

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. ARCHITETTURA STAZIONI E TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO-CREMONA-MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

FV11 - FERMATA DI PIADENA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

Relazione di calcolo della copertura scale

SCALA:

-

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

N M 2 5 0 3 D 4 4 C L F V 1 1 0 0 0 0 2 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|---------------------------|
| A | Emissione esecutiva | F. Serrau | Aprile 2020 | M. De Vita | Aprile 2020 | M. Berlingeri | Aprile 2020 | Marino Aprile 2020 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: NM2503D44CLFV1100002A

n. Elab.:

INDICE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | PREMESSA | 6 |
| 2 | SCOPO DEL DOCUMENTO | 6 |
| 3 | DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO | 7 |
| 3.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 7 |
| 3.2 | ELABORATI DI RIFERIMENTO | 9 |
| 4 | MATERIALI | 10 |
| 4.1 | ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA S275 | 10 |
| 4.2 | TIRAFONDI..... | 11 |
| 4.3 | BULLONI..... | 11 |
| 4.4 | ALLETTAMENTO PIASTRA DI BASE..... | 11 |
| 4.5 | SALDATURE | 11 |
| 5 | CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO..... | 12 |
| 5.1 | VITA NOMINALE E CLASSE D'USO..... | 12 |
| 5.2 | PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA | 13 |
| 5.3 | CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA..... | 14 |
| 6 | DESCRIZIONE DELL'OPERA..... | 15 |
| 6.1 | GENERALITÀ..... | 15 |
| 6.2 | UNITÀ DI MISURA..... | 21 |
| 6.3 | MODELO DI CALCOLO | 21 |
| 6.3.1 | <i>Codice di calcolo.....</i> | 21 |
| 6.3.2 | <i>Affidabilità dei codici di calcolo</i> | 21 |
| 6.3.3 | <i>Informazioni generali sull'elaborazione.....</i> | 21 |
| 6.3.4 | <i>Tipo di analisi svolta</i> | 21 |
| 6.4 | ANALISI DEI CARICHI..... | 30 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.4.1 | <i>Peso proprio della struttura</i> | 30 |
| 6.4.2 | <i>Carichi permanenti non strutturali</i> | 30 |
| 6.4.3 | <i>Carichi variabili</i> | 30 |
| 6.4.4 | <i>Azione termica</i> | 30 |
| 6.4.5 | <i>Carico della neve sulla copertura</i> | 30 |
| 6.4.6 | <i>Azione del vento</i> | 31 |
| 6.4.7 | <i>Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni</i> | 38 |
| 6.4.8 | <i>Azione sismica</i> | 41 |
| 6.5 | COMBINAZIONI DI CARICO..... | 43 |
| 7 | RISULTATI ANALISI..... | 57 |
| 7.1 | RISULTATI DELL'ANALISI MODALE | 57 |
| 7.1.1 | <i>Pensilina TIPO 1</i> | 57 |
| 7.1.2 | <i>Pensilina TIPO 2</i> | 58 |
| 7.2 | STATI LIMITE ULTIMO (SLU)..... | 59 |
| 7.2.1 | <i>Involuppo diagrammi delle sollecitazioni di progetto</i> | 59 |
| 7.3 | STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) | 65 |
| 8 | CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI | 65 |
| 9 | VERIFICHE DELLE MEMBRATURE METALLICHE..... | 66 |
| 9.1 | PENSILINA TIPO 1 | 66 |
| 9.1.1 | <i>Verifiche delle colonne Ø139.7x12.5</i> | 67 |
| 9.1.2 | <i>Verifiche delle travi Tubo 160x80x10</i> | 69 |
| 9.1.3 | <i>Verifiche delle travi Tubo 160x80x8</i> | 71 |
| 9.1.4 | <i>Verifiche degli arcarecci Tubo 60x40x2.5</i> | 73 |
| 9.1.5 | <i>Verifiche dei controventi Ø26.9x2.6</i> | 75 |
| 9.2 | PENSILINA TIPO 2..... | 77 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 9.2.1 | Verifiche delle colonne Ø219.1x10 | 78 |
| 9.2.2 | Verifiche delle travi Tubo 160x80x8 | 80 |
| 9.2.3 | Verifiche degli arcarecci Tubo 60x40x2.5 | 82 |
| 9.2.4 | Verifiche dei controventi Ø26.9x2.6..... | 84 |
| 9.3 | VERIFICHE TABELLE OUTPUT COMPLETE..... | 86 |
| 9.3.1 | Copertura TIPO 1 | 86 |
| 9.3.2 | Copertura TIPO 2 | 90 |
| 10 | VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ..... | 93 |
| 10.1 | VERIFICHE DI SPOSTAMENTI VERTICALI | 93 |
| 10.1.1 | Pensilina tipologia 1 | 93 |
| 10.1.2 | Pensilina tipologia 2 | 96 |
| 10.2 | VERIFICHE DI SPOSTAMENTI LATERALI..... | 98 |
| 10.2.1 | Pensilina TIPO 1 | 98 |
| 10.2.2 | Pensilina TIPO 2 | 101 |
| 10.3 | VERIFICHE DI RIGIDEZZA..... | 104 |
| 10.3.1 | Pensilina TIPO 1 | 104 |
| 10.3.2 | Pensilina TIPO 2 | 106 |
| 10.4 | VERIFICHE DI BUCKLING SENCONDO LA CIRCOLARE APPLICATIVA C4.2.3.4 | 109 |
| 10.4.1 | Pensilina TIPO 1 | 109 |
| 10.4.2 | Pensilina TIPO 2 | 111 |
| 10.5 | VERIFICHE DEGLI EFFETTI DELLE NON-LINEARITÀ GEOMETRICHE SECONDO NTC18 §7.3.1 | 114 |
| 10.5.1 | Pensilina TIPO 1 | 114 |
| 10.5.2 | Pensilina TIPO 2 | 115 |
| 11 | VERIFICA DEI TIRAFONDI..... | 116 |
| 11.1 | PENSILINA TIPO 1 | 116 |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|----------|
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 5 di 127 |

11.1.1 Pensilina TIPO 2 122

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------|------------------|--------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA-MANTOVA | | | | | |
| | OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D.44 | DOCUMENTO CLFV1100002 | REV. A |

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del Raddoppio linea Codogno – Cremona – Mantova, tratta Piadena - Mantova. Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento alle coperture scale previste in corrispondenza della fermata “Piadena”.

La descrizione degli interventi che segue è da leggersi congiuntamente all'analisi degli elaborati di progetto a cui si fa riferimento implicito.

La presente relazione si riferisce alle opere civili previste per la realizzazione della fermata ferroviaria “Piadena”.

Le opere strutturali previste possono differenziarsi in base alla loro tipologia come:

- **TIPO 1:** Copertura metallica disposta a protezione della rampa scale sul primo binario, in adiacenza al fabbricato viaggiatori per una lunghezza complessiva di 11 metri circa.
- **TIPO 2:** Copertura metallica disposta a protezione delle scale della struttura del sottopasso in corrispondenza dei binari da 2 a 5, per una lunghezza complessiva di 8 metri circa.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha per oggetto il calcolo strutturale delle pensiline da realizzarsi nell'ambito dell'intervento Raddoppio della linea Codogno – Cremona – Mantova, in particolare la stazione ferroviaria di “Castellucchio”.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------|------------------|--------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA-MANTOVA | | | | | |
| | OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D.44 | DOCUMENTO CLFV1100002 | REV. A |

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 Normativa di riferimento

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni co particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n.7 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- *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;*

- *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 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 stabili nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.*

4 MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione delle strutture oggetto di calcolo nell'ambito del presente documento:

4.1 Acciaio da carpenteria metallica S275

| ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA - Rif. 4.1.4.1 e 11.3.4 NTC | | | |
|--|--|--|--|
| Classe Acciaio | S | <input type="text" value="275"/> | |
| Modulo di elasticità | $E_f =$ | <input type="text" value="210000"/> | N/mm ² |
| Modulo di Poisson: | $\nu =$ | <input type="text" value="0.3"/> | |
| Coefficiente di dilatazione lineare | $\alpha =$ | <input type="text" value="0.00001"/> | °C ⁻¹ |
| Modulo di elasticità trasversale | $G =$ | <input type="text" value="80769"/> | N/mm ² |
| Densità | $\gamma =$ | <input type="text" value="7850"/> | Kg/m ³ = <input type="text" value="76.98"/> KN/m ³ |
| Spessore massimo elementi | | <input type="text" value="<40"/> | mm |
| Tensione caratteristica allo snervamento: | $f_{yk} =$ | <input type="text" value="275"/> | N/mm ² |
| Tensione caratteristica di rottura: | $f_{tk} =$ | <input type="text" value="430"/> | N/mm ² |
| Coefficienti parziali per le verifiche agli SLU: | | | |
| [γ_{m0}] Resistenza sezioni cl 1-4 | [γ_{m1}] Instabilità membrature | [γ_{m1}] Instabilità membrature ponti ferr. e strad. | [γ_{m2}] Resistenza sezioni forate |
| 1.05 | 1.05 | 1.10 | 1.25 |

Classe di esecuzione (UNI EN 1090, RFI DTC SI PS SP IFS 002 B): EXC2

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

4.2 Tirafondi

- Barre interamente filettate con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I
- dadi con caratteristiche Meccaniche equivalenti alla classe 8 secondo UNI EN 898 parte II conformi per le caratteristiche dimensionali alla ISO 4032
- rondelle in acciaio temperato e rinvenuto HV 300 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI EN ISO 7089
- ancorante chimico ibrido a iniezione ad alte prestazioni HIT-HY 200-A, o qualsiasi prodotto commerciale di prestazioni equivalenti. Fissaggio secondo ETA 11/0493

4.3 Bulloni

- Caratteristiche meccaniche: classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I
- Dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8 secondo UNI EN 898 parte II conformi per le caratteristiche dimensionali alla ISO 4032
- Rondelle in acciaio temperato e rinvenuto HV 300 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI EN ISO 7089

NOTE:

- i bulloni dovranno essere montati con una rosetta sotto la testa e sotto il dado
- i tirafondi dovranno essere montati con una rosetta sotto il dado
- i tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado. Qualora il controdado non fosse compatibile con la geometria e gli ingombri del collegamento, si dovranno prevedere dadi ribassati o idonei dispositivi di antisvitamento.

4.4 Allettamento piastra di base

Realizzato con malta tipo Emaco S55 o equivalente.

