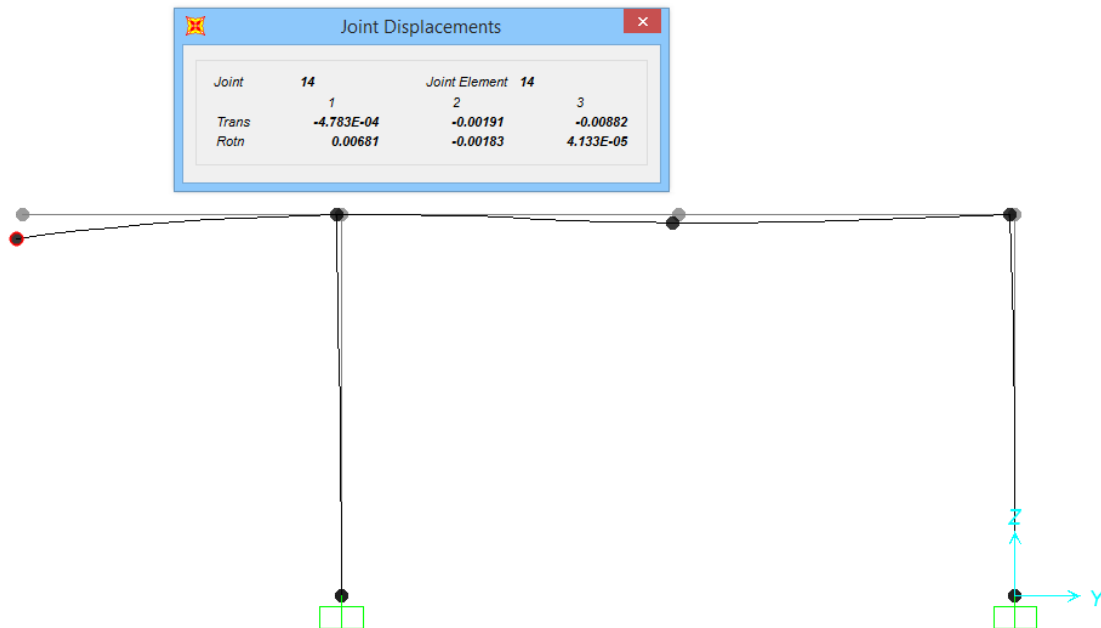



Figura 11.16 Q neve – $V_z = 0,0088$.

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

Doppio sbalzo

$L/250 = 2 \cdot 415 \text{ cm} / 250 = 0,032 \text{ m}$ per carico variabile

$L/200 = 2 \cdot 415 \text{ cm} / 200 = 0,0415 \text{ m}$ per comb. Rara

L'abbassamento vale:

$V_z = 0,022 - 0,0088 \text{ m} = 0,0132 \text{ m}$ per carico variabile

$V_z = 0,085 \text{ m} - 0,035 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$ per comb. Rara

Poiché la verifica non risulta soddisfatta per la condizione rara, si prescrive una controfreccia iniziale di 9mm (si ricorda comunque che, ai fini del calcolo, il carico G2 è stato aumentato del 40% rispetto al valore atteso).

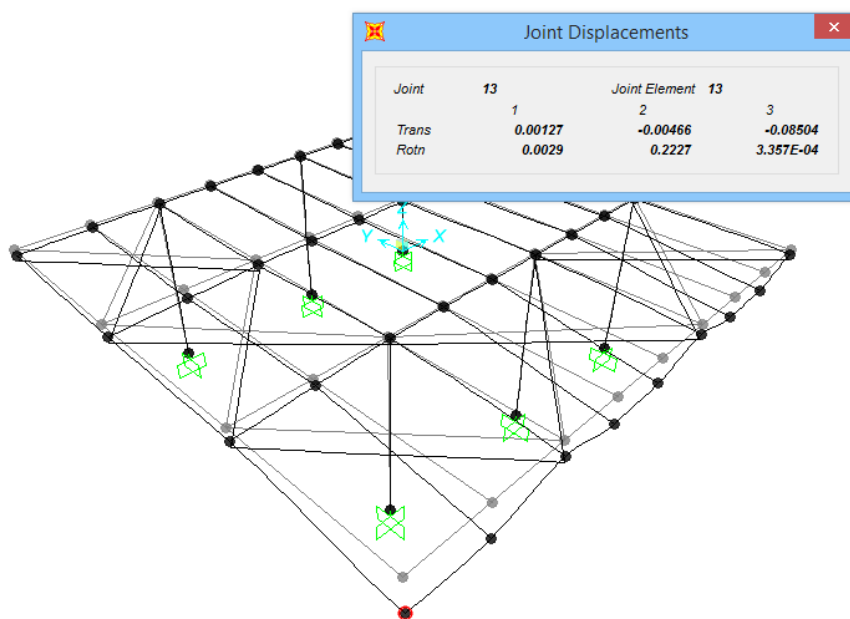



Figura 11.17 Comb. Rara – $V_z = 0,085$.

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

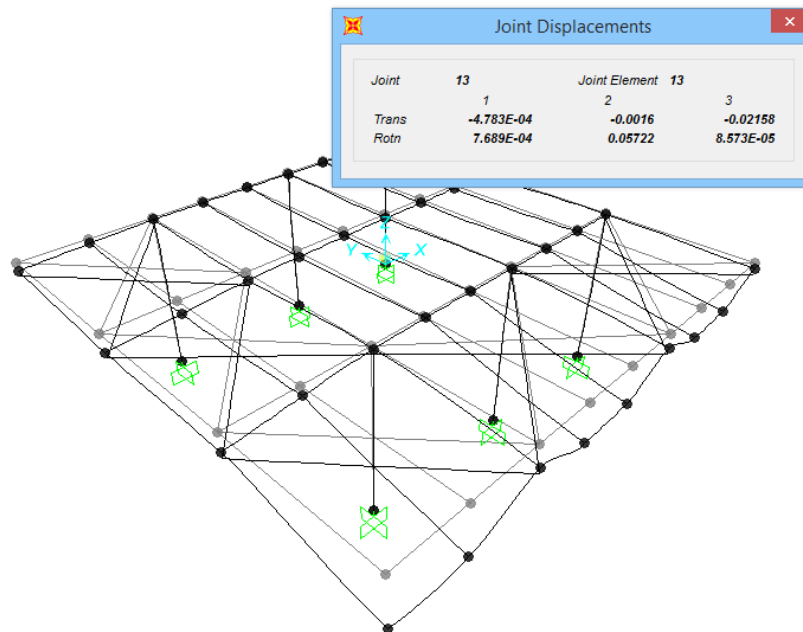


Figura 11.18 Q neve – Vz = 0,022.

11.5.2 Spostamenti orizzontali

Vengono seguiti i criteri esposti al cap. 4.2.4.2.1 delle NTC:

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In assenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti per gli spostamenti orizzontali indicati in Tab. 4.2.XIII (Δ spostamento in sommità; δ spostamento relativo di piano – Fig. 4.2.4).

Tab. 4.2.XIII - Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

| Tipologia dell'edificio | Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali | |
|---|--|--------------------|
| | $\frac{\delta}{h}$ | $\frac{\Delta}{H}$ |
| Edifici industriali monopiano senza carro-ponte | $\frac{1}{150}$ | / |
| Altri edifici monopiano | $\frac{1}{300}$ | / |
| Edifici multipiano | $\frac{1}{300}$ | $\frac{1}{500}$ |

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

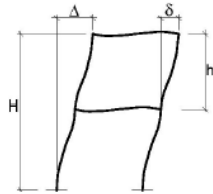


Fig. 4.2.4 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

Il valore limite è pari ad $5.5\text{m}/300 = 0,0183\text{m}$.

Tale valore risulta inoltre più restrittivo delle tolleranze ammissibili per la vetrata di chiusura, pari a 25mm.

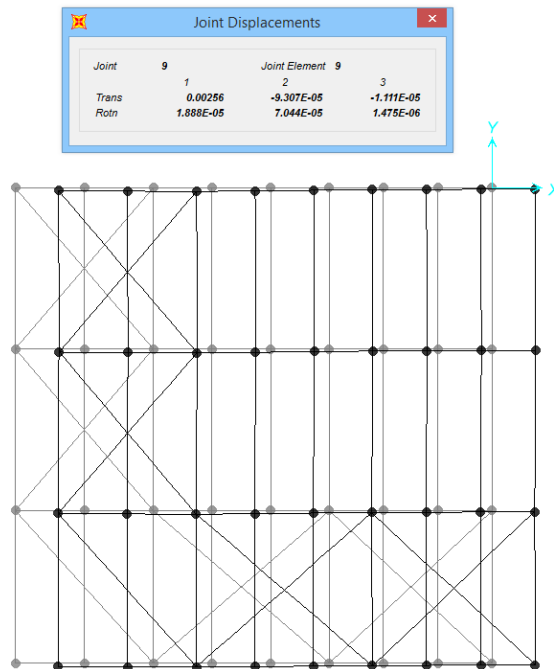


Figura 11.19 – Vento x – Valori di spostamento

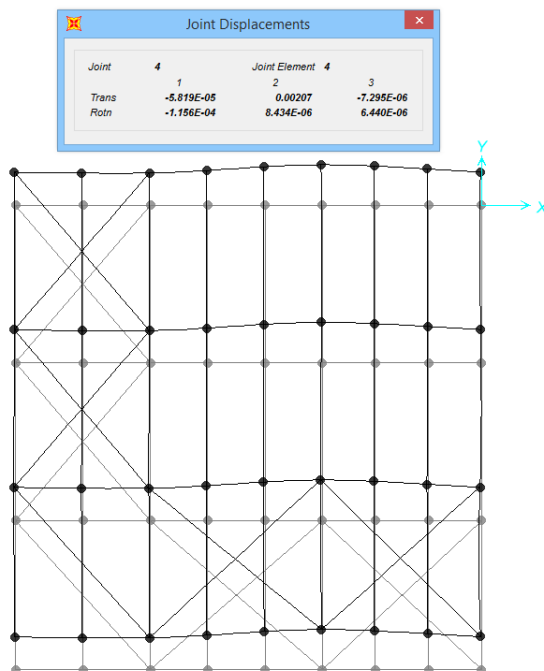


Figura 11.20 – Vento y – Valori di spostamento

Poiché lo spostamento massimo risulta 0,0026m (dir.x) le verifiche risultano soddisfatte.


11.5.3 Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali

Secondo quanto riportato dalle NTC 2018 in Tab. 7.3.III, per le costruzioni ricadenti in Classe d'Uso III e IV è necessario operare una verifica di rigidezza degli elementi strutturali, riferendosi allo Stato Limite di Operatività.

In particolare, secondo la norma, la verifica in termini di rigidezza sulla struttura si può ritenere soddisfatta qualora la deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla CU considerati siano inferiori ai limiti indicati. In particolare, dunque, per costruzioni ricadenti in Classe d'Uso III e IV, la norma prescrive che gli spostamenti interpiano valutati per lo SLO siano inferiori ai 2/3 dei limiti indicati per le costruzioni ricadenti in Classe d'Uso I e II al § 7.3.6.1.

In definitiva si può considerare che il caso in esame ricada nel punto a) descritto in normativa, che riguarda gli edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura e che interferiscono con la deformabilità della stessa, per i quali nel caso di tamponamenti fragili è previsto di contenere gli

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

spostamenti interpiano entro il 5% dell'altezza di piano. Tenendo conto che l'edificio in esame è in Classe d'Uso IV, le prescrizioni descritte a tale punto della normativa si modificano come segue:

$$q \cdot d_r \leq 2/3 (0,005 h)$$

dove:

q = fattore di comportamento adottato nell'analisi per lo Stato Limite considerato;

h = altezza di piano;

d_r = spostamento interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti al solaio superiore ed inferiore, determinato per lo SLO

Nel caso in esame si ha $q_{SLO} = 1$.

Inoltre, essendo l'altezza di interpiano $h_1 = 5,5$ m, il limite massimo degli spostamenti nel caso in esame è:

$$d_r \leq 2/3 * (0,005 * 5,5) = 0.0183m$$

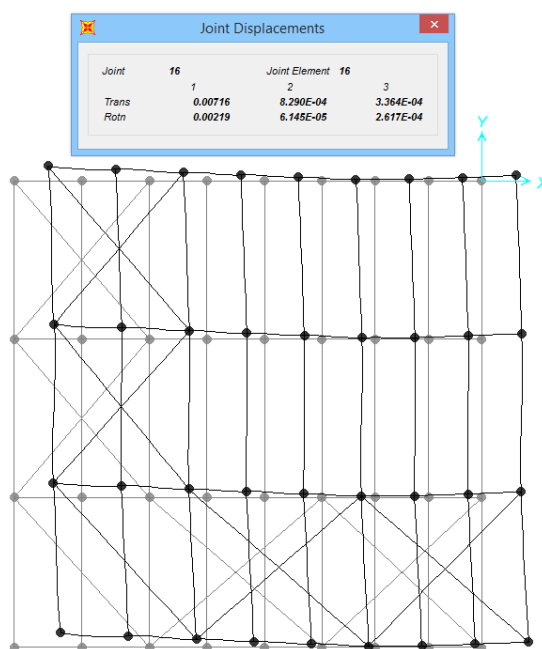


Figura 11.21 – SLO x – Valori di spostamento

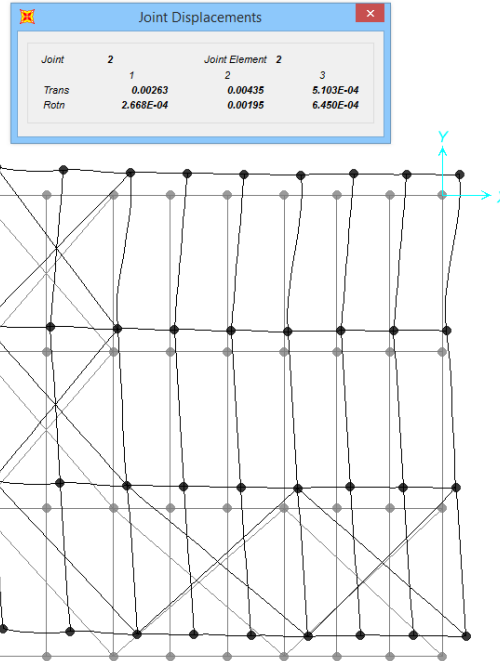


Figura 11.22 – SLO y – Valori di spostamento

Poiché lo spostamento massimo risulta 0,0072m (dir.x) le verifiche risultano soddisfatte.

11.6 Verifica giunto

Il giunto previsto tra le due strutture è di 0,35 m (distanza netta).

Lo spostamento allo SLV viene valutato secondo:

7.3.3.3 VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DELLA STRUTTURA

Gli spostamenti d_E sotto l'azione sismica di progetto relativa allo SLV si ottengono moltiplicando per il fattore di duttilità in spostamento μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee} \quad [7.3.8]$$

Dove :

$$\mu_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_c$$

$$\mu_d = 1 + (q - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \quad \text{se } T_1 < T_c \quad [7.3.9]$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$.

Essendo $q=1 \rightarrow d_E = d_{Ee}$

Lo spostamento del FA est è pari ad 0,027m

| Joint | Joint Element 7 | | |
|-------|-----------------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 0.02704 | 0.0049 | 0.0012 |
| Rotn | 7.258E-05 | 0.02334 | 0.00136 |

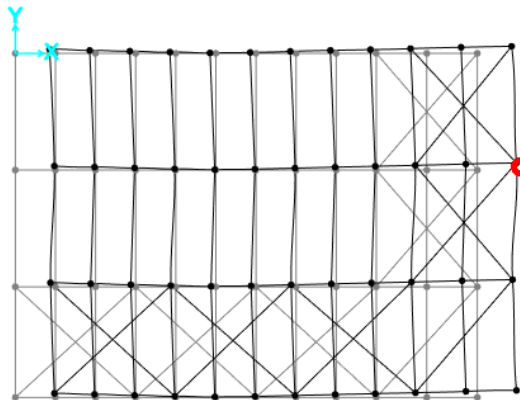


Figura 11.23 – SLV x – Valori di spostamento

Lo spostamento del FA ovest è pari ad 0,03m

| Joint | Joint Element 16 | | |
|-------|------------------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Trans | 0.03051 | 0.00352 | 0.00143 |
| Rotn | 0.00932 | 2.515E-04 | 0.00111 |

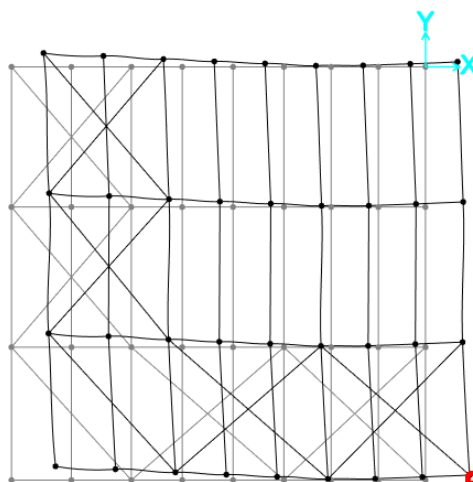



Figura 11.24 – SLV x – Valori di spostamento

$d_E = 0,027m + 0,03m = 0,057m < 0,35m$ Verificato.

|  | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|----------|------------|------|--------|------|----|---------|------------|---|------------|
| <p>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>130 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 130 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 130 DI 233 | | | | | | | | |

11.7 Tamponature

Al § 7.3.6 in Tab. 7.3.III le NTC 2018 specificano come per le costruzioni ricadenti in Classe d'Uso III e IV sia necessario operare una verifica di stabilità per gli elementi NON Strutturali soggetti all'azione sismica valutata per lo *SLV*.

In particolare, secondo quanto riportato al § 7.3.6.2 della stessa norma, per gli elementi costruttivi senza funzione strutturale devono essere adottati magisteri atti ad evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della F_a (v. § 7.2.3) corrispondente allo *SLV*.

Considerando la stratigrafia della muratura esterna riportata di seguito:

- 30cm blocchi vibrocompressi alleggeriti
- 5+5cm isolante
- 3+3cm cartongesso
- 2+2cm finitura in cemento spruzzato

Si assume che la funzione portante della parete sia svolta dal blocco in vibrocemento interno, di spessore pari a 30 cm. Per garantire la resistenza dell'intero tamponamento alle azioni orizzontali, si prevede di inserire all'interno di questa muratura, ogni due corsi di forati, dei tralicci in acciaio inglobati nei letti di malta.

La forza orizzontale F_a applicata sulla tamponatura può essere valutata con la seguente formula, riportata al § 7.2.3 della norma:

$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

in cui:

F_a = forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;

W_a = peso dell'elemento;

S_a = accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame (v. § 3.2.1 NTC 2018)

q_a = fattore di comportamento dell'elemento non strutturale.

In assenza di specifiche determinazioni, per S_a e q_a si può fare utile riferimento a quanto riportato nella Circolare n.7/2019; in particolare, per il fattore di struttura q_a si può assumere un valore pari a 2, valido per tramezzature e facciate (vedi Tabella C7.2.I), mentre per la definizione dell'accelerazione massima S_a si può ricorrere alle formulazioni semplificate valide per costruzioni con struttura a telai di seguito riportate.

$$S_a = \begin{cases} \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \cdot \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \cdot \left(1 - \frac{T_a}{\alpha \cdot T_1}\right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a < \alpha \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \cdot a_p & \text{per } \alpha \cdot T_1 < T_a < b \cdot T_1 \\ \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z}{H}\right) \cdot \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \cdot \left(1 - \frac{T_a}{b \cdot T_1}\right)^2} \right] \geq \alpha \cdot S & \text{per } T_a \geq b \cdot T_1 \end{cases}$$

In cui:

α = rapporto tra accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo di tipo A da considerare per lo stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g ;

S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1 delle NTC 2018;

T_a = periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;

T_1 = periodo fondamentale di vibrazione dell'edificio nella direzione considerata;

Z = quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione;

H = altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione.

a , b , a_p = parametri definiti in accordo con il primo periodo di vibrazione della costruzione T_1 , vedi Tab C7.2.II.

**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 132 DI 233 |

 $L := 5m$ Distanza tra due pilastri $h := 5.25m$ Altezza parete $H := 5.7m$ Altezza costruzione $z_g := 2.63m$ Baricentro parete

Caratteristiche parete (peso unità di volume e spessore):

$$\rho_m := 1600 \frac{kg}{m^3} \quad S_m := 30cm$$

$$J_m := \frac{S_m^3}{12} = 2.25 \times 10^5 \frac{cm^4}{m} \quad \text{Inerzia parete}$$

$$E_m := 30000 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{Modulo elastico parete}$$

Caratteristiche intonaco (peso unità di volume e spessore):

$$\rho_i := 2000 \frac{kg}{m^3} \quad S_i := 6cm$$

Caratteristiche coibente (peso unità di volume e spessore):

$$\rho_c := 18 \frac{kg}{m^3} \quad S_c := 10cm$$

Caratteristiche blocco esterno (peso unità di volume e spessore):

$$\rho_b := 2400 \frac{kg}{m^3} \quad S_b := 4cm$$

Peso unità di superficie:

$$W_{aq} := \rho_m \cdot S_m + \rho_i \cdot S_i + \rho_c \cdot S_c + \rho_b \cdot S_b = 697.8 \frac{kg}{m^2}$$

Peso unità di lunghezza:

$$W_a := W_{aq} \cdot h = 3.663 \times 10^3 \frac{kg}{m}$$

**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 133 DI 233 |

$$T_a := \frac{2 \cdot (L)^2}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{W_{aq}}{E_m \cdot J_m \cdot g}} = 0.163 \text{ s}$$

Periodo proprio di vibrazione parete

$$T_1 := 0.44 \text{ s}$$

Periodo proprio di vibrazione edificio

$$a_g := 0.16 \cdot g$$

Accelerazione attesa al sito

$$S := 1.2$$

 $S = S_s \cdot S_t$

$$\alpha := \frac{a_g}{g}$$

Parametri Tab C7.2.II:

$$a := \begin{cases} 0.8 & \text{if } T_1 \leq 0.5 \text{ s} \\ 0.3 & \text{if } 0.5 \text{ s} < T_1 \leq 1 \text{ s} \\ 0.3 & \text{otherwise} \end{cases} = 0.8$$

$$b := \begin{cases} 1.4 & \text{if } T_1 \leq 0.5 \text{ s} \\ 1.2 & \text{if } 0.5 \text{ s} < T_1 \leq 1 \text{ s} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1.4$$

$$a_p := \begin{cases} 5 & \text{if } T_1 \leq 0.5 \text{ s} \\ 4 & \text{if } 0.5 \text{ s} < T_1 \leq 1 \text{ s} \\ 2.5 & \text{otherwise} \end{cases} = 5$$

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 134 DI 233 |

$$S_{ai} := \begin{cases} \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z_g}{H}\right) \cdot \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \cdot \left(1 - \frac{T_a}{a \cdot T_I}\right)^2} \right] & \text{if } T_a < a \cdot T_I = 0.653 \\ \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z_g}{H}\right) \cdot a_p & \text{if } a \cdot T_I \leq T_a < b \cdot T_I \\ \alpha \cdot S \cdot \left(1 + \frac{z_g}{H}\right) \cdot \left[\frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \cdot \left(1 - \frac{T_a}{b \cdot T_I}\right)^2} \right] & \text{if } T_a \geq b \cdot T_I \end{cases}$$

$$S_a := \text{if}(S_{ai} < a \cdot S, a \cdot S, S_{ai}) = 0.96$$

Accelerazione massima

$$q_a := 2$$

Fattore di struttura parete

$$F_a := \frac{S_a \cdot W_{aq}}{q_a} = 334.944 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Forza sotto azione sismica

$$i_s := 0.38\text{m}$$

Interasse traliccio (ogni 2 corsi)

$$M_{Ed} := (F_a \cdot g) \cdot \frac{L^2}{8} \cdot i_s = 3.901 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momento agente

$$\phi := 8\text{mm}$$

Diametro traliccio

$$d := 25\text{cm}$$

Altezza utile traliccio

$$A_s := \phi^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 50.265 \cdot \text{mm}^2$$

Area ferro

$$f_{yk} := 450\text{MPa}$$

Resistenza car. traliccio

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 391.304 \cdot \text{MPa}$$

Resistenza di progetto traliccio

**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 135 DI 233 |

$$M_{Rd} := A_s \cdot f_{yd} \cdot d = 4.917 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momento resistente traliccio

$$\text{if}(M_{Rd} < M_{Ed}, \text{"non verificato"}, \text{"verificato"}) = \text{"verificato"}$$

$$V_{Ed} := (F_a \cdot g) \cdot \frac{L}{2} \cdot i_s = 3.12 \cdot \text{kN}$$

Taglio agente

$$\phi_v := 6 \text{ mm}$$

Diametro ancoraggio

$$A_v := \phi_v^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 28.274 \cdot \text{mm}^2$$

Area ferro

$$V_{Rd} := \frac{A_v \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = 6.388 \cdot \text{kN}$$

Taglio resistente ancoraggio

$$\text{if}(V_{Rd} < V_{Ed}, \text{"non verificato"}, \text{"verificato"}) = \text{"verificato"}$$

12 VERIFICHE FONDAZIONE – FA EST

La fondazione è costituita da travi in c.a. di dimensione 60x60cm.

12.1 Verifiche SLU – STR

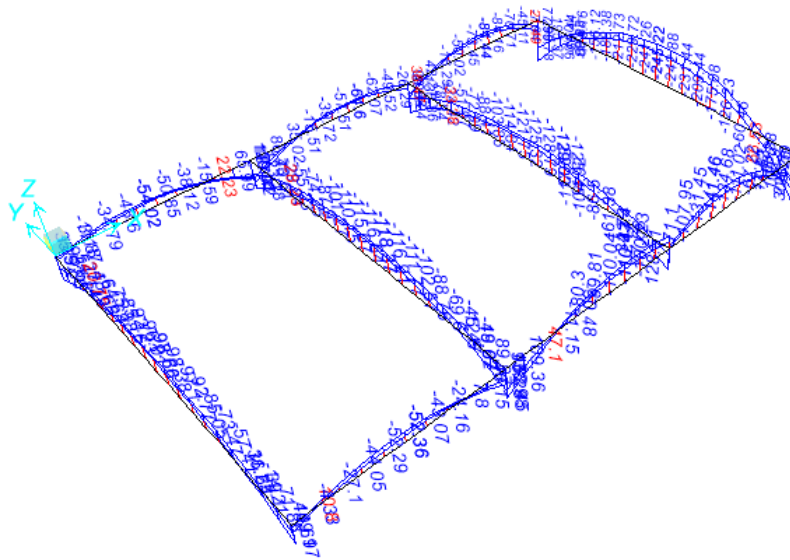


Figura 12.1 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M33

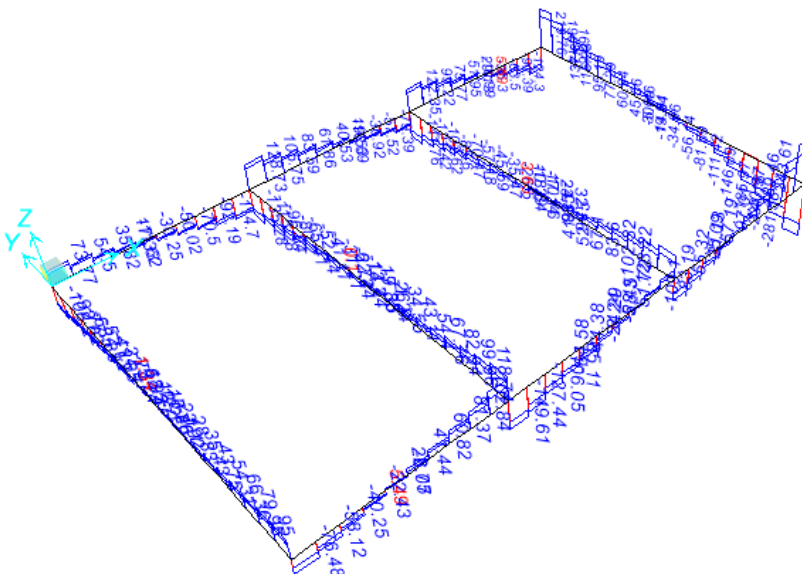


Figura 12.2 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V2

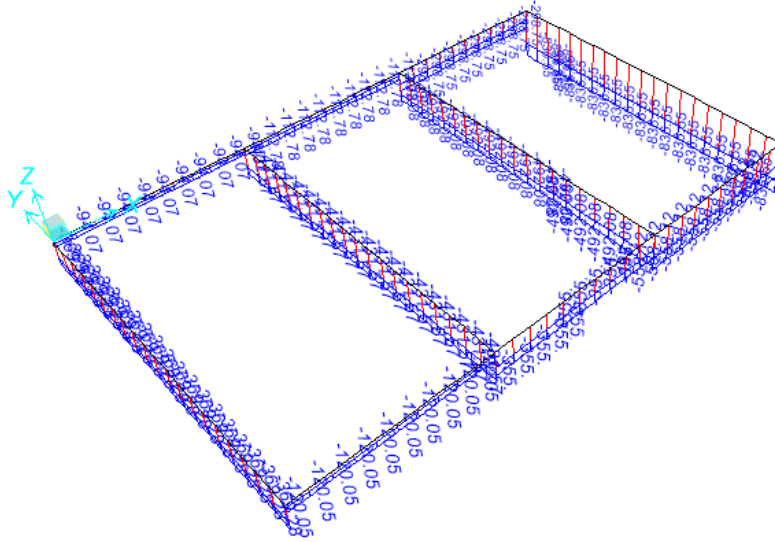


Figura 12.3 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale N

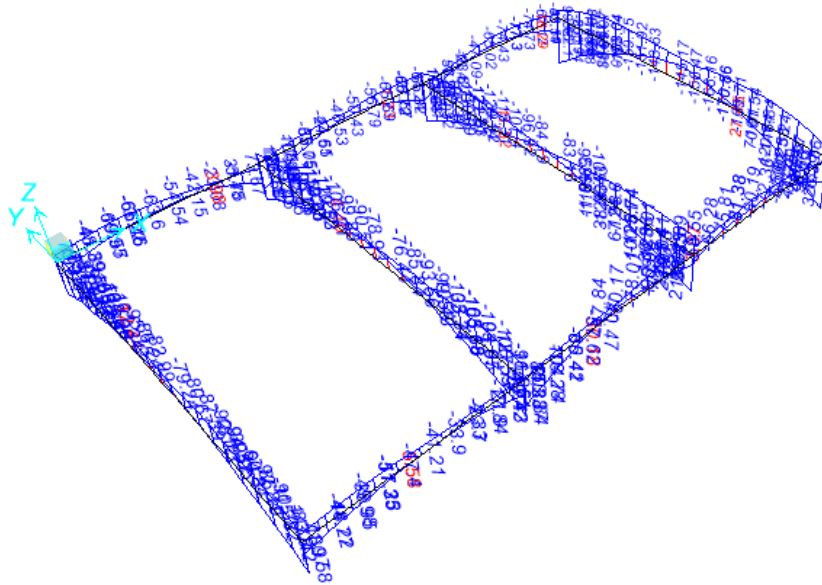
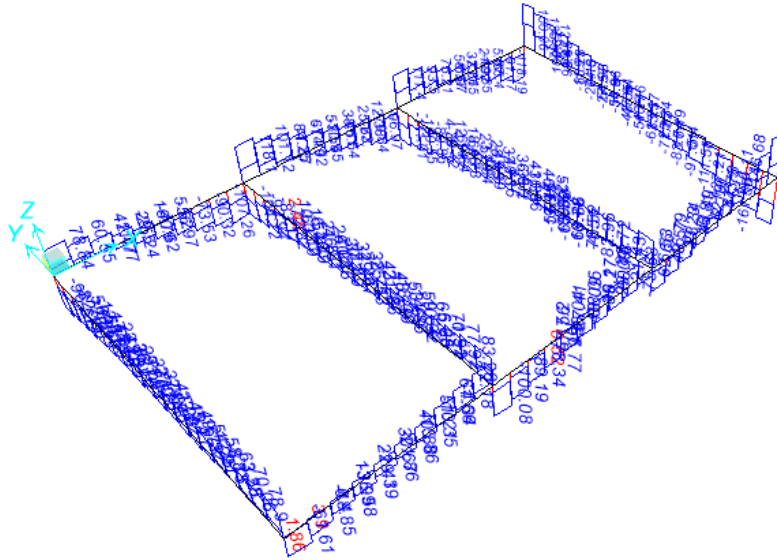
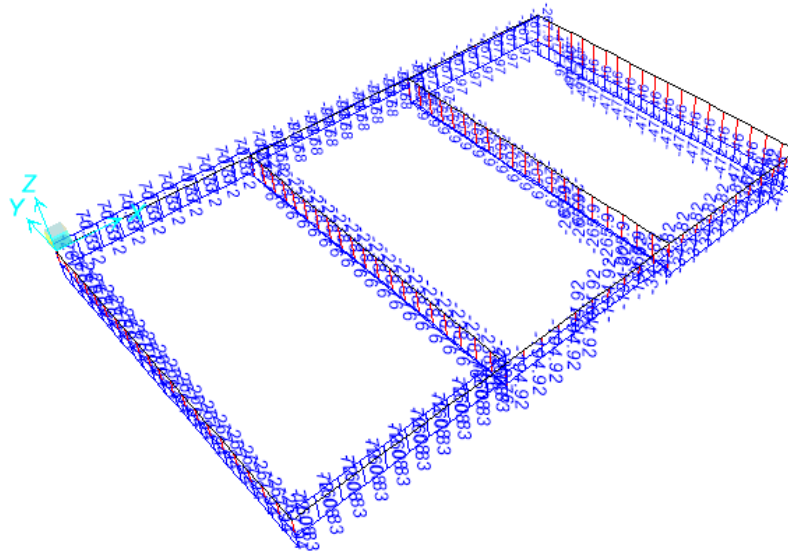