4.5 Saldature

Procedimenti di saldatura omologati e qualificati (tipo automatico ad arco sommerso o altri che verranno concordati e accettati dall'ente appaltante) conformi a RFI DTC SI SP IFS 001 D, capitolo 6.6.7 e UNI EN 1090-2.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.



Figura 1 – Configurazione planimetrica tracciato

Le coordinate del sito sono:

45° 7' 39" N

10° 22' 10.56" E

5.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU).

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $VN = 50$ anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III, a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u , ovvero:

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50 \times 1.5 = 75$ anni.

5.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17.01.2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17-01-18, si ottiene per il sito in esame:

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione:



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

Nodi del reticolo intorno al sito



| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 45 | 0.038 | 2.573 | 0.241 |
| SLD | 75 | 0.045 | 2.538 | 0.265 |
| SLV | 712 | 0.091 | 2.636 | 0.318 |
| SLC | 1462 | 0.115 | 2.630 | 0.325 |

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica

| | | | | | | |
|---|---|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA-MANTOVA | | | | | |
| <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> | <p>FOGLIO</p> <p>14 di 127</p> |

5.3 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

Le Categoria di Sottosuolo e le Condizioni Topografiche sono valutate come descritte al punto 3.2.2 del DM

17.01.18. Per il caso in esame si è assunta una categoria di sottosuolo di tipo C e una classe

Topografica T1.

| | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------|------------------|--------------------------|-----------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA-MANTOVA | | | | | |
| | OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 44 | DOCUMENTO CLFV1100002 | REV. A |

6 DESCRIZIONE DELL'OPERA

6.1 Generalità

La presente relazione ha per scopo il dimensionamento di due tipologie distinte delle coperture scale. La prima (**TIPO 1**) è situata in corrispondenza della rampa scale, in adiacenza al fabbricato viaggiatori, mentre la seconda (**TIPO 2**) in corrispondenza alle scale della struttura del sottopasso dei binari da 2 a 5. Nelle figure seguenti sono esposte l'inquadratura planimetrica e le sezioni trasversali delle due tipologie.

La prima tipologia (**TIPO 1**) consiste di una struttura intelaiata composta da 3x5 fili strutturali, di interasse pari a circa 2.5m, con aggetto tra i fili C-2 ed E-2 di 2.5m circa e una mensola, aggettata dal primo filo, di lunghezza pari a 2m. In direzione trasversale la struttura è composta da 3 pilastri Ø139.7x12.5 (fili A-B-C) e da due pilastri Ø139.7x12.5 formati a freddo (fili D-E), con interassi pari a circa 2.5m, su cui appoggiano le travi di sezione rettangolare formate a caldo pari a 160x80x10. La connessione trave pilastro è stata effettuata tramite una connessione flangiata, considerata ad incastrato nel modello di calcolo. In direzione longitudinale, Le travi, di sezione rettangolare 160x80x8, sono saldate a testa di quelle trasversali per formare una griglia bidimensionale nel piano della copertura. Sulle travi principali, longitudinalmente appoggiano gli arcarecci di sezione rettangolare 60x40x3 formata a freddo ogni 0.5m circa, fissati, tramite una semplice bullonatura su profili ad "L" predisposti e saldati alle travi principali. La connessione tra arcarecci e le travi è stata considerata come incernierata. I pilastri, di lunghezza pari a circa 1.6m, appoggiano sul muro esistente della rampa scale, di lunghezza pari a circa 1m, tramite tirafondi di ancoraggio chimici, per una lunghezza complessiva di circa 2.6m. La connessione è una a cerniera.

La seconda tipologia (**TIPO 2**) consiste di una struttura intelaiata composta da 2x5 fili strutturali, di interasse pari a 1.88m in direzione longitudinale e 2.1m in direzione trasversale. In direzione trasversale la struttura è composta da 2 pilastri Ø219.1x10, disposti ad interasse pari a circa 3m, su cui appoggiano le travi di sezione rettangolare pari a 160x80x8. La connessione trave pilastro è stata effettuata tramite una connessione flangiata, considerata ad incastrato nel modello di calcolo. In direzione longitudinale, le travi sono di sezione rettangolare 160x80x8 formate a freddo. La connessione trave longitudinale-trasversale è stata realizzata tramite una saldatura a testa, per formare una griglia bidimensionale nel piano della copertura. La griglia è ulteriormente irrigidita nel proprio piano tramite controventi di sezione tubolare 26.1x2.6mm. Sulle travi principali, longitudinalmente appoggiano gli arcarecci di sezione rettangolare 60x40x3 ogni 0.5m circa, fissati, tramite una semplice bullonatura su profili ad "L" predisposti e saldati alle travi principali. La connessione tra arcarecci e le travi è stata considerata come incernierata. I pilastri, di lunghezza pari a circa 2.6 m, appoggiano sul muro in progetto della scala del sottopasso, tramite tirafondi di ancoraggio chimici. La connessione è una a cerniera.