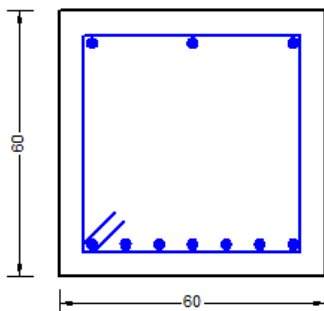
Figura 12.4 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M33


Figura 12.5 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V2

Figura 12.6 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale N

| Frame | Station | OutputCase | CaseType | P | V2 | M3 |
|-------|---------|-------------|-------------|-----|------|------|
| 74 | 5.34 | SLU_Q1 | Combination | 837 | 11 | -245 |
| 74 | 9.70 | Stat_lin_Y4 | Combination | 420 | -155 | 326 |
| 74 | 9.22 | SLU_Q5 | Combination | 828 | -282 | 166 |
| 75 | 0.50 | SLU_Q7 | Combination | 545 | 244 | 98 |
| 74 | 5.34 | SLER_Q1 | Combination | 646 | 9 | -190 |
| 74 | 9.70 | SLER_Q6 | Combination | 613 | -213 | 233 |

PROGETTO DEFINITIVO
RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO
APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO
**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 139 DI 233 |


CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | | |
|----------------|---|---------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C25/30 | |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 14.160 | MPa |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 7.080 | MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 | |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 31475.0 | MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 2.560 | MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 150.00 | daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 | mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 | Mpa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.300 | mm |

| | | | |
|-----------|------------------------------------|------------------|---------------------|
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C | |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 | MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 | MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 | MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 | MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| | Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 : | 1.00 | |
| | Coeff. Aderenza differito β1*β2 : | 0.50 | |
| | Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 | MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

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

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -30.0 | 0.0 |
| 2 | -30.0 | 60.0 |
| 3 | 30.0 | 60.0 |
| 4 | 30.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -22.7 | 7.3 | 24 |
| 2 | -22.7 | 52.7 | 24 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 140 DI 233 |

| | | | |
|---|------|------|----|
| 3 | 22.7 | 52.7 | 24 |
| 4 | 22.7 | 7.3 | 24 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 5 | 24 |
| 2 | 2 | 3 | 1 | 24 |

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 24.9 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|------|--------|------|---------|------|
| 1 | 0.00 | 245.00 | 0.00 | 11.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 326.00 | 0.00 | -155.00 | 0.00 |
| 3 | 0.00 | 166.00 | 0.00 | -282.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 98.00 | 0.00 | 244.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|--------|--------|------|
| 1 | 646.00 | 190.00 | 0.00 |
| 2 | 613.00 | 233.00 | 0.00 |

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

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 141 DI 233 |

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|--------|-------------------|-------------|
| 1 | 646.00 | -190.00 (-195.44) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 613.00 | 233.00 (173.98) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|--------|-------------------|-------------|
| 1 | 646.00 | -190.00 (-195.44) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 613.00 | 233.00 (173.98) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.1 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|------|--------|------|-------|--------|--------|----------|------------|
| 1 | S | 0.00 | 245.00 | 0.00 | 0.00 | 580.89 | 0.00 | 2.37 | 45.2(10.8) |
| 2 | S | 0.00 | 326.00 | 0.00 | 0.00 | 580.89 | 0.00 | 1.78 | 45.2(10.8) |
| 3 | S | 0.00 | 166.00 | 0.00 | 0.00 | 580.89 | 0.00 | 3.50 | 45.2(10.8) |
| 4 | S | 0.00 | 98.00 | 0.00 | 0.00 | 580.89 | 0.00 | 5.93 | 45.2(10.8) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 142 DI 233 |

| | | | | | | | | | |
|---|---------|-------|------|---------|-------|------|----------|-------|-----|
| 1 | 0.00350 | -30.0 | 60.0 | 0.00143 | -22.7 | 52.7 | -0.01142 | -22.7 | 7.3 |
| 2 | 0.00350 | -30.0 | 60.0 | 0.00143 | -22.7 | 52.7 | -0.01142 | -22.7 | 7.3 |
| 3 | 0.00350 | -30.0 | 60.0 | 0.00143 | -22.7 | 52.7 | -0.01142 | -22.7 | 7.3 |
| 4 | 0.00350 | -30.0 | 60.0 | 0.00143 | -22.7 | 52.7 | -0.01142 | -22.7 | 7.3 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|-------------|--------------|-----|--------|
| 1 | 0.000000000 | 0.000283170 | -0.013490185 | | |
| 2 | 0.000000000 | 0.000283170 | -0.013490185 | | |
| 3 | 0.000000000 | 0.000283170 | -0.013490185 | | |
| 4 | 0.000000000 | 0.000283170 | -0.013490185 | | |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 24.9 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | d z | bw | Ctg | Acw | Ast | A.Eff |
|--------|-----|--------|--------|--------|-------------|------|-------|-------|-----|----------|
| 1 | S | 11.00 | 699.54 | 294.71 | 55.1 47.8 | 60.0 | 2.500 | 1.000 | 0.2 | 6.3(0.0) |
| 2 | S | 155.00 | 699.54 | 294.71 | 55.1 47.8 | 60.0 | 2.500 | 1.000 | 3.3 | 6.3(0.0) |
| 3 | S | 282.00 | 699.54 | 294.71 | 55.1 47.8 | 60.0 | 2.500 | 1.000 | 6.0 | 6.3(0.0) |
| 4 | S | 244.00 | 699.54 | 294.71 | 55.1 47.8 | 60.0 | 2.500 | 1.000 | 5.2 | 6.3(0.0) |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 6.69 | -30.0 | 60.0 | -51.3 | -22.7 | 7.3 | 510 | 31.7 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 143 DI 233 |

2 S 7.96 -30.0 60.0 -81.6 -15.1 7.3 570 31.7

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 6.47 | -30.0 | 0.0 | -87.4 | 0.0 | 52.7 | 660 | 13.6 |
| 2 | S | 7.96 | -30.0 | 60.0 | -81.6 | -15.1 | 7.3 | 570 | 31.7 |

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

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00056 | 0 | 0.500 | 24.0 | 61 | 0.00026 (0.00026) | 406 | 0.106 (0.40) | -195.44 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00055 | 0 | 0.500 | 24.0 | 61 | 0.00024 (0.00024) | 281 | 0.069 (0.40) | 173.98 | 0.00 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 6.47 | -30.0 | 0.0 | -87.4 | 0.0 | 52.7 | 660 | 13.6 |
| 2 | S | 7.96 | -30.0 | 60.0 | -81.6 | -15.1 | 7.3 | 570 | 31.7 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00056 | 0 | 0.500 | 24.0 | 61 | 0.00026 (0.00026) | 406 | 0.106 (0.30) | -195.44 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00055 | 0 | 0.500 | 24.0 | 61 | 0.00028 (0.00024) | 281 | 0.080 (0.30) | 173.98 | 0.00 |

12.2 Verifiche di portanza

Verifica a scorrimento $S_d > V$:

- max azione orizzontale agente $V = 355 \text{ kN} \cdot 1.1 = 391 \text{ kN}$

(somma delle reazioni orizzontali alla base dei pilastri in combinazione sismica)

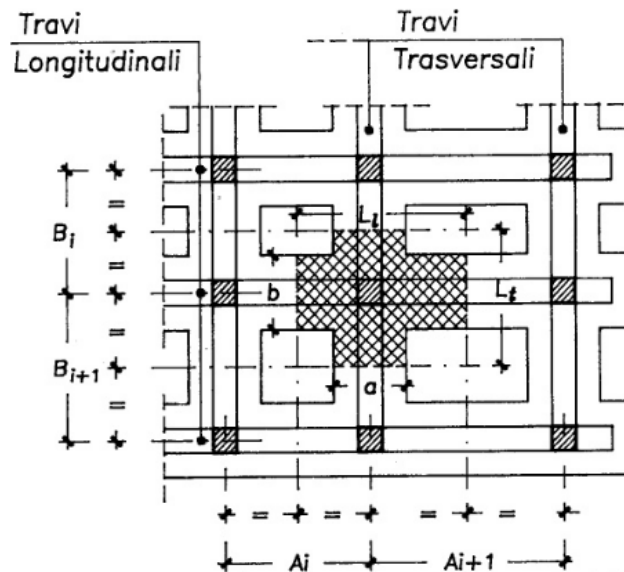
- max azione resistente $S_d = N \cdot \tan(\Phi') = 2082 \cdot \tan(26^\circ) = 1015 \text{ kN}$

(somma delle reazioni verticali alla base dei pilastri in combinazione quasi permanente + peso delle fondazioni).

La verifica è soddisfatta.

La verifica di portanza si effettua confrontando le pressioni indotte dalla sovrastruttura con il carico limite.

Il carico del generico pilastro P_i si ripartisce tra la trave longitudinale e trasversale in proporzione alle superfici di contatto con il terreno afferenti alle singole travi:




$$L_t = (B_i + B_{i+1}) / 2$$

$$L_l = (A_i + A_{i+1}) / 2$$

$$P_{li} = \frac{P_i (L_t a - ab/2)}{(L_t a + L_l b - ab)}$$

$$P_{ui} = P_i - P_{li}$$

L'effetto del graticcio è già contemplato dal modello tridimensionale, pertanto per la verifica a carico limite sarà sufficiente confrontare le pressioni risultanti al di sotto delle travi longitudinali e trasversali in condizioni SLU/SLV con il carico limite del terreno.

|  | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|------------|----------|------------|------|--------|------|----|---------|------------|---|------------|
| <p>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 26 CL</td> <td>FA0100 005</td> <td>A</td> <td>145 DI 233</td> </tr> </tbody> </table> | PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 145 DI 233 |
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 145 DI 233 | | | | | | | | |

La tensione massima agente viene valutata tramite il modello FEM:

$$\sigma_{\max} = K * w_{\max}$$

dove:

σ_{\max} = tensione massima nel terreno

K = costante di Winkler

w_{\max} = abbassamento massimo ottenuto dal modello

nel caso specifico risulta:

$$\sigma_{\max} = 10000 \text{ kPa/m} * 0.013\text{m} = 130 \text{ kPa}$$

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = Ml/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

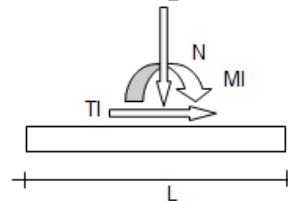
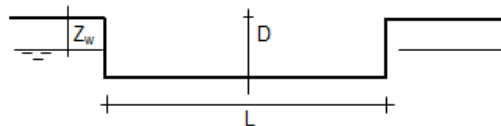
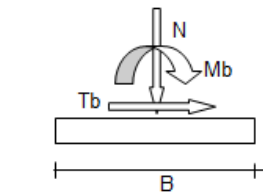
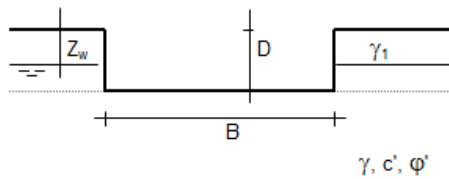
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

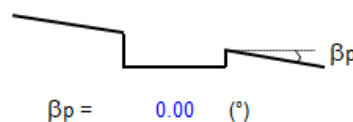
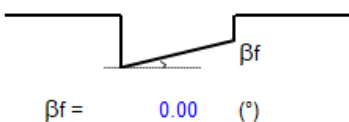
coefficienti parziali

| Metodo di calcolo | azioni | | proprietà del terreno | | resistenze | | | |
|--------------------------|------------|----------------------|-----------------------|------|------------|-------|------|------|
| | permanenti | temporanee variabili | $\tan \varphi'$ | c' | q_{lim} | scorr | | |
| Stato Limite Ultimo | A1+M1+R1 | ○ | 1.30 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| | A2+M2+R2 | ○ | 1.00 | 1.30 | 1.25 | 1.25 | 1.80 | 1.00 |
| | SISMA | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.25 | 1.80 | 1.00 |
| | A1+M1+R3 | ○ | 1.30 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 2.30 | 1.10 |
| | SISMA | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.30 | 1.10 |
| Tensioni Ammissibili | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | |
| Definiti dal Progettista | ● | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.30 | 1.10 | |



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 0.70 (m)
L = 1.00 (m)
D = 1.00 (m)



**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 147 DI 233 |

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.50 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.50 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 26.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 20.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 0.70 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 19.50 \quad (\text{kN/mq})$$

 γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 19.50 \quad (\text{kN/mc})$$

 N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 11.85$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 22.25$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 12.54$$

 s_c, s_q, s_γ : fattori di forma

$$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.37$$

$$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.34$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.72$$

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 148 DI 233 |

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.59 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.41 \quad m = 1.59 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^m$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2\theta + m_l \cos^2\theta)$ in tutti gli altri casi)

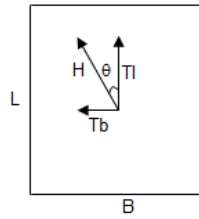
$$i_q = 1.00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_c \tan\varphi)$$

$$i_c = 1.00$$

$$i_\gamma = (1 - H/(N + B^*L^* c' \cotg\varphi))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 1.00$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \sin\varphi)^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \sin\varphi)^2) * \arctan(D / B^*)$

$$d_q = 1.30$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$d_c = 1.32$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi)$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 149 DI 233 |

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 463.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 130.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 201.43 \geq q = 130.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

La verifica è soddisfatta

12.3 Valutazione dei cedimenti

La tensione agente viene valutata tramite il modello FEM:

$$\sigma_k = K * w_k$$

dove:

σ_k = tensione nel terreno

K = costante di Winkler

w_k = abbassamento ottenuto dal modello comb. Rara

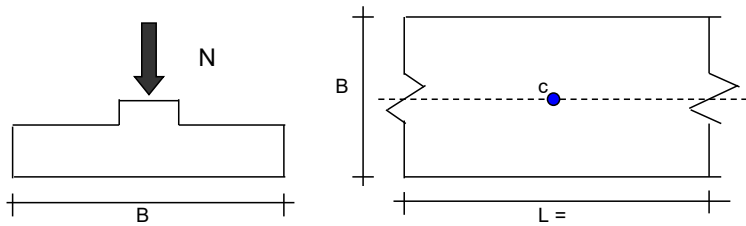
nel caso specifico risulta:

$$\sigma_k = 10000 \text{ kPa/m} * 0.0099\text{m} = 99 \text{ kPa}$$

Il cedimento risulta pari a 1.47cm (terreno è di natura sabbiosa pertanto può essere considerato istantaneo). Tale valore risulta compatibile con l'opera in oggetto.

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE NASTRIFORME

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_{zi} = (2q/\pi)^*(\alpha + \text{sen } \alpha \cos \alpha)$$

$$\Delta\sigma_{xi} = (2q/\pi)^*(\alpha - \text{sen } \alpha \cos \alpha)$$

$$\Delta\sigma_{yi} = (4q/\pi)^*(v\alpha)$$

$$\alpha = \tan^{-1}((B/2)/z)$$

$$\delta_{ot} = \Sigma\delta_i = \Sigma(((\Delta\sigma_{zi} - v_i(\Delta\sigma_{xi} + \Delta\sigma_{yi}))\Delta z_i/E_i)$$

DATI DI INPUT:

B = 0.60 (m) (Larghezza della Fondazione)

N = 59.40 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 99.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/B))

ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

| Strato | Litologia | Spessore | da z _i | a z _{i+1} | Δz _i | E | v | δ _{ci} |
|--------|-----------|----------|-------------------|--------------------|-----------------|----------------------|------|-----------------|
| (-) | (-) | (m) | (m) | (m) | (m) | (kN/m ²) | (-) | (cm) |
| 1 | | 3.00 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | 8000 | 0.30 | 1.12 |
| 2 | | 10.50 | 3.0 | 13.5 | 1.0 | 30000 | 0.25 | 0.17 |
| 3 | | 15.00 | 13.5 | 28.5 | 1.0 | 15000 | 0.30 | 0.18 |
| - | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0 | 0.25 | - |
| - | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0 | 0.00 | - |
| - | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0 | 0.00 | - |

$$\delta_{ctot} = 1.47 \text{ (cm)}$$

(Dove N = 99 kPa*0.6m = carico equivalente ai risultati del modello FEM)

13 VERIFICHE FONDAZIONE – FA OVEST

13.1 Verifiche SLU – STR

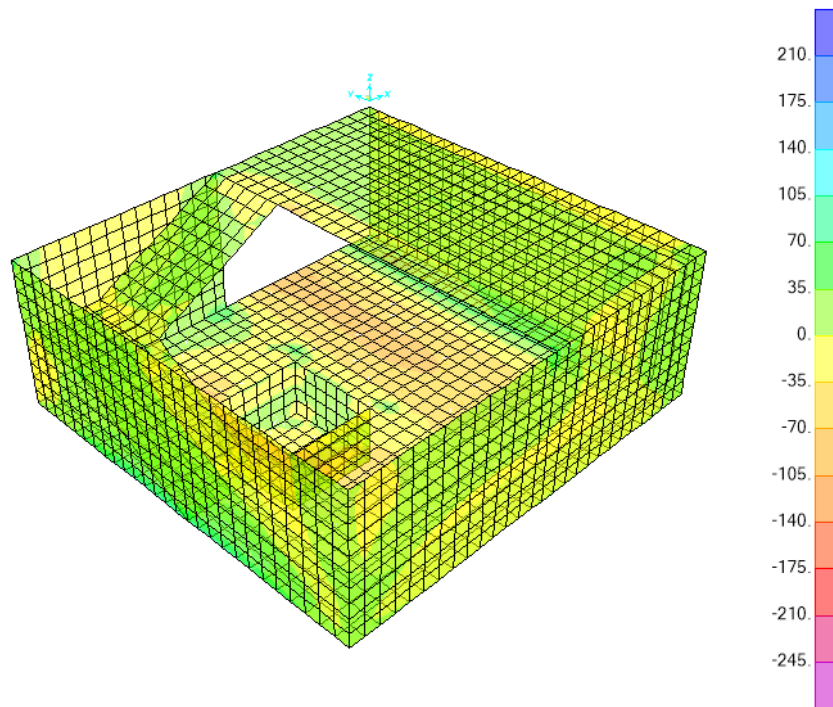


Figura 13.1 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M_{11}

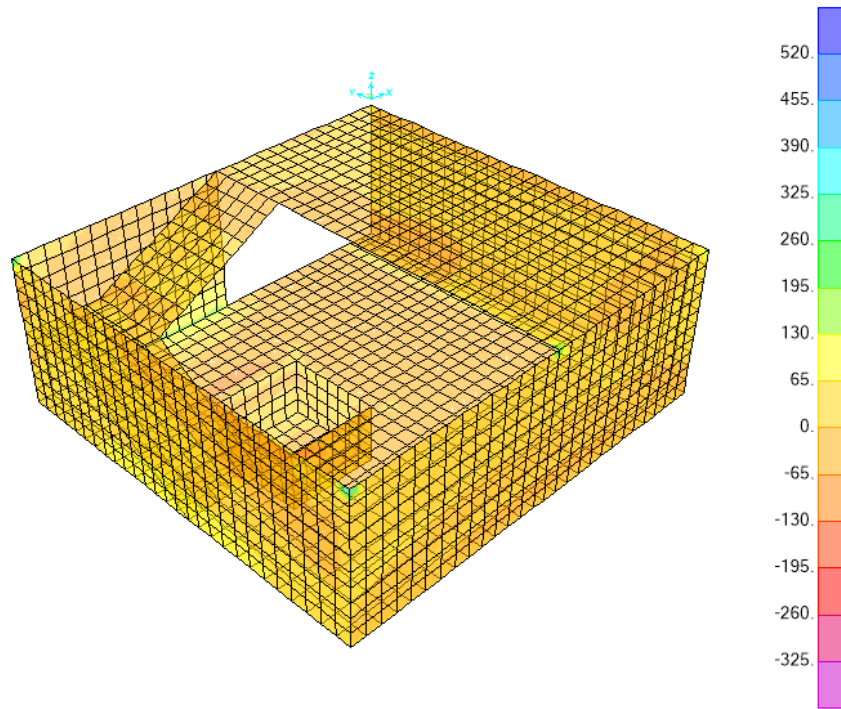


Figura 13.2 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M22

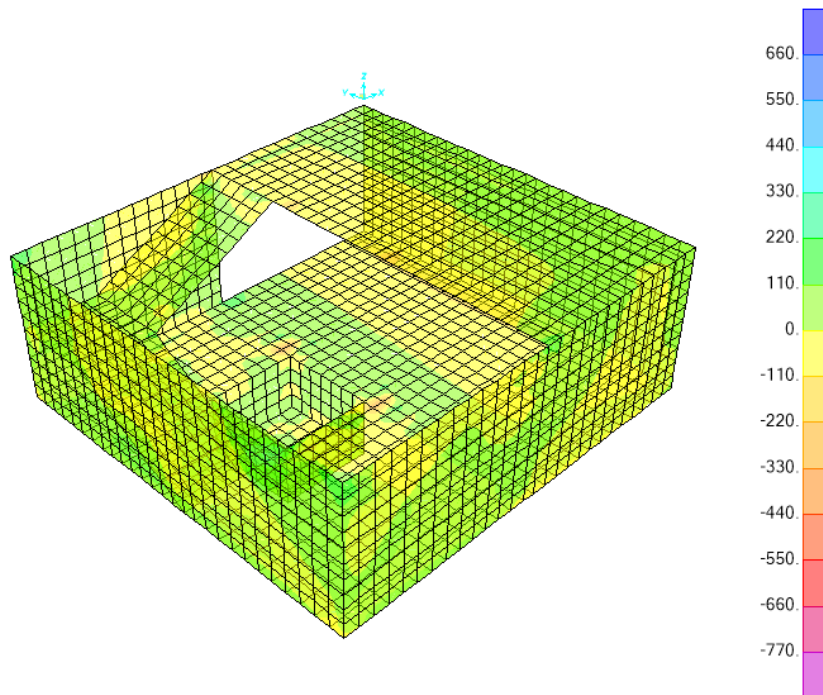


Figura 13.3 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V13

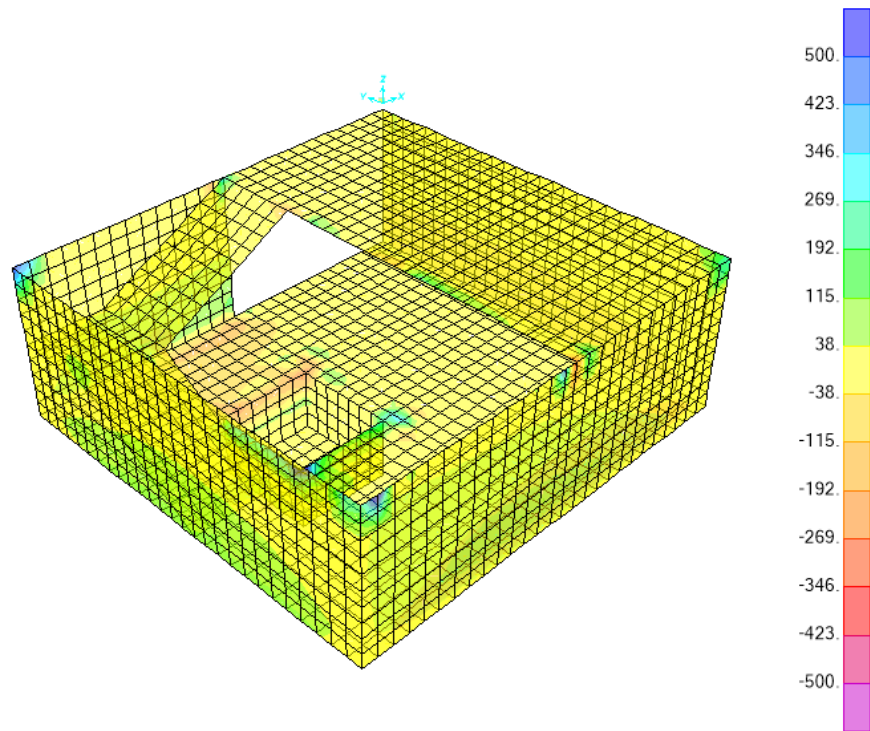


Figura 13.4 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V23

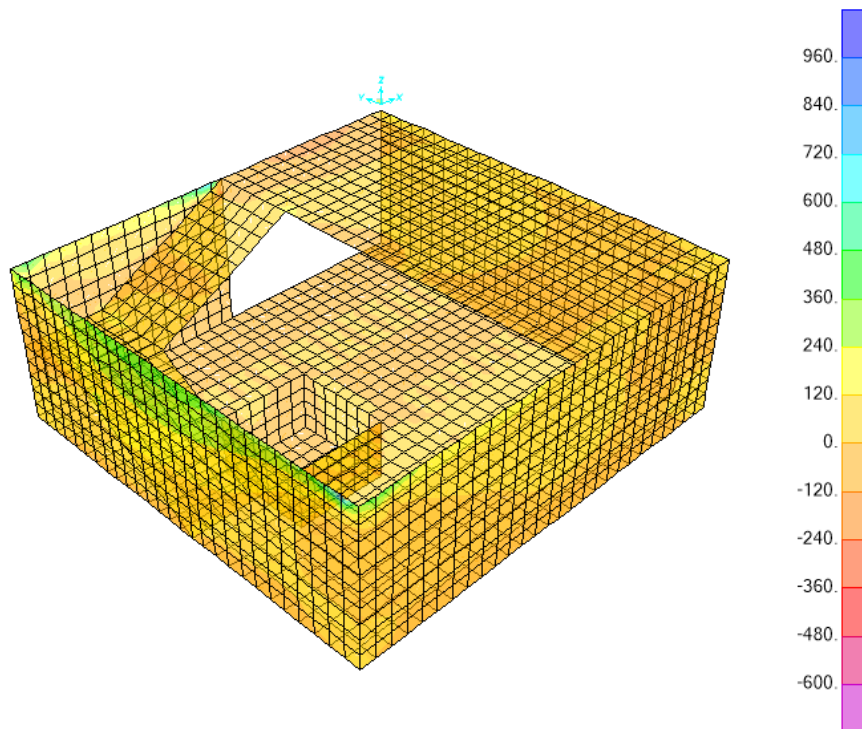


Figura 13.5 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale F11

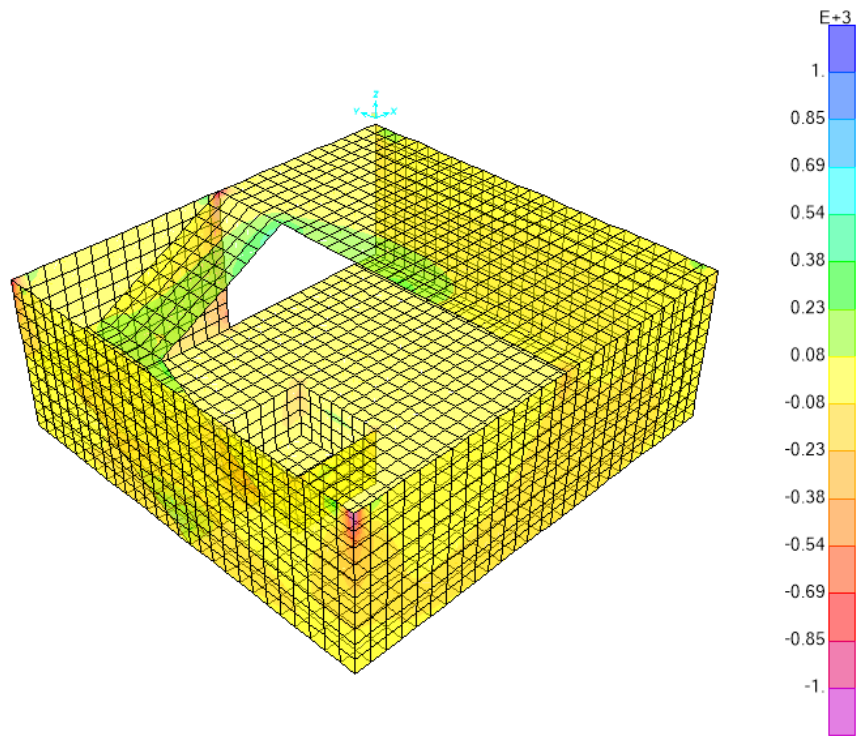


Figura 13.6 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale F22

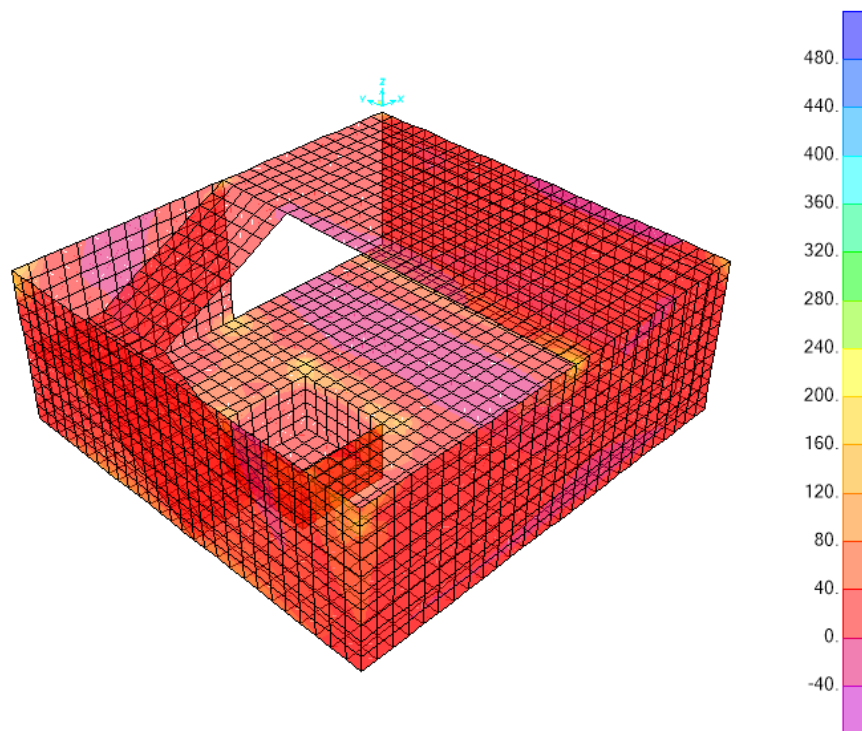


Figura 13.7 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M11

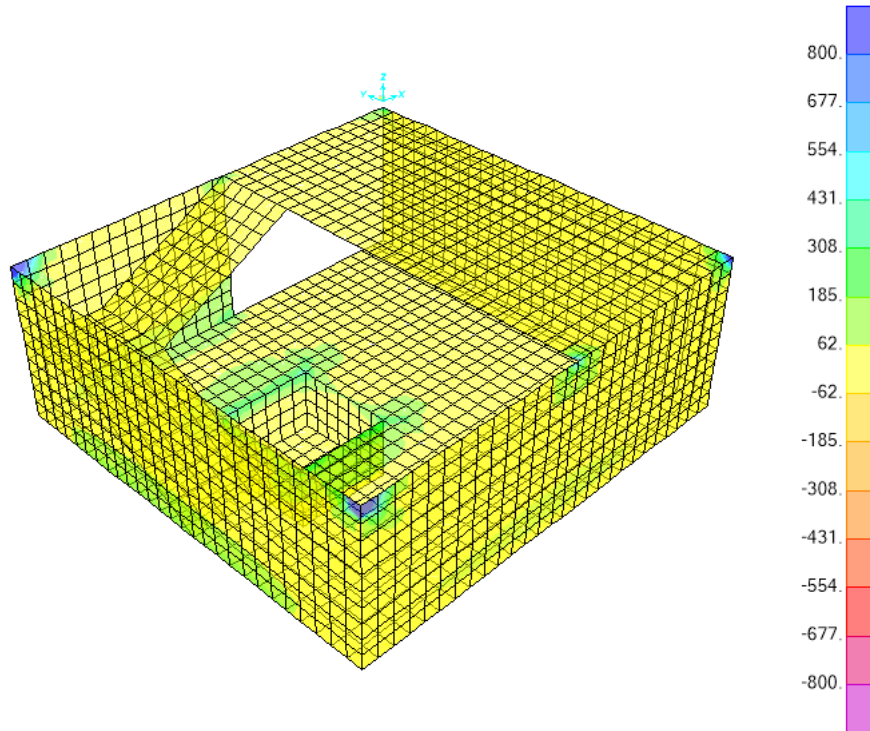


Figura 13.8 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M22

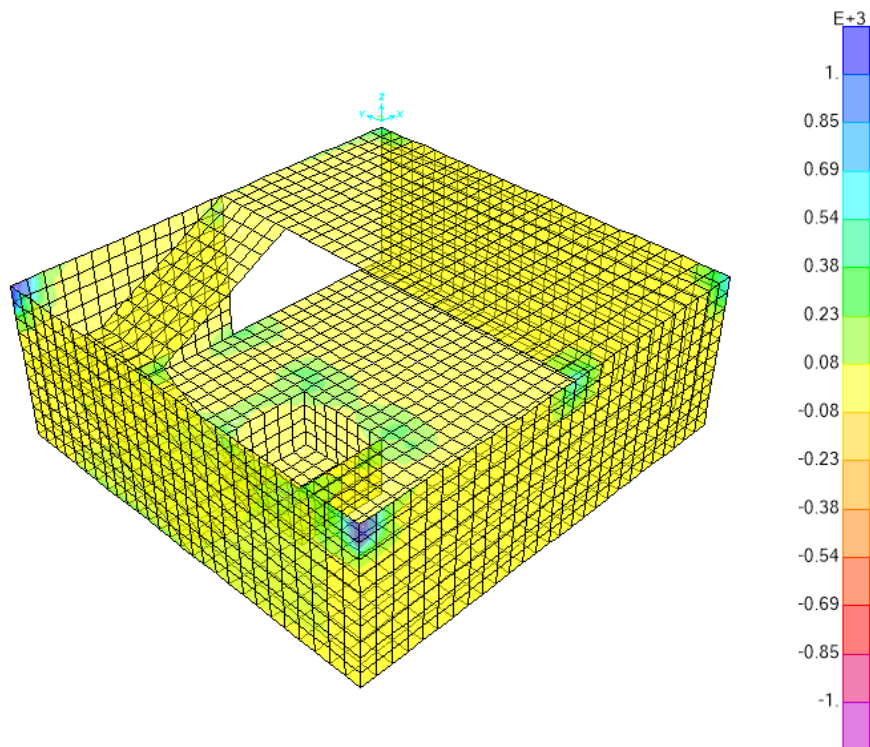


Figura 13.9 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V13

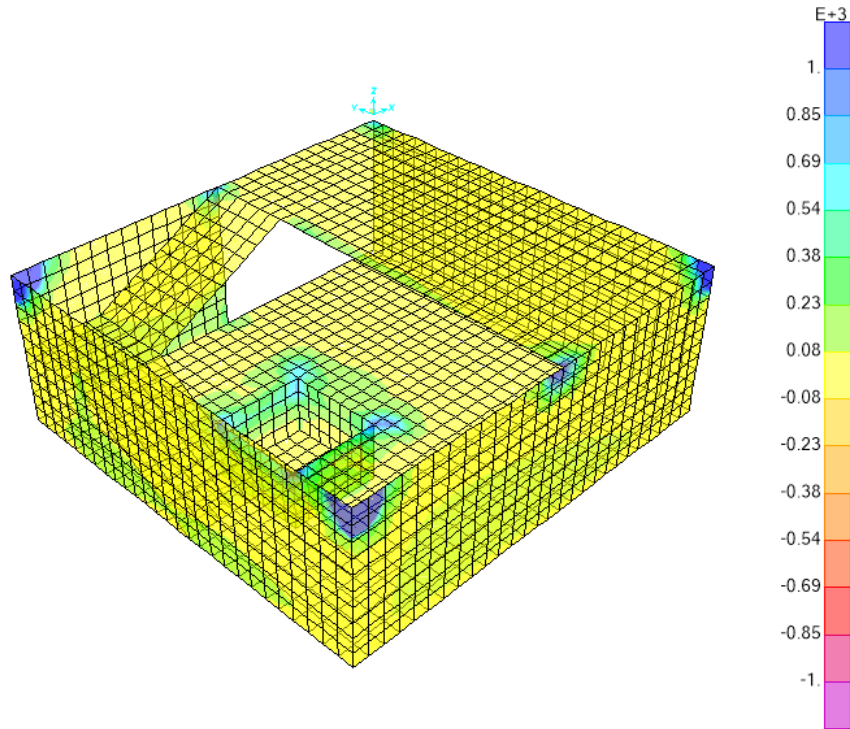


Figura 13.10 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V23

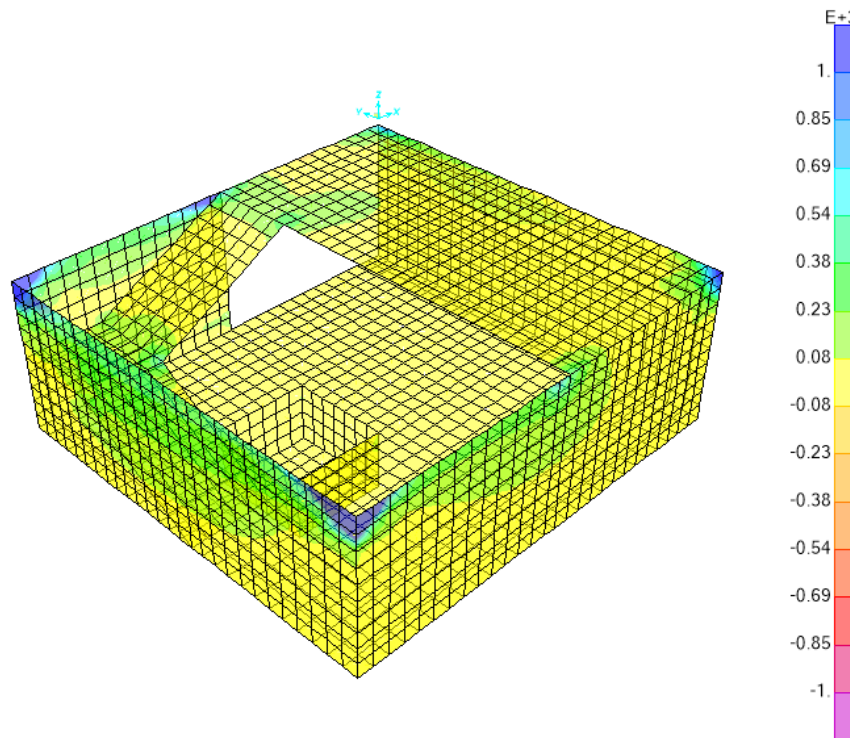


Figura 13.11 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale F11

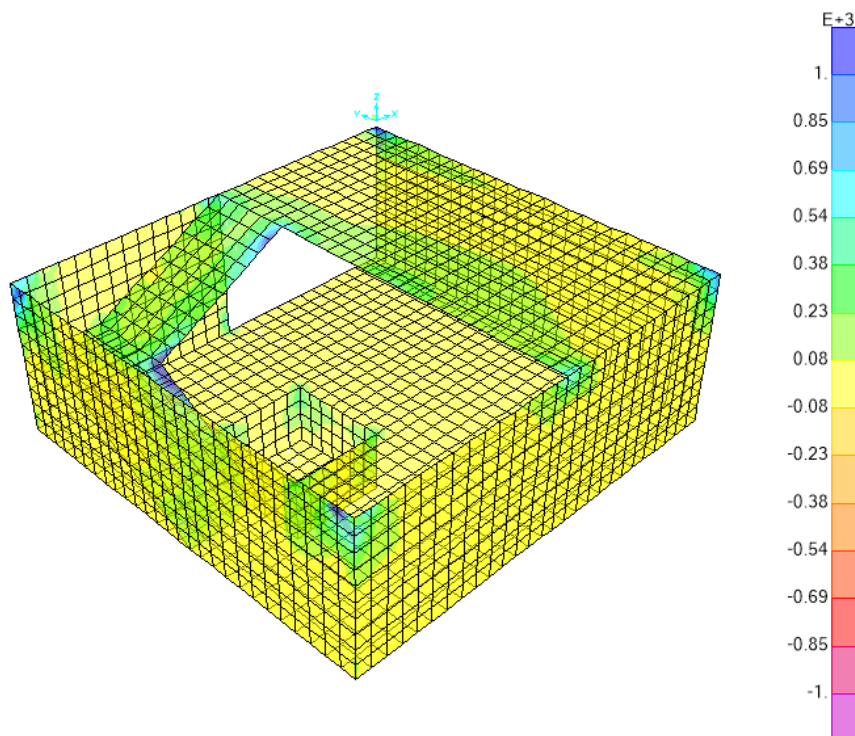


Figura 13.12 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale F22

Come si può vedere dalle figure precedenti in alcune zone, quelle di spigolo e di intersezione tra elementi travi e piastra, i valori delle sollecitazioni registrano localmente picchi molto elevati; tali zone sono state escluse dalle verifiche, in quanto come noto, prive di significato reale.

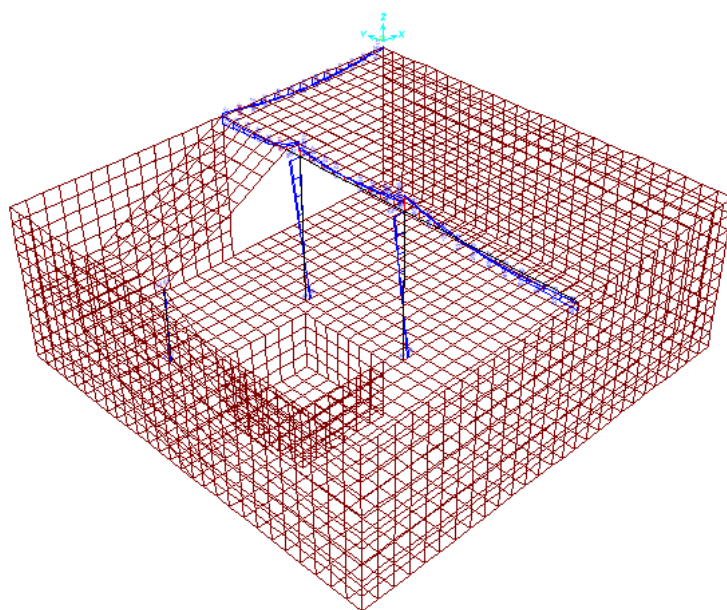


Figura 13.13 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M33

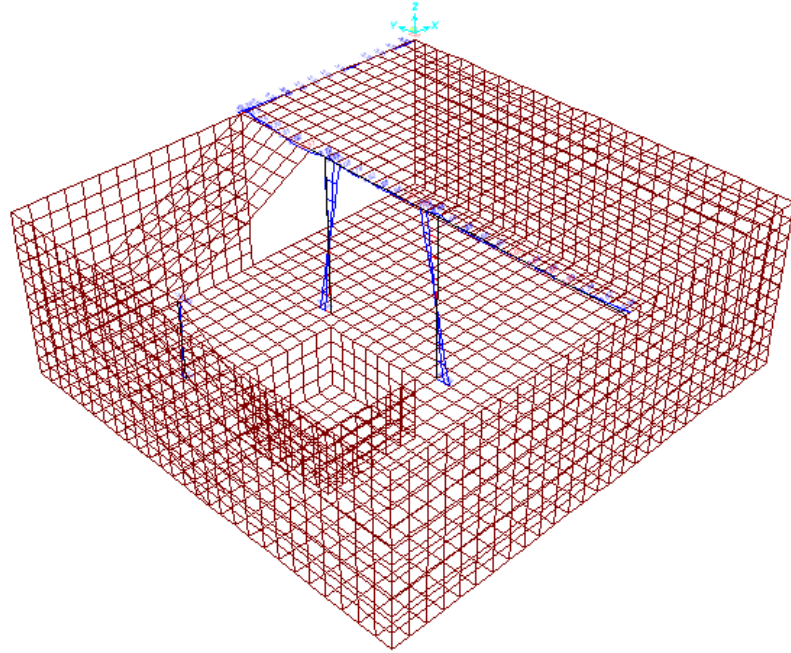


Figura 13.14 - Combinazione SLU – Valori di Momento Flettente M22

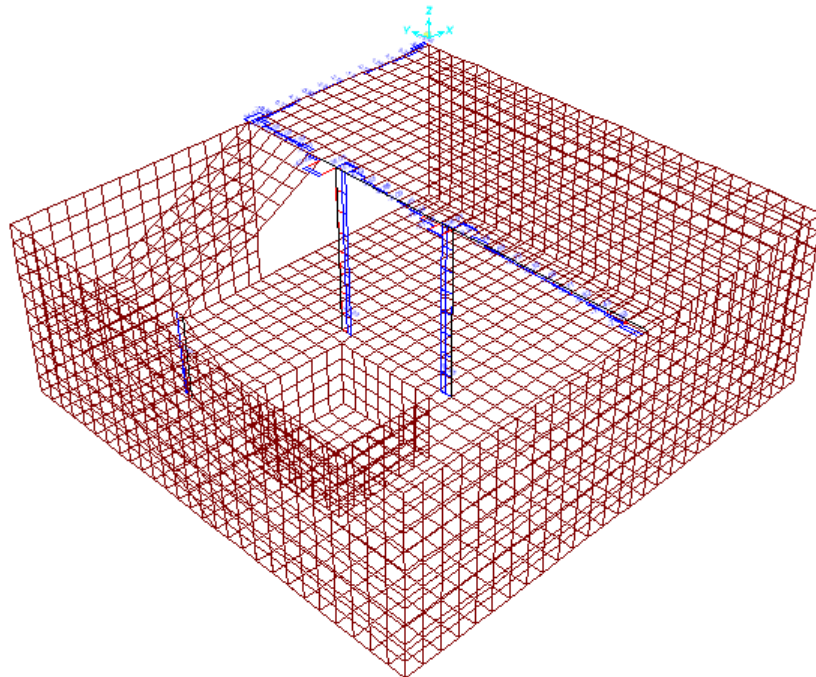


Figura 13.15 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V3

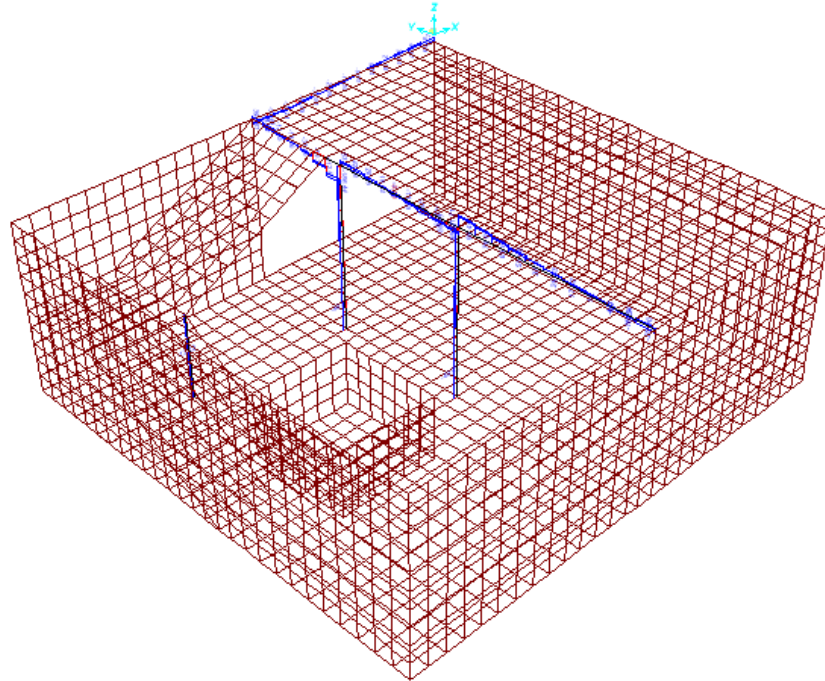


Figura 13.16 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo di Taglio V2

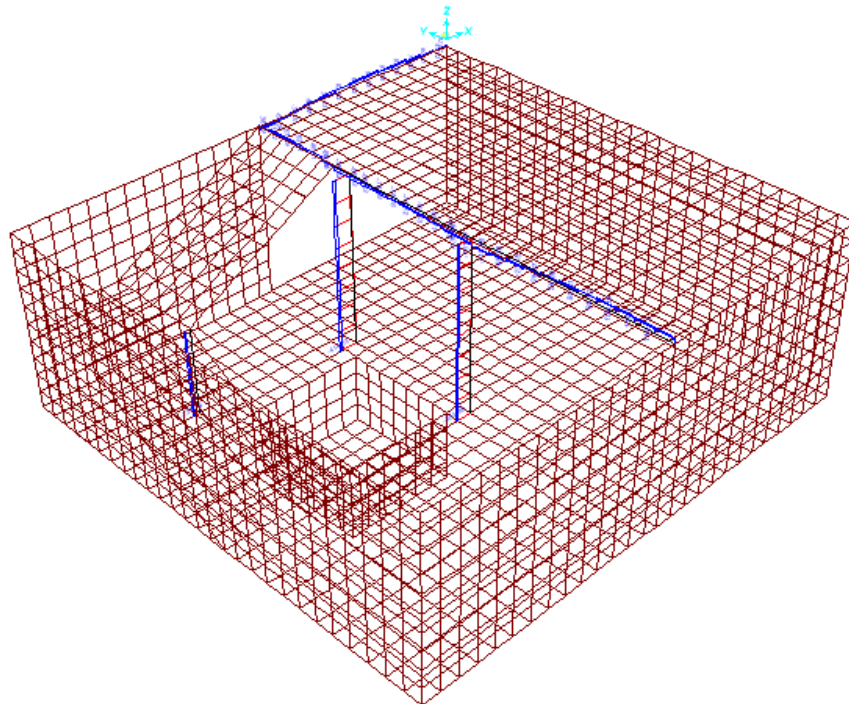


Figura 13.17 - Combinazione SLU – Valori di Sforzo Normale N

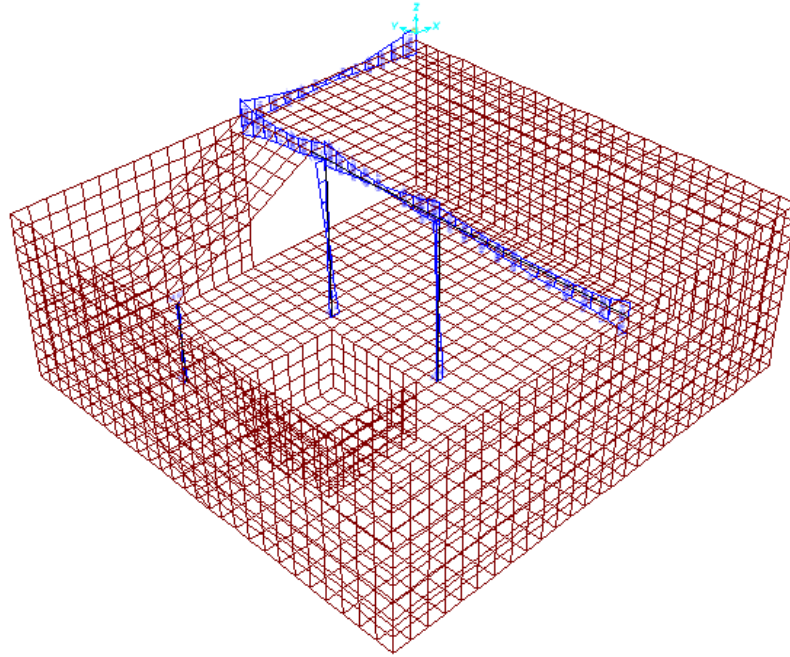


Figura 13.18 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M33

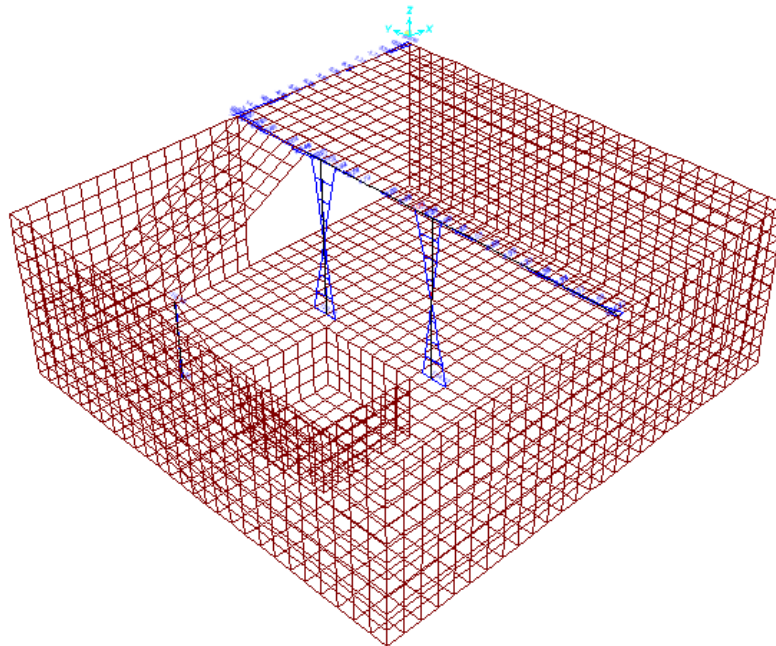


Figura 13.19 - Combinazione SLV – Valori di Momento Flettente M22

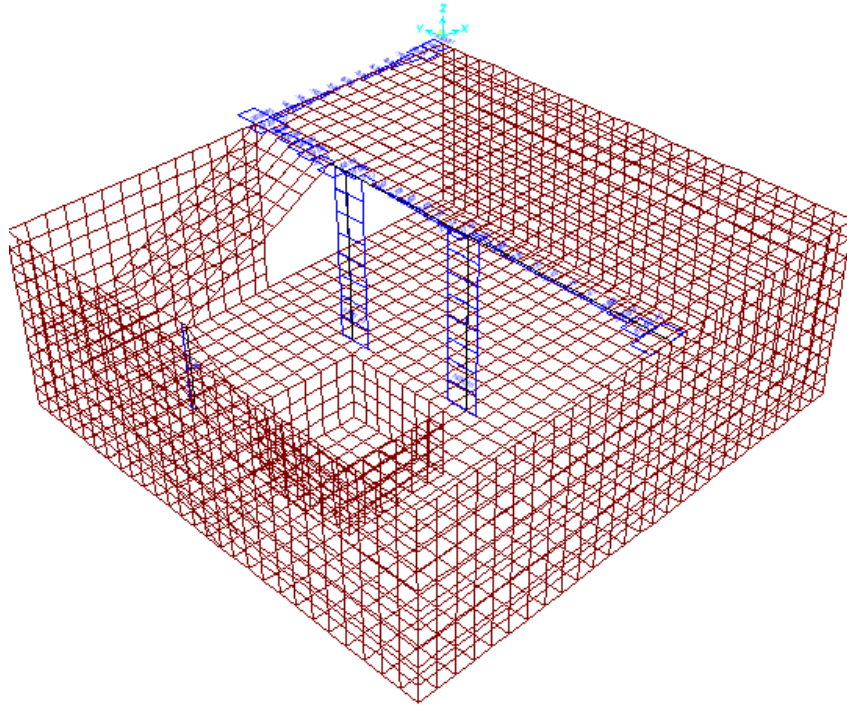


Figura 13.20 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V3

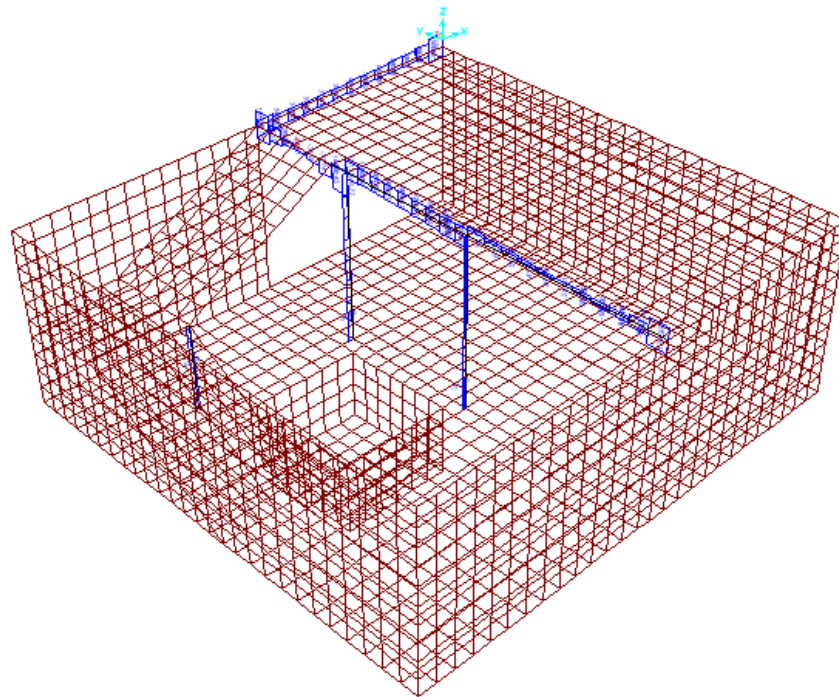


Figura 13.21 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo di Taglio V2

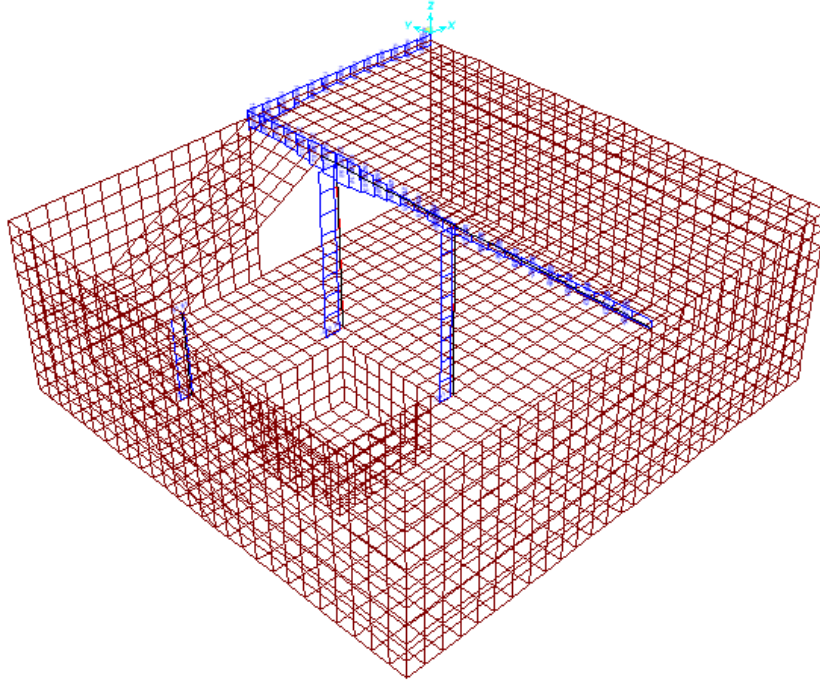
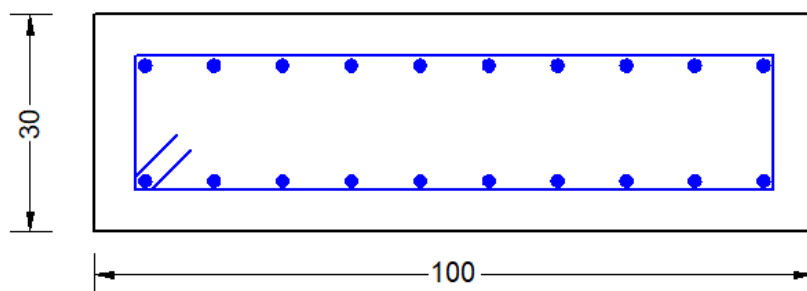


Figura 13.22 - Combinazione SLV – Valori di Sforzo Normale N

13.1.1 Verifiche soletta Piano Terra (s=30cm)

| Area | AreaElem | ShellType | Joint | OutputCase | CaseType | F11 | F22 | M11 | M22 | V13 | V23 |
|------|----------|------------|-------|--------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| 403 | 403 | Shell-Thin | 349 | Stat_lin_X12 | Combination | -125 | -25 | -126 | -37 | -229 | -132 |
| 403 | 403 | Shell-Thin | 349 | Stat_lin_X4 | Combination | 93 | -119 | 143 | 48 | 237 | 119 |
| 2130 | 2130 | Shell-Thin | 2124 | Stat_lin_Y4 | Combination | -194 | -11 | -39 | -169 | 195 | 279 |
| 2130 | 2130 | Shell-Thin | 2124 | Stat_lin_Y12 | Combination | 75 | 65 | 26 | 178 | -80 | -306 |
| 2135 | 2135 | Shell-Thin | 1568 | Stat_lin_Y4 | Combination | -28 | 698 | 56 | -8 | -269 | 93 |
| 2135 | 2135 | Shell-Thin | 2123 | Stat_lin_Y12 | Combination | 56 | -109 | 38 | 78 | 362 | -232 |
| 2137 | 2137 | Shell-Thin | 102 | Stat_lin_Y12 | Combination | 11 | 539 | -40 | 14 | -31 | -434 |
| 2064 | 2064 | Shell-Thin | 245 | Stat_lin_Y13 | Combination | 247 | 623 | -27 | 23 | -12 | 375 |
| 412 | 412 | Shell-Thin | 70 | SLER_AE8 | Combination | 65 | 277 | -86 | -70 | -193 | 222 |
| 267 | 267 | Shell-Thin | 122 | SLER_Q3 | Combination | -121 | -17 | 76 | -3 | 222 | -42 |
| 412 | 412 | Shell-Thin | 70 | SLER_Q2 | Combination | 64 | 286 | -84 | -71 | -188 | 222 |
| 296 | 296 | Shell-Thin | 121 | SLER_Q3 | Combination | 60 | 343 | -2 | 38 | 16 | -61 |
| 412 | 412 | Shell-Thin | 70 | SLEF_AE | Combination | 59 | 232 | -76 | -61 | -171 | 199 |
| 267 | 267 | Shell-Thin | 122 | SLEF_N | Combination | -183 | -42 | 58 | -4 | 161 | -35 |
| 412 | 412 | Shell-Thin | 70 | SLEF_AE | Combination | 59 | 232 | -76 | -61 | -171 | 199 |
| 296 | 296 | Shell-Thin | 121 | SLEF_N | Combination | 40 | 265 | -4 | 31 | 19 | -52 |
| 412 | 412 | Shell-Thin | 70 | SLEQP | Combination | 58 | 228 | -74 | -60 | -167 | 195 |
| 267 | 267 | Shell-Thin | 122 | SLEQP | Combination | -190 | -45 | 56 | -4 | 154 | -35 |
| 412 | 412 | Shell-Thin | 70 | SLEQP | Combination | 58 | 228 | -74 | -60 | -167 | 195 |
| 296 | 296 | Shell-Thin | 121 | SLEQP | Combination | 38 | 256 | -4 | 30 | 19 | -51 |



Si adottano $\Phi 18/10$ sup e inf.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.800 MPa |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 199.20 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300 mm |

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO****APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 164 DI 233 |

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.00 Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.200 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd: 391.30 MPa
Resist. ultima di progetto ftd: 391.30 MPa
Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
Modulo Elastico Ef 2000000 daN/cm²
Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -50.0 | 0.0 |
| 2 | -50.0 | 30.0 |
| 3 | 50.0 | 30.0 |
| 4 | 50.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -43.0 | 7.0 | 18 |
| 2 | -43.0 | 23.0 | 18 |
| 3 | 43.0 | 23.0 | 18 |
| 4 | 43.0 | 7.0 | 18 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 18 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 18 |

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 8 mm
Passo staffe: 4.6 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 165 DI 233 |

Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

| N°Comb. | N | Mx | Vy |
|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 125.00 | -126.00 | -229.00 |
| 2 | -93.00 | 143.00 | 237.00 |
| 3 | 194.00 | -39.00 | 195.00 |
| 4 | -75.00 | 26.00 | -80.00 |
| 5 | 28.00 | 56.00 | -269.00 |
| 6 | -56.00 | 38.00 | 362.00 |
| 7 | -11.00 | -40.00 | -31.00 |
| 8 | -247.00 | -27.00 | -12.00 |
| 9 | 25.00 | -37.00 | -132.00 |
| 10 | 119.00 | 48.00 | 119.00 |
| 11 | 11.00 | -169.00 | 279.00 |
| 12 | -65.00 | 178.00 | -306.00 |
| 13 | -698.00 | -8.00 | 93.00 |
| 14 | 109.00 | 78.00 | -232.00 |
| 15 | -539.00 | 14.00 | -434.00 |
| 16 | -623.00 | 23.00 | 375.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|--------|------|
| 1 | -65.00 | -86.00 | 0.00 |
| 2 | 121.00 | 76.00 | 0.00 |
| 3 | -64.00 | -84.00 | 0.00 |
| 4 | -60.00 | -2.00 | 0.00 |
| 5 | -277.00 | -70.00 | 0.00 |
| 6 | 17.00 | -3.00 | 0.00 |
| 7 | -286.00 | -71.00 | 0.00 |
| 8 | -343.00 | 38.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|-----------------|-------------|
| 1 | -59.00 | -76.00 (-54.54) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 183.00 | 58.00 (66.83) | 0.00 (0.00) |
| 3 | -59.00 | -76.00 (-54.54) | 0.00 (0.00) |
| 4 | -40.00 | -4.00 (-38.11) | 0.00 (0.00) |
| 5 | -232.00 | -61.00 (-47.78) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 42.00 | -4.00 (-115.36) | 0.00 (0.00) |
| 7 | -232.00 | -61.00 (-47.78) | 0.00 (0.00) |
| 8 | -265.00 | 31.00 (40.01) | 0.00 (0.00) |

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 166 DI 233 |

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|-----------------|-------------|
| 1 | -58.00 | -74.00 (-54.52) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 190.00 | 56.00 (67.75) | 0.00 (0.00) |
| 3 | -58.00 | -74.00 (-54.52) | 0.00 (0.00) |
| 4 | -38.00 | -4.00 (-38.74) | 0.00 (0.00) |
| 5 | -228.00 | -60.00 (-47.79) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 45.00 | -4.00 (-124.60) | 0.00 (0.00) |
| 7 | -228.00 | -60.00 (-47.79) | 0.00 (0.00) |
| 8 | -256.00 | 30.00 (40.03) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 6.1 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 7.8 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 5.3 cm |

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N | Mx | N Res | Mx Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| 1 | S | 125.00 | -126.00 | 125.24 | -213.11 | 1.69 | 50.9(9.0) |
| 2 | S | -93.00 | 143.00 | -92.85 | 194.64 | 1.36 | 50.9(9.0) |
| 3 | S | 194.00 | -39.00 | 193.89 | -218.87 | 5.61 | 50.9(9.0) |
| 4 | S | -75.00 | 26.00 | -75.05 | 196.16 | 7.54 | 50.9(9.0) |
| 5 | S | 28.00 | 56.00 | 27.96 | 204.90 | 3.66 | 50.9(9.0) |
| 6 | S | -56.00 | 38.00 | -55.91 | 197.79 | 5.20 | 50.9(9.0) |
| 7 | S | -11.00 | -40.00 | -10.92 | -201.61 | 5.04 | 50.9(9.0) |
| 8 | S | -247.00 | -27.00 | -246.96 | -181.46 | 6.72 | 50.9(9.0) |
| 9 | S | 25.00 | -37.00 | 24.83 | -204.63 | 5.53 | 50.9(9.0) |
| 10 | S | 119.00 | 48.00 | 119.15 | 212.60 | 4.43 | 50.9(9.0) |
| 11 | S | 11.00 | -169.00 | 11.20 | -203.48 | 1.20 | 50.9(9.0) |
| 12 | S | -65.00 | 178.00 | -64.99 | 197.01 | 1.11 | 50.9(9.0) |
| 13 | S | -698.00 | -8.00 | -697.79 | -142.57 | 17.82 | 50.9(9.0) |
| 14 | S | 109.00 | 78.00 | 108.98 | 211.74 | 2.71 | 50.9(9.0) |
| 15 | S | -539.00 | 14.00 | -538.72 | 156.32 | 11.17 | 50.9(9.0) |
| 16 | S | -623.00 | 23.00 | -622.90 | 149.06 | 6.48 | 50.9(9.0) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 167 DI 233 |