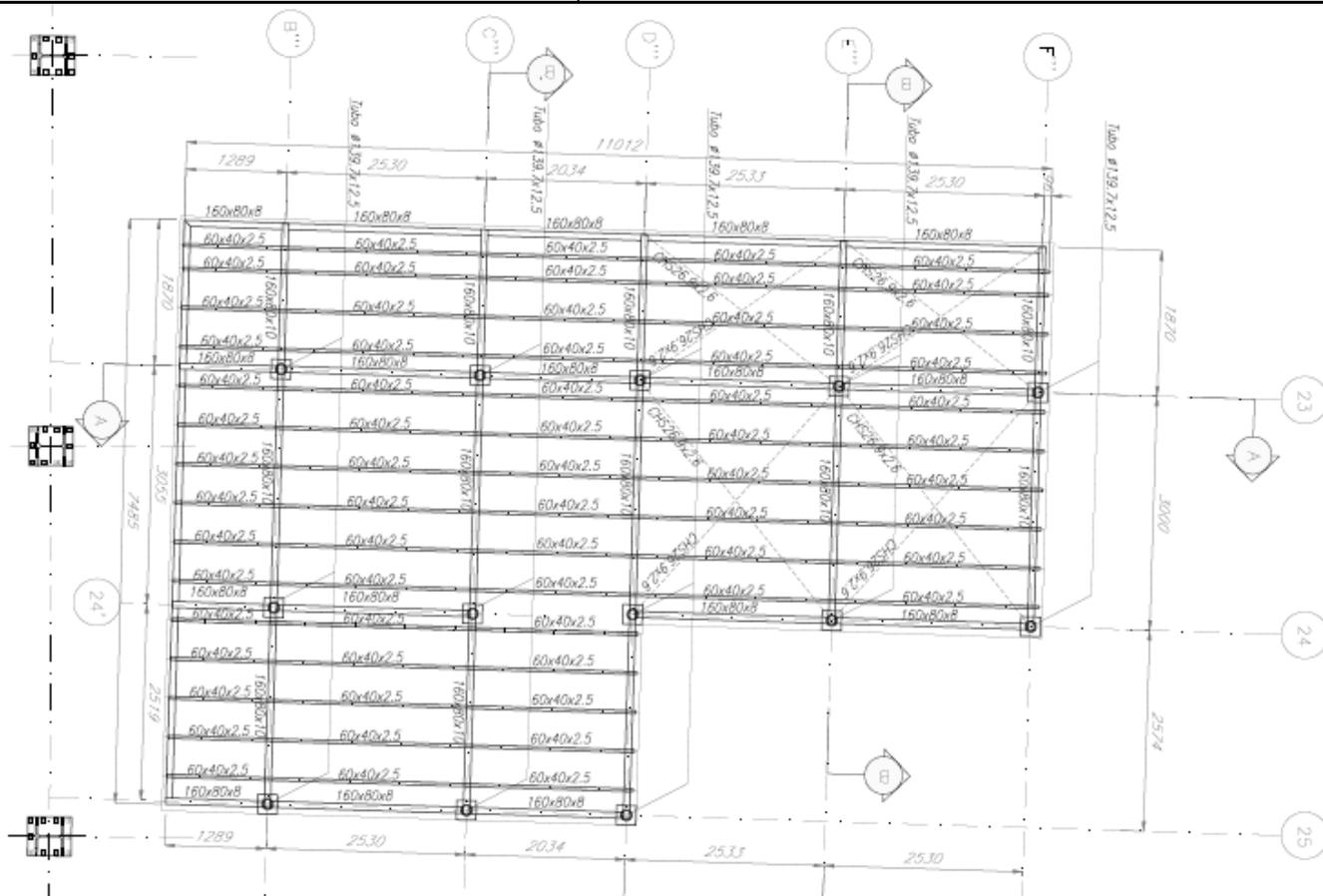


Figura 2 – Inquadramento planimetrico TIPO 1

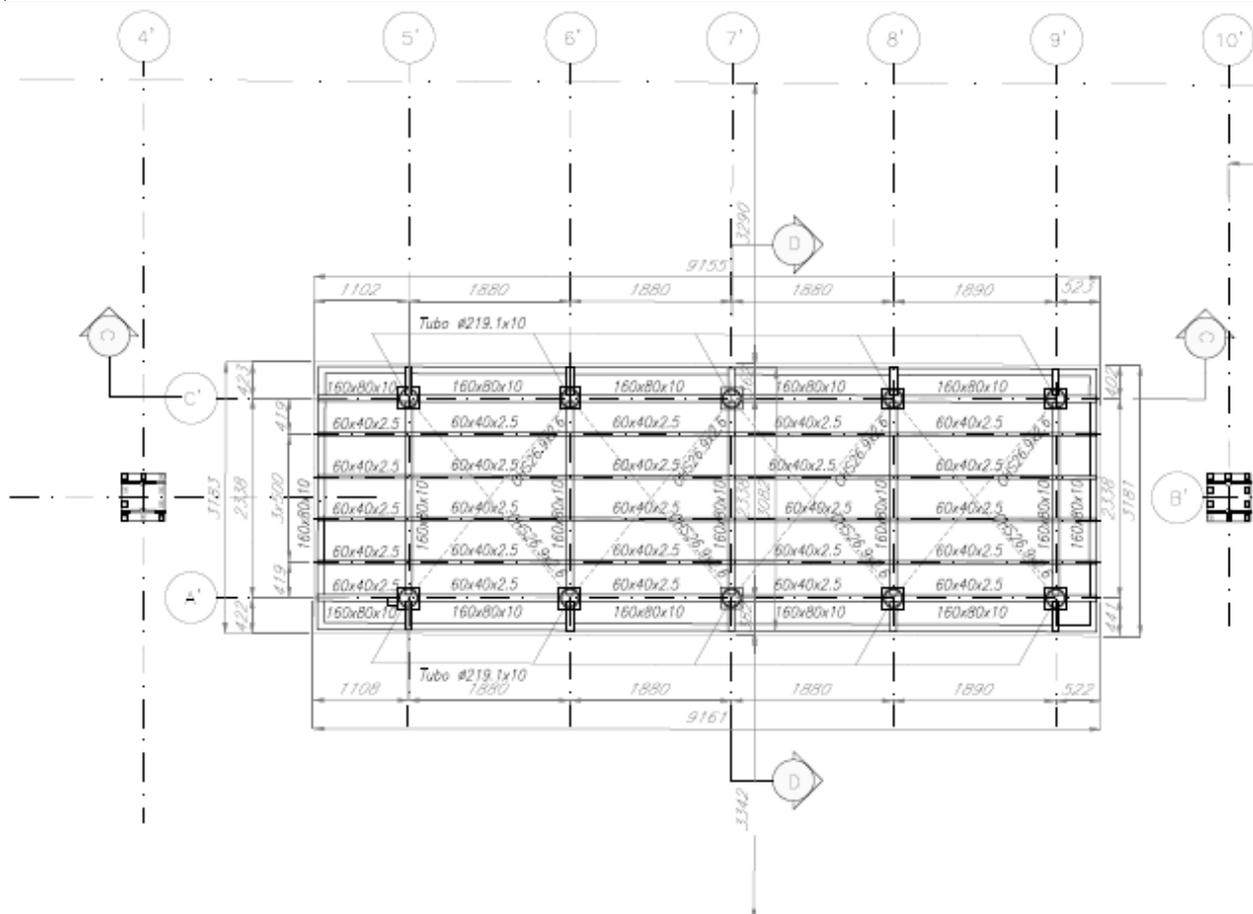
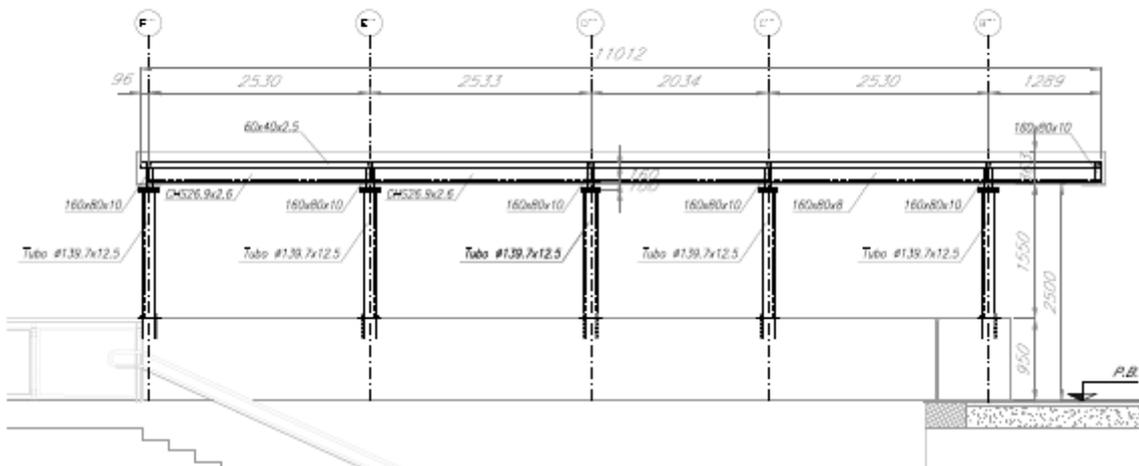


Figura 3 – Inquadramento planimetrico TIPO 2

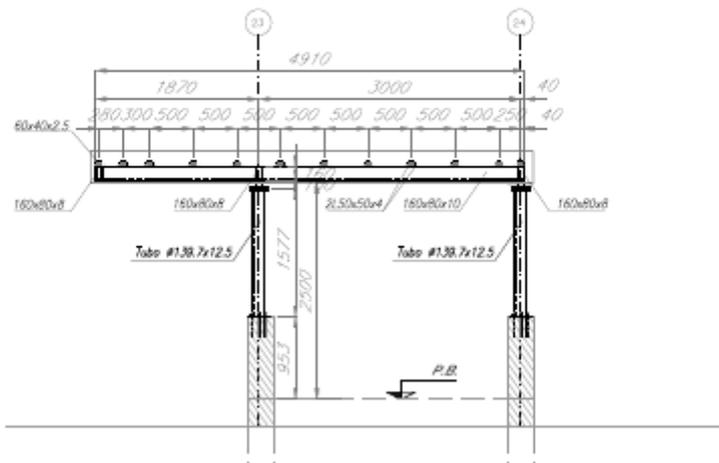
SEZIONE A-A

scala 1:50



SEZIONE B-B

scala 1:50



SEZIONE B'-B'

scala 1:50

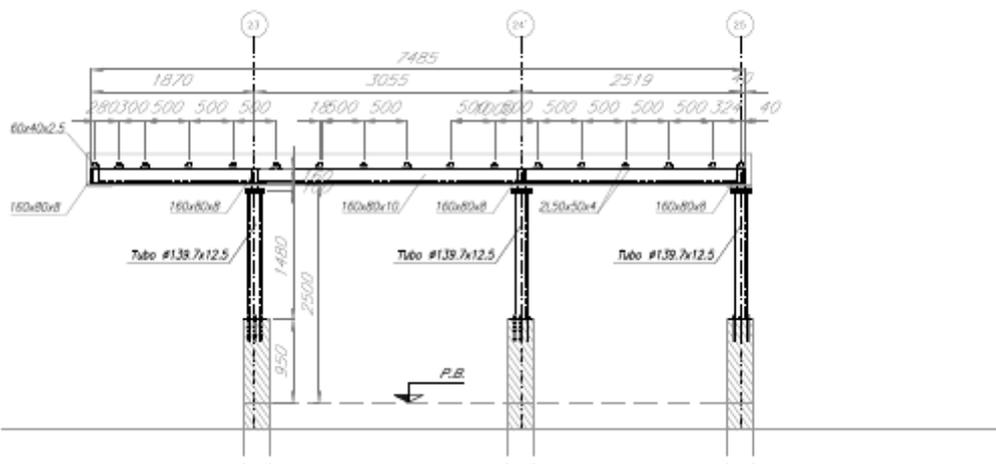
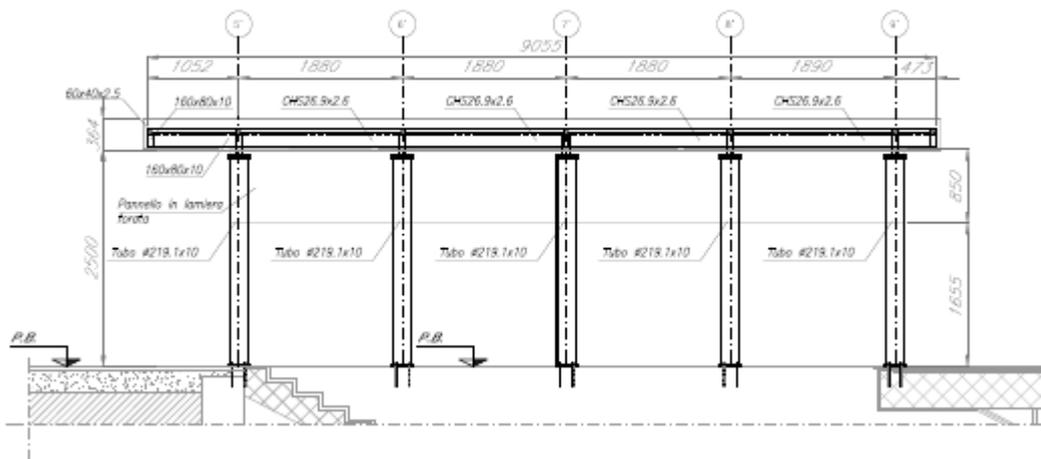


Figura 4 – Sezioni trasversali Tipologia 1

SEZIONE C-C

scala 1:50



SEZIONE D-D

scala 1:50

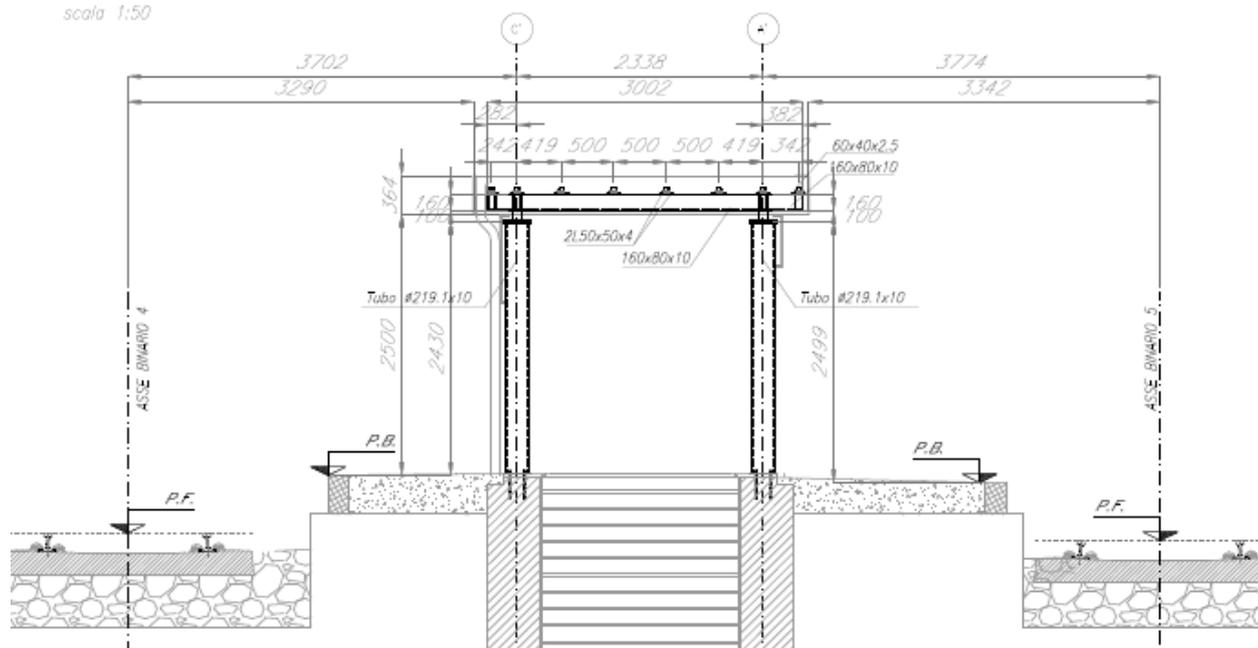


Figura 5 – Sezioni trasversali Tipologia 2

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

6.2 Unità di misura

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, mm
- per i carichi ⇒ kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ MPa

6.3 Modello di calcolo

6.3.1 Codice di calcolo

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il Sap 2000 v.21.0.2 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures. Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, permette l'analisi elastica lineare e non di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono frame (trave), con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse. I carichi sono applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. A supporto del programma è fornito un ampio manuale d'uso contenente fra l'altro una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

Tale programma fornisce in output, oltre a tutte le caratteristiche geometriche e di carico delle strutture, i risultati relativi alle sollecitazioni indotte nelle sezioni degli elementi presenti.