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

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00007 | -43.0 | 7.0 | -0.00778 | 43.0 | 23.0 |
| 2 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | -0.00020 | -43.0 | 23.0 | -0.00867 | -43.0 | 7.0 |
| 3 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00015 | -43.0 | 7.0 | -0.00750 | 43.0 | 23.0 |
| 4 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | -0.00018 | -43.0 | 23.0 | -0.00859 | -43.0 | 7.0 |
| 5 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | -0.00005 | -43.0 | 23.0 | -0.00817 | -43.0 | 7.0 |
| 6 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | -0.00016 | -43.0 | 23.0 | -0.00851 | -43.0 | 7.0 |
| 7 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00010 | -43.0 | 7.0 | -0.00833 | 43.0 | 23.0 |
| 8 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00040 | -43.0 | 7.0 | -0.00932 | 43.0 | 23.0 |
| 9 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00006 | -43.0 | 7.0 | -0.00818 | 43.0 | 23.0 |
| 10 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | 0.00006 | -43.0 | 23.0 | -0.00780 | -43.0 | 7.0 |
| 11 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00007 | -43.0 | 7.0 | -0.00824 | 43.0 | 23.0 |
| 12 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | -0.00017 | -43.0 | 23.0 | -0.00855 | -43.0 | 7.0 |
| 13 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00103 | -43.0 | 7.0 | -0.01139 | 43.0 | 23.0 |
| 14 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | 0.00005 | -43.0 | 23.0 | -0.00784 | -43.0 | 7.0 |
| 15 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | -0.00080 | -43.0 | 23.0 | -0.01064 | -43.0 | 7.0 |
| 16 | 0.00350 | -50.0 | 30.0 | -0.00093 | -43.0 | 23.0 | -0.01104 | -43.0 | 7.0 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1 | 0.000000000 | -0.000490310 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 2 | 0.000000000 | 0.000529197 | -0.012375906 | ---- | ---- |
| 3 | 0.000000000 | -0.000478435 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 4 | 0.000000000 | 0.000525843 | -0.012275288 | ---- | ---- |
| 5 | 0.000000000 | 0.000507442 | -0.011723254 | ---- | ---- |
| 6 | 0.000000000 | 0.000522217 | -0.012166513 | ---- | ---- |
| 7 | 0.000000000 | -0.000514150 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 8 | 0.000000000 | -0.000557569 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 9 | 0.000000000 | -0.000507986 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 10 | 0.000000000 | 0.000491397 | -0.011241923 | ---- | ---- |
| 11 | 0.000000000 | -0.000510342 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 12 | 0.000000000 | 0.000523939 | -0.012218181 | ---- | ---- |
| 13 | 0.000000000 | -0.000647490 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 14 | 0.000000000 | 0.000493210 | -0.011296311 | ---- | ---- |
| 15 | 0.000000000 | 0.000614676 | -0.014940282 | ---- | ---- |
| 16 | 0.000000000 | 0.000632171 | -0.015465123 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 8 mm
 Passo staffe: 4.6 cm [Passo massimo di normativa = 21.6 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 168 DI 233 |

Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | d z | bw | Ctg | Acw | Ast | A.Eff | |
|--------|-----|--------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 1 | S | 229.00 | 667.44 | 430.68 | 27.1 | 20.1 | 100.0 | 2.500 | 1.022 | 11.6 | 21.9(0.0) |
| 2 | S | 237.00 | 659.77 | 435.16 | 27.4 | 20.4 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 11.9 | 21.9(0.0) |
| 3 | S | 195.00 | 673.05 | 429.16 | 27.1 | 20.1 | 100.0 | 2.500 | 1.034 | 9.9 | 21.9(0.0) |
| 4 | S | 80.00 | 659.22 | 434.80 | 27.3 | 20.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 4.0 | 21.9(0.0) |
| 5 | S | 269.00 | 659.35 | 432.74 | 27.2 | 20.2 | 100.0 | 2.500 | 1.005 | 13.6 | 21.9(0.0) |
| 6 | S | 362.00 | 658.62 | 434.41 | 27.3 | 20.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 18.2 | 21.9(0.0) |
| 7 | S | 31.00 | 657.26 | 433.51 | 27.3 | 20.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 1.6 | 21.9(0.0) |
| 8 | S | 12.00 | 664.13 | 438.04 | 27.5 | 20.5 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 0.6 | 21.9(0.0) |
| 9 | S | 132.00 | 659.09 | 432.80 | 27.2 | 20.2 | 100.0 | 2.500 | 1.004 | 6.7 | 21.9(0.0) |
| 10 | S | 119.00 | 666.95 | 430.81 | 27.2 | 20.2 | 100.0 | 2.500 | 1.021 | 6.0 | 21.9(0.0) |
| 11 | S | 279.00 | 657.88 | 433.07 | 27.3 | 20.3 | 100.0 | 2.500 | 1.002 | 14.1 | 21.9(0.0) |
| 12 | S | 306.00 | 658.91 | 434.60 | 27.3 | 20.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 15.4 | 21.9(0.0) |
| 13 | S | 93.00 | 675.43 | 445.50 | 27.8 | 20.8 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 4.6 | 21.9(0.0) |
| 14 | S | 232.00 | 666.14 | 431.04 | 27.2 | 20.2 | 100.0 | 2.500 | 1.019 | 11.8 | 21.9(0.0) |
| 15 | S | 434.00 | 671.69 | 443.03 | 27.7 | 20.7 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 21.4 | 21.9(0.0) |
| 16 | S | 375.00 | 673.73 | 444.38 | 27.8 | 20.8 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 18.4 | 21.9(0.0) |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 7.93 | -50.0 | 0.0 | -189.1 | 33.4 | 23.0 | 700 | 25.4 |
| 2 | S | 7.10 | -50.0 | 30.0 | -130.8 | -43.0 | 7.0 | 700 | 25.4 |
| 3 | S | 7.74 | -50.0 | 0.0 | -184.8 | 33.4 | 23.0 | 700 | 25.4 |
| 4 | S | 0.00 | -50.0 | 0.0 | -16.7 | 33.4 | 23.0 | 3000 | 50.9 |
| 5 | S | 6.20 | -50.0 | 0.0 | -201.0 | 33.4 | 23.0 | 750 | 25.4 |
| 6 | S | 0.28 | -50.0 | 0.0 | -2.9 | 33.4 | 23.0 | 700 | 25.4 |
| 7 | S | 6.28 | -50.0 | 0.0 | -205.0 | 33.4 | 23.0 | 750 | 25.4 |
| 8 | S | 2.97 | -50.0 | 30.0 | -150.7 | -43.0 | 7.0 | 800 | 25.4 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 7.00 | -50.0 | 0.0 | -167.4 | 33.4 | 23.0 | 700 | 25.4 |
| 2 | S | 5.44 | -50.0 | 30.0 | -82.2 | -43.0 | 7.0 | 800 | 25.4 |
| 3 | S | 7.00 | -50.0 | 0.0 | -167.4 | 33.4 | 23.0 | 700 | 25.4 |
| 4 | S | 0.30 | -50.0 | 0.0 | -16.7 | 33.4 | 23.0 | 850 | 25.4 |
| 5 | S | 5.42 | -50.0 | 0.0 | -173.2 | 33.4 | 23.0 | 750 | 25.4 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 169 DI 233 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|------|--------|-------|------|-----|------|
| 6 | S | 0.37 | -50.0 | 0.0 | -1.1 | 33.4 | 23.0 | 750 | 25.4 |
| 7 | S | 5.42 | -50.0 | 0.0 | -173.2 | 33.4 | 23.0 | 750 | 25.4 |
| 8 | S | 2.46 | -50.0 | 30.0 | -119.7 | -43.0 | 7.0 | 800 | 25.4 |

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

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


| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00125 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00053 (0.00050) | 292 | 0.153 (0.30) | -54.54 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00066 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00025 (0.00025) | 304 | 0.075 (0.30) | 66.83 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00125 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00053 (0.00050) | 292 | 0.153 (0.30) | -54.54 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00012 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00005 (0.00005) | 310 | 0.016 (0.30) | -38.11 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00125 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00054 (0.00052) | 298 | 0.160 (0.30) | -47.78 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00002 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00000 (0.00000) | 298 | 0.001 (0.30) | -115.36 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00125 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00054 (0.00052) | 298 | 0.160 (0.30) | -47.78 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00084 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00036 (0.00036) | 304 | 0.109 (0.30) | 40.01 | 0.00 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 6.82 | -50.0 | 0.0 | -163.1 | 33.4 | 23.0 | 700 | 25.4 |
| 2 | S | 5.25 | -50.0 | 30.0 | -76.8 | -43.0 | 7.0 | 800 | 25.4 |
| 3 | S | 6.82 | -50.0 | 0.0 | -163.1 | 33.4 | 23.0 | 700 | 25.4 |
| 4 | S | 0.31 | -50.0 | 0.0 | -16.3 | 33.4 | 23.0 | 850 | 25.4 |
| 5 | S | 5.33 | -50.0 | 0.0 | -170.3 | 33.4 | 23.0 | 750 | 25.4 |
| 6 | S | 0.37 | -50.0 | 0.0 | -0.8 | 33.4 | 23.0 | 800 | 25.4 |
| 7 | S | 5.33 | -50.0 | 0.0 | -170.3 | 33.4 | 23.0 | 750 | 25.4 |
| 8 | S | 2.39 | -50.0 | 30.0 | -115.7 | -33.4 | 7.0 | 800 | 25.4 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00122 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00061 (0.00049) | 292 | 0.177 (0.20) | -54.52 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00062 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00023 (0.00023) | 304 | 0.070 (0.20) | 67.75 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00122 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00061 (0.00049) | 292 | 0.177 (0.20) | -54.52 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00011 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00005 (0.00005) | 310 | 0.015 (0.20) | -38.74 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00123 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00063 (0.00051) | 298 | 0.188 (0.20) | -47.79 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00001 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00000 (0.00000) | 304 | 0.001 (0.20) | -124.60 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00123 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00063 (0.00051) | 298 | 0.188 (0.20) | -47.79 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00081 | 0 | 0.500 | 18.0 | 61 | 0.00035 (0.00035) | 304 | 0.105 (0.20) | 40.03 | 0.00 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO | PROGETTO NB1R | LOTTO 02 | CODIFICA D 26 CL | DOCUMENTO FA0100 005 | REV. A |

13.1.2 Verifica della freccia in soletta

La freccia ammassabile è pari a:

$L/300 = 490\text{cm}/300 = 0,016\text{m}$ per carico variabile

$L/250 = 490\text{cm}/250 = 0,019\text{m}$ per comb. Rara

L'abbassamento elastico vale:

$V_z = 0,001\text{m}$ per carico variabile

$V_z = 0,007\text{m}$ per comb. Rara

Anche considerando effetti a lungo termine che riducono il modulo elastico alla metà (fessurazione, fluage) l'abbassamento massimo risulta pari a 0,014 m a 0,019 m (Rara).

Pertanto la verifica risulta soddisfatta.

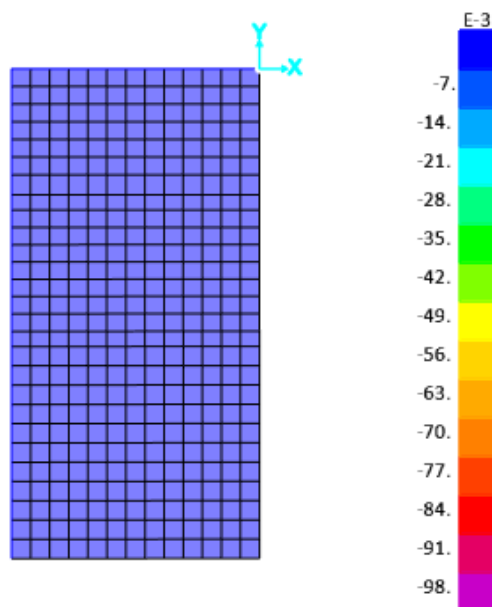


Figura 13.23 Comb. Rara – $V_z = 0,007$.

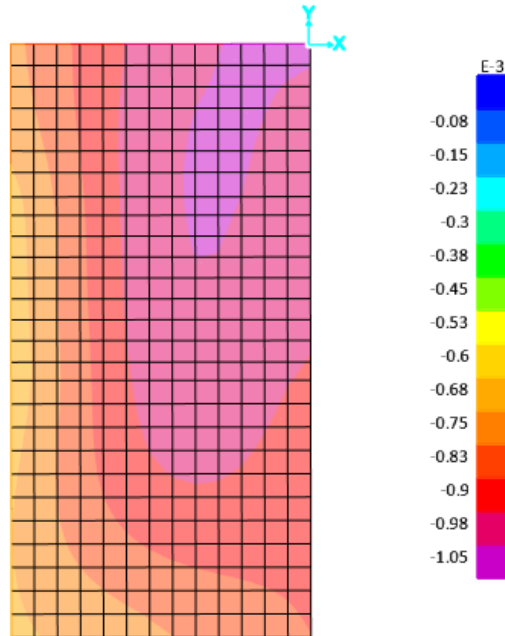


Figura 13.24 Q affollamento – $V_z = 0,001$.

13.1.3 Verifiche setti ($s=50cm$)

| Area | AreaElem | ShellType | Joint | OutputCase | CaseType | F11 | F22 | M11 | M22 | V13 | V23 |
|------|----------|------------|-------|--------------|-------------|------|-------|------|------|------|-------|
| 1733 | 1733 | Shell-Thin | 1737 | Stat_lin_Y2 | Combination | -95 | 676 | -249 | -35 | -468 | 38 |
| 2226 | 2226 | Shell-Thin | 1737 | Stat_lin_Y2 | Combination | 1762 | 1048 | 253 | 39 | 449 | -74 |
| 1598 | 1598 | Shell-Thin | 1596 | Stat_lin_Y15 | Combination | -218 | -472 | 44 | -363 | 50 | 783 |
| 1738 | 1738 | Shell-Thin | 1736 | Stat_lin_Y7 | Combination | -397 | -741 | -56 | 378 | -41 | -825 |
| 1823 | 1823 | Shell-Thin | 1823 | Stat_lin_Y10 | Combination | 242 | -160 | -77 | 126 | -499 | -197 |
| 1703 | 1703 | Shell-Thin | 1701 | Stat_lin_Y2 | Combination | -631 | -2214 | -116 | -53 | 686 | -10 |
| 1694 | 1694 | Shell-Thin | 117 | Stat_lin_Y2 | Combination | 1725 | 672 | 43 | 190 | -69 | -1010 |
| 1814 | 1814 | Shell-Thin | 1823 | Stat_lin_Y7 | Combination | 312 | 151 | -29 | 214 | 67 | 1042 |
| 1619 | 1619 | Shell-Thin | 121 | SLER_Q5 | Combination | -22 | -43 | -42 | -48 | -90 | 111 |
| 1823 | 1823 | Shell-Thin | 1831 | SLER_Q7 | Combination | 105 | -231 | 57 | 28 | -182 | -26 |
| 1780 | 1780 | Shell-Thin | 1162 | SLER_Q7 | Combination | -28 | -141 | -25 | -124 | 0 | -94 |
| 1695 | 1695 | Shell-Thin | 47 | SLER_Vx+ | Combination | -154 | -770 | 3 | 136 | 50 | 166 |
| 1703 | 1703 | Shell-Thin | 1701 | SLEF_Vy+ | Combination | -229 | -1068 | -35 | -14 | 197 | -6 |
| 1823 | 1823 | Shell-Thin | 1831 | SLEF_N | Combination | 35 | -152 | 40 | 18 | -128 | -17 |
| 1445 | 1445 | Shell-Thin | 757 | SLEF_AE | Combination | -24 | -118 | -22 | -111 | 0 | -76 |
| 1695 | 1695 | Shell-Thin | 47 | SLEF_Vx+ | Combination | -140 | -702 | 2 | 126 | 50 | 148 |
| 1703 | 1703 | Shell-Thin | 1701 | SLEQP | Combination | -225 | -1052 | -34 | -14 | 190 | -5 |
| 1823 | 1823 | Shell-Thin | 1831 | SLEQP | Combination | 27 | -143 | 38 | 18 | -124 | -16 |
| 1445 | 1445 | Shell-Thin | 757 | SLEQP | Combination | -23 | -117 | -22 | -110 | 0 | -76 |
| 1695 | 1695 | Shell-Thin | 47 | SLEQP | Combination | -138 | -688 | 2 | 124 | 50 | 145 |



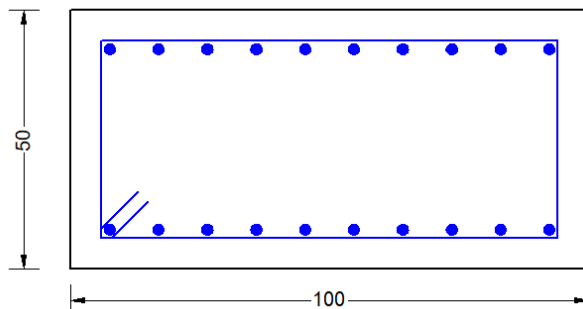
PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 172 DI 233 |



Si adottano $\Phi 22/10$ sup e inf.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|--------------------------------------|---|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.800 MPa |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 199.20 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 Mpa |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm | |

| | | |
|------------------------------|--|-----------------------------|
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta 1 \cdot \beta 2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta 1 \cdot \beta 2$: | 0.50 |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 MPa | |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

| | | |
|----------------------|------------|--------|
| Forma del Dominio: | Poligonale | |
| Classe Conglomerato: | C32/40 | |
| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
| 1 | -50.0 | 0.0 |
| 2 | -50.0 | 50.0 |
| 3 | 50.0 | 50.0 |
| 4 | 50.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 173 DI 233 |

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -42.4 | 7.6 | 22 |
| 2 | -42.4 | 42.4 | 22 |
| 3 | 42.4 | 42.4 | 22 |
| 4 | 42.4 | 7.6 | 22 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 22 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 22 |

ARMATURE A TAGLIO

| | |
|------------------|------------------------------------|
| Diametro staffe: | 10 mm |
| Passo staffe: | 5.7 cm |
| Staffe: | Una sola staffa chiusa perimetrale |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

| N°Comb. | N | Mx | Vy |
|---------|----------|---------|----------|
| 1 | 95.00 | -249.00 | -468.00 |
| 2 | -1762.00 | 253.00 | 449.00 |
| 3 | 218.00 | 44.00 | 50.00 |
| 4 | 397.00 | -56.00 | -41.00 |
| 5 | -242.00 | -77.00 | -499.00 |
| 6 | 631.00 | -116.00 | 686.00 |
| 7 | -1725.00 | 43.00 | -69.00 |
| 8 | -312.00 | -29.00 | 67.00 |
| 9 | -676.00 | -35.00 | 38.00 |
| 10 | -1048.00 | 39.00 | -74.00 |
| 11 | 472.00 | -363.00 | 783.00 |
| 12 | 741.00 | 378.00 | -825.00 |
| 13 | 160.00 | 126.00 | -197.00 |
| 14 | 2214.00 | -53.00 | -10.00 |
| 15 | -672.00 | 190.00 | -1010.00 |
| 16 | -151.00 | 214.00 | 1042.00 |

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

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 174 DI 233 |

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|---------|------|
| 1 | 22.00 | -42.00 | 0.00 |
| 2 | -105.00 | 57.00 | 0.00 |
| 3 | 28.00 | -25.00 | 0.00 |
| 4 | 154.00 | 3.00 | 0.00 |
| 5 | 43.00 | -48.00 | 0.00 |
| 6 | 231.00 | 28.00 | 0.00 |
| 7 | 141.00 | -124.00 | 0.00 |
| 8 | 770.00 | 136.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|-------------------|-------------|
| 1 | 229.00 | -35.00 (-420.63) | 0.00 (0.00) |
| 2 | -35.00 | 40.00 (159.38) | 0.00 (0.00) |
| 3 | 24.00 | -22.00 (-190.78) | 0.00 (0.00) |
| 4 | 140.00 | 2.00 (-38.11) | 0.00 (0.00) |
| 5 | 1068.00 | -14.00 (-47.78) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 152.00 | 18.00 (725.47) | 0.00 (0.00) |
| 7 | 118.00 | -111.00 (-190.25) | 0.00 (0.00) |
| 8 | 702.00 | 126.00 (346.29) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|-------------------|-------------|
| 1 | 225.00 | -34.00 (-427.70) | 0.00 (0.00) |
| 2 | -27.00 | 38.00 (161.61) | 0.00 (0.00) |
| 3 | 23.00 | -22.00 (-189.92) | 0.00 (0.00) |
| 4 | 138.00 | 2.00 (-38.74) | 0.00 (0.00) |
| 5 | 1052.00 | -14.00 (-47.79) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 143.00 | 18.00 (609.35) | 0.00 (0.00) |
| 7 | 117.00 | -110.00 (-190.26) | 0.00 (0.00) |
| 8 | 688.00 | 124.00 (344.85) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.2 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.5 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

PROGETTO **NB1R** LOTTO **02** CODIFICA **D 26 CL** DOCUMENTO **FA0100 005** REV. **A** FOGLIO **175 DI 233**

N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N | Mx | N Res | Mx Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|----------|---------|----------|---------|----------|------------|
| 1 | S | 95.00 | -249.00 | 95.09 | -586.74 | 2.36 | 76.0(15.0) |
| 2 | S | -1762.00 | 253.00 | -1761.98 | 254.97 | 1.01 | 76.0(15.0) |
| 3 | S | 218.00 | 44.00 | 218.09 | 608.33 | 13.83 | 76.0(15.0) |
| 4 | S | 397.00 | -56.00 | 397.25 | -639.58 | 11.42 | 76.0(15.0) |
| 5 | S | -242.00 | -77.00 | -242.25 | -527.14 | 6.85 | 76.0(15.0) |
| 6 | S | 631.00 | -116.00 | 630.99 | -679.88 | 5.86 | 76.0(15.0) |
| 7 | S | -1725.00 | 43.00 | -1724.92 | 261.63 | 6.08 | 76.0(15.0) |
| 8 | S | -312.00 | -29.00 | -312.29 | -514.69 | 17.75 | 76.0(15.0) |
| 9 | S | -676.00 | -35.00 | -675.78 | -449.85 | 12.85 | 76.0(15.0) |
| 10 | S | -1048.00 | 39.00 | -1048.00 | 383.16 | 9.82 | 76.0(15.0) |
| 11 | S | 472.00 | -363.00 | 471.94 | -652.49 | 1.80 | 76.0(15.0) |
| 12 | S | 741.00 | 378.00 | 741.10 | 698.70 | 1.85 | 76.0(15.0) |
| 13 | S | 160.00 | 126.00 | 159.99 | 598.15 | 4.75 | 76.0(15.0) |
| 14 | S | 2214.00 | -53.00 | 2213.75 | -930.45 | 17.56 | 76.0(15.0) |
| 15 | S | -672.00 | 190.00 | -671.89 | 450.55 | 2.37 | 76.0(15.0) |
| 16 | S | -151.00 | 214.00 | -151.08 | 543.29 | 2.54 | 76.0(15.0) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00038 | -42.4 | 7.6 | -0.01393 | 42.4 | 42.4 |
| 2 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | -0.00144 | -42.4 | 42.4 | -0.02406 | -42.4 | 7.6 |
| 3 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00048 | -42.4 | 42.4 | -0.01335 | -42.4 | 7.6 |
| 4 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00063 | -42.4 | 7.6 | -0.01253 | 42.4 | 42.4 |
| 5 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00008 | -42.4 | 7.6 | -0.01557 | 42.4 | 42.4 |
| 6 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00081 | -42.4 | 7.6 | -0.01152 | 42.4 | 42.4 |
| 7 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | -0.00140 | -42.4 | 42.4 | -0.02384 | -42.4 | 7.6 |
| 8 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00002 | -42.4 | 7.6 | -0.01593 | 42.4 | 42.4 |
| 9 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00033 | -42.4 | 7.6 | -0.01784 | 42.4 | 42.4 |
| 10 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | -0.00069 | -42.4 | 42.4 | -0.01989 | -42.4 | 7.6 |
| 11 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00068 | -42.4 | 7.6 | -0.01221 | 42.4 | 42.4 |
| 12 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00089 | -42.4 | 42.4 | -0.01106 | -42.4 | 7.6 |
| 13 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00043 | -42.4 | 42.4 | -0.01362 | -42.4 | 7.6 |
| 14 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00178 | -42.4 | 7.6 | -0.00611 | 42.4 | 42.4 |
| 15 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | -0.00032 | -42.4 | 42.4 | -0.01782 | -42.4 | 7.6 |
| 16 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00016 | -42.4 | 42.4 | -0.01512 | -42.4 | 7.6 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 176 DI 233 |

x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1 | 0.00000000 | -0.000411050 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 2 | 0.00000000 | 0.000649957 | -0.028997853 | ---- | ---- |
| 3 | 0.00000000 | 0.000397291 | -0.016364543 | ---- | ---- |
| 4 | 0.00000000 | -0.000377998 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 5 | 0.00000000 | -0.000449783 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 6 | 0.00000000 | -0.000354201 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 7 | 0.00000000 | 0.000644767 | -0.028738332 | ---- | ---- |
| 8 | 0.00000000 | -0.000458303 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 9 | 0.00000000 | -0.000503352 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 10 | 0.00000000 | 0.000551584 | -0.024079187 | ---- | ---- |
| 11 | 0.00000000 | -0.000370408 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 12 | 0.00000000 | 0.000343281 | -0.013664051 | ---- | ---- |
| 13 | 0.00000000 | 0.000403705 | -0.016685273 | ---- | ---- |
| 14 | 0.00000000 | -0.000226692 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 15 | 0.00000000 | 0.000502862 | -0.021643112 | ---- | ---- |
| 16 | 0.00000000 | 0.000439255 | -0.018462750 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 5.7 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = Vy ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | d z | bw | Ctg | Acw | Ast | A.Eff |
|--------|-----|---------|---------|---------|------------|-------|-------|-------|------|-----------|
| 1 | S | 468.00 | 1276.72 | 1051.22 | 46.6 39.0 | 100.0 | 2.500 | 1.010 | 12.3 | 27.6(0.0) |
| 2 | S | 449.00 | 1304.53 | 1084.97 | 47.8 40.2 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 11.4 | 27.6(0.0) |
| 3 | S | 50.00 | 1289.35 | 1048.04 | 46.5 38.9 | 100.0 | 2.500 | 1.023 | 1.3 | 27.6(0.0) |
| 4 | S | 41.00 | 1307.27 | 1043.19 | 46.3 38.7 | 100.0 | 2.500 | 1.042 | 1.1 | 27.6(0.0) |
| 5 | S | 499.00 | 1273.45 | 1059.13 | 46.9 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 13.0 | 27.6(0.0) |
| 6 | S | 686.00 | 1329.88 | 1036.48 | 46.0 38.4 | 100.0 | 2.500 | 1.067 | 18.2 | 27.6(0.0) |
| 7 | S | 69.00 | 1303.96 | 1084.50 | 47.8 40.2 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 1.8 | 27.6(0.0) |
| 8 | S | 67.00 | 1275.33 | 1060.69 | 46.9 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 1.7 | 27.6(0.0) |
| 9 | S | 38.00 | 1284.19 | 1068.06 | 47.2 39.6 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 1.0 | 27.6(0.0) |
| 10 | S | 74.00 | 1292.07 | 1074.61 | 47.5 39.9 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 1.9 | 27.6(0.0) |
| 11 | S | 783.00 | 1314.69 | 1041.15 | 46.2 38.6 | 100.0 | 2.500 | 1.050 | 20.7 | 27.6(0.0) |
| 12 | S | 825.00 | 1340.07 | 1033.09 | 45.9 38.3 | 100.0 | 2.500 | 1.079 | 22.0 | 27.6(0.0) |
| 13 | S | 197.00 | 1283.42 | 1049.55 | 46.5 38.9 | 100.0 | 2.500 | 1.017 | 5.2 | 27.6(0.0) |
| 14 | S | 10.00 | 1450.72 | 976.55 | 43.8 36.2 | 100.0 | 2.500 | 1.236 | 0.3 | 27.6(0.0) |
| 15 | S | 1010.00 | 1284.10 | 1067.98 | 47.2 39.6 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 26.1 | 27.6(0.0) |
| 16 | S | 1042.00 | 1271.04 | 1057.12 | 46.8 39.2 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 27.2 | 27.6(0.0) |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 177 DI 233 |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 1.13 | -50.0 | 0.0 | -27.3 | 33.0 | 42.4 | 1150 | 38.0 |
| 2 | S | 1.35 | -50.0 | 50.0 | -54.7 | -42.4 | 7.6 | 1300 | 38.0 |
| 3 | S | 0.69 | -50.0 | 0.0 | -14.4 | 33.0 | 42.4 | 1100 | 38.0 |
| 4 | S | 0.30 | -50.0 | 50.0 | 3.2 | -33.0 | 7.6 | ---- | ---- |
| 5 | S | 1.31 | -50.0 | 0.0 | -29.0 | 33.0 | 42.4 | 1100 | 38.0 |
| 6 | S | 0.90 | -50.0 | 50.0 | -0.1 | -42.4 | 7.6 | 750 | 38.0 |
| 7 | S | 3.41 | -50.0 | 0.0 | -71.3 | 33.0 | 42.4 | 1100 | 38.0 |
| 8 | S | 4.05 | -50.0 | 50.0 | -18.0 | -42.4 | 7.6 | 900 | 38.0 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 1.06 | -50.0 | 0.0 | -2.8 | 33.0 | 42.4 | 850 | 38.0 |
| 2 | S | 1.01 | -50.0 | 50.0 | -33.2 | -42.4 | 7.6 | 1200 | 38.0 |
| 3 | S | 0.60 | -50.0 | 0.0 | -12.8 | 33.0 | 42.4 | 1100 | 38.0 |
| 4 | S | 0.26 | -50.0 | 50.0 | 3.0 | -33.0 | 7.6 | ---- | ---- |
| 5 | S | 1.99 | -50.0 | 0.0 | 23.5 | 33.0 | 42.4 | ---- | ---- |
| 6 | S | 0.58 | -50.0 | 50.0 | 0.1 | -42.4 | 7.6 | 0 | 0.0 |
| 7 | S | 3.04 | -50.0 | 0.0 | -64.8 | 33.0 | 42.4 | 1100 | 38.0 |
| 8 | S | 3.74 | -50.0 | 50.0 | -17.5 | -42.4 | 7.6 | 900 | 38.0 |

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

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|------|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00003 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00001 (0.00001) | 305 | 0.003 (0.30) | -420.63 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00021 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00010 (0.00010) | 339 | 0.034 (0.30) | 159.38 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00008 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00004 (0.00004) | 329 | 0.013 (0.30) | -190.78 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00012 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.30) | -38.11 | 0.00 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 178 DI 233 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|---|-------|------|------|-------------------|------|--------------|---------|------|
| 5 | S | -0.00125 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.30) | -47.78 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00001 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00004 (0.00004) | 0 | 0.000 (0.30) | 725.47 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00042 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 329 | 0.064 (0.30) | -190.25 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00015 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00005 (0.00005) | 310 | 0.016 (0.30) | 346.29 | 0.00 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 1.03 | -50.0 | 0.0 | -2.6 | 33.0 | 42.4 | 850 | 38.0 |
| 2 | S | 0.97 | -50.0 | 50.0 | -30.8 | -33.0 | 7.6 | 1200 | 38.0 |
| 3 | S | 0.60 | -50.0 | 0.0 | -12.9 | 33.0 | 42.4 | 1100 | 38.0 |
| 4 | S | 0.26 | -50.0 | 50.0 | 3.0 | -33.0 | 7.6 | ---- | ---- |
| 5 | S | 1.97 | -50.0 | 0.0 | 23.1 | 33.0 | 42.4 | ---- | ---- |
| 6 | S | 0.57 | -50.0 | 50.0 | -0.2 | -42.4 | 7.6 | 750 | 38.0 |
| 7 | S | 3.01 | -50.0 | 0.0 | -64.2 | 33.0 | 42.4 | 1100 | 38.0 |
| 8 | S | 3.68 | -50.0 | 50.0 | -17.4 | -42.4 | 7.6 | 750 | 38.0 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|------|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00003 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00001 (0.00001) | 305 | 0.002 (0.20) | -427.70 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00019 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00009 (0.00009) | 339 | 0.031 (0.20) | 161.61 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00008 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00004 (0.00004) | 329 | 0.013 (0.20) | -189.92 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00011 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | -38.74 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00123 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | -47.79 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00001 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00000 (0.00000) | 295 | 0.000 (0.20) | 609.35 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00042 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00019 (0.00019) | 329 | 0.063 (0.20) | -190.26 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00015 | 0 | 0.500 | 22.0 | 65 | 0.00005 (0.00005) | 295 | 0.015 (0.20) | 344.85 | 0.00 |

13.1.4 Sovraccarichi circostanti lo scatolare

Si considerano il carico accidentale ($q = 5 \text{ kPa}$) gravante sul terreno circostante l'edificio e l'effetto del carico dovuto alla trave di fondazione superficiale del corpo est adiacente.

In fase sismica (condizione dimensionante) il carico fornisce una pressione di:

$$q_1 = k_0 * q * \psi_2 = 0.56 * q * 0.6 = 1.68 \text{ kPa}$$

Il carico indotto dalla fondazione adiacente (combinazione rara) può essere valutato come:

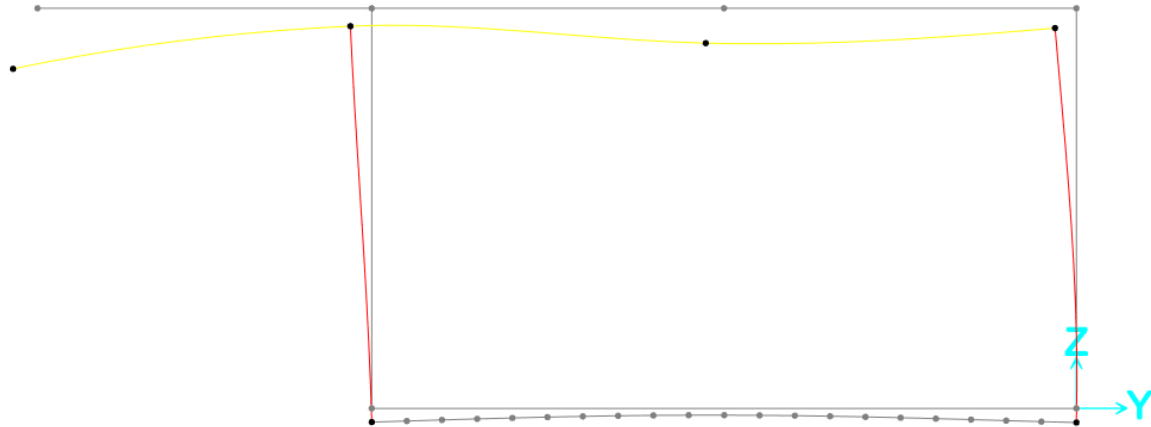
$$q_2 = k_0 * k_w * dz = k_0 * 10000 \text{ kPa/m} * 0.003 \text{ m} = 16.8 \text{ kPa}$$

dove:

k_w = è la costante di Winkler

dz = è l'abbassamento medio della trave di fondazione.

(l'incremento di pressione indotto dalla fondazione si esaurisce ad una profondità pari a $2 * B = 2 * 0.6 \text{ m} = 1.2 \text{ m}$, ma per semplicità viene preso costante su tutta la parete)



Il momento sollecitante sulla parete più sollecitata, posta lato fabbricato est, valutato trascurando l'effetto piastra, e considerando la parete in doppio appoggio (soletta di piano all'estremità superiore e platea di fondazione all'estremità inferiore) può essere espresso come:

$$M=(q_1+q_2)*L^2/8= (18.5)*3.55^2/8 = 30 \text{ kN*m}$$

Il massimo momento derivante dall'analisi è pari ad 378 kN*m

Il momento agente risulterebbe quindi pari ad $M_{Ed}=378+30 = 408 \text{ kN*m} < 576 \text{ kN*m} = M_{Rd}$



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 180 DI 233 |

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° strati barre 1 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 50 | 1 | 38.01 | 43 |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18.13
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{cl} 2.114

M_{xRd} 576.8 kN m
σ_c -18.13 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 11.36 ‰
d 43 cm
x 10.13 x/d 0.2356
δ 0.7345

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi a T Circolare Rettangoli Coord.

Sezi... - x

File

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

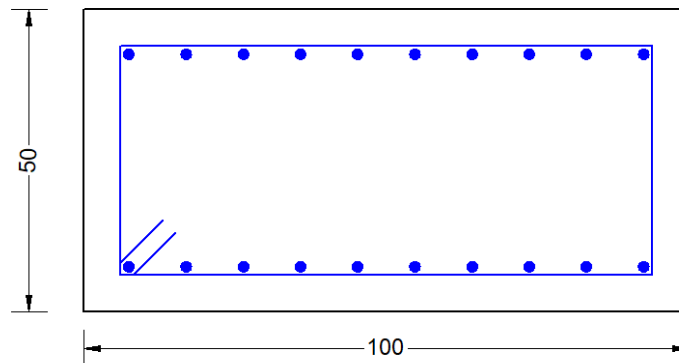
L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

L'effetto di tali carichi è pertanto trascurabile.

13.1.5 Verifiche platea ($s=50\text{cm}$)

| Area | AreaElem | ShellType | Joint | OutputCase | CaseType | F11 | F22 | M11 | M22 | V13 | V23 |
|------|----------|------------|-------|--------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| 629 | 629 | Shell-Thin | 132 | Stat_lin_X5 | Combination | 0 | 0 | -305 | -189 | -397 | -289 |
| 779 | 779 | Shell-Thin | 47 | Stat_lin_X13 | Combination | 0 | 0 | 272 | 176 | 628 | -478 |
| 630 | 630 | Shell-Thin | 604 | Stat_lin_Y15 | Combination | 0 | 0 | -197 | -343 | -225 | -325 |
| 682 | 682 | Shell-Thin | 100 | Stat_lin_X13 | Combination | 0 | 0 | 170 | 247 | -145 | -565 |
| 1098 | 1098 | Shell-Thin | 138 | Stat_lin_X10 | Combination | 0 | 0 | -278 | -128 | -399 | 174 |
| 779 | 779 | Shell-Thin | 47 | Stat_lin_X2 | Combination | 0 | 0 | 239 | 155 | 632 | -436 |
| 682 | 682 | Shell-Thin | 653 | Stat_lin_X2 | Combination | 0 | 0 | 102 | 59 | 83 | -586 |
| 2519 | 2519 | Shell-Thin | 2355 | Stat_lin_Y13 | Combination | -140 | -699 | -38 | -208 | 64 | 681 |
| 1098 | 1098 | Shell-Thin | 138 | SLER_Q7 | Combination | 0 | 0 | -157 | -86 | -203 | 89 |
| 759 | 759 | Shell-Thin | 757 | SLER_AE5 | Combination | 0 | 0 | 116 | 23 | -117 | -3 |
| 630 | 630 | Shell-Thin | 604 | SLER_Vy+ | Combination | 0 | 0 | -64 | -104 | -74 | -96 |
| 1132 | 1132 | Shell-Thin | 1162 | SLER_Q7 | Combination | 0 | 0 | 24 | 124 | -4 | 127 |
| 1098 | 1098 | Shell-Thin | 138 | SLEF_N | Combination | 0 | 0 | -98 | -46 | -134 | 43 |
| 759 | 759 | Shell-Thin | 757 | SLEF_AE | Combination | 0 | 0 | 111 | 22 | -111 | -3 |
| 630 | 630 | Shell-Thin | 604 | SLEF_Vy+ | Combination | 0 | 0 | -58 | -97 | -65 | -88 |
| 682 | 682 | Shell-Thin | 100 | Stat_lin_X13 | Combination | 0 | 0 | 170 | 247 | -145 | -565 |
| 629 | 629 | Shell-Thin | 132 | SLEQP | Combination | 0 | 0 | -93 | -78 | -92 | -98 |
| 759 | 759 | Shell-Thin | 757 | SLEQP | Combination | 0 | 0 | 110 | 22 | -110 | -3 |
| 630 | 630 | Shell-Thin | 604 | SLEQP | Combination | 0 | 0 | -57 | -94 | -63 | -86 |
| 682 | 682 | Shell-Thin | 100 | SLEQP | Combination | 0 | 0 | 50 | 109 | 39 | -241 |



Si adottano $\Phi 20/10$ sup e inf.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C25/30 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 14.160 MPa |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 7.080 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 31475.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 2.560 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 150.00 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.400 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 Mpa |

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO****APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 182 DI 233 |

| | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------------|
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.300 | mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef | 2000000 daN/cm ² |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 |
| | Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -50.0 | 0.0 |
| 2 | -50.0 | 50.0 |
| 3 | 50.0 | 50.0 |
| 4 | 50.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -42.5 | 7.5 | 18 |
| 2 | -42.5 | 42.5 | 18 |
| 3 | 42.5 | 42.5 | 18 |
| 4 | 42.5 | 7.5 | 18 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 18 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 18 |

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
Passo staffe: 8.5 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse X di riferimento delle coordinate



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 183 DI 233 |

con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y di riferimento delle coordinate

| N°Comb. | N | Mx | Vy |
|---------|--------|---------|---------|
| 1 | 0.00 | -305.00 | -397.00 |
| 2 | 0.00 | 272.00 | 628.00 |
| 3 | 0.00 | -197.00 | -225.00 |
| 4 | 0.00 | 170.00 | -145.00 |
| 5 | 0.00 | -278.00 | -399.00 |
| 6 | 0.00 | 239.00 | 632.00 |
| 7 | 0.00 | 102.00 | 83.00 |
| 8 | 140.00 | -38.00 | 64.00 |
| 9 | 0.00 | -189.00 | -289.00 |
| 10 | 0.00 | 176.00 | -478.00 |
| 11 | 0.00 | -343.00 | -325.00 |
| 12 | 0.00 | 247.00 | -565.00 |
| 13 | 0.00 | -128.00 | 174.00 |
| 14 | 0.00 | 155.00 | -436.00 |
| 15 | 0.00 | 59.00 | -586.00 |
| 16 | 699.00 | -208.00 | 681.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|---------|------|
| 1 | 0.00 | -157.00 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 116.00 | 0.00 |
| 3 | 0.00 | -64.00 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 24.00 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | -86.00 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | 23.00 | 0.00 |
| 7 | 0.00 | -104.00 | 0.00 |
| 8 | 0.00 | 124.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|------------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -98.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 0.00 | 111.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 3 | 0.00 | -58.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 4 | 0.00 | 170.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 5 | 0.00 | -46.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 0.00 | 22.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 7 | 0.00 | -97.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 8 | 0.00 | 247.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 184 DI 233 |

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|------|------------------|-------------|
| 1 | 0.00 | -93.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 0.00 | 110.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 3 | 0.00 | -57.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 4 | 0.00 | 50.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 5 | 0.00 | -78.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 0.00 | 22.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 7 | 0.00 | -94.00 (-130.61) | 0.00 (0.00) |
| 8 | 0.00 | 109.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.6 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N | Mx | N Res | Mx Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|--------|---------|--------|---------|----------|------------|
| 1 | S | 0.00 | -305.00 | 0.00 | -386.66 | 1.27 | 50.9(15.0) |
| 2 | S | 0.00 | 272.00 | 0.00 | 386.66 | 1.42 | 50.9(15.0) |
| 3 | S | 0.00 | -197.00 | 0.00 | -386.66 | 1.96 | 50.9(15.0) |
| 4 | S | 0.00 | 170.00 | 0.00 | 386.66 | 2.27 | 50.9(15.0) |
| 5 | S | 0.00 | -278.00 | 0.00 | -386.66 | 1.39 | 50.9(15.0) |
| 6 | S | 0.00 | 239.00 | 0.00 | 386.66 | 1.62 | 50.9(15.0) |
| 7 | S | 0.00 | 102.00 | 0.00 | 386.66 | 3.79 | 50.9(15.0) |
| 8 | S | 140.00 | -38.00 | 139.71 | -411.48 | 10.83 | 50.9(15.0) |
| 9 | S | 0.00 | -189.00 | 0.00 | -386.66 | 2.05 | 50.9(15.0) |
| 10 | S | 0.00 | 176.00 | 0.00 | 386.66 | 2.20 | 50.9(15.0) |
| 11 | S | 0.00 | -343.00 | 0.00 | -386.66 | 1.13 | 50.9(15.0) |
| 12 | S | 0.00 | 247.00 | 0.00 | 386.66 | 1.57 | 50.9(15.0) |
| 13 | S | 0.00 | -128.00 | 0.00 | -386.66 | 3.02 | 50.9(15.0) |
| 14 | S | 0.00 | 155.00 | 0.00 | 386.66 | 2.49 | 50.9(15.0) |
| 15 | S | 0.00 | 59.00 | 0.00 | 386.66 | 6.55 | 50.9(15.0) |
| 16 | S | 699.00 | -208.00 | 698.75 | -508.57 | 2.45 | 50.9(15.0) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 185 DI 233 |

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

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00018 | -42.5 | 7.5 | -0.01533 | 42.5 | 42.5 |
| 2 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 3 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00018 | -42.5 | 7.5 | -0.01533 | 42.5 | 42.5 |
| 4 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 5 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00018 | -42.5 | 7.5 | -0.01533 | 42.5 | 42.5 |
| 6 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 7 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 8 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00035 | -42.5 | 7.5 | -0.01433 | 42.5 | 42.5 |
| 9 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00018 | -42.5 | 7.5 | -0.01533 | 42.5 | 42.5 |
| 10 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 11 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00018 | -42.5 | 7.5 | -0.01533 | 42.5 | 42.5 |
| 12 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 13 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00018 | -42.5 | 7.5 | -0.01533 | 42.5 | 42.5 |
| 14 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 15 | 0.00350 | -50.0 | 50.0 | 0.00018 | -42.5 | 42.5 | -0.01533 | -42.5 | 7.5 |
| 16 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00098 | -42.5 | 7.5 | -0.01077 | 42.5 | 42.5 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|-------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1 | 0.000000000 | -0.000443086 | 0.003500000 | | |
| 2 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 3 | 0.000000000 | -0.000443086 | 0.003500000 | | |
| 4 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 5 | 0.000000000 | -0.000443086 | 0.003500000 | | |
| 6 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 7 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 8 | 0.000000000 | -0.000419640 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 9 | 0.000000000 | -0.000443086 | 0.003500000 | | |
| 10 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 11 | 0.000000000 | -0.000443086 | 0.003500000 | | |
| 12 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 13 | 0.000000000 | -0.000443086 | 0.003500000 | | |
| 14 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 15 | 0.000000000 | 0.000443086 | -0.018654317 | | |
| 16 | 0.000000000 | -0.000335820 | 0.003500000 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
 Passo staffe: 8.5 cm [Passo massimo di normativa = 21.6 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 186 DI 233 |

bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | d z | bw | Ctg | Acw | Ast | A.Eff |
|--------|-----|--------|---------|--------|-----------|-------|-------|-------|------|-----------|
| 1 | S | 397.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 10.3 | 18.5(0.0) |
| 2 | S | 628.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 16.3 | 18.5(0.0) |
| 3 | S | 225.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 5.8 | 18.5(0.0) |
| 4 | S | 145.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 3.8 | 18.5(0.0) |
| 5 | S | 399.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 10.4 | 18.5(0.0) |
| 6 | S | 632.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 16.4 | 18.5(0.0) |
| 7 | S | 83.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 2.2 | 18.5(0.0) |
| 8 | S | 64.00 | 975.04 | 708.00 | 46.7 39.2 | 100.0 | 2.500 | 1.020 | 1.7 | 18.5(0.0) |
| 9 | S | 289.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 7.5 | 18.5(0.0) |
| 10 | S | 478.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 12.4 | 18.5(0.0) |
| 11 | S | 325.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 8.4 | 18.5(0.0) |
| 12 | S | 565.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 14.7 | 18.5(0.0) |
| 13 | S | 174.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 4.5 | 18.5(0.0) |
| 14 | S | 436.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 11.3 | 18.5(0.0) |
| 15 | S | 586.00 | 960.45 | 711.20 | 46.8 39.3 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 15.2 | 18.5(0.0) |
| 16 | S | 681.00 | 1028.20 | 692.95 | 45.8 38.3 | 100.0 | 2.500 | 1.099 | 18.2 | 18.5(0.0) |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 5.03 | -50.0 | 0.0 | -164.8 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 2 | S | 3.71 | -50.0 | 50.0 | -121.8 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 3 | S | 2.05 | -50.0 | 0.0 | -67.2 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 4 | S | 0.77 | -50.0 | 50.0 | -25.2 | -33.1 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 5 | S | 2.75 | -50.0 | 0.0 | -90.3 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 6 | S | 0.74 | -50.0 | 50.0 | -24.1 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 7 | S | 3.33 | -50.0 | 0.0 | -109.2 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 8 | S | 3.97 | -50.0 | 50.0 | -130.1 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 3.14 | -50.0 | 0.0 | -102.9 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 2 | S | 3.55 | -50.0 | 50.0 | -116.5 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 3 | S | 1.86 | -50.0 | 0.0 | -60.9 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 4 | S | 5.44 | -50.0 | 50.0 | -178.4 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 5 | S | 1.47 | -50.0 | 0.0 | -48.3 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 6 | S | 0.70 | -50.0 | 50.0 | -23.1 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 187 DI 233 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------|------|--------|-------|------|------|------|
| 7 | S | 3.11 | -50.0 | 0.0 | -101.8 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 8 | S | 7.91 | -50.0 | 50.0 | -259.2 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |

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

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00065 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00031 (0.00031) | 369 | 0.114 (0.40) | -130.61 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00073 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00035 (0.00035) | 369 | 0.129 (0.40) | 130.61 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00038 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00018 (0.00018) | 369 | 0.067 (0.40) | -130.61 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00112 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00054 (0.00054) | 369 | 0.197 (0.40) | 130.61 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00030 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00014 (0.00014) | 369 | 0.053 (0.40) | -130.61 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00015 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00007 (0.00007) | 369 | 0.026 (0.40) | 130.61 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00064 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00031 (0.00031) | 369 | 0.113 (0.40) | -130.61 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00163 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00089 (0.00078) | 369 | 0.326 (0.40) | 130.61 | 0.00 |

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

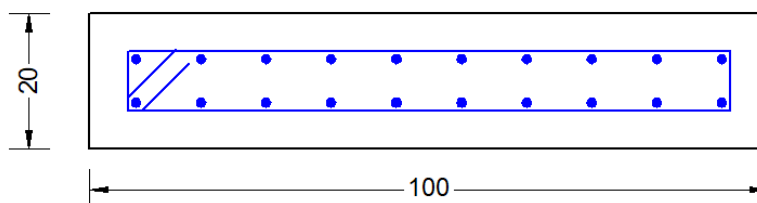
| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 2.98 | -50.0 | 0.0 | -97.6 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 2 | S | 3.52 | -50.0 | 50.0 | -115.5 | -23.6 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 3 | S | 1.82 | -50.0 | 0.0 | -59.8 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 4 | S | 1.60 | -50.0 | 50.0 | -52.5 | -33.1 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 5 | S | 2.50 | -50.0 | 0.0 | -81.9 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 6 | S | 0.70 | -50.0 | 50.0 | -23.1 | -42.5 | 7.5 | 1200 | 25.4 |
| 7 | S | 3.01 | -50.0 | 0.0 | -98.7 | 33.1 | 42.5 | 1200 | 25.4 |
| 8 | S | 3.49 | -50.0 | 50.0 | -114.4 | -23.6 | 7.5 | 1200 | 25.4 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00061 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00029 (0.00029) | 369 | 0.108 (0.30) | -130.61 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00073 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00035 (0.00035) | 369 | 0.128 (0.30) | 130.61 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00038 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00018 (0.00018) | 369 | 0.066 (0.30) | -130.61 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00033 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00016 (0.00016) | 369 | 0.058 (0.30) | 130.61 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00051 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00025 (0.00025) | 369 | 0.091 (0.30) | -130.61 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00015 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00007 (0.00007) | 369 | 0.026 (0.30) | 130.61 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00062 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00030 (0.00030) | 369 | 0.109 (0.30) | -130.61 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00072 | 0 | 0.500 | 18.0 | 66 | 0.00034 (0.00034) | 369 | 0.127 (0.30) | 130.61 | 0.00 |

13.1.6 Verifiche soletta scala ($s=20\text{cm}$)

| Area | AreaElem | ShellType | Joint | OutputCase | CaseType | F11 | F22 | M11 | M22 | V13 | V23 |
|------|----------|------------|-------|--------------|-------------|------|-------|-----|-----|------|-----|
| 347 | 347 | Shell-Thin | 81 | SLU_Q4 | Combination | 63 | 125 | -29 | -21 | 72 | -37 |
| 357 | 357 | Shell-Thin | 122 | SLU_Q3 | Combination | -322 | -874 | 14 | -14 | 26 | 12 |
| 346 | 346 | Shell-Thin | 285 | SLU_AE2 | Combination | 15 | 224 | -13 | -37 | 41 | 48 |
| 301 | 301 | Shell-Thin | 234 | SLU_AE8 | Combination | -7 | -49 | 0 | 9 | -3 | 1 |
| 347 | 347 | Shell-Thin | 276 | SLU_Q5 | Combination | 7 | -10 | -6 | -7 | -39 | -69 |
| 347 | 347 | Shell-Thin | 81 | SLU_Q8 | Combination | 32 | 70 | -28 | -22 | 72 | -39 |
| 347 | 347 | Shell-Thin | 222 | SLU_AE5 | Combination | 86 | 7 | -3 | -29 | 63 | -70 |
| 361 | 361 | Shell-Thin | 215 | SLU_Q4 | Combination | 6 | 21 | -4 | -26 | 23 | 59 |
| 347 | 347 | Shell-Thin | 81 | SLER_Q4 | Combination | 36 | 89 | -22 | -15 | 54 | -26 |
| 357 | 357 | Shell-Thin | 122 | SLER_Q3 | Combination | -212 | -669 | 11 | -9 | 21 | 5 |
| 356 | 356 | Shell-Thin | 104 | SLER_AE8 | Combination | 135 | 524 | -14 | -26 | 47 | 34 |
| 361 | 361 | Shell-Thin | 81 | Stat_lin_Y12 | Combination | -453 | -1330 | 19 | 17 | -103 | -74 |
| 347 | 347 | Shell-Thin | 81 | SLEF_N | Combination | 68 | 114 | -18 | -12 | 43 | -20 |
| 357 | 357 | Shell-Thin | 122 | SLEF_N | Combination | -217 | -502 | 9 | -11 | 15 | 12 |
| 346 | 346 | Shell-Thin | 285 | SLEF_AE | Combination | 19 | 169 | -9 | -24 | 29 | 31 |
| 377 | 377 | Shell-Thin | 313 | SLEF_AE | Combination | 13 | 37 | 0 | 6 | -2 | 0 |
| 347 | 347 | Shell-Thin | 81 | SLEQP | Combination | 71 | 115 | -17 | -12 | 42 | -19 |
| 357 | 357 | Shell-Thin | 122 | SLEQP | Combination | -217 | -482 | 9 | -11 | 14 | 13 |
| 346 | 346 | Shell-Thin | 285 | SLEQP | Combination | 19 | 166 | -9 | -23 | 28 | 30 |
| 377 | 377 | Shell-Thin | 313 | SLEQP | Combination | 13 | 37 | 0 | 5 | -1 | 0 |



Si adottano $\Phi 14/10$ sup e inf.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---|----------------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resis. compr. di progetto fcd: | 18.800 MPa |
| | Resis. compr. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |
| | Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 MPa |
| | Resis. media a trazione fctm: | 3.100 MPa |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 |
| | Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 199.20 daN/cm ² |
| | Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300 mm |
| | Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 Mpa |
| | Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 mm |
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 MPa |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 189 DI 233 |

| | | |
|--|------------------|---------------------|
| Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 | MPa |
| Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 | MPa |
| Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 | MPa |
| Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: | 0.50 | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 | MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | -50.0 | 0.0 |
| 2 | -50.0 | 20.0 |
| 3 | 50.0 | 20.0 |
| 4 | 50.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | -43.2 | 6.8 | 14 |
| 2 | -43.2 | 13.2 | 14 |
| 3 | 43.2 | 13.2 | 14 |
| 4 | 43.2 | 6.8 | 14 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 8 | 14 |
| 2 | 2 | 3 | 8 | 14 |

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 16.7 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 190 DI 233 |

| | | | |
|----|---------|--------|--------|
| 1 | -63.00 | -29.00 | 72.00 |
| 2 | 322.00 | 14.00 | 26.00 |
| 3 | -15.00 | -13.00 | 41.00 |
| 4 | 7.00 | 0.10 | -3.00 |
| 5 | -7.00 | -6.00 | -39.00 |
| 6 | -32.00 | -28.00 | 72.00 |
| 7 | -86.00 | -3.00 | 63.00 |
| 8 | -6.00 | -4.00 | 23.00 |
| 9 | -125.00 | -21.00 | -37.00 |
| 10 | 874.00 | -14.00 | 12.00 |
| 11 | -224.00 | -37.00 | 48.00 |
| 12 | 49.00 | 9.00 | 1.00 |
| 13 | 10.00 | -7.00 | -69.00 |
| 14 | -70.00 | -22.00 | -39.00 |
| 15 | -7.00 | -29.00 | -70.00 |
| 16 | -21.00 | -26.00 | 59.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|--------|------|
| 1 | -36.00 | -22.00 | 0.00 |
| 2 | 212.00 | 11.00 | 0.00 |
| 3 | -135.00 | -14.00 | 0.00 |
| 4 | 453.00 | 19.00 | 0.00 |
| 5 | -89.00 | -15.00 | 0.00 |
| 6 | 669.00 | -9.00 | 0.00 |
| 7 | -524.00 | -26.00 | 0.00 |
| 8 | 1330.00 | 17.00 | 0.00 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---------|-----------------|-------------|
| 1 | -68.00 | -18.00 (-19.95) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 217.00 | 9.00 (73.59) | 0.00 (0.00) |
| 3 | -19.00 | -9.00 (-20.86) | 0.00 (0.00) |
| 4 | -13.00 | 0.00 (0.00) | 0.00 (0.00) |
| 5 | -114.00 | -12.00 (-17.35) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 502.00 | -11.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 7 | -169.00 | -24.00 (-18.38) | 0.00 (0.00) |
| 8 | -37.00 | 6.00 (18.77) | 0.00 (0.00) |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|---|----|----|
|---------|---|----|----|



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 191 DI 233 |

| | | | |
|---|---------|-----------------|-------------|
| 1 | -71.00 | -17.00 (-19.74) | 0.00 (0.00) |
| 2 | 217.00 | 9.00 (73.59) | 0.00 (0.00) |
| 3 | -19.00 | -9.00 (-20.86) | 0.00 (0.00) |
| 4 | -13.00 | 0.00 (0.00) | 0.00 (0.00) |
| 5 | -115.00 | -12.00 (-17.32) | 0.00 (0.00) |
| 6 | 482.00 | -11.00 (130.61) | 0.00 (0.00) |
| 7 | -166.00 | -23.00 (-18.30) | 0.00 (0.00) |
| 8 | -37.00 | 5.00 (18.22) | 0.00 (0.00) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 6.1 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 5.0 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 5.1 cm |

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

| | |
|-----------|---|
| Ver | S = combinazione verificata / N = combin. non verificata |
| N | Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione) |
| Mx | Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| N Res | Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compress.) |
| Mx Res | Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia |
| Mis.Sic. | Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) |
| | Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000 |
| As Totale | Area totale barre longitudinali [cm ²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa] |

| N°Comb | Ver | N | Mx | N Res | Mx Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|---------|--------|---------|---------|----------|-----------|
| 1 | S | -63.00 | -29.00 | -62.87 | -73.92 | 2.55 | 30.8(6.0) |
| 2 | S | 322.00 | 14.00 | 321.73 | 89.24 | 6.37 | 30.8(6.0) |
| 3 | S | -15.00 | -13.00 | -14.92 | -75.87 | 5.84 | 30.8(6.0) |
| 4 | S | 7.00 | 0.10 | 7.11 | 76.76 | 767.63 | 30.8(6.0) |
| 5 | S | -7.00 | -6.00 | -6.84 | -76.20 | 12.70 | 30.8(6.0) |
| 6 | S | -32.00 | -28.00 | -32.25 | -75.17 | 2.68 | 30.8(6.0) |
| 7 | S | -86.00 | -3.00 | -86.08 | -72.97 | 24.32 | 30.8(6.0) |
| 8 | S | -6.00 | -4.00 | -5.76 | -76.24 | 19.06 | 30.8(6.0) |
| 9 | S | -125.00 | -21.00 | -125.08 | -71.36 | 3.40 | 30.8(6.0) |
| 10 | S | 874.00 | -14.00 | 873.92 | -108.76 | 7.77 | 30.8(6.0) |
| 11 | S | -224.00 | -37.00 | -223.93 | -67.35 | 1.82 | 30.8(6.0) |
| 12 | S | 49.00 | 9.00 | 48.98 | 78.45 | 8.72 | 30.8(6.0) |
| 13 | S | 10.00 | -7.00 | 9.78 | -76.87 | 10.98 | 30.8(6.0) |
| 14 | S | -70.00 | -22.00 | -70.03 | -73.62 | 3.35 | 30.8(6.0) |
| 15 | S | -7.00 | -29.00 | -6.84 | -76.20 | 2.63 | 30.8(6.0) |
| 16 | S | -21.00 | -26.00 | -20.86 | -75.63 | 2.91 | 30.8(6.0) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 192 DI 233 |

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| 1 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00091 | -43.2 | 6.8 | -0.00507 | 43.2 | 13.2 |
| 2 | 0.00350 | -50.0 | 20.0 | -0.00019 | -43.2 | 13.2 | -0.00366 | -43.2 | 6.8 |
| 3 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00082 | -43.2 | 6.8 | -0.00488 | 43.2 | 13.2 |
| 4 | 0.00350 | -50.0 | 20.0 | -0.00078 | -43.2 | 13.2 | -0.00480 | -43.2 | 6.8 |
| 5 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00080 | -43.2 | 6.8 | -0.00485 | 43.2 | 13.2 |
| 6 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00085 | -43.2 | 6.8 | -0.00495 | 43.2 | 13.2 |
| 7 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00096 | -43.2 | 6.8 | -0.00516 | 43.2 | 13.2 |
| 8 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00080 | -43.2 | 6.8 | -0.00485 | 43.2 | 13.2 |
| 9 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00104 | -43.2 | 6.8 | -0.00530 | 43.2 | 13.2 |
| 10 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | 0.00066 | -43.2 | 6.8 | -0.00202 | 43.2 | 13.2 |
| 11 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00125 | -43.2 | 6.8 | -0.00572 | 43.2 | 13.2 |
| 12 | 0.00350 | -50.0 | 20.0 | -0.00069 | -43.2 | 13.2 | -0.00463 | -43.2 | 6.8 |
| 13 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00077 | -43.2 | 6.8 | -0.00479 | 43.2 | 13.2 |
| 14 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00093 | -43.2 | 6.8 | -0.00510 | 43.2 | 13.2 |
| 15 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00080 | -43.2 | 6.8 | -0.00485 | 43.2 | 13.2 |
| 16 | 0.00350 | -50.0 | 0.0 | -0.00083 | -43.2 | 6.8 | -0.00491 | 43.2 | 13.2 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1 | 0.00000000 | -0.000649198 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 2 | 0.00000000 | 0.000542638 | -0.007352764 | ---- | ---- |
| 3 | 0.00000000 | -0.000635223 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 4 | 0.00000000 | 0.000628712 | -0.009074232 | ---- | ---- |
| 5 | 0.00000000 | -0.000632841 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 6 | 0.00000000 | -0.000640305 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 7 | 0.00000000 | -0.000655868 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 8 | 0.00000000 | -0.000632523 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 9 | 0.00000000 | -0.000666984 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 10 | 0.00000000 | -0.000418134 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 11 | 0.00000000 | -0.000698745 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 12 | 0.00000000 | 0.000616166 | -0.008823317 | ---- | ---- |
| 13 | 0.00000000 | -0.000627918 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 14 | 0.00000000 | -0.000651262 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 15 | 0.00000000 | -0.000632841 | 0.003500000 | ---- | ---- |
| 16 | 0.00000000 | -0.000636970 | 0.003500000 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 16.7 cm [Passo massimo di normativa = 16.8 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = V_y ortogonale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 193 DI 233 |

Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz. del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vvd | d z | bw | Ctg | Acw | Ast | A.Eff |
|--------|-----|-------|--------|--------|------------|-------|-------|-------|-----|----------|
| 1 | S | 72.00 | 357.96 | 101.62 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 6.7 | 9.4(0.0) |
| 2 | S | 26.00 | 373.71 | 97.72 | 17.4 10.6 | 100.0 | 2.500 | 1.086 | 2.5 | 9.4(0.0) |
| 3 | S | 41.00 | 356.42 | 101.18 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 3.8 | 9.4(0.0) |
| 4 | S | 3.00 | 355.68 | 100.97 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 0.3 | 9.4(0.0) |
| 5 | S | 39.00 | 356.15 | 101.10 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 3.6 | 9.4(0.0) |
| 6 | S | 72.00 | 356.99 | 101.34 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 6.7 | 9.4(0.0) |
| 7 | S | 63.00 | 358.67 | 101.82 | 17.9 11.1 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 5.8 | 9.4(0.0) |
| 8 | S | 23.00 | 356.12 | 101.09 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 2.1 | 9.4(0.0) |
| 9 | S | 37.00 | 359.83 | 102.14 | 17.9 11.1 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 3.4 | 9.4(0.0) |
| 10 | S | 12.00 | 393.56 | 90.65 | 16.7 9.9 | 100.0 | 2.500 | 1.232 | 1.2 | 9.4(0.0) |
| 11 | S | 48.00 | 362.92 | 103.02 | 18.0 11.2 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 4.4 | 9.4(0.0) |
| 12 | S | 1.00 | 358.83 | 100.55 | 17.7 10.9 | 100.0 | 2.500 | 1.013 | 0.1 | 9.4(0.0) |
| 13 | S | 69.00 | 355.59 | 100.94 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 6.4 | 9.4(0.0) |
| 14 | S | 39.00 | 358.18 | 101.68 | 17.9 11.1 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 3.6 | 9.4(0.0) |
| 15 | S | 70.00 | 356.15 | 101.10 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 6.5 | 9.4(0.0) |
| 16 | S | 59.00 | 356.62 | 101.23 | 17.8 11.0 | 100.0 | 2.500 | 1.000 | 5.5 | 9.4(0.0) |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 6.99 | -50.0 | 0.0 | -135.3 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 2 | S | 2.71 | -50.0 | 20.0 | 0.4 | -43.2 | 6.8 | 0 | 0.0 |
| 3 | S | 4.69 | -50.0 | 0.0 | -127.5 | 33.6 | 13.2 | 800 | 15.4 |
| 4 | S | 4.71 | -50.0 | 20.0 | 11.8 | -43.2 | 6.8 | 0 | 0.0 |
| 5 | S | 4.92 | -50.0 | 0.0 | -115.9 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 6 | S | 3.98 | -50.0 | 0.0 | 34.7 | 33.6 | 13.2 | ---- | ---- |
| 7 | S | 8.96 | -50.0 | 0.0 | -339.6 | 33.6 | 13.2 | 700 | 15.4 |
| 8 | S | 7.78 | -50.0 | 20.0 | 69.6 | -43.2 | 6.8 | ---- | ---- |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 5.82 | -50.0 | 0.0 | -124.8 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 2 | S | 2.23 | -50.0 | 20.0 | 5.8 | -43.2 | 6.8 | 0 | 0.0 |
| 3 | S | 2.87 | -50.0 | 0.0 | -56.9 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 4 | S | 0.00 | -50.0 | 0.0 | -4.2 | 33.6 | 13.2 | 2000 | 30.8 |
| 5 | S | 4.01 | -50.0 | 0.0 | -108.7 | 33.6 | 13.2 | 800 | 15.4 |
| 6 | S | 3.58 | -50.0 | 0.0 | 23.2 | 33.6 | 13.2 | ---- | ---- |
| 7 | S | 7.93 | -50.0 | 0.0 | -195.3 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 8 | S | 1.97 | -50.0 | 20.0 | -46.9 | -43.2 | 6.8 | 750 | 15.4 |