6.3.2 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

6.3.3 Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

6.3.4 Tipo di analisi svolta

L'analisi condotta è una analisi 3D in cui la struttura viene discretizzata in elementi tipo trave. Il modello è sviluppato per entrambe le tipologie di pensilina, descritte nel punto precedente. L'analisi strutturale rispetto alle azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi dinamica lineare a spettro di risposta secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Nelle figure seguenti si riportano alcune immagini rappresentative del modello geometrico della struttura:

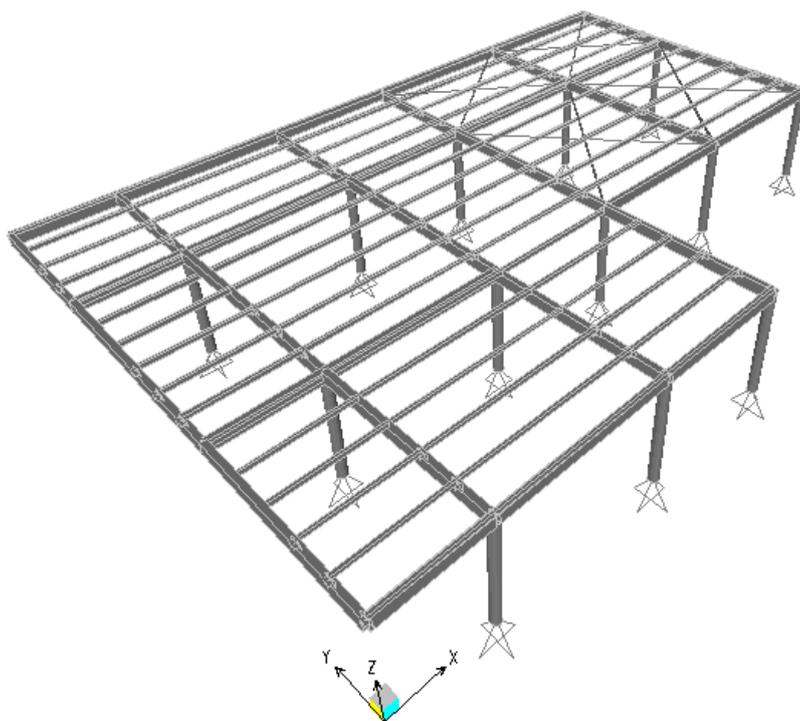


Figura 6 – Vista assometrica TIPO 1

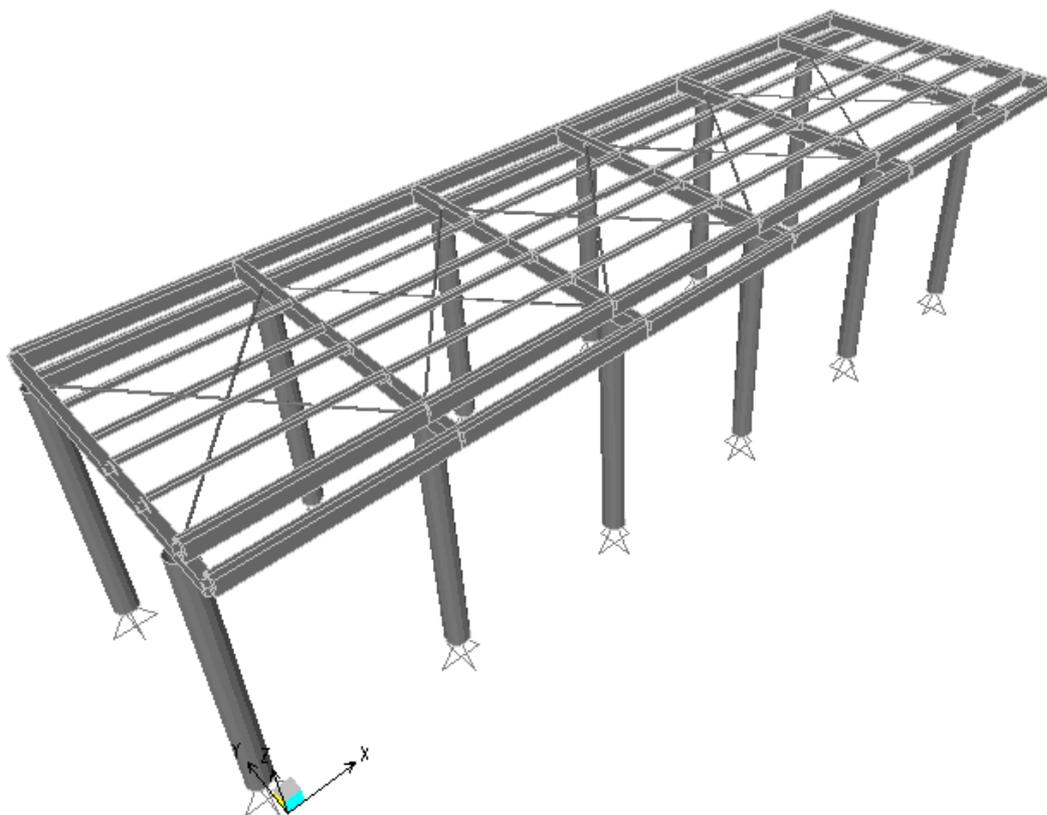
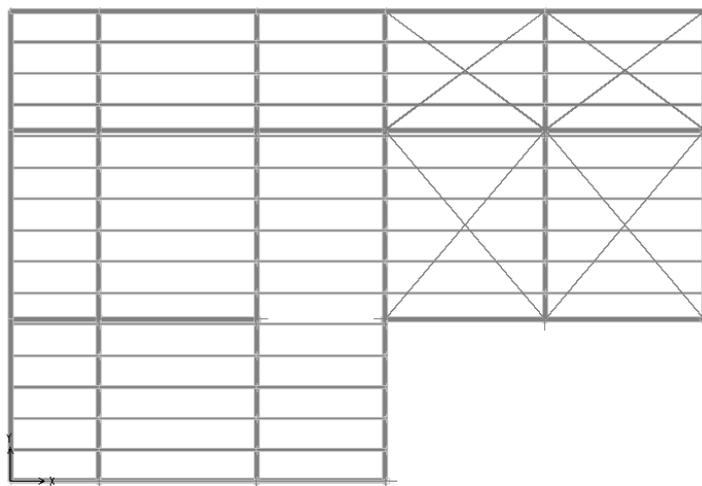


Figura 7 – Vista assometrica TIPO 2



| | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------|------------------|--------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA-MANTOVA | | | | |
| | OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D.44 | DOCUMENTO CLFV1100002 |