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 194 DI 233 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----------|-------|------|------|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00117 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00037 (0.00037) | 323 | 0.121 (0.30) | -19.95 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00004 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00037 (0.00037) | 0 | 0.002 (0.30) | 73.59 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00054 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00017 (0.00017) | 323 | 0.055 (0.30) | -20.86 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00002 | -0.00002 | 1.000 | 14.0 | 61 | 0.00001 (0.00001) | 517 | 0.007 (0.30) | 0.00 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00098 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00033 (0.00033) | 331 | 0.108 (0.30) | -17.35 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00015 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.30) | 130.61 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00179 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00059 (0.00059) | 323 | 0.189 (0.30) | -18.38 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00043 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00014 (0.00014) | 323 | 0.045 (0.30) | 18.77 | 0.00 |

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

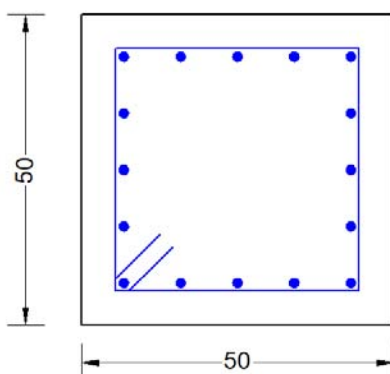
| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 5.51 | -50.0 | 0.0 | -120.4 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 2 | S | 2.23 | -50.0 | 20.0 | 5.8 | -43.2 | 6.8 | 0 | 0.0 |
| 3 | S | 2.87 | -50.0 | 0.0 | -56.9 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 4 | S | 0.00 | -50.0 | 0.0 | -4.2 | 33.6 | 13.2 | 2000 | 30.8 |
| 5 | S | 4.02 | -50.0 | 0.0 | -109.0 | 33.6 | 13.2 | 800 | 15.4 |
| 6 | S | 3.50 | -50.0 | 0.0 | 22.0 | 33.6 | 13.2 | ---- | ---- |
| 7 | S | 7.60 | -50.0 | 0.0 | -188.7 | 33.6 | 13.2 | 750 | 15.4 |
| 8 | S | 1.65 | -50.0 | 20.0 | -41.4 | -43.2 | 6.8 | 800 | 15.4 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----------|-------|------|------|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00112 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00036 (0.00036) | 323 | 0.117 (0.20) | -19.74 | 0.00 |
| 2 | S | -0.00004 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00036 (0.00036) | 0 | 0.002 (0.20) | 73.59 | 0.00 |
| 3 | S | -0.00054 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00017 (0.00017) | 323 | 0.055 (0.20) | -20.86 | 0.00 |
| 4 | S | -0.00002 | -0.00002 | 1.000 | 14.0 | 61 | 0.00001 (0.00001) | 517 | 0.007 (0.20) | 0.00 | 0.00 |
| 5 | S | -0.00098 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00033 (0.00033) | 331 | 0.108 (0.20) | -17.32 | 0.00 |
| 6 | S | -0.00015 | 0 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.000 (0.20) | 130.61 | 0.00 |
| 7 | S | -0.00172 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00060 (0.00057) | 323 | 0.196 (0.20) | -18.30 | 0.00 |
| 8 | S | -0.00038 | 0 | 0.500 | 14.0 | 61 | 0.00012 (0.00012) | 331 | 0.041 (0.20) | 18.22 | 0.00 |

13.1.7 Verifiche Pilastro (50x50cm)

| Frame | Station | OutputCase | CaseType | P | V2 | V3 | M2 | M3 |
|-------|---------|--------------|-------------|------|-----|-----|------|-----|
| 77 | 0.0 | Stat_lin_Y13 | Combination | -281 | -58 | 48 | 87 | -93 |
| 77 | 0.0 | Stat_lin_Y5 | Combination | -290 | 4 | -71 | -123 | 26 |
| 77 | 0.0 | Stat_lin_Y5 | Combination | -290 | 4 | -71 | -123 | 26 |
| 78 | 0.0 | Stat_lin_Y4 | Combination | -90 | -15 | 77 | 135 | -2 |
| 78 | 3.7 | Stat_lin_Y4 | Combination | -67 | -15 | 77 | -145 | 52 |
| 77 | 3.7 | Stat_lin_Y5 | Combination | -267 | 4 | -71 | 137 | 13 |
| 77 | 0.0 | Stat_lin_Y13 | Combination | -281 | -58 | 48 | 87 | -93 |
| 77 | 3.7 | Stat_lin_Y13 | Combination | -258 | -58 | 48 | -87 | 118 |
| 78 | 3.7 | SLER_Vy+_T- | Combination | -210 | -27 | 19 | -40 | 67 |
| 77 | 3.7 | SLER_Q8 | Combination | -248 | -25 | -21 | 42 | 61 |
| 78 | 0.0 | SLER_Q3 | Combination | -259 | -30 | 13 | 19 | -39 |
| 78 | 3.7 | SLER_AE7 | Combination | -238 | -31 | 14 | -29 | 74 |
| 78 | 3.7 | SLEF_Vy+ | Combination | -198 | -26 | 17 | -36 | 65 |
| 77 | 3.7 | SLEF_Vy- | Combination | -266 | -26 | -15 | 31 | 64 |
| 77 | 0.0 | SLEF_AE | Combination | -295 | -27 | -14 | -23 | -33 |
| 78 | 3.7 | SLEF_AE | Combination | -203 | -26 | 17 | -35 | 66 |
| 78 | 3.7 | SLEQP | Combination | -199 | -26 | 17 | -34 | 65 |
| 77 | 3.7 | SLEQP | Combination | -266 | -27 | -14 | 29 | 64 |
| 77 | 0.0 | SLEQP | Combination | -289 | -27 | -14 | -22 | -33 |
| 78 | 3.7 | SLEQP | Combination | -199 | -26 | 17 | -34 | 65 |



Si adottano 16Φ16.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -

Classe:
Resis. compr. di progetto fcd:

C32/40
18.800 MPa



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 196 DI 233 |

| | | |
|---|---------------------|---------------------|
| Resis. compr. ridotta fcd': | 9.400 | MPa |
| Def.unit. max resistenza ec2: | 0.0020 | |
| Def.unit. ultima ecu: | 0.0035 | |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Parabola-Rettangolo | |
| Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 | MPa |
| Resis. media a trazione fctm: | 3.100 | MPa |
| Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| Coeff. Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 199.20 | daN/cm ² |
| Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.300 | mm |
| Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 0.00 | Mpa |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 | mm |

ACCIAIO -

| | | |
|------------------------------------|------------------|---------------------|
| Tipo: | B450C | |
| Resist. caratt. snervam. fyk: | 450.00 | MPa |
| Resist. caratt. rottura ftk: | 450.00 | MPa |
| Resist. snerv. di progetto fyd: | 391.30 | MPa |
| Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 | MPa |
| Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 | |
| Modulo Elastico Ef | 2000000 | daN/cm ² |
| Diagramma tensione-deformaz.: | Bilineare finito | |
| Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 : | 1.00 | |
| Coeff. Aderenza differito β1*β2 : | 0.50 | |
| Sf limite S.L.E. Comb. Rare: | 360.00 | MPa |

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

| N°vertice: | X [cm] | Y [cm] |
|------------|--------|--------|
| 1 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 50.0 |
| 3 | 50.0 | 50.0 |
| 4 | 50.0 | 0.0 |

DATI BARRE ISOLATE

| N°Barra | X [cm] | Y [cm] | DiamØ[mm] |
|---------|--------|--------|-----------|
| 1 | 6.8 | 6.8 | 16 |
| 2 | 6.8 | 43.2 | 16 |
| 3 | 43.2 | 43.2 | 16 |
| 4 | 43.2 | 6.8 | 16 |

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

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

| N°Gen. | N°Barra Ini. | N°Barra Fin. | N°Barre | Ø |
|--------|--------------|--------------|---------|----|
| 1 | 1 | 4 | 3 | 16 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 16 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 16 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 197 DI 233 |

4 3 4 3 16

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 19.1 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

| N°Comb. | N | Mx | My | Vy | Vx |
|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 280.50 | 86.74 | -93.40 | -57.85 | 47.70 |
| 2 | 290.16 | -123.18 | 25.74 | 3.56 | -71.23 |
| 3 | 290.16 | -123.18 | 25.74 | 3.56 | -71.23 |
| 4 | 89.70 | 134.67 | -2.46 | -14.81 | 76.73 |
| 5 | 66.90 | -145.40 | 51.61 | -14.81 | 76.73 |
| 6 | 267.35 | 136.79 | 12.76 | 3.56 | -71.23 |
| 7 | 280.50 | 86.74 | -93.40 | -57.85 | 47.70 |
| 8 | 257.70 | -87.37 | 117.75 | -57.85 | 47.70 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 210.09 | -40.23 | 67.12 |
| 2 | 247.66 | 41.96 | 61.39 |
| 3 | 259.46 | 18.87 | -39.31 |
| 4 | 238.42 | -29.39 | 74.39 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|--------|-----------------|-----------------|
| 1 | 198.12 | -35.62 (-33.39) | 64.58 (60.53) |
| 2 | 265.97 | 30.67 (33.35) | 63.75 (69.32) |
| 3 | 295.12 | -22.67 (-56.98) | -33.41 (-83.98) |
| 4 | 202.98 | -34.78 (-32.47) | 66.16 (61.77) |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 198 DI 233 |

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

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

| N°Comb. | N | Mx | My |
|---------|--------|-----------------|-----------------|
| 1 | 198.69 | -34.31 (-32.66) | 64.67 (61.55) |
| 2 | 265.96 | 29.30 (32.21) | 64.33 (70.73) |
| 3 | 288.76 | -22.30 (-56.88) | -32.79 (-83.62) |
| 4 | 198.69 | -34.31 (-32.66) | 64.67 (61.55) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

| | |
|--|--------|
| Copriferro netto minimo barre longitudinali: | 6.0 cm |
| Interferro netto minimo barre longitudinali: | 7.5 cm |
| Copriferro netto minimo staffe: | 5.0 cm |

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

| N°Comb | Ver | N | Mx | My | N Res | Mx Res | My Res | Mis.Sic. | As Totale |
|--------|-----|--------|---------|--------|--------|---------|---------|----------|-----------|
| 1 | S | 280.50 | 86.74 | -93.40 | 280.32 | 197.18 | -210.35 | 2.26 | 32.2(7.5) |
| 2 | S | 290.16 | -123.18 | 25.74 | 290.09 | -287.07 | 60.38 | 2.33 | 32.2(7.5) |
| 3 | S | 290.16 | -123.18 | 25.74 | 290.09 | -287.07 | 60.38 | 2.33 | 32.2(7.5) |
| 4 | S | 89.70 | 134.67 | -2.46 | 89.76 | 265.78 | -3.84 | 1.97 | 32.2(7.5) |
| 5 | S | 66.90 | -145.40 | 51.61 | 67.10 | -245.44 | 86.26 | 1.69 | 32.2(7.5) |
| 6 | S | 267.35 | 136.79 | 12.76 | 267.33 | 290.11 | 26.14 | 2.12 | 32.2(7.5) |
| 7 | S | 280.50 | 86.74 | -93.40 | 280.32 | 197.18 | -210.35 | 2.26 | 32.2(7.5) |
| 8 | S | 257.70 | -87.37 | 117.75 | 257.98 | -170.23 | 230.48 | 1.95 | 32.2(7.5) |

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

| N°Comb | ec max | Xc max | Yc max | es min | Xs min | Ys min | es max | Xs max | Ys max |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 199 DI 233 |

| | | | | | | | | | |
|---|---------|------|------|---------|------|------|----------|------|------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | 50.0 | 0.00215 | 6.8 | 43.2 | -0.00508 | 43.2 | 6.8 |
| 2 | 0.00350 | 50.0 | 0.0 | 0.00182 | 43.2 | 6.8 | -0.00717 | 6.8 | 43.2 |
| 3 | 0.00350 | 50.0 | 0.0 | 0.00182 | 43.2 | 6.8 | -0.00717 | 6.8 | 43.2 |
| 4 | 0.00350 | 0.0 | 50.0 | 0.00111 | 6.8 | 43.2 | -0.01171 | 43.2 | 6.8 |
| 5 | 0.00350 | 50.0 | 0.0 | 0.00177 | 43.2 | 6.8 | -0.00746 | 6.8 | 43.2 |
| 6 | 0.00350 | 50.0 | 50.0 | 0.00156 | 43.2 | 43.2 | -0.00882 | 6.8 | 6.8 |
| 7 | 0.00350 | 0.0 | 50.0 | 0.00215 | 6.8 | 43.2 | -0.00508 | 43.2 | 6.8 |
| 8 | 0.00350 | 50.0 | 0.0 | 0.00212 | 43.2 | 6.8 | -0.00526 | 6.8 | 43.2 |

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

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

| N°Comb | a | b | c | x/d | C.Rid. |
|--------|--------------|--------------|--------------|------|--------|
| 1 | -0.000102973 | 0.000095624 | -0.001281215 | ---- | ---- |
| 2 | 0.000039198 | -0.000207852 | 0.001540117 | ---- | ---- |
| 3 | 0.000039198 | -0.000207852 | 0.001540117 | ---- | ---- |
| 4 | -0.000002958 | 0.000349207 | -0.013960375 | ---- | ---- |
| 5 | 0.000055390 | -0.000198334 | 0.000730480 | ---- | ---- |
| 6 | 0.000019523 | 0.000265607 | -0.010756474 | ---- | ---- |
| 7 | -0.000102973 | 0.000095624 | -0.001281215 | ---- | ---- |
| 8 | 0.000119497 | -0.000083326 | -0.002474873 | ---- | ---- |

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 10 mm
Passo staffe: 19.1 cm [Passo massimo di normativa = 19.2 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

| N°Comb | Ver | Ved | Vcd | Vwd | d z | bw | Ctg | Acw | Ast | A.Eff |
|--------|-----|-------|--------|--------|------------|------|-------|-------|-----|----------|
| 1 | S | 74.32 | 581.64 | 304.77 | 44.7 37.9 | 44.7 | 2.500 | 1.060 | 2.0 | 8.2(0.0) |
| 2 | S | 16.70 | 622.23 | 302.48 | 44.4 37.6 | 48.1 | 2.500 | 1.062 | 0.5 | 8.2(0.0) |
| 3 | S | 16.70 | 622.23 | 302.48 | 44.4 37.6 | 48.1 | 2.500 | 1.062 | 0.5 | 8.2(0.0) |
| 4 | S | 15.46 | 654.18 | 315.99 | 46.1 39.3 | 50.4 | 2.500 | 1.019 | 0.4 | 8.2(0.0) |
| 5 | S | 34.91 | 585.86 | 306.55 | 44.9 38.1 | 46.8 | 2.500 | 1.014 | 0.9 | 8.2(0.0) |
| 6 | S | 1.67 | 641.50 | 308.43 | 45.1 38.3 | 48.8 | 2.500 | 1.057 | 0.0 | 8.2(0.0) |
| 7 | S | 74.32 | 581.64 | 304.77 | 44.7 37.9 | 44.7 | 2.500 | 1.060 | 2.0 | 8.2(0.0) |
| 8 | S | 72.22 | 583.22 | 301.66 | 44.3 37.5 | 45.5 | 2.500 | 1.055 | 2.0 | 8.2(0.0) |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 200 DI 233 |

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

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 7.60 | 50.0 | 0.0 | -110.7 | 6.8 | 43.2 | 167 | 2.0 |
| 2 | S | 7.15 | 50.0 | 50.0 | -90.8 | 6.8 | 6.8 | 155 | 2.0 |
| 3 | S | 3.75 | 0.0 | 50.0 | -24.9 | 43.2 | 6.8 | 114 | 2.0 |
| 4 | S | 7.25 | 50.0 | 0.0 | -102.9 | 6.8 | 43.2 | 164 | 2.0 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 7.09 | 50.0 | 0.0 | -103.9 | 6.8 | 43.2 | 168 | 2.0 |
| 2 | S | 6.44 | 50.0 | 50.0 | -76.1 | 6.8 | 6.8 | 147 | 2.0 |
| 3 | S | 3.55 | 0.0 | 0.0 | -16.2 | 43.2 | 43.2 | 108 | 2.0 |
| 4 | S | 7.13 | 50.0 | 0.0 | -104.4 | 6.8 | 43.2 | 166 | 2.0 |

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

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00069 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00031 (0.00031) | 431 | 0.134 (0.30) | -33.39 | 60.53 |
| 2 | S | -0.00052 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00023 (0.00023) | 402 | 0.092 (0.30) | 33.35 | 69.32 |
| 3 | S | -0.00014 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00005 (0.00005) | 350 | 0.017 (0.30) | -56.98 | -83.98 |
| 4 | S | -0.00069 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00031 (0.00031) | 429 | 0.134 (0.30) | -32.47 | 61.77 |

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

| N°Comb | Ver | Sc max | Xc max | Yc max | Sf min | Xs min | Ys min | Ac eff. | As eff. |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1 | S | 6.99 | 50.0 | 0.0 | -102.3 | 6.8 | 43.2 | 166 | 2.0 |
| 2 | S | 6.39 | 50.0 | 50.0 | -75.7 | 6.8 | 6.8 | 147 | 2.0 |
| 3 | S | 3.49 | 0.0 | 0.0 | -16.1 | 43.2 | 43.2 | 109 | 2.0 |
| 4 | S | 6.99 | 50.0 | 0.0 | -102.3 | 6.8 | 43.2 | 166 | 2.0 |

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

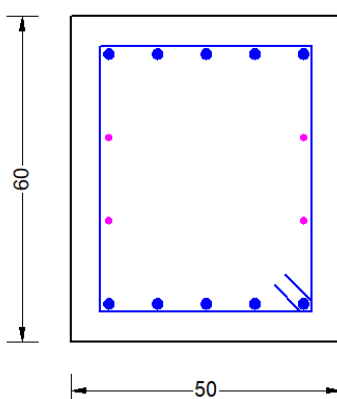
| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 201 DI 233 |

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

| Comb. | Ver | e1 | e2 | k2 | Ø | Cf | e sm - e cm | sr max | wk | Mx fess | My fess |
|-------|-----|----------|----|-------|------|----|-------------------|--------|--------------|---------|---------|
| 1 | S | -0.00067 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00031 (0.00031) | 429 | 0.132 (0.20) | -32.66 | 61.55 |
| 2 | S | -0.00051 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00023 (0.00023) | 403 | 0.091 (0.20) | 32.21 | 70.73 |
| 3 | S | -0.00013 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00005 (0.00005) | 351 | 0.017 (0.20) | -56.88 | -83.62 |
| 4 | S | -0.00067 | 0 | 0.500 | 16.0 | 60 | 0.00031 (0.00031) | 429 | 0.132 (0.20) | -32.66 | 61.55 |

13.1.8 Verifiche Trave (50x60cm)

| Frame | Station | OutputCase | CaseType | P | V2 | T | M3 |
|-------|---------|--------------|-------------|------|------|-----|------|
| 163 | 0.00 | Stat_lin_X13 | Combination | -5 | -246 | -19 | -142 |
| 163 | 0.00 | Stat_lin_X13 | Combination | -5 | -246 | -19 | -142 |
| 162 | 0.30 | Stat_lin_Y2 | Combination | -366 | 129 | -31 | -185 |
| 169 | 0.35 | Stat_lin_Y5 | Combination | 154 | -127 | 3 | 217 |
| 153 | 0.38 | SLER_Q8 | Combination | -122 | 88 | -14 | -96 |
| 176 | 0.38 | SLER_AE6 | Combination | 68 | -5 | 4 | 49 |
| 163 | 0.00 | SLEF_AE | Combination | -38 | -128 | 3 | -82 |
| 176 | 0.38 | SLEF_AE | Combination | 61 | -5 | 4 | 46 |
| 163 | 0.00 | SLEQP | Combination | -38 | -125 | 3 | -80 |
| 176 | 0.38 | SLEQP | Combination | 59 | -5 | 4 | 45 |



Si adottano 5Φ20 sup e inf.

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

| | | |
|----------------|---------------------------------------|---------------------|
| CALCESTRUZZO - | Classe: | C32/40 |
| | Resistenza compress. di progetto fcd: | 18.80 MPa |
| | Resistenza compress. ridotta fcd': | 9.400 MPa |
| | Deform. unitaria max resistenza ec2: | 0.0020 |
| | Deformazione unitaria ultima ecu: | 0.0035 |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Parabola-Rettangolo |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 202 DI 233 |

| | | |
|---|---------|-----|
| Modulo Elastico Normale Ec: | 33643.0 | MPa |
| Resis. media a trazione fctm: | 3.100 | MPa |
| Coeff.Omogen. S.L.E.: | 15.00 | |
| Sc limite S.L.E. comb. Rare: | 18.260 | MPa |
| Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: | 18.260 | MPa |
| Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: | 0.200 | mm |
| Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: | 13.280 | MPa |
| Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: | 0.200 | mm |

| | | |
|------------------------|------------------------------------|------------------|
| ACCIAIO - | Tipo: | B450C |
| | Resist. caratt. a snervamento fyk: | 450.00 MPa |
| | Resist. caratt. a rottura ftk: | 450.00 MPa |
| | Resist. a snerv. di progetto fyd: | 391.30 MPa |
| | Resist. ultima di progetto ftd: | 391.30 MPa |
| | Deform. ultima di progetto Epu: | 0.068 |
| | Modulo Elastico Ef: | 200000.0 MPa |
| | Diagramma tensioni-deformaz.: | Bilineare finito |
| | Coeff. Aderenza istant. B1*B2: | 1.00 |
| | Coeff. Aderenza differito B1*B2: | 0.50 |
| Comb.Rare - Sf Limite: | 337.50 | MPa |

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

| | | |
|--------------------------------|------|------------|
| Base: | 50.0 | cm |
| Altezza: | 60.0 | cm |
| Barre inferiori: | 5Ø20 | (15.7 cm²) |
| Barre superiori: | 5Ø20 | (15.7 cm²) |
| Coprif.Inf.(dal baric. barre): | 7.0 | cm |
| Coprif.Sup.(dal baric. barre): | 7.0 | cm |
| Coprif.Lat. (dal baric.barre): | 7.0 | cm |

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

| | |
|----|--|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.) |
| Mx | Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione |
| Vy | Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale |
| MT | Momento torcente [kN m] |

| N°Comb. | N | Mx | Vy | MT |
|---------|---------|---------|---------|--------|
| 1 | 5.18 | -142.26 | -245.77 | -18.89 |
| 2 | 5.18 | -142.26 | -245.77 | -18.89 |
| 3 | 365.68 | -185.44 | 129.20 | -31.27 |
| 4 | -154.26 | 217.48 | -126.55 | 3.43 |

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

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione |

| N°Comb. | N | Mx |
|---------|--------|--------|
| 1 | 121.72 | -96.03 |
| 2 | -67.79 | 49.33 |

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

| | |
|----|---|
| N | Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.) |
| Mx | Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 203 DI 233 |

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

| N° Comb. | N | Mx |
|----------|--------|------------------|
| 1 | 38.00 | -81.89 (-125.17) |
| 2 | -61.48 | 45.69 (103.40) |

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

| N° Comb. | N | Mx |
|----------|--------|------------------|
| 1 | 38.09 | -80.40 (-125.31) |
| 2 | -59.31 | 44.61 (103.56) |

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.0 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.0 cm

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

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
Area efficace a flessione barre inf. (per presenza di torsione)= 13.9 cm²
Area efficace a flessione barre sup. (per presenza di torsione)= 13.9 cm²

| N° Comb | Ver | N | Mx | N rd | Mx rd | Mis.Sic. | Yn | x/d | C.Rid. | |
|---------|-----|---------|---------|---------|---------|----------|------|------|--------|------------|
| 1 | S | 5.18 | -142.26 | 5.22 | -273.39 | 1.922 | 7.1 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.7) |
| 2 | S | 5.18 | -142.26 | 5.22 | -273.39 | 1.922 | 7.1 | 0.13 | 0.70 | 15.7 (4.7) |
| 3 | S | 365.68 | -185.44 | 365.67 | -356.73 | 1.924 | 9.1 | 0.17 | 0.70 | 15.7 (4.7) |
| 4 | S | -154.26 | 217.48 | -154.35 | 235.94 | 1.085 | 53.6 | 0.12 | 0.70 | 31.4 (4.7) |

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

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

| N° Comb | ec max | Yc max | es min | Ys min | es max | Ys max |
|---------|---------|--------|---------|--------|----------|--------|
| 1 | 0.00350 | 0.0 | 0.00004 | 7.0 | -0.02271 | 53.0 |
| 2 | 0.00350 | 0.0 | 0.00004 | 7.0 | -0.02271 | 53.0 |
| 3 | 0.00350 | 0.0 | 0.00079 | 7.0 | -0.01699 | 53.0 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 204 DI 233 |

4 0.00350 60.0 -0.00034 53.0 -0.02560 7.0

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe: 10 mm
 Passo staffe: 19.4 cm [Passo massimo di normativa = 20.5 cm]
 N.Bracci staffe: 2
 Area staffe/m : 8.1 cm²/m [Area Staffe Minima NTC = 7.5 cm²/m]
 Barre long. tors.: 4Ø12 (4.5 cm²)

VERIFICHE A TAGLIO-TORSIONE

Ver S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
 Ved Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
 Vrd Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
 Tsdu Momento torcente assegnato nella combinazione corrente [kNm]
 Trdu Momento torcente resistente ultimo [kNm] (lato conglomerato)
 Mis.Sic. Misura sicur. = Vsdu/Vcd + Tsdu/Trdu. Verifica OK se Mis.Sic <=1
 bw|d Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

| N°Comb | Ver | Ved | Vrd | Vcd | Vwd | Tsdu | Trdu | Mis.Sic. | bw | Ctg | Acw | ASt | |
|--------|-----|---------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|------|------|-------|-------|-----|
| 1 | S | -245.77 | 138.59 | 897.59 | 247.83 | -18.89 | 174.34 | -0.165 | 50.0 | 53.0 | 2.000 | 1.001 | 6.6 |
| 2 | S | -245.77 | 138.59 | 897.59 | 247.83 | -18.89 | 174.34 | -0.165 | 50.0 | 53.0 | 2.000 | 1.001 | 6.6 |
| 3 | S | 129.20 | 187.05 | 954.91 | 212.17 | -31.27 | 174.34 | 0.315 | 50.0 | 53.0 | 2.000 | 1.065 | 3.5 |
| 4 | S | -126.55 | 0.00 | 896.77 | 292.37 | 3.43 | 174.34 | -0.121 | 50.0 | 53.0 | 2.000 | 1.000 | 3.4 |

RISULTATI DEL SOLO CALCOLO A TORSIONE

Area Nucl. Area del nucleo della sezione tubolare resistente [cm²]
 Per.Nucl. Perimetro del nucleo della sezione tubolare resistente [cm]
 Sp.Nucl. Spessore del nucleo della sezione tubolare resistente [cm]
 Ast Area calcolata delle staffe al metro per sola torsione [cm²/m]
 As long. Area dei ferri longitudinali calcolati per sola torsione [cm²]
 Tsdu Momento torcente assegnato nella combinazione corrente [kNm]
 Trsd Momento torc. resist. reso dall'area staffe riservata alla torsione [kNm]
 Trld Momento torc. resist. reso da apposite barre longitudinali(compresa una aliquota delle barre longitudinali soggette a flessione)

| N°Comb | Area Nucl. | Per.Nucl. | Sp.Nucl. | Ast | As long. | Tsdu | Trsd | Trld |
|--------|------------|-----------|----------|-----|----------|--------|-------|-------|
| 1 | 1656 | 164 | 14.0 | 0.7 | 4.8 | -18.89 | 18.89 | 32.09 |
| 2 | 1656 | 164 | 14.0 | 0.7 | 4.8 | -18.89 | 18.89 | 32.09 |
| 3 | 1656 | 164 | 14.0 | 1.2 | 7.9 | -31.27 | 31.27 | 32.09 |
| 4 | 1656 | 164 | 14.0 | 0.1 | 0.9 | 3.43 | 3.43 | 32.09 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 205 DI 233 |

D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 4.01 | 0.0 | 0.00 | 20.8 | -93.8 | 7.0 | 13.1 | 655 | 15.7 | 9.0 |
| 2 | S | 1.76 | 60.0 | 0.00 | 47.7 | -87.7 | 53.0 | 16.0 | 798 | 15.7 | 9.0 |

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3 Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2 = $(e1 + e3)/(2 \cdot e3)$ secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)NTC
Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm Distanza massima in mm tra le fessure
wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | e3 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|----------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00057 | 0.00030 | -0.00038 | 0.83 | 0.60 | 0.000282 (0.000282) | 440 | 0.124 (0.20) | -138.07 |
| 2 | S | -0.00051 | 0.00013 | -0.00034 | 0.83 | 0.60 | 0.000263 (0.000263) | 492 | 0.129 (0.20) | 103.12 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 3.31 | 0.0 | 0.00 | 17.7 | -99.0 | 7.0 | 14.1 | 705 | 15.7 | 9.0 |
| 2 | S | 1.63 | 60.0 | 0.00 | 47.7 | -80.8 | 53.0 | 15.9 | 796 | 15.7 | 9.0 |

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | e3 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|----------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00059 | 0.00025 | -0.00040 | 0.83 | 0.60 | 0.000297 (0.000297) | 458 | 0.136 (0.20) | -125.17 |
| 2 | S | -0.00047 | 0.00012 | -0.00032 | 0.83 | 0.60 | 0.000242 (0.000242) | 491 | 0.119 (0.20) | 103.40 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

| N°Comb | Ver | Sc max | Yc max | Sc min | Yc min | Sf min | Ys min | Dw Eff. | Ac Eff. | As Eff. | D barre |
|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | S | 3.25 | 0.0 | 0.00 | 17.7 | -97.0 | 7.0 | 14.1 | 704 | 15.7 | 9.0 |
| 2 | S | 1.60 | 60.0 | 0.00 | 47.6 | -78.7 | 53.0 | 15.9 | 796 | 15.7 | 9.0 |

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

| N°Comb | Ver | e1 | e2 | e3 | K2 | Kt | e sm | srm | wk | M Fess. |
|--------|-----|----------|---------|----------|------|------|---------------------|-----|--------------|---------|
| 1 | S | -0.00058 | 0.00024 | -0.00039 | 0.83 | 0.40 | 0.000291 (0.000291) | 458 | 0.133 (0.20) | -125.31 |
| 2 | S | -0.00046 | 0.00012 | -0.00031 | 0.83 | 0.40 | 0.000236 (0.000236) | 491 | 0.116 (0.20) | 103.56 |

13.1.9 Verifica giunto di base

Verifica secondo ETAG – Lato cls

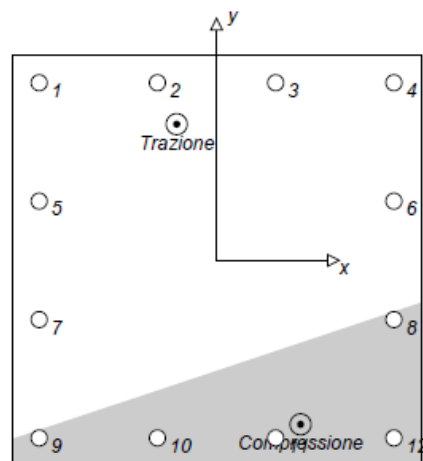
2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

| Ancorante | Trazione | Taglio | Taglio in dir. x | Taglio in dir. y |
|-----------|----------|--------|------------------|------------------|
| 1 | 66.139 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 2 | 58.629 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 3 | 51.119 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 4 | 43.610 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 5 | 43.590 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 6 | 21.061 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 7 | 21.041 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 8 | 0.000 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 9 | 0.000 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 10 | 0.000 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 11 | 0.000 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |
| 12 | 0.000 | 4.552 | 1.833 | 4.167 |



Geometria

Acciaio

\varnothing 22 mm

diametro esterno dell'ancorante

\varnothing 19.65 mm

diametro del corpo dell'ancorante

$A_s = 303 \text{ mm}^2$

Sezione trasversale di acciaio sollecitato

Calcestruzzo

B 500 mm

Larghezza cordolo

h_{ef} 1000 mm

profondità effettiva dell'ancoraggio (nota: l'ancoraggio verrà garantito dalle rosette come di seguito specificato)

H 2000 mm

Altezza dell'elemento in cls su cui è installato l'ancorante

f_{uk} 800 N/mm²

Resistenza caratteristica allo stato limite ultimo dell'acciaio (valore nominale)

σ_a 143.8 N/mm²

si ricava dalla verifica della sezione

f_{ck} 32.0 Mpa

resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo misurata su cubi di lato 150mm (valore della classe di resistenza del calcestruzzo secondo EN206-8)

n_{traz} 7.0

Numero ancoranti lato strada

n_{tot} 12.0

Numero totale di ancoranti

c1 50.0 mm

Distanza dal bordo secondo la direzione del taglio

c2 50.0 mm

Distanza dal bordo in direzione longitudinale

s1 133.0

Passo direzione taglio

s2 133.0 mm

Passo direzione long.