Figura 8 – Vista in pianta TIPO 1

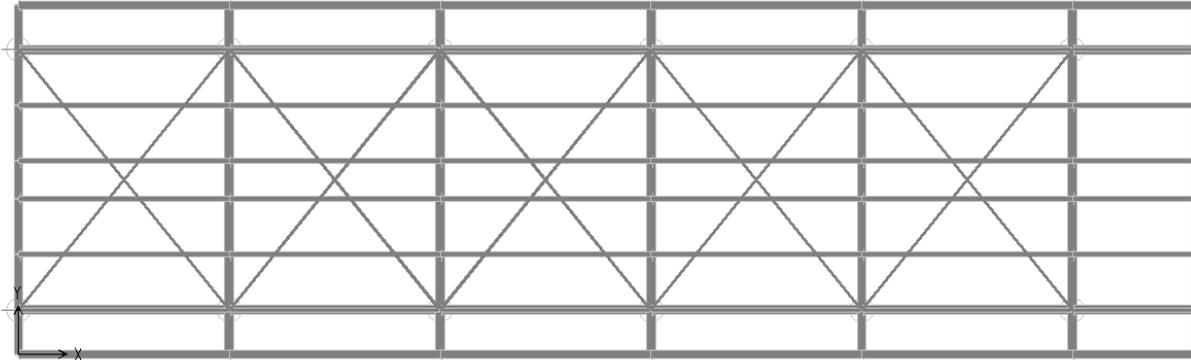


Figura 9 – Vista in pianta TIPO 2

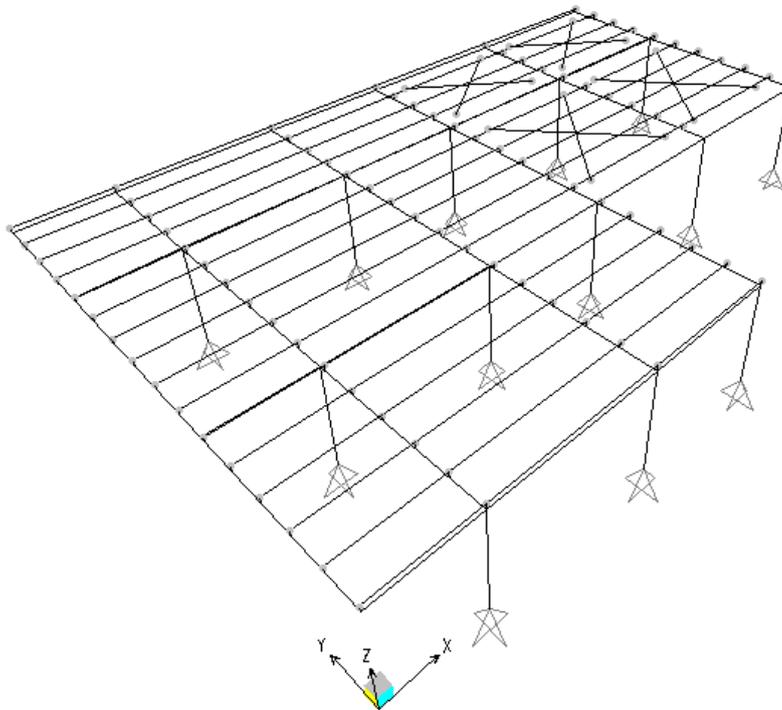


Figura 10 – Vincoli interni TIPO 1

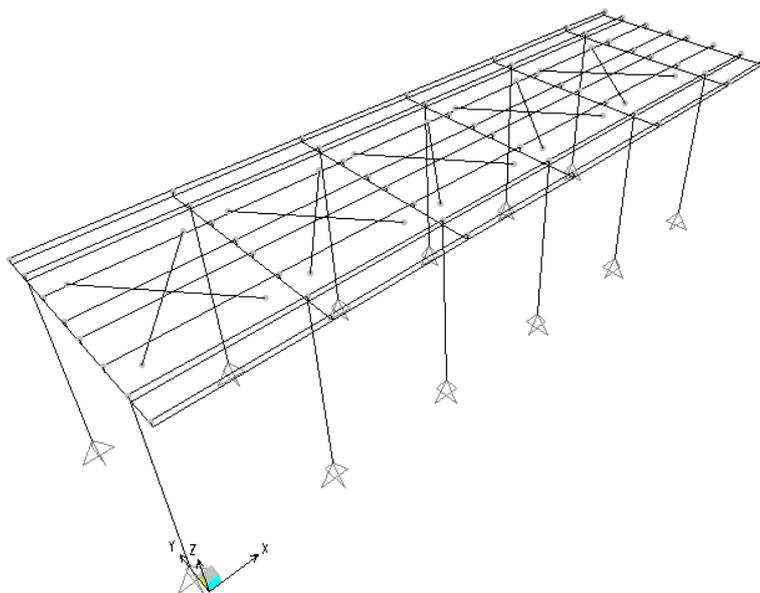


Figura 11 –Vincoli interni TIPO 2

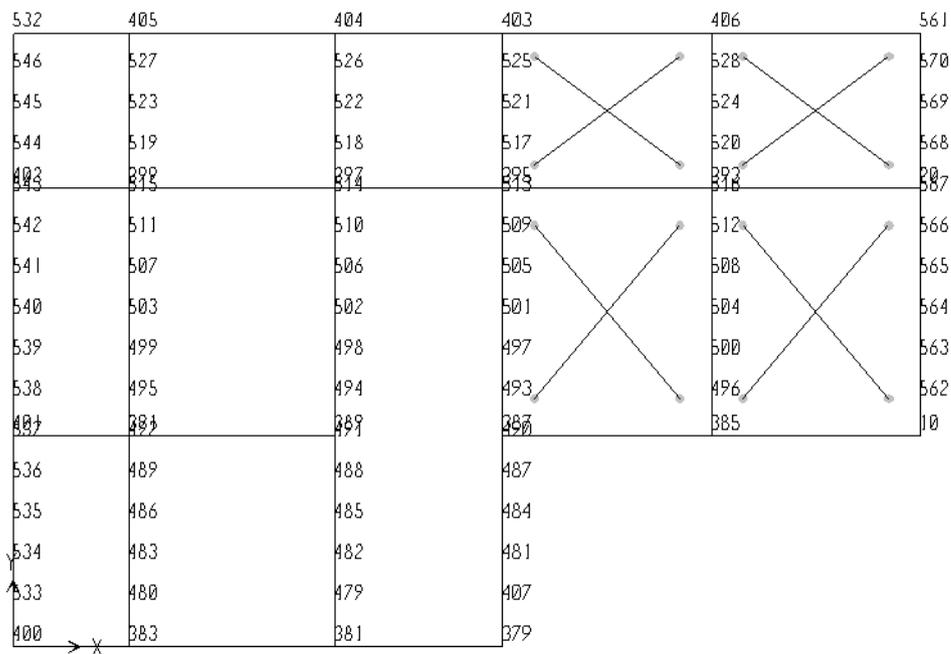


Figura 12 – Numerazione nodi di copertura TIPO 1

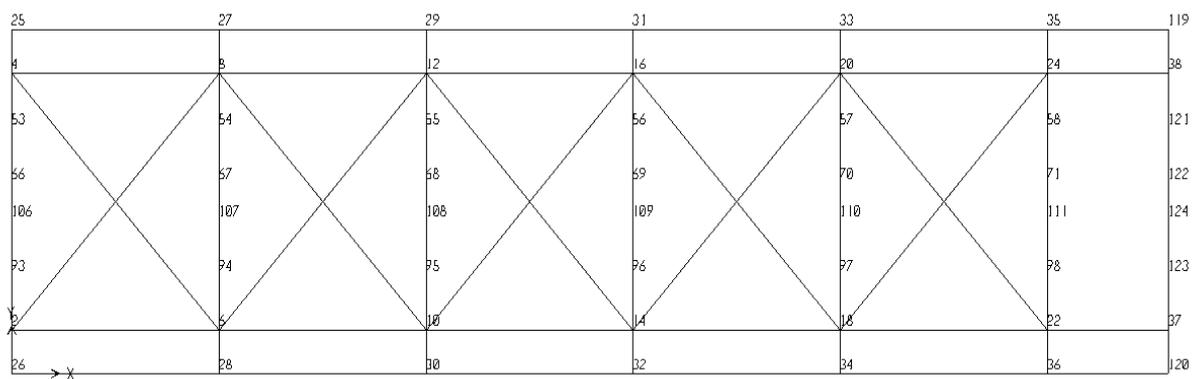


Figura 13 – Numerazione nodi di copertura TIPO 2

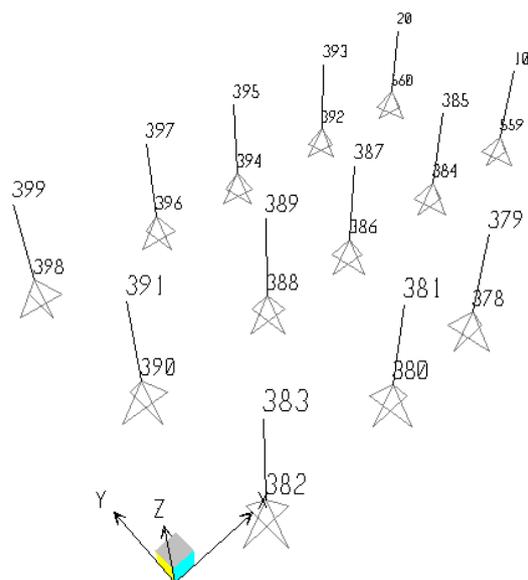


Figura 14 – Numerazione nodi di pilastri TIPO 1

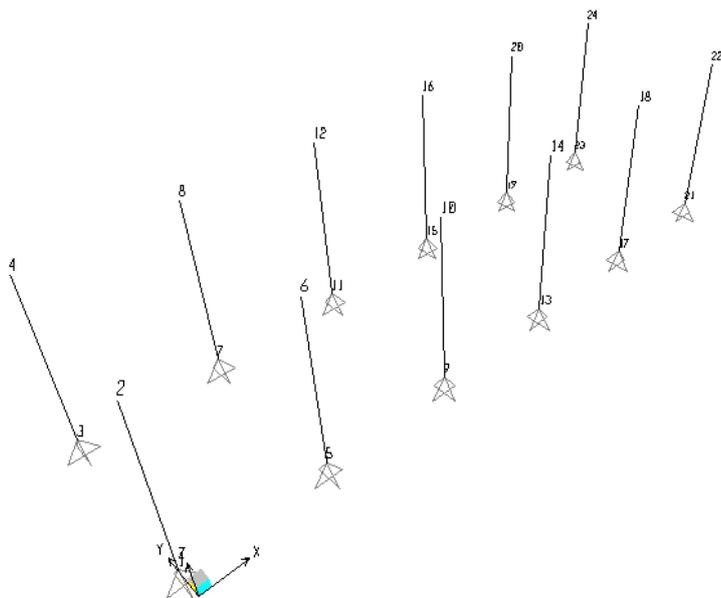


Figura 15 – Numerazione nodi di pilastri TIPO 2

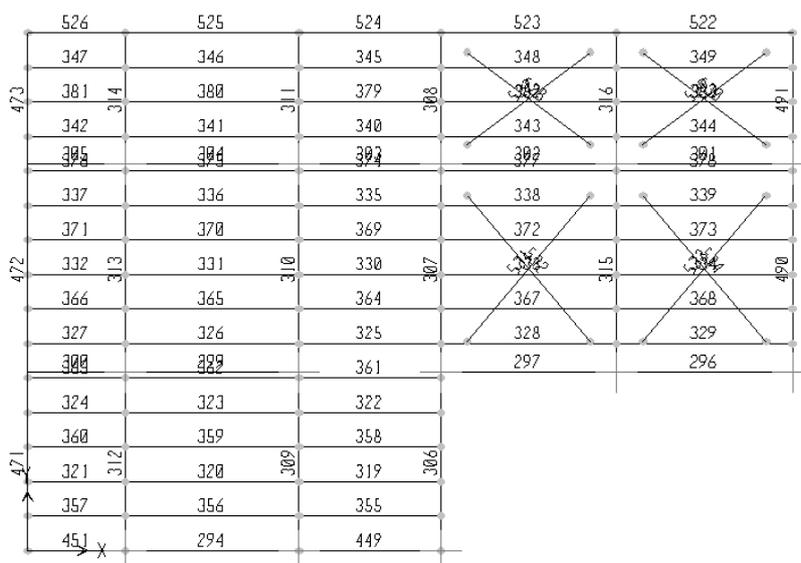


Figura 16 – Numerazione aste di copertura TIPO 1

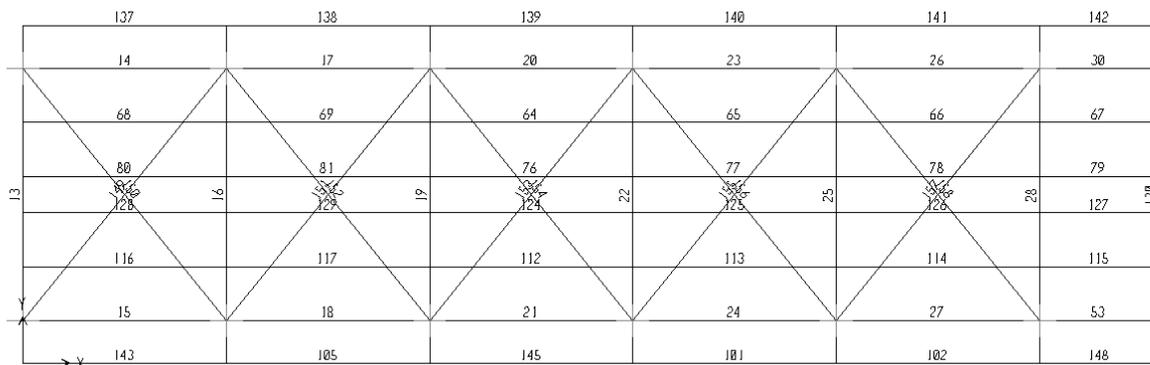


Figura 17 – Numerazione aste di copertura TIPO 2

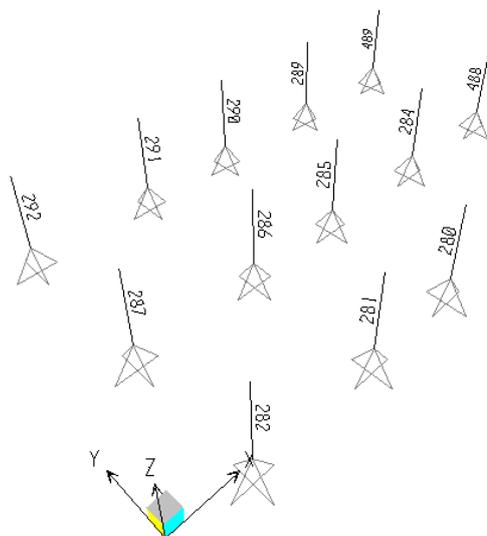


Figura 18 – Numerazione aste dei pilastri TIPO 1

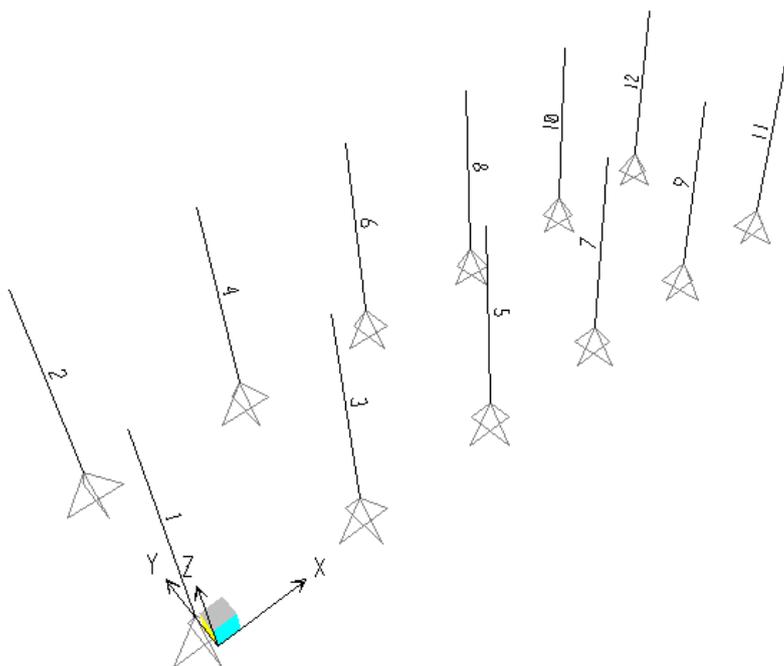


Figura 19 – Numerazione aste dei pilastri TIPO 2

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

6.4 Analisi dei carichi

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

6.4.1 *Peso proprio della struttura*

Le sollecitazioni indotte dal peso della struttura sono valutate automaticamente dal programma a partire dal peso specifico dell'acciaio assunto pari a 7850 kg/m^3 .

(CONDIZIONE PESO-PROPRIO)

6.4.2 *Carichi permanenti non strutturali*

Peso permanenti portati dal solaio di copertura della pensilina sono stati valutati assumendo cautelativamente: $p=1.20 \text{ N/m}^2$

(CONDIZIONE COPERTURA)

6.4.3 *Carichi variabili*

Il carico variabile di manutenzione agente sulla copertura della pensilina è $q=0.5 \text{ KN/m}^2$ (categoria H1).

(CONDIZIONE CARICHI_VARIABILI)

6.4.4 *Azione termica*

Si applica la variazione uniforme della temperatura di $\pm 25^\circ$ alle membrature in acciaio

Il coefficiente di dilatazione termica vale $\alpha=0.00001$

(CONDIZIONE TEMPERATURA)

6.4.5 *Carico della neve sulla copertura*

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2018. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i \times C_e \times C_t \times q_{sk}$$

dove:

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

μ_i - Coefficiente di forma della copertura;

C_e - Coefficiente di esposizione;

C_t - Coefficiente termico;

q_{sk} - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

Il coefficiente di forma μ_i , avendo la falda un'inclinazione nulla rispetto all'orizzontale, risulta essere pari a 0.8.

Per un altitudine pari a circa 40 m s.l.m., si ottiene q_{sk} uguale a 1.00 kN/m².

Ponendo coefficiente di esposizione $C_e = 1$ e il coefficiente termico $C_t = 1$, ne deriva un carico neve in copertura pari a:

$$q_s = 0.8 \times 1.00 \times 1 \times 1 = 0.80 \text{ kN/m}^2$$

(CONDIZIONE NEVE)

6.4.6 Azione del vento

AZIONE DEL VENTO PAR. 3.3 NTC18

DEFINIZIONE DEI DATI

zona:

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



Classe di rugosità del terreno:

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

40 [m]

Distanza dalla costa

150 [km]

T_R (Tempo di ritorno):

50 [anni]

Categoria di esposizione

II

| ZONE 1,2,3,4,5 | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-----|------|----|
| | costa | | 500m | | 750m | |
| | mare | | | | | |
| | 2 km | 10 km | 30 km | | | |
| A | -- | IV | IV | V | V | V |
| B | -- | III | III | IV | IV | IV |
| C | -- | * | III | III | IV | IV |
| D | I | II | II | II | III | ** |
| * Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5 | | | | | | |
| ** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1 | | | | | | |

| ZONA 6 | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-----|-----|
| | costa | | 500m | | |
| | mare | | | | |
| | 2 km | 10 km | 30 km | | |
| A | -- | III | IV | V | V |
| B | -- | II | III | IV | IV |
| C | -- | II | III | III | IV |
| D | I | I | II | II | III |

| ZONE 7,8 | | | |
|--------------------------|--------|--------|-----|
| | costa | | |
| | mare | | |
| | 1,5 km | 0,5 km | |
| A | -- | -- | IV |
| B | -- | -- | IV |
| C | -- | -- | III |
| D | I | II | * |
| * Categoria II in zona 8 | | | |

| ZONA 9 | | |
|--------|-------|---|
| | costa | |
| | mare | |
| A | -- | I |
| B | -- | I |
| C | -- | I |
| D | I | I |

Altezza del colmo della copertura, rispetto al suolo e inclinazione della falda sopravvento

E' consigliabile calcolare la pressione del vento per ogni facciata del fabbricato modificando i parametri per ogni caso. Nel caso di studio su prospetto di timpano, la valutazione della pressione del vento si conduce come se la copertura fosse piana e la parete alta fino alla linea di colmo. Nel caso di coperture a padiglione, la valutazione delle pressioni si esegue su ogni facciata del fabbricato utilizzando di volta in volta l'angolo della falda investito dal vento. Nel caso di coperture curve, si deve inserire l'angolo della retta tangente al bordo della copertura, in sostanza l'angolo di attacco della copertura. (per cupole a tutto sesto l'angolo è di 90°, per cupole a sesto ribassato è minore di 90°). Nel caso di studio su prospetto piano l'analisi si conduce come su prospetto di timpano. Si osserva che oltre alle pressioni andrebbe considerata anche la forza tangenziale esercitata dal vento sul fabbricato. Generalmente essa si trascura, è necessaria modellarla solo per grandi coperture piane ad esempio: coperture di grandi capannoni industriali. Il foglio di calcolo è utilizzabile per fabbricati a base rettangolare.

La copertura è curva:



*Vale sia per le falde che per le cupole (a base rettangolare)

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

| Zona | $v_{b,0}$ [m/s] | a_0 [m] | k_s | C_s |
|------|-----------------|-----------|-------|-------|
| 1 | 25 | 1000 | 0.4 | 1.000 |

$$v_b = v_{b,0} * c_a$$

$c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità base di riferimento)

$$v_r = v_b * c_r$$

c_r coefficiente di ritorno

v_r (velocità di riferimento)

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 * \rho * v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

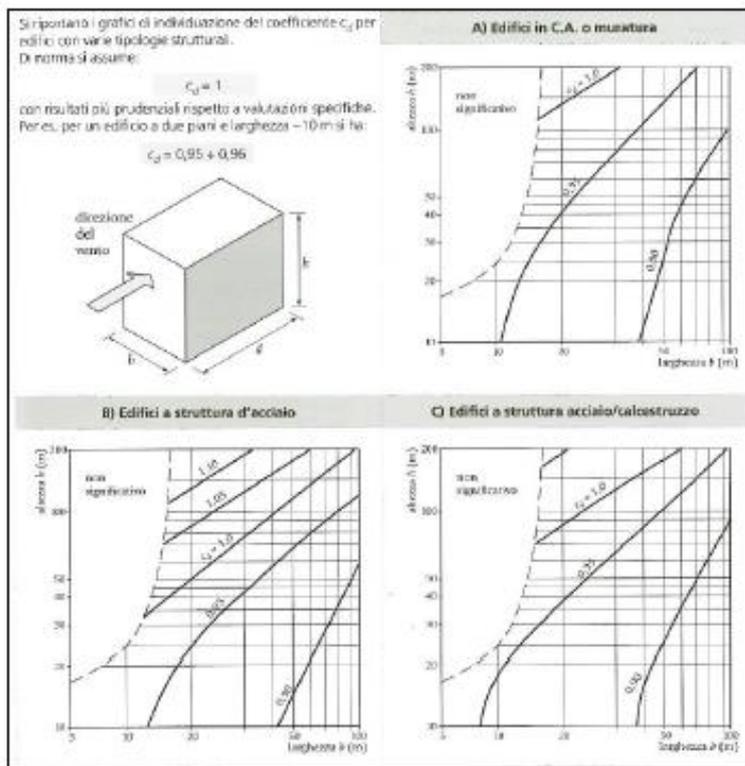
Pressione cinetica di riferimento q_r [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

Coefficiente dinamico [§3.3.8]

c_d

Esso può essere assunto cautelativamente 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.