Sollecitazioni

Singolo ancorante



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 207 DI 233 |

| | | |
|----------|----------|---|
| N_{Sd} | 43.60 kN | <i>Azione assiale di sfilamento (massima) del singolo ancorante</i> |
| V_{Sd} | 4.58 kN | <i>Taglio massimo sul singolo ancorante</i> |

Gruppo di ancoranti

| | | |
|----------|-----------|---|
| N_{Sd} | 305.20 kN | <i>Azione assiale di sfilamento del gruppo di ancoranti</i> |
| V_{Sd} | 55.00 kN | <i>Taglio sul gruppo di ancoranti</i> |

Resistenza a carichi di trazione

Rottura dell'acciaio

| | | |
|--------------|-------------|---|
| $N_{Rk,s} =$ | 242.60 kN | |
| $N_{Sd} =$ | 43.60 kN | <i>Azione assiale di sfilamento (massima) del singolo ancorante</i> |
| $\beta_N =$ | 0.18 | verifica soddisfatta |
| $V_{Sd} =$ | 4.58 kN | <i>Taglio (massimo) del singolo ancorante</i> |

Rottura combinata "pull-out" e "concrete cone failure"

(crf. NTC'08 §4.1.2.1.1.4-EN 1992.1.1 §8.4)

| | | |
|------------------|------------------------|---|
| η | 1.0 | <i>coefficiente per resistenza tangenziale</i> |
| τ_{rk} base | 8.3 MPa | <i>resistenza tangenziale di aderenza CARATTERISTICA per C20/25</i> |
| ψ_c | 1.04 | <i>coefficiente correttivo funzione della resistenza del CLS impiegato</i> |
| τ_{rk} | 8.65 MPa | <i>resistenza tangenziale di aderenza CARATTERISTICA</i> |
| $N_{Rk,p}^0$ | 598.02 kN | <i>valore iniziale della resistenza caratteristica del SINGOLO ancorante</i> |
| $S_{cr,Np}$ | 463.43 mm | <i>interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono del calcestruzzo (metodo di progettazione A)</i> |
| $C_{cr,Np}$ | 231.71 mm | <i>distanza dal bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo (metodo di progettazione A)</i> |
| $A_{p,N}^0$ | 214767 mm ² | <i>area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza dal bordo sulla superficie del calcestruzzo</i> |
| $C_{1,eff}$ | 50 mm | <i>Distanza dal bordo utile</i> |
| $C_{2,eff}$ | 50 mm | <i>Distanza dal bordo utile</i> |
| $S_{1,eff}$ | 133 mm | <i>Passo utile</i> |
| $S_{2,eff}$ | 133 mm | <i>Passo utile</i> |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 208 DI 233 |

| | | |
|-----------------|------------------------|--|
| $A_{p,N}$ | 209234 mm ² | Area effettiva del cono di calcestruzzo di un ancorante sulla superficie del calcestruzzo |
| $\Psi_{s,Np}$ | 0.76 | fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza ai bordi dell'elemento di calcestruzzo |
| n | 7 | numero di ancoranti tesi del gruppo considerato (cfr. con $A_{c,N}$) |
| k | 2.30 | coefficiente per calcestruzzo fessurato o meno |
| $\Psi_{g,Np}^0$ | 2.13 | |
| $\Psi_{g,Np}$ | 1.20 | Fattore che tiene conto della superficie di rottura degli ancoranti in gruppo |
| $\Psi_{ec,Np}$ | 0.86 | Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico |
| $\Psi_{re,Np}$ | 1.00 | Fattore che considera le sezioni "densamente armate" di calcestruzzo |
| $N_{Rk,p}$ | 459.80 kN | Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo combinata con pull.out |
| γ_{Mp} | 1.50 | Coefficiente parziale di sicurezza |
| $N_{rd,p}$ | 306.54 kN | Resistenza di progetto |
| N_{qsd} | 305.2 kN | Azione assiale di sfilamento (massima) del gruppo di ancoranti |
| $\beta_N =$ | 1.00 | <u>Verifica soddisfatta</u> |

Rottura del cono di calcestruzzo

| | | |
|----------------|------------------------|--|
| k_1 | 7.2 | coefficiente per calcestruzzo fessurato o meno |
| $N_{Rk,c}^0$ | 1287.98 kN | Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante |
| $S_{cr,N}$ | 463.43 mm | Interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo (metodo di progettazione A) |
| $C_{cr,Np}$ | 231.71 mm | distanza dal bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo (metodo di progettazione A) |
| $A_{c,N}^0$ | 214767 mm ² | area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza dal bordo sulla superficie del calcestruzzo |
| $A_{c,N}$ | 209234 mm ² | Area effettiva del cono di calcestruzzo di un ancorante sulla superficie del calcestruzzo |
| $\Psi_{s,N}$ | 0.76 | fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza ai bordi dell'elemento di calcestruzzo |
| $\Psi_{ec,Np}$ | 0.86 | Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico |
| $\Psi_{re,Np}$ | 1.00 | Fattore che considera le sezioni "densamente armate" di calcestruzzo |
| $N_{Rk,c}$ | 825.24 kN | Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 209 DI 233 |

N_{qSd} 305.20 kN *Azione assiale di sfilamento (massima) del gruppo di ancoranti*

$\beta_N =$ 0.55 **Verifica soddisfatta**

\varnothing 750 mm *Distanza dall'ancoraggio nel quale deve essere contenuta l'armatura integrativa*

\varnothing 75 mm *Diamentro massimo utilizzabile*

\varnothing 16 mm *Diametro utilizzato*

n_{barre} 4 *numero barre inserite es. 6=3+3*

τ_{Rk} 11.25 MPa

N_{barra} 76.30 kN

N_{res} 90.43 > 76.30 kN

B 2500 mm

Resistenza a frantumazione superficiale del calcestruzzo sotto carico ("splitting")

| | | |
|----------------|------------------------|---|
| $N_{Rk,c}^0$ | 1287.98 kN | <i>Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante</i> |
| $S_{cr,N}$ | 556 mm | <i>Interasse necessario per garantire la trasmissione della resistenza caratteristica a trazione di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo (metodo progettazione A)</i> |
| $C_{cr,Np}$ | 278 mm | <i>distanza dal bordo necessaria per garantire la trasmissione della resistenza a trazione caratteristica di un singolo ancorante, senza effetti di interasse o distanza dal bordo nel caso di cedimento per rottura del cono di calcestruzzo (metodo di progettazione A)</i> |
| $A_{c,N}^0$ | 309264 mm ² | <i>area di calcestruzzo di un ancorante singolo senza effetti di interassi e distanza dal bordo sulla superficie del calcestruzzo</i> |
| $A_{c,N}$ | 182438 mm ² | <i>Area effettiva del cono di calcestruzzo di un ancorante sulla superficie del calcestruzzo</i> |
| $\psi_{s,N}$ | 0.75 | <i>fattore che considera la distribuzione non uniforme delle sollecitazioni nel calcestruzzo dovuta alla vicinanza ai bordi dell'elemento di calcestruzzo</i> |
| $\psi_{ec,Np}$ | 1.00 | <i>Fattore che tiene conto dell'eccentricità del carico</i> |
| $\psi_{re,Np}$ | 1.00 | <i>Fattore che considera le sezioni "densamente armate" di calcestruzzo</i> |
| h_{min} | 1048 mm | <i>Valore minimo dello spessore dell'elemento in calcestruzzo</i> |
| H | 2000 mm | <i>Spessore elemento in cls</i> |
| $\psi_{h,sp}$ | 1.54 | <i>Fattore che considera l'influenza della reale profondità di infissione</i> |
| $N_{Rk,sp}$ | 878.19 kN | <i>Resistenza caratteristica in caso di rottura del cono di calcestruzzo</i> |
| $N_{Rd,sp}$ | 585.46 kN | <i>Resistenza di progetto</i> |
| N_{Sd} | 305.2 kN | <i>Azione assiale di sfilamento (massima) del gruppo di ancoranti</i> |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 210 DI 233 |

$\beta_N =$ **0.52** Verifica soddisfatta

N_{gsk} 305.2 kN *Carico caratteristico di trazione*

$F_{g,sp,d}$ 152.60 kN *Forza di fessurazione caratteristica*

A_a 339 mm² *Area acciaio necessaria*

\varnothing 12 *Diametro minimo necessario*

n_{barre} 3 *Numero barre utilizzate*

A_a 339 mm² *Area acciaio utilizzata*

Rottura a taglio dell'acciaio

$V_{Rk,s}$ 121.30 kN *Resistenza caratteristica del singolo ancorante nel caso di rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*

$V_{Sd,s}$ 4.583333 kN *Taglio (massimo) agente sul singolo ancorante*

$\beta_N =$ **0.04** Verifica soddisfatta

Rottura a strappo del calcestruzzo

k 2 *Fattore per profondità di ancoraggio*

$V_{Rk,cp}$ 919.61 kN *Resistenza caratteristica per pryout/scalzamento*

V_{Sd} 55.00 kN *Taglio agente sul gruppo di ancoranti*

$\beta_v =$ **0.06** Verifica soddisfatta

Resistenza alla rottura del bordo del calcestruzzo (Concrete Edge Failure)

k_1 1.7 *Coefficiente calcestruzzo fessurato o meno*

α 0.45 *Coefficiente funzione della profondità di ancoraggio*

β 0.08 *Coefficiente funzione del diametro dell'ancorante*

$V^0_{Rk,c}$ 24.34 kN *Valore iniziale della resistenza caratteristica di un ancorante posto in calcestruzzo fessurato e caricato perpendicolarmente al bordo*

n 12 *Numero ancoranti resistenti a taglio del gruppo considerato*

$A^0_{c,v}$ 11250 mm² *Area di base del cono di calcestruzzo di un singolo ancorante sulla superficie laterale del calcestruzzo non influenzata*

c_1 50 *Distanza minima dell'ancorante dal bordo in direzione del carico*

$A_{c,v}$ 37425 mm² *Area effettiva della base del cono di calcestruzzo dell'ancorante sulla superficie laterale del calcestruzzo*

$\Psi_{s,v}$ 0.90 *Fattore che considera l'influenza sulla resistenza a taglio della distribuzione delle sollecitazioni nel calcestruzzo per la vicinanza degli ancoranti ad ulteriori bordi dell'elemento di calcestruzzo*



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 211 DI 233 |

| | | | | |
|-------------------|-------------|-----------------|-----|--|
| $\Psi_{h,V}$ | 1.00 | | | <i>Fattore che considera che la resistenza a taglio non diminuisce proporzionalmente allo spessore dell'elemento come ipotizzato nel rapporto $A_{c,V}/A^0_{c,V}$</i> |
| α_v | 0.00 | ° | | <i>Angolo tra carico applicato V_{Sd} e la direzione perpendicolare all'estremo libero dell'elemento di calcestruzzo</i> |
| $\Psi_{\alpha,V}$ | 1.00 | | | <i>Fattore che considera α_v</i> |
| $\Psi_{ec,V}$ | 1.00 | | | <i>Fattore che considera l'effetto di gruppo quando differenti carichi di taglio agiscono sui singoli ancoranti del gruppo</i> |
| $\Psi_{re,V}$ | 1.00 | | | <i>Fattore che considera la posizione dell'ancorante in calcestruzzo fessurato o non fessurato</i> |
| $V_{Rk,c}$ | 72.89 | kN | | <i>Resistenza caratteristica in caso di rottura del bordo di calcestruzzo è data dall'equazione</i> |
| V^0_{Sd} | 55.00 | kN | | <i>taglio agente sul gruppo di ancoranti</i> |
| β_v | 0.75 | | | <u>Verifica soddisfatta</u> |
| β_v | 1.75 | < | 1.2 | <u>ERR</u> |
| A_a | 122 | mm ² | | <i>Area staffe necessaria</i> |
| \varnothing | 8 | | | <i>Diametro minimo necessario</i> |
| n barre | 3 | | | <i>Numero staffe utilizzate</i> |
| A_a | 151 | mm ² | | <i>Area staffe utilizzate</i> |

Resistenza combinata taglio e trazione

| | | | | |
|---------------------|-------------|---|-----|------------------------------------|
| $\beta_N + \beta_v$ | 0.22 | ≤ | 1.2 | <u>Verifica soddisfatta</u> |
|---------------------|-------------|---|-----|------------------------------------|

Resistenza combinata che interessa il calcestruzzo

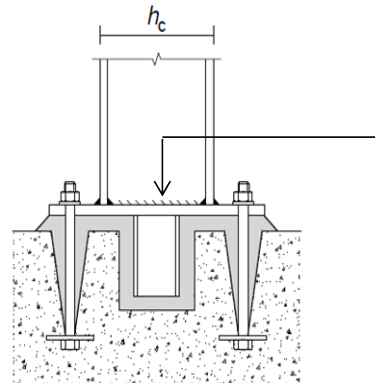
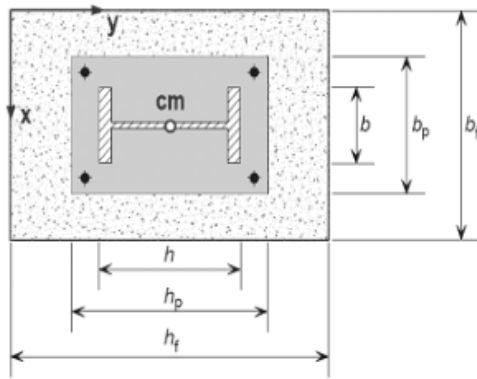
| | | | | |
|---------------------|------|---|-----|------------------------------------|
| $\beta_N + \beta_v$ | 1.06 | ≤ | 1.2 | <u>Verifica soddisfatta</u> |
|---------------------|------|---|-----|------------------------------------|

Verifica secondo EC3/NTC – Lato acciaio

PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

Definizione delle caratteristiche geometriche e meccaniche della fondazione

| | | |
|---|--|----------------------|
| Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo | $R_{ck} =$ | 40.00 MPa |
| Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo | $f_{ck} =$ | 32.00 MPa |
| Coefficiente di sicurezza relativo al calcestruzzo | $\gamma_c =$ | 1.50 - |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata | $\alpha_{cc} =$ | 0.85 - |
| Resistenza di calcolo a compressione | $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$ | $f_{cd} =$ 18.13 MPa |
| Altezza della fondazione | $h_f =$ | 0.60 m |
| Larghezza della fondazione | $b_f =$ | 0.60 m |
| Spessore della fondazione | $d_f =$ | 0.60 m |



Definizione delle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione trasversale della colonna

| | | |
|---|-----------------|------------|
| Resistenza a snervamento dell'acciaio della colonna | $f_{y,c} =$ | 355.00 MPa |
| Resistenza ultima dell'acciaio della colonna | $f_{u,c} =$ | 510.00 MPa |
| Coefficiente di sicurezza relativo all'acciaio | $\gamma_{M0} =$ | 1.05 - |
| Altezza della sezione trasversale della colonna | $h_c =$ | 300.00 mm |
| Larghezza della sezione trasversale della colonna | $b_c =$ | 300.00 mm |
| Spessore dell'anima | $t_{w,c} =$ | 11.00 mm |
| Spessore delle ali | $t_{f,c} =$ | 19.00 mm |
| Raggio di curvatura | $r_c =$ | 27.00 mm |
| Riduzione dovuta allo spessore | $f_{y,c,rid} =$ | 355.00 MPa |
| | $f_{u,c,rid} =$ | 510.00 MPa |

| | | | | | | | | Altezze di gola saldature | |
|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|---------------------------|-----------|
| h_w | d_w | A | I_y | $W_{el,y}$ | $W_{pl,y}$ | i_y | A_{vz} | $a_{w,w}$ | $a_{w,f}$ |
| [mm] | [mm] | [mm ²] | [mm ⁴] | [mm ³] | [mm ³] | [mm] | [mm ²] | [mm] | [mm] |
| 262.00 | 208.00 | 14907.78 | 2.517E+08 | 1.678E+06 | 1.869E+06 | 129.93 | 4742.78 | 5.50 | 9.50 |

Definizione delle caratteristiche geometriche e meccaniche della piastra di base e dei tirafondi

| | | | |
|---|-----------------|--------|-----|
| Resistenza a snervamento dell'acciaio della piastra di base | $f_{y,bp} =$ | 355.00 | MPa |
| Resistenza ultima dell'acciaio della piastra di base | $f_{u,bp} =$ | 510.00 | MPa |
| Resistenza ultima dell'acciaio dei tirafondi | $f_{ub} =$ | 430.00 | MPa |
| Coefficiente di sicurezza relativo ai tirafondi e saldature | $\gamma_{M2} =$ | 1.25 | - |

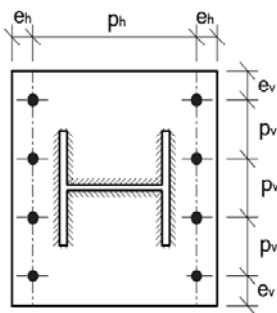
PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

| | | | |
|---------------------------------|------------|--------|----|
| Altezza della piastra di base | $h_{bp} =$ | 480.00 | mm |
| Larghezza della piastra di base | $b_{bp} =$ | 520.00 | mm |
| Spessore della piastra di base | $t_{bp} =$ | 30.00 | mm |

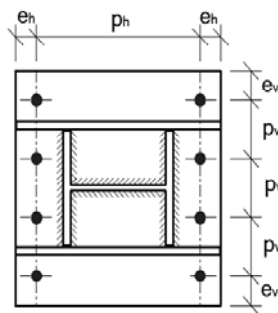
Riduzione dovuta allo spessore

| | | |
|------------------|--------|-----|
| $f_{y,bp,rid} =$ | 355.00 | MPa |
| $f_{u,bp,rid} =$ | 510.00 | MPa |

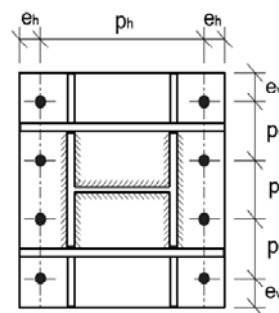
| | | | |
|--|---------|--------|-----------------|
| Diametro del bullone | $d =$ | 22.00 | mm |
| Area della porzione filettata del gambo | $A_s =$ | 303.00 | mm ² |
| Numero di bulloni per ciascun lato della piastra di base | $n =$ | 4 | - |
| Distanza verticale dal bordo della piastra | $e_v =$ | 40.00 | mm |
| Distanza orizzontale dal bordo della piastra | $e_h =$ | 40.00 | mm |
| Passo verticale | $p_v =$ | 146.67 | mm |
| Passo orizzontale | $p_h =$ | 400.00 | mm |



Tipo 1



Tipo 2



Tipo 3

Tipologia della piastra di base

3

Piastra di base irrigidita in entrambe le direzioni

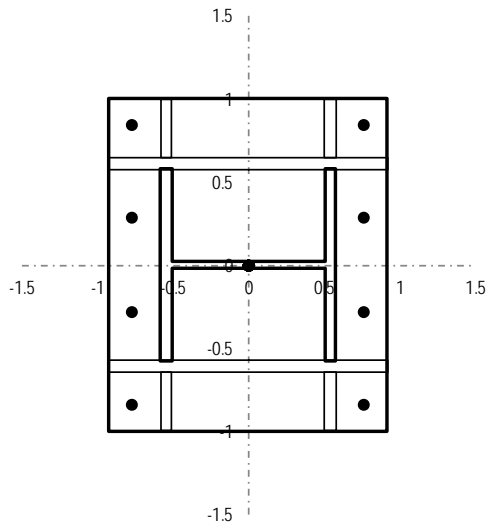
Spessore degli irrigidimenti longitudinali

Spessore degli irrigidimenti trasversali

Altezza di gola delle saldature degli irrigidimenti longitudinali

Altezza di gola delle saldature degli irrigidimenti trasversali

| | | |
|------------|-------|----|
| $t_{L,S}$ | 19.00 | mm |
| $t_{T,S}$ | 19.00 | mm |
| $a_{w,Ls}$ | 9.50 | mm |
| $a_{w,Ts}$ | 9.50 | mm |
| d_0 | 24.00 | mm |



| Verifica dei parametri geometrici | | |
|-----------------------------------|------|-----------|
| $e_{v,lim}$ | 28.8 | 160.00 mm |
| $e_{h,lim}$ | 28.8 | 160.00 mm |
| $\rho_{v,lim}$ | 52.8 | 200.00 mm |
| e_v | OK | OK |
| e_h | OK | OK |
| ρ_v | OK | OK |

PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

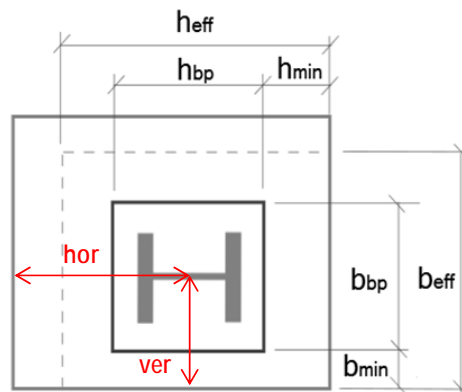
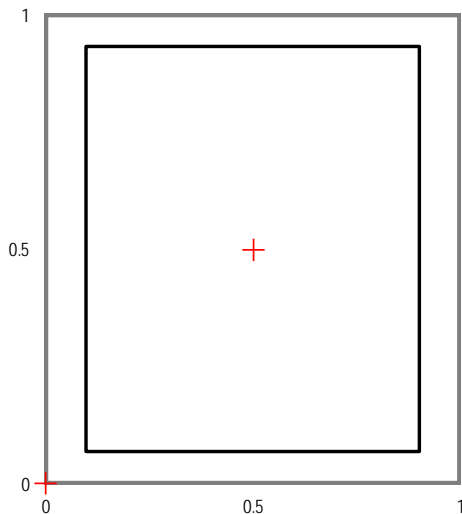
RESISTENZA A COMPRESSIONE PURA

Spessore minimo della malta di allettamento

Resistenza minima della malta di allettamento

Posizione della piastra di base rispetto alla fondazione

| | | |
|------------------------------------|-------|-----|
| $h_{g,min}$ | 50.00 | mm |
| $f_{g,min} = (0.2f_{cd} ; f_{cd})$ | 3.63 | MPa |
| hor | 0.30 | m |
| ver | 0.30 | m |



Distanza orizzontale minima tra la piastra ed il bordo della fondazione

$h_{\min} = 0.06 \text{ m}$

Distanza verticale minima tra la piastra ed il bordo della fondazione

$b_{\min} = 0.04 \text{ m}$

Fattore di incremento di resistenza calcolato analiticamente

$\alpha = 1.15$

Fattore di incremento di resistenza definito dall'utente

$\alpha_{\text{UTENTE}} = 1.00$

$\beta_j = 0.67$

Resistenza di calcolo della fondazione

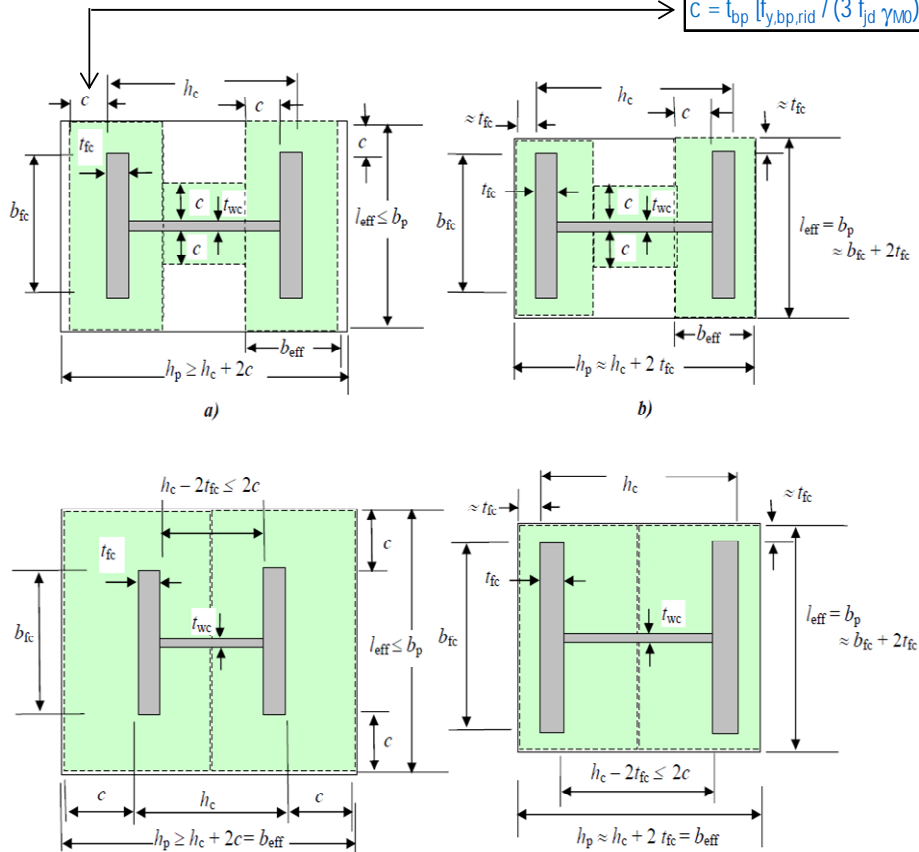
$f_{jd} = \beta_j \alpha_{\text{UTENTE}} f_{cd}$

$f_{jd} = 12.09 \text{ MPa}$

Larghezza di contatto

$c = 91.60 \text{ mm}$

$c = t_{bp} [f_{y,bp,rid} / (3 f_{jd} \gamma_{M0})]^{0.5}$


PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

Dimensioni efficaci dell'elemento T - stub relativo all'ala della colonna

$L_{\text{eff},T,f} = 483.20 \text{ mm}$

$B_{\text{eff},T,f,\text{ext}} = 90.00 \text{ mm}$

$B_{\text{eff},T,f,\text{int}} = 91.60 \text{ mm}$

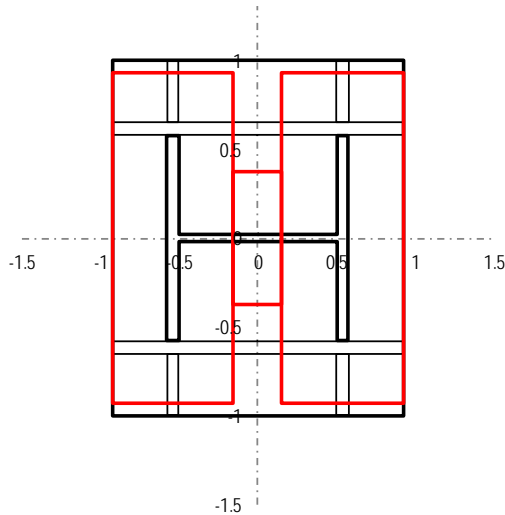
$A_{\text{eff},T,f} = 9.69\text{E}+04 \text{ mm}^2$

Dimensioni efficaci dell'elemento T - stub relativo all'anima della colonna

$L_{\text{eff},T,w} = 194.20 \text{ mm}$

$B_{\text{eff},T,w} = 78.80 \text{ mm}$

$A_{\text{eff},T,w} = 1.53\text{E}+04 \text{ mm}^2$



Area compressiva resistente a compressione

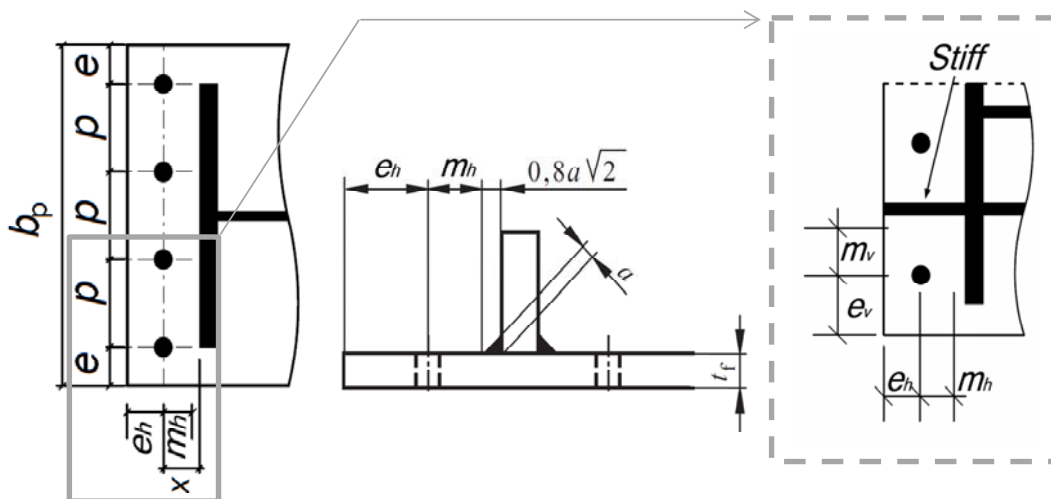
| | | |
|-------------|----------|-----------------|
| $A_{eff} =$ | 2.09E+05 | mm ² |
|-------------|----------|-----------------|

Resistenza a compressione pura

$$N_{C,Rd} = A_{eff} f_{jd}$$

| | | |
|--------------|---------|----|
| $N_{C,Rd} =$ | 2528.51 | kN |
|--------------|---------|----|

RESISTENZA A TRAZIONE PURA



Distanza orizzontale tra il bordo della piastra ed il baricentro del tirafondo

| | | |
|---------|-------|----|
| $e_h =$ | 40.00 | mm |
|---------|-------|----|

Distanza orizzontale tra il baricentro del tirafondo e l'ala della colonna

| | | |
|---------|-------|----|
| $x_h =$ | 50.00 | mm |
|---------|-------|----|

| | | |
|---------|-------|----|
| $m_h =$ | 39.25 | mm |
|---------|-------|----|

Distanza verticale tra il bordo della piastra ed il baricentro del tirafondo

| | | |
|-----------|-------|----|
| $e_v = e$ | 40.00 | mm |
|-----------|-------|----|

Distanza verticale tra il baricentro del tirafondo e l'irrigidimento longitudinale

| | | |
|---------|-------|----|
| $x_v =$ | 51.00 | mm |
|---------|-------|----|

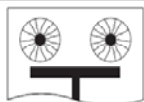
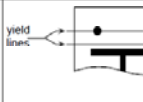
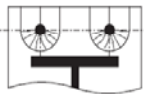

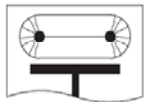
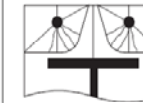
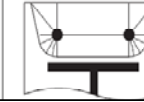
| | | |
|---------|-------|----|
| $m_v =$ | 40.25 | mm |
|---------|-------|----|

Passo verticale tra i tirafondi

| | | |
|-----------|--------|----|
| $p_v = p$ | 146.67 | mm |
|-----------|--------|----|

PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

Determinazione delle lunghezze efficaci per il calcolo della resistenza a flessione della piastra di base

| Circular patterns | | Non-circular patterns | |
|---|--|--|--|
|  | Circular yielding $l_{eff,cp} = 2\pi m_x$ |  | Double curvature $l_{eff,nc} = \frac{b_p}{2}$ |
|  | Individual end yielding $l_{eff,cp} = \pi m_x + 2e_x$ |  | Individual end yielding $l_{eff,nc} = 4m_x + 1.25e_x$ |
|  | Circular group yielding $l_{eff,cp} = \pi m_x + W$ |  | Corner yielding $l_{eff,nc} = 2m_x + 0.625e_x + e$ |
| | |  | Group end yielding $l_{eff,nc} = 2m_x + 0.625e_x + \frac{W}{2}$ |

Tipologia della piastra di base: 1

Numero di tirafondi per ciascun lato della piastra

$n = 4$

Percorso di snervamento circolare

$L_{eff,cp_1} = 986.51$ mm

Percorso di snervamento circolare individuale con coinvolgimento del bordo

$L_{eff,cp_2} = 813.25$ mm

Percorso di snervamento circolare di gruppo

$L_{eff,cp_3} = 1126.63$ mm

Percorso di snervamento non circolare con doppia curvatura

$L_{eff,nc_1} = 520.00$ mm

Percorso di snervamento non circolare individuale e coinvolgimento del bordo

$L_{eff,nc_2} = 828.03$ mm

Percorso di snervamento non circolare individuale e coinvolgimento d'angolo

$L_{eff,nc_3} = 701.02$ mm

Percorso di snervamento non circolare di gruppo

$L_{eff,nc_4} = 647.01$ mm

$L_{eff,min} = 520.00$ mm

Tipologia della piastra di base: 2

Numero di tirafondi d'angolo

$n_{corner} = 2$

Numero di tirafondi ubicati tra gli irrigidimenti

$n_{int} = 2$

Percorso di snervamento circolare

$L_{eff,cp_1} = 986.51$ mm

Percorso di snervamento circolare individuale con coinvolgimento del bordo

$L_{eff,cp_2} = 813.25$ mm

Percorso di snervamento circolare di gruppo

$L_{eff,cp_3} = 1033.22$ mm

Percorso di snervamento non circolare individuale e coinvolgimento del bordo

$L_{eff,nc_1} = 828.03$ mm

Percorso di snervamento non circolare individuale e coinvolgimento d'angolo

$L_{eff,nc_2} = 701.02$ mm

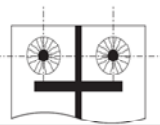



Percorso di snervamento non circolare di gruppo

$L_{eff,nc_3} = 705.02$ mm

Percorso di snervamento non circolare di gruppo

$L_{eff,nc_4} = 644.68$ mm

$L_{eff,min} = 644.68$ mm

| Circular patterns | | Non-circular patterns | |
|---|---|---|---|
|  | Circular yielding $\ell_{\text{eff,cp}} = 2\pi m$ |  | Corner yielding $\ell_{\text{eff,nc}} = \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x$ |
|  | Individual end yielding, $\ell_{\text{eff,cp}} = \pi m + 2e_x$ |  | Corner yielding away from the stiffener/flange (m_x large) $\ell_{\text{eff,nc}} = 2m + 0.625e + e_x$ |

PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

Tipologia della piastra di base: 3

Coefficiente α (α compreso tra 4.45 e 8.00)

Coefficienti λ per la determinazione del fattore α di piastra nervata

$$\lambda_{1,\text{lim}} = \frac{1.25}{(\alpha - 2.75)} \quad \lambda_1^* = \lambda_{1,\text{lim}} + (1 - \lambda_{1,\text{lim}}) \left(\frac{\lambda_{2,\text{lim}} - \lambda_2}{\lambda_{2,\text{lim}}} \right)^{0.185\alpha^{1.785}}$$

$$\lambda_{2,\text{lim}} = \frac{\alpha \lambda_{1,\text{lim}}}{2}$$

Percorso di snervamento non circolare di gruppo

Percorso di snervamento non circolare di gruppo

| | | |
|----------------------------|--------|----|
| $\alpha =$ | 5.60 | - |
| $\lambda_1 =$ | 0.50 | ← |
| $\lambda_2 =$ | 0.51 | - |
| $\lambda_{1,\text{lim}} =$ | 0.44 | - |
| $\lambda_{2,\text{lim}} =$ | 1.23 | - |
| $\lambda_1^* =$ | 0.50 | ← |
| $L_{\text{eff,nc}_3} =$ | 733.83 | mm |
| $L_{\text{eff,nc}_4} =$ | 673.49 | mm |
| $L_{\text{eff,min}} =$ | 673.49 | mm |

Resistenza a flessione della piastra

Lunghezza efficace per il calcolo della resistenza a flessione della piastra

$L_{\text{eff,min}} = 673.49$ mm

Momento plastico per modo di collasso senza sviluppo di forze di contatto

$M_{\text{pl},1,2,\text{Rd}} = 51.23$ kNm

Resistenza a trazione per flessione della piastra di base

$F_{\text{T},1+2,\text{Rd}} = 1305.24$ kN

Resistenza a trazione dei tirafondi

Numero dei tirafondi per ciascun lato

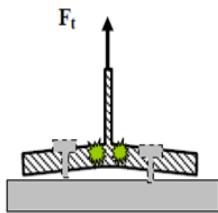
$n = 4$ -

Resistenza a trazione del singolo tirafondo

$F_{\text{t,Rd}} = 94$ kN

Resistenza per collasso dei tirafondi

$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = 375.24$ kN

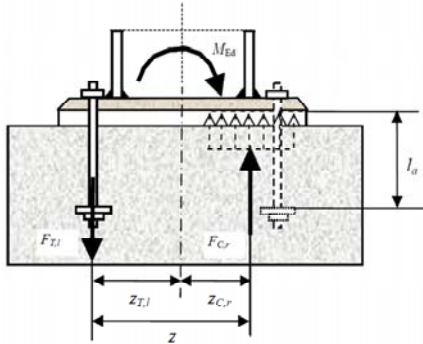


Resistenza a trazione pura

$N_{\text{T,Rd}} = -2\min(F_{1,2}; F_3)$

$N_{\text{T,Rd}} = -750.47$ kN

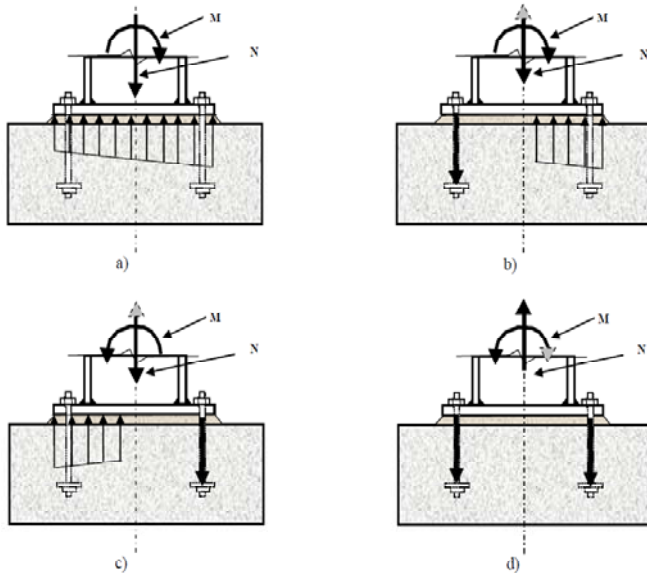
RESISTENZA A FLESSIONE PURA



| | | |
|--|---------------------------|-------------------|
| Resistenza a compressione al di sotto della singola ala della colonna | $F_{C,Rd} =$ | 1171.76 kN |
| Resistenza a trazione per flessione piastra o trazione tirafondi | $F_{T,Rd} =$ | 375.24 kN |
| | $F_{min,Rd} =$ | 375.24 kN |
| Braccio di leva tra la risultante di compressione e quella di trazione | $Z =$ | 340.50 mm |
| Resistenza a flessione pura | $M_{0,Rd} = F_{min,Rd} Z$ | 127.77 kNm |

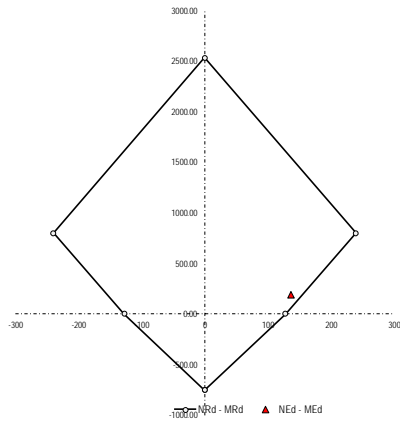
PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

RESISTENZA A PRESSO FLESSIONE



| | | |
|---|--|-------------------|
| Braccio di leva della risultante delle compressioni rispetto a metà piastra | $z_C =$ | 140.50 mm |
| Braccio di leva della risultante delle trazioni rispetto a metà piastra | $z_T =$ | 200.00 mm |
| Resistenza assiale | $N_{Rd} = F_{C,Rd} - F_{T,Rd}$ | 796.52 kN |
| Resistenza a flessione | $M_{Rd} = F_{C,Rd}(z_C) - F_{T,Rd}(z_T)$ | 239.68 kNm |

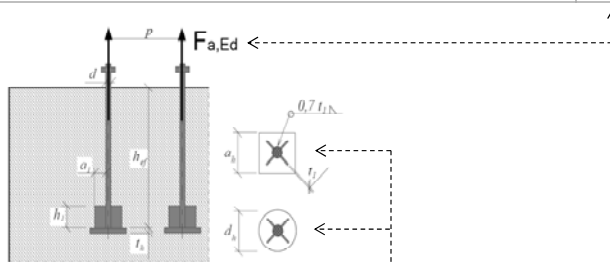
Dominio di resistenza della Piastra di Base



PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

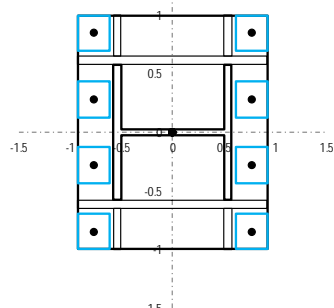
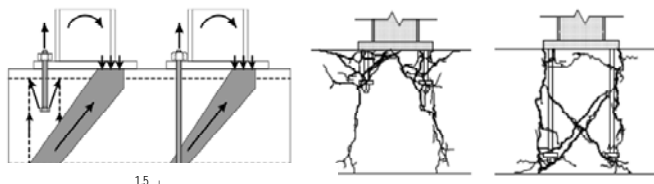
RESISTENZA DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO

Sollecitazione di progetto su ciascun sistema di ancoraggio $F_{a,Ed} = 93.81$ kN



Tipologia della rosetta di ancoraggio
Lato o diametro della rosetta di ancoraggio
Altezza efficace del tirafondo o ancorante
Spessore della rosetta di ancoraggio
Area della sezione della testa dell'ancoraggio

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Type = | c |
| a_h o d_h = | 80.00 mm |
| altezza idonea h_{eff} = | 500.00 mm |
| h_t = | 30.00 mm |
| A_h = | 4646.42 mm ² |





PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 221 DI 233 |

PROGETTO E VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE: NTC e EN 1993 - 1 - 8

PROGETTO DELLE COSTOLATURE

| | | |
|---|--------------------|------------|
| Resistenza a snervamento dell'acciaio della piastra di base | $f_{y, bp, rid} =$ | 355.00 MPa |
| Spessore degli irrigidimenti longitudinali | $t_{L,s} =$ | 19.00 mm |
| Larghezza della piastra di base | $b_{bp} =$ | 520.00 mm |
| Altezza degli irrigidimenti longitudinali (al netto dello spessore della piastra) | $h_{L,s} =$ | 100.00 mm |

Proprietà meccaniche della sezione dotata di costole

| | | |
|--------------------------------------|-------------|--------------------------|
| Area della sezione trasversale | $A_{L,s} =$ | 1.94E+04 mm ² |
| Ordinata del baricentro | $z_{G,L} =$ | 27.73 mm |
| Momento d'inerzia | $J_{L,s} =$ | 1.72E+07 mm ⁴ |
| Modulo di resistenza minimo elastico | $W_{L,s} =$ | 1.69E+05 mm ³ |

Verifica delle costole longitudinali

| | | |
|--|--------------|-----------|
| Distanza tra bordo piastra e bordo colonna | $d_{edge} =$ | 90.00 mm |
| Momento sollecitante | $M_{Ed,s} =$ | 25.46 kNm |
| Momento resistente | $M_{Rd,s} =$ | 57.02 kNm |
| Tasso di lavoro | $\rho_s =$ | 0.45 ✓ |

13.2 Verifiche di portanza

Si riportano di seguito le azioni globali valutate rispetto al baricentro della platea di fondazione, e la relativa pressione agente sul terreno:



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | |
|----------|-------|--------------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL FA0100 005 | A | 222 DI 233 |

| TABLE: Base Reactions | | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ | GlobalMX | GlobalMY | q |
|-----------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| OutputCase | CaseType | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m2 |
| SLU_AE1 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8684.6 | 911.9 | 1165.3 | 82.2 |
| SLU_AE2 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8684.6 | 911.9 | 1165.3 | 82.2 |
| SLU_AE3 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8684.6 | 911.9 | 1632.2 | 83.0 |
| SLU_AE4 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8684.6 | 911.9 | 1632.2 | 83.0 |
| SLU_AE5 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8684.6 | 1303.8 | 1398.7 | 83.4 |
| SLU_AE6 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8684.6 | 1303.8 | 1398.7 | 83.4 |
| SLU_AE7 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8684.6 | 520.1 | 1398.7 | 81.9 |
| SLU_AE8 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8684.6 | 520.1 | 1398.7 | 81.9 |
| SLU_N1 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8503.7 | 348.7 | 1715.4 | 80.5 |
| SLU_N2 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8503.7 | 348.7 | 1715.4 | 80.5 |
| SLU_N3 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8503.7 | 348.7 | 2182.3 | 81.3 |
| SLU_N4 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8503.7 | 348.7 | 2182.3 | 81.3 |
| SLU_N5 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8503.7 | 740.5 | 1948.9 | 81.6 |
| SLU_N6 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8503.7 | 740.5 | 1948.9 | 81.6 |
| SLU_N7 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8503.7 | 43.1 | 1948.9 | 80.3 |
| SLU_N8 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8503.7 | 43.1 | 1948.9 | 80.3 |
| SLU_Q1 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8620.5 | 80.0 | 1957.8 | 81.5 |
| SLU_Q2 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8620.5 | 80.0 | 1957.8 | 81.5 |
| SLU_Q3 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8620.5 | 80.0 | 2424.7 | 82.3 |
| SLU_Q4 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8620.5 | 80.0 | 2424.7 | 82.3 |
| SLU_Q5 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8620.5 | 471.9 | 2191.2 | 82.6 |
| SLU_Q6 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8620.5 | 471.9 | 2191.2 | 82.6 |
| SLU_Q7 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8620.5 | 311.8 | 2191.2 | 82.3 |
| SLU_Q8 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8620.5 | 311.8 | 2191.2 | 82.3 |
| SLU_T1 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8313.1 | 787.0 | 1320.0 | 78.9 |
| SLU_T2 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8313.1 | 787.0 | 1320.0 | 78.9 |
| SLU_T3 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8313.1 | 787.0 | 1786.9 | 79.7 |
| SLU_T4 | Combination | 36.1 | 584.8 | 8313.1 | 787.0 | 1786.9 | 79.7 |
| SLU_T5 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8313.1 | 1178.8 | 1553.4 | 80.0 |
| SLU_T6 | Combination | 0.0 | 645.4 | 8313.1 | 1178.8 | 1553.4 | 80.0 |
| SLU_T7 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8313.1 | 395.2 | 1553.4 | 78.5 |
| SLU_T8 | Combination | 0.0 | 524.3 | 8313.1 | 395.2 | 1553.4 | 78.5 |
| SLU_Vx1- | Combination | 60.1 | 584.8 | 8331.5 | 744.6 | 1980.8 | 80.2 |
| SLU_Vx1+ | Combination | 60.1 | 584.8 | 8331.5 | 744.6 | 1202.6 | 78.7 |
| SLU_Vx2- | Combination | 60.1 | 584.8 | 8331.5 | 744.6 | 1980.8 | 80.2 |
| SLU_Vx2+ | Combination | 60.1 | 584.8 | 8331.5 | 744.6 | 1202.6 | 78.7 |
| SLU_Vy1- | Combination | 0.0 | 484.0 | 8331.5 | 91.5 | 1591.7 | 78.2 |
| SLU_Vy1+ | Combination | 0.0 | 685.7 | 8331.5 | 1397.6 | 1591.7 | 80.7 |
| SLU_Vy2- | Combination | 0.0 | 484.0 | 8331.5 | 91.5 | 1591.7 | 78.2 |
| SLU_Vy2+ | Combination | 0.0 | 685.7 | 8331.5 | 1397.6 | 1591.7 | 80.7 |
| Stat_lin_X1 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 4587.3 | 69.7 |
| Stat_lin_X10 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 6261.3 | 68.9 |
| Stat_lin_X11 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 6261.3 | 68.9 |
| Stat_lin_X12 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 6261.3 | 68.9 |
| Stat_lin_X13 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 4587.3 | 64.7 |
| Stat_lin_X14 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 4587.3 | 64.7 |
| Stat_lin_X15 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 4587.3 | 64.7 |
| Stat_lin_X16 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 4587.3 | 64.7 |
| Stat_lin_X2 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 4587.3 | 69.7 |
| Stat_lin_X3 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 4587.3 | 69.7 |
| Stat_lin_X4 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 4587.3 | 69.7 |
| Stat_lin_X5 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 6261.3 | 74.2 |
| Stat_lin_X6 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 6261.3 | 74.2 |
| Stat_lin_X7 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 6261.3 | 74.2 |
| Stat_lin_X8 | Combination | 1171.3 | 852.0 | 5885.3 | 3260.4 | 6261.3 | 74.2 |
| Stat_lin_X9 | Combination | 1171.3 | 7.2 | 5885.3 | 1202.7 | 6261.3 | 68.9 |
| Stat_lin_Y1 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 790.3 | 76.6 |
| Stat_lin_Y10 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 2464.3 | 72.9 |
| Stat_lin_Y11 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 2464.3 | 72.9 |
| Stat_lin_Y12 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 2464.3 | 72.9 |
| Stat_lin_Y13 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 2464.3 | 80.9 |
| Stat_lin_Y14 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 2464.3 | 80.9 |
| Stat_lin_Y15 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 2464.3 | 80.9 |
| Stat_lin_Y16 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 2464.3 | 80.9 |
| Stat_lin_Y2 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 790.3 | 76.6 |
| Stat_lin_Y3 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 790.3 | 76.6 |
| Stat_lin_Y4 | Combination | 351.4 | 1930.1 | 5885.3 | 8605.7 | 790.3 | 76.6 |
| Stat_lin_Y5 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 790.3 | 69.0 |
| Stat_lin_Y6 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 790.3 | 69.0 |
| Stat_lin_Y7 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 790.3 | 69.0 |
| Stat_lin_Y8 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 790.3 | 69.0 |
| Stat_lin_Y9 | Combination | 351.4 | 933.9 | 5885.3 | 6271.4 | 2464.3 | 72.9 |
| MAX | | 1171.3 | 1930.1 | | | | 83.4 |

Si riporta di seguito la verifica della condizione più sfavorevole:

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = M_b/N$)

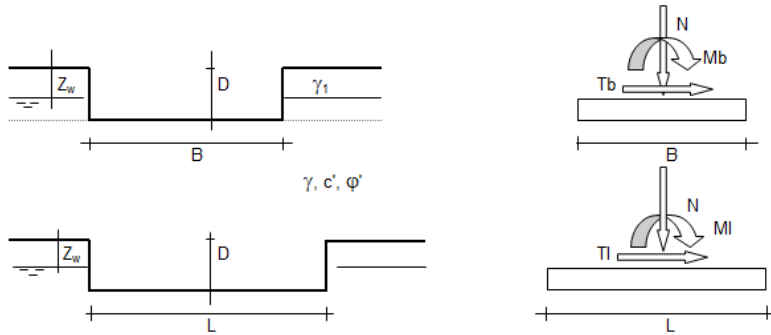
e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = M/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

| Metodo di calcolo | coefficienti parziali | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------|------------|------|-------|
| | azioni | | proprietà del terreno | | resistenze | | scorr |
| | permanenti | temporanee variabili | $\tan \phi'$ | c' | q_{lim} | | |
| Stato Limite Ultimo | | | | | | | |
| A1+M1+R1 | ○ | 1.30 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| A2+M2+R2 | ○ | 1.00 | 1.30 | 1.25 | 1.25 | 1.80 | 1.00 |
| SISMA | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.25 | 1.25 | 1.80 | 1.00 |
| A1+M1+R3 | ○ | 1.30 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 2.30 | 1.10 |
| SISMA | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.30 | 1.10 |
| Tensioni Ammissibili | ○ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 |
| Definiti dal Progettista | ● | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.30 | 1.10 |



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

B = 10.15 (m)
L = 10.90 (m)
D = 4.40 (m)



AZIONI

| | valori di input | | Valori di calcolo |
|----------|-----------------|------------|-------------------|
| | permanenti | temporanee | |
| N [kN] | 8684.60 | | 8684.60 |
| Mb [kNm] | 1303.80 | | 1303.80 |
| Ml [kNm] | 1398.70 | | 1398.70 |
| Tb [kN] | 645.40 | | 645.40 |
| Tl [kN] | 0.00 | | 0.00 |
| H [kN] | 645.40 | 0.00 | 645.40 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE FABBRICATO

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 224 DI 233 |

Peso unità di volume del terreno

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= 19.50 \quad (\text{kN/mc}) \\ \gamma &= 19.50 \quad (\text{kN/mc}) \end{aligned}$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$\begin{aligned} c' &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi' &= 26.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Valori di progetto

$$\begin{aligned} c^* &= 0.00 \quad (\text{kN/mq}) \\ \varphi^* &= 26.00 \quad (^\circ) \end{aligned}$$

Profondità della falda

$$Z_w = 20.00 \quad (\text{m})$$

$$\begin{aligned} e_B &= 0.15 \quad (\text{m}) \\ e_L &= 0.16 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B^* &= 9.85 \quad (\text{m}) \\ L^* &= 10.58 \quad (\text{m}) \end{aligned}$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 85.80 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 19.50 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \gamma \cdot D \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 11.85$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 22.25$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 12.54$$

s_c, s_q, s _{γ} : fattori di forma

$$s_c = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_c = 1.50$$

$$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_q = 1.45$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.63$$

i_c, i_q, i _{γ} : fattori di inclinazione del carico

$$m_0 = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.52 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_1 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.48 \quad m = 1.52 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m \quad (m=2 \text{ nel caso di fondazione nastriforme e } m=(m_0 \sin^2 \theta + m_1 \cos^2 \theta) \text{ in tutti gli altri casi)}$$

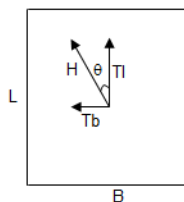
$$i_q = 0.89$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.88$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.82$$



**PROGETTO DEFINITIVO**

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 225 DI 233 |

d_c, d_q, d_y : fattori di profondità del piano di appoggioper $D/B^* \leq 1$: $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$ per $D/B^* > 1$: $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.14$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.15$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

b_c, b_q, b_y : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

g_c, g_q, g_y : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 2118.37 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 83.35 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 921.03 \geq q = 83.35 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO**Carico agente**

$$H_d = 645.40 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi) + c' B^* L^*$$

$$S_d = 4235.76 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 3850.69 \geq H_d = 645.40 \quad (\text{kN})$$

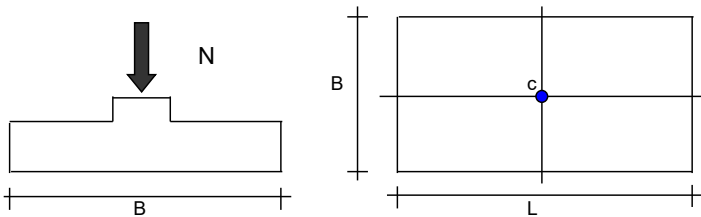
La verifica è soddisfatta

13.3 Valutazione dei cedimenti

La reazione globale verticale in comb.Rara risulta pari a $N = 6488\text{kN}$

CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

LAVORO:



Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_x i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_1^2))$$

$$\Delta\sigma_y i = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_2^2))$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{tot} = \Sigma \delta_i = \Sigma ((\Delta\sigma_z i - \nu_i (\Delta\sigma_x i + \Delta\sigma_y i)) \Delta z_i / E_i)$$

DATI DI INPUT:

- B = 10.15 (m) (Larghezza della Fondazione)
 L = 10.90 (m) (Lunghezza della Fondazione)
 N = 6488 (kN) (Carico Verticale Agente)
 q = 58.64 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B*L)))
 ns = 3 (-) (numero strati) (massimo 6)

| Strato | Litologia | Spessore | da z _i | a z _{i+1} | Δz _i | E | ν | δ _{ci} |
|--------|-----------|----------|-------------------|--------------------|-----------------|----------------------|------|-----------------|
| (-) | (-) | (m) | (m) | (m) | (m) | (kN/m ²) | (-) | (cm) |
| 1 | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 8000 | 0.30 | 0.00 |
| 2 | | 10.50 | 0.0 | 10.5 | 1.0 | 30000 | 0.25 | 1.03 |
| 3 | | 15.00 | 10.5 | 25.5 | 1.0 | 15000 | 0.30 | 0.85 |
| - | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0 | 0.25 | - |
| - | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0 | 0.00 | - |
| - | | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0 | 0.00 | - |

$$\delta_{ctot} = 1.88 \text{ (cm)}$$

Nota: trovandosi la fondazione a quota -4.3m, la si considera gravante sul secondo strato.

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO****APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 227 DI 233 |

Il cedimento risulta pari a 1.88cm (terreno è di natura sabbiosa pertanto può essere considerato istantaneo). Tale valore risulta compatibile con l'opera in oggetto.

14 VERIFICHE MURI LATERALI

Ai lati dell'edificio sono presenti 2 muri in c.a. aventi solo funzione di separazione tra ambito urbano e ambito ferroviario, delle seguenti dimensioni:

| | Altezza paramento | Larghezza fondazione |
|------------|-------------------|----------------------|
| Muro ovest | 5.9 | 3.1 |
| Muro est | 5.1 | 1.7 |

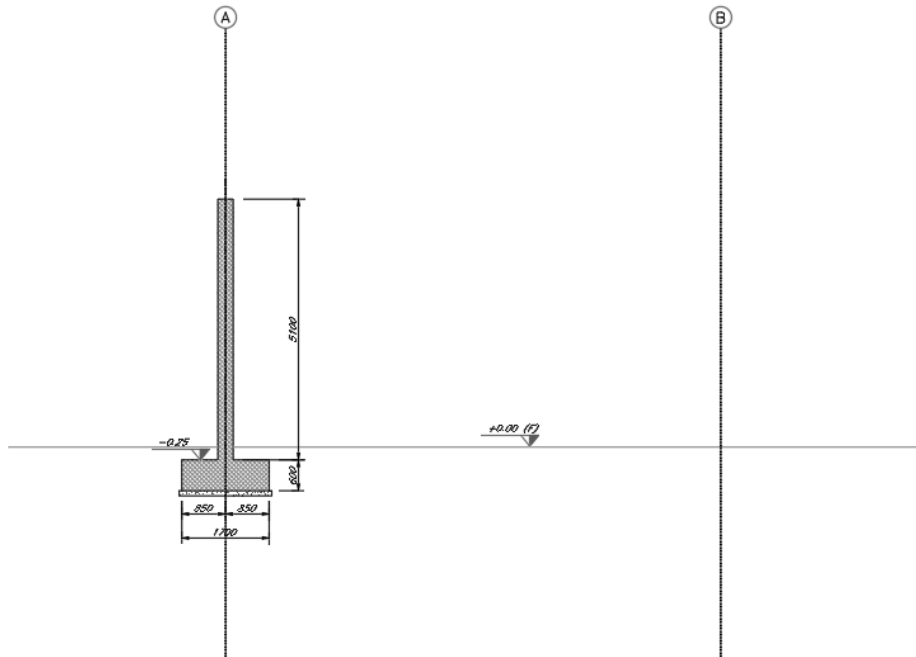


Figura 14.1 – Sezione Muro Est

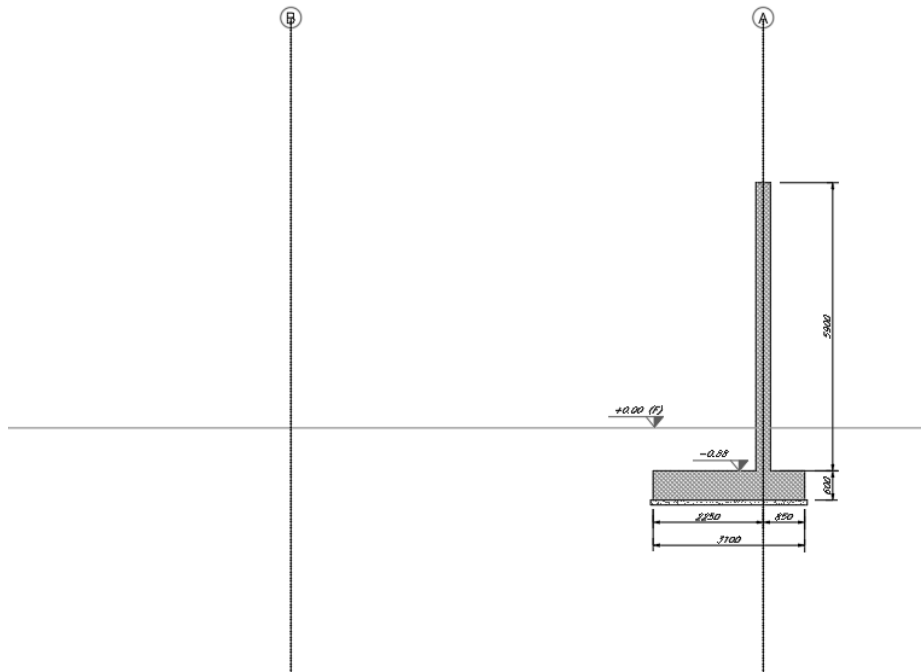


Figura 14.2 – Sezione Muro Ovest

A favore di sicurezza si verificherà un muro di altezza 5.9m e fondazione 1.7m.
Il muro è soggetto alla forza del sisma (dimensionante rispetto al vento).



Figura 14.3 – Modello di calcolo

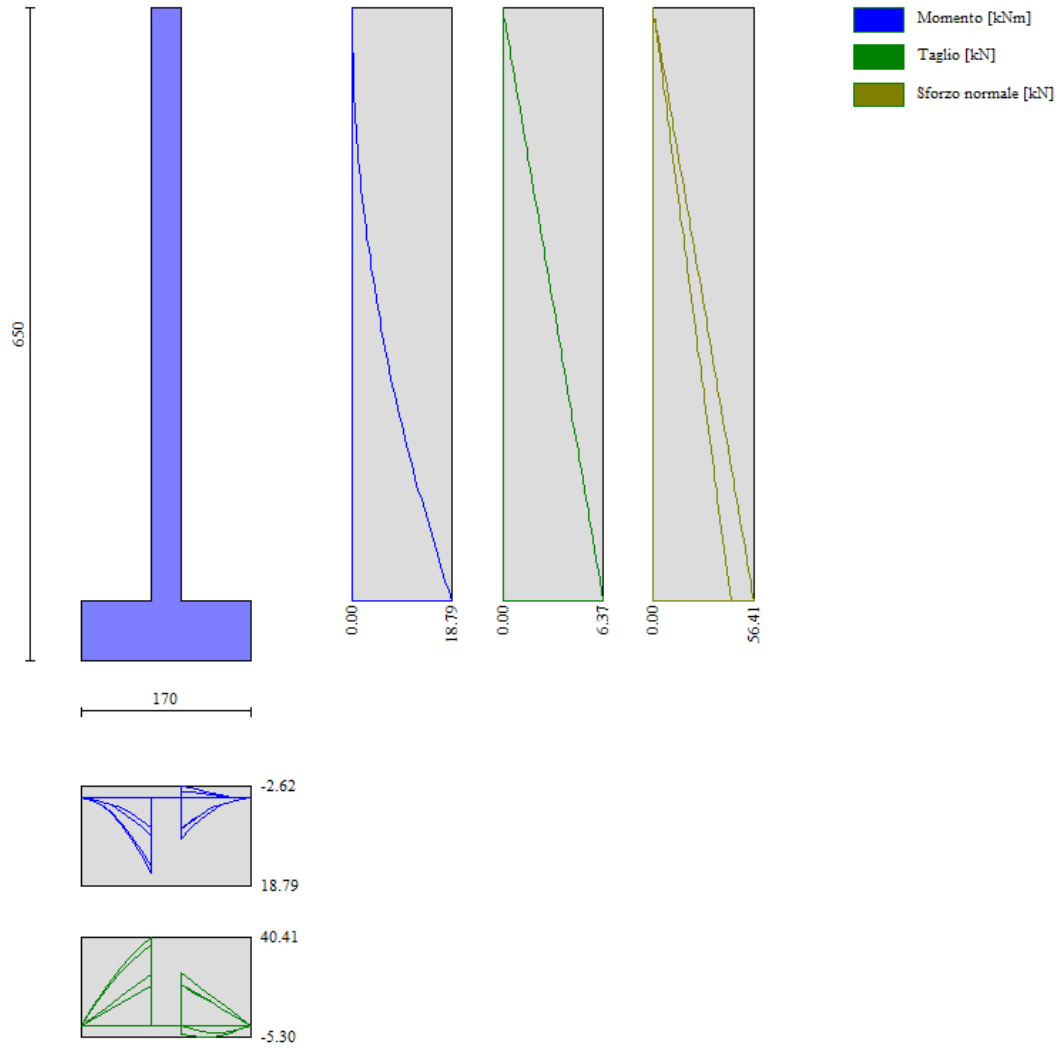


Figura 14.4 – Inviluppo sollecitazioni



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 231 DI 233 |

Sintesi FS verifiche globali

| n° | Combinazione | Sismica | FSsco | FSqlim | FSrib | FSstab | FShyd | FSupl |
|----|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|-------|
| 1 | STR (A1-M1-R3) | | 16.727 | 6.101 | -- | -- | -- | -- |
| 2 | STR (A1-M1-R3) | H + V | 2.959 | 2.279 | -- | -- | -- | -- |
| 3 | STR (A1-M1-R3) | H - V | 2.601 | 2.315 | -- | -- | -- | -- |
| 4 | STR (A1-M1-R3) | | 21.674 | 4.834 | -- | -- | -- | -- |
| 5 | STR (A1-M1-R3) | | 16.727 | 6.101 | -- | -- | -- | -- |
| 6 | STR (A1-M1-R3) | | 21.674 | 4.834 | -- | -- | -- | -- |
| 7 | GEO (A2-M2-R2) | | -- | -- | -- | 5.166 | -- | -- |
| 8 | GEO (A2-M2-R2) | H + V | -- | -- | -- | 2.709 | -- | -- |
| 9 | GEO (A2-M2-R2) | H - V | -- | -- | -- | 2.479 | -- | -- |
| 10 | EQU (A1-M1-R3) | | -- | -- | 128.108 | -- | -- | -- |
| 11 | EQU (A1-M1-R3) | H + V | -- | -- | 2.647 | -- | -- | -- |
| 12 | EQU (A1-M1-R3) | H - V | -- | -- | 2.100 | -- | -- | -- |

Figura 14.5 – Riepilogo risultati

La sollecitazione risulta molto contenuta ($M = 18,8 \text{ kNm} \rightarrow A_s = M/0,8h/\sigma = 18,8/0,8/0,30/26 = 3 \text{ cm}^2$)

Si assume un'armatura formata da doppia rete $5\phi 14/m$ sia in fondazione sia in elevazione.

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO****APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 232 DI 233 |

15 CONCLUSIONI

Si riportano di seguito le incidenze di armatura dei principali elementi strutturali:

| | |
|--|-----------------------|
| Elevazione Fabbricato (muri, pilastri e soletta di piano)..... | 200 kg/m ³ |
| Fondazione Fabbricato..... | 180 kg/m ³ |
| Travi di fondazione superficiale..... | 100 kg/m ³ |
| Muri laterali (fondazione e elevazione)..... | 100 kg/m ³ |

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO****APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA
CURNO A BERGAMO****RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE
FABBRICATO**

| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|------------|
| NB1R | 02 | D 26 CL | FA0100 005 | A | 233 DI 233 |

16 ALLEGATO**TABULATI DI CALCOLO**