Coefficiente Topografico (Orografico)

Il coefficiente topografico si assume di norma uguale ad 1, sia per zone pianeggianti, ondulate, collinose e montane. Nel caso di costruzioni che sorgono presso la sommità di colline o pendii isolati si procede nel modo seguente:

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|--|
| Costruzioni ubicate sulla cresta di una collina | Costruzioni ubicate sul livello superiore | Costruzioni ubicate su di un pendio |
|  |  |  |
| $c_t = 1 + \beta \cdot \gamma$ | $c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \left(1 - 0,1 \cdot \frac{z}{H}\right) \geq 1$ | $c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \frac{h}{H}$ |
| Coefficiente β | | Coefficiente γ |
| per: $\frac{z}{H} \leq 0,75$ | $0,75 \leq \frac{z}{H} \leq 2$ | $\frac{z}{H} \geq 2$ |
| $\beta = 0,5$ | $\beta = 0,8 - 0,4 \cdot \frac{z}{H}$ | $\beta = 0$ |
| | | per: $\frac{H}{D} \leq 0,10$ |
| | | $0,10 < \frac{H}{D} \leq 0,30$ |
| | | $\frac{H}{D} > 0,3$ |
| | | $\gamma = 0$ |
| | | $\gamma = 5 \left(\frac{H}{D} - 0,10\right)$ |
| | | $\gamma = 1$ |

Caso selezionato:

Condizione non isolata

Il coefficiente topografico vale: $c_t = 1,00$

Il coefficiente topografico vale: c_t **1.00**

Coefficiente di esposizione [§3.3.7]

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito (e quindi dalla classe di rugosità del terreno) ove sorge la costruzione; per altezze non maggiori di $z=200\text{m}$ valgono le seguenti espressioni

$$c_e(z) = k_e \cdot c_{t1} \ln(z/z_1) [7 + c_{t1} \ln(z/z_1)] \quad \text{per } z \geq z_{e1}$$

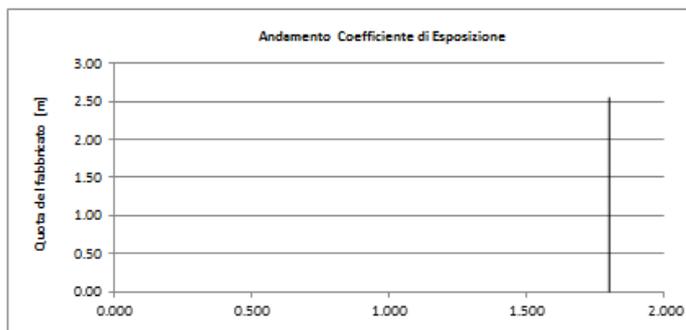
$$c_e(z) = c_{e1}(z_{e1}) \quad \text{per } z < z_{e1}$$

| k_e | z_1 [m] | z_{e1} [m] |
|-------|-----------|--------------|
| 0.19 | 0.05 | 4.00 |

Coefficiente di esposizione minimo $c_{e, \text{min}}$ **1.80** $z < 4.00$

Coefficiente di esposizione alla gr $c_{e, \text{gr}}$ **1.80** $z = 2.55$

Coefficiente di esposizione al colr $c_{e, \text{colr}}$ **1.80** $z = 2.55$



NOTA: La somma della pressione dovuta al carico del vento ed a quello della pressione aerodinamica dei treni sulle superfici orizzontali non deve essere minore a 1.5kN/m^2 . (§5.2.3.2.2 NTC2018 / §2.5.1.8.3.2 MdP)

In ogni caso le azioni aerodinamiche devono essere cumulate con l'azione del vento. L'azione risultante dovrà essere maggiore di un valore minimo, funzione della velocità della linea e comunque di $1,5 \text{ kN/m}^2$ sia nella verifica agli SLE (combinazione caratteristica) sia nella verifica agli SLU con $\gamma_Q = 1,00$ e $\gamma_{Qi} = 1,00$.

A questo scopo, si esamina, un' ulteriore condizione di carico, agente lungo tutto lo sviluppo delle coperture scale, sia sulle superfici verticali che orizzontali, di intensità pari a 1.5kN/m^2 , applicata in combinazioni SLE ed SLU con γ_Q e γ_{Qi} unitari. Entrambe le condizioni di carico, quelle, che includono il carico di vento di progetto con $\gamma_Q = 1.5$, e quelle, che includono il carico vento+aerodinamica pari a 1.5 kPa , sono tenute in conto per il dimensionamento della struttura.

6.4.6.1 Superfici orizzontali parallele al binario

PRESSIONI DEL VENTO

Combinazione più sfavorevole per pareti e copertura:

Valori massimi della pressione per ogni elemento

p (pressione del vento) = $q_s \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_s$

c_d (coefficiente dinamico) c_t (coefficiente topografico) c_e (coefficiente di esposizione)

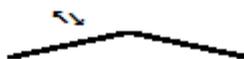
c_s (coefficiente di forma)

| | p [kN/m ²] | c_d | c_t | c_e | c_s | P [kN/m ²] |
|-----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| (1) par. sopra | 0.391 | 1.00 | 1.00 | 1.801 | 0.00 | 0.00 |
| (2) cop. sopra | 0.391 | 1.00 | 1.00 | 1.801 | 1.24 | 0.87 |
| (3) cop. Sotto | 0.391 | 1.00 | 1.00 | 1.801 | 0.00 | 0.00 |
| (4) par. sotto | 0.391 | 1.00 | 1.00 | 1.801 | 0.00 | 0.00 |

2) copertura sopraventi

± 0.87 kN/mq

Direzione del vento



Nel caso specifico si ha:

$$p_1 = 0.391 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.8 \times 1.24 = \mathbf{0.87 \text{ kN/m}^2}$$

6.4.6.2 Superfici verticali parallele al binario

6.4.6.2.1 Carico di vento agente sulla fascia perimetrale

Nel caso in esame la fascia perimetrale della pensilina può essere assimilata a una trave a parete piena. In base al punto C3.3.10.4.1 il coefficiente di forma c_p si determina in base la parametro

$$\phi = S_p/S = 1 \rightarrow c_p = 2.4 - 1 = 1.4$$

A favore di sicurezza, l'altezza della fascia si assume essere pari a 0.4m. Nello specifico si ha:

$$p' = p \times 1.4 \times h_{\text{fascia perimetrale}} = 0.391 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.8 \times 1.4 \times 0.4 = 0.40 \text{ kN/m}$$

6.4.6.2.2 Carico di vento agente sulla lamiera forata

Si considerano coefficienti aerodinamici sulla recinzione metallica, fissata longitudinalmente alla testa pilastri della copertura, di altezza pari a 0.85m, facendo riferimento a EN1991-1-4_E_2005 punto 7.4.1.

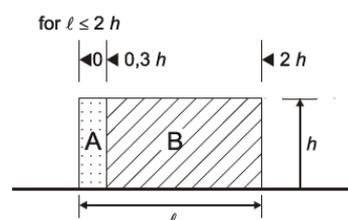
Per pareti autoportanti forate:

$$c_{p,\text{net}} = 1.2$$

Table 7.9 — Recommended pressure coefficients $c_{p,net}$ for free-standing walls and parapets

| Solidity | Zone | A | B | C | D | |
|-----------------|--|------------------|-----|-----|-----|-----|
| $\varphi = 1$ | Without return comers | $\ell/h \leq 3$ | 2,3 | 1,4 | 1,2 | 1,2 |
| | | $\ell/h = 5$ | 2,9 | 1,8 | 1,4 | 1,2 |
| | | $\ell/h \geq 10$ | 3,4 | 2,1 | 1,7 | 1,2 |
| $\varphi = 0,8$ | with return corners of length $\geq h^a$ | 2,1 | 1,8 | 1,4 | 1,2 | |
| | | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | |

^a Linear interpolation may be used for return corner lengths between 0,0 and h



- Copertura TIPO 1

$p'' = p \times 1,2 \times b_{lamiera} = 0,391 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 \times 1,2 \times 2,53 = 2,14 \text{ kN/m}$, ubicata come carico lineare, agente a testa dei pilastri per una lunghezza d'influenza pari all'altezza della lamiera.

- Copertura TIPO 1

$p'' = p \times 1,2 \times b_{lamiera} = 0,391 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 \times 1,2 \times 1,88 = 1,59 \text{ kN/m}$, ubicata come carico lineare, agente a testa dei pilastri per una lunghezza d'influenza pari all'altezza della lamiera.

6.4.6.2.3 Carico di vento agente sui pilastri Ø139.7x12.5

Cautelativamente il carico di vento si calcola come nel punto precedente ipotizzando una superficie d'influenza piena, con larghezza pari al diametro del tubolare. In base al punto C3.3.10.4.1 il coefficiente di forma c_p si determina in base al parametro, per profilo a parete piena.

$$\phi = S_p/S = 1 \rightarrow c_p = 2,4 - 1 = 1,4$$

La pressione del vento sui pilastri è dunque pari a:

$$p''' = p \times 1,4 \times d_{\text{Ø139.7}} = 0,391 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 \times 1,4 \times 0,14 = 0,14 \text{ kN/m}$$

6.4.6.2.4 Carico di vento agente sui pilastri Ø219.1x10

Cautelativamente il carico di vento si calcola come nel punto precedente ipotizzando una superficie d'influenza piena, con larghezza pari al diametro del tubolare. In base al punto C3.3.10.4.1 il coefficiente di forma c_p si determina in base al parametro, per profilo a parete piena.

$$\phi = S_p/S = 1 \rightarrow c_p = 2,4 - 1 = 1,4$$

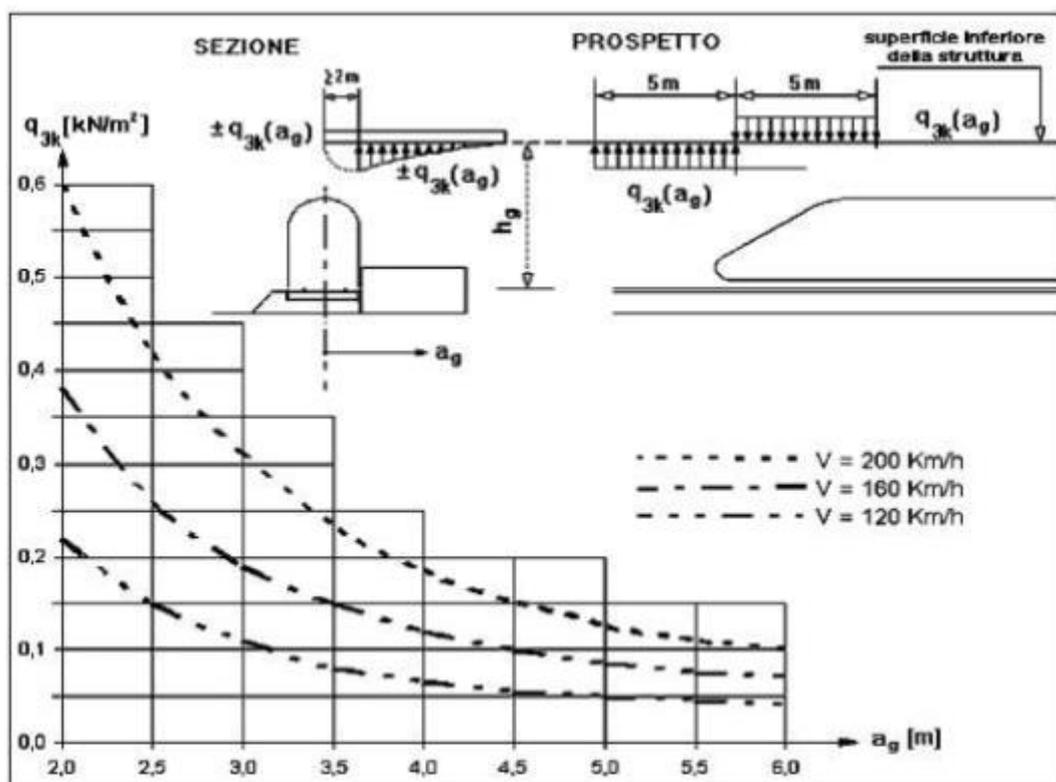
La pressione del vento sui pilastri è dunque pari a:

$$p'''' = p \times 1,4 \times d_{\text{Ø139.7}} = 0,391 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,8 \times 1,4 \times 0,22 = 0,22 \text{ kN/m}$$

6.4.7 Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni

6.4.7.1 Superfici orizzontali parallele al binario

I valori caratteristici dell'azione $\pm q_{3k}$, relativi a superfici orizzontali adiacenti il binario sono forniti al punto 5.2.2.7 delle NTC. In particolare per superfici orizzontali poste in adiacenza al binario vale la figura 5.2.10.



Se la distanza h_G supera i 3.80 m l'azione q_{3k} può essere ridotta del fattore k_3 :

Nel caso specifico $h_G=2.5m$, l'azione non viene ridotta.

Tali pressioni sono state considerate nel modello come carichi lineari applicati ai telai, coerentemente con le aree di influenza di ciascun telaio.

La pressione aerodinamica è stata applicata lungo tutto lo sviluppo della copertura scale, a favore di sicurezza.

6.4.7.1.1 Copertura TIPO 1

Nel caso in esame assumendo per sicurezza una velocità pari a 200 km/h e una distanza pari a a_g 6 metri si ottiene una pressione pari a $q_{3k,1} = 0.1 \text{ kN/m}^2$

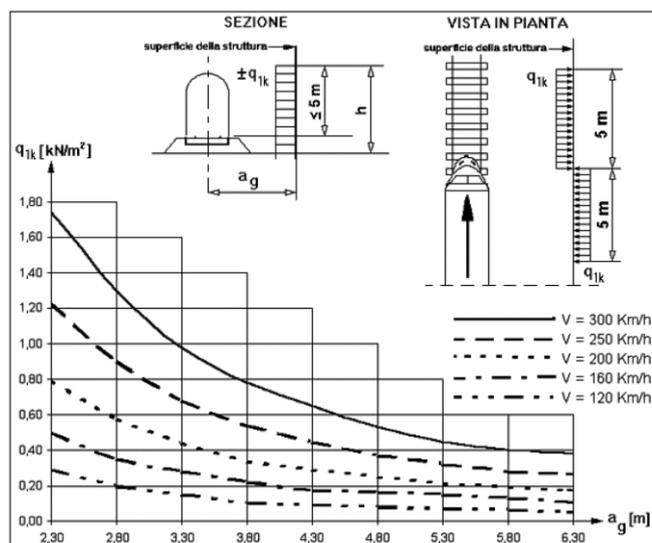
6.4.7.1.2 Copertura TIPO 2

Nel caso in esame assumendo per sicurezza una velocità pari a 200 km/h e una distanza, cautelativa pari a a_g 2 metri si ottiene una pressione pari a $q_{3k,2} = 0.6 \text{ kN/m}^2$.

NOTA: Essendo la tipologia di copertura situata tra due binari, il carico aerodinamico viene raddoppiato, a favore di sicurezza

6.4.7.2 Superfici verticali parallele al binario

I valori caratteristici dell'azione $\pm q_{1k}$ relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti nella figura seguente, in funzione della distanza a_g dall'asse del binario più vicino.



Il valore è relativo a treni con forme aerodinamiche sfavorevoli; per i casi di forme aerodinamiche favorevoli, questi valori dovranno essere corretti per mezzo del fattore k_1 , ove:

$k_1 = 0.85$ per convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata;

$k_1 = 0.60$ per treni aerodinamici.

Nel caso in esame si assume conservativamente $k_1 = 0.85$.

Se l'altezza di un elemento strutturale (o parte della sua superficie di influenza) è $\leq 1.0 \text{ m}$ o se la larghezza è $\leq 2.50 \text{ m}$, l'azione q_{1k} deve essere incrementata del fattore $k_2 = 1.3$.

Nel caso in esame le superfici d'influenza sono di dimensioni minori, quindi l'azione q_{1k} , cautelativamente, va incrementata del fattore k_2 .

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

6.4.7.2.1 Superfici verticali Copertura TIPO 1

Nel caso in esame assumendo per sicurezza una velocità pari a 200 km/h e una distanza pari a a_g 6 metri si ottiene una pressione pari a $q_{1k,1} = 0.2 \text{ kN/m}^2$

Complessivamente si ottiene quindi:

$$q_{1k,1} = 1.3 \times 0.20 \times 0.85 = 0.22 \text{ kN/m}^2$$

- *Pressione aerodinamica agente sulla fascia perimetrale*

$$q_{1k,1}'' = q_{1k,1} \times h_{\text{fascia perimetrale}} = 0.22 \times 0.4 = 0.08 \text{ kN/m}$$

- *Pressione aerodinamica agente sulla lamiera forata*

Essendo la lamiera forata della tipologia TIPO 1, fissata in direzione parallela alla direzione del carico aerodinamico, e la tipologia stessa, disposta a più di 6m di distanza dall'asse binario, il contributo della pressione aerodinamica sulla superficie è trascurabile.

- *Pressione aerodinamica agente sui pilastri*

$$q_{1k,1}''' = q_{1k,1} \times d_{\phi 139.7} = 0.22 \times 0.14 = 0.03 \text{ kN/m}$$

6.4.7.2.2 Superfici verticali Copertura TIPO 2

Nel caso in esame assumendo per sicurezza una velocità pari a 200 km/h e una distanza, cautelativa, pari a a_g 2 metri si ottiene una pressione pari a $q_{1k,1} = 0.8 \text{ kN/m}^2$

Complessivamente si ottiene quindi:

$$q_{1k,2} = 1.3 \times 0.80 \times 0.85 = 0.88 \text{ kN/m}^2$$

- *Pressione aerodinamica agente sulla fascia perimetrale*

$$q_{1k,2}'' = q_{1k,2} \times h_{\text{fascia perimetrale}} = 0.88 \times 0.4 = 0.35 \text{ kN/m}$$

- *Pressione aerodinamica agente sulla lamiera forata*

$q_{1k,2}''' = q_{1k,2} \times b_{\text{lamiera}} = 0.88 \times 1.88 = 1.65 \text{ kN/m}$, ubicata come carico lineare, agente a testa dei pilastri per una lunghezza d'influenza pari all'altezza della lamiera.

- *Pressione aerodinamica agente sui pilastri*

$$q_{1k,2}'''' = q_{1k,2} \times d_{\phi 219.1} = 0.88 \times 0.22 = 0.20 \text{ kN/m}$$

NOTA: Essendo la tipologia situata tra due binari, il carico aerodinamico viene raddoppiato, a favore di sicurezza

6.4.8 Azione sismica

Sulla base di quanto riportato al paragrafo 6 si riporta nel seguito lo spettro elastico e di progetto allo SLV utilizzato per condurre l'analisi dinamica lineare della struttura. Seguono i parametri considerati nel calcolo sismico della pensilina:

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

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.091 g |
| F_g | 2.636 |
| T_c | 0.318 s |
| S_s | 1.500 |
| C_c | 1.532 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.163 s |
| T_C | 0.488 s |
| T_D | 1.965 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.137 |
| T_B ← | 0.163 | 0.361 |
| T_C ← | 0.488 | 0.361 |
| | 0.558 | 0.315 |
| | 0.628 | 0.280 |
| | 0.699 | 0.252 |
| | 0.769 | 0.229 |
| | 0.839 | 0.210 |
| | 0.910 | 0.193 |
| | 0.980 | 0.180 |
| | 1.050 | 0.168 |
| | 1.121 | 0.157 |
| | 1.191 | 0.148 |
| | 1.261 | 0.139 |
| | 1.332 | 0.132 |
| | 1.402 | 0.125 |
| | 1.473 | 0.119 |
| | 1.543 | 0.114 |
| | 1.613 | 0.109 |
| | 1.684 | 0.105 |
| | 1.754 | 0.100 |
| | 1.824 | 0.096 |
| | 1.895 | 0.093 |
| T_D ← | 1.965 | 0.090 |
| | 2.062 | 0.081 |
| | 2.159 | 0.074 |
| | 2.256 | 0.068 |
| | 2.353 | 0.062 |
| | 2.450 | 0.058 |
| | 2.546 | 0.053 |

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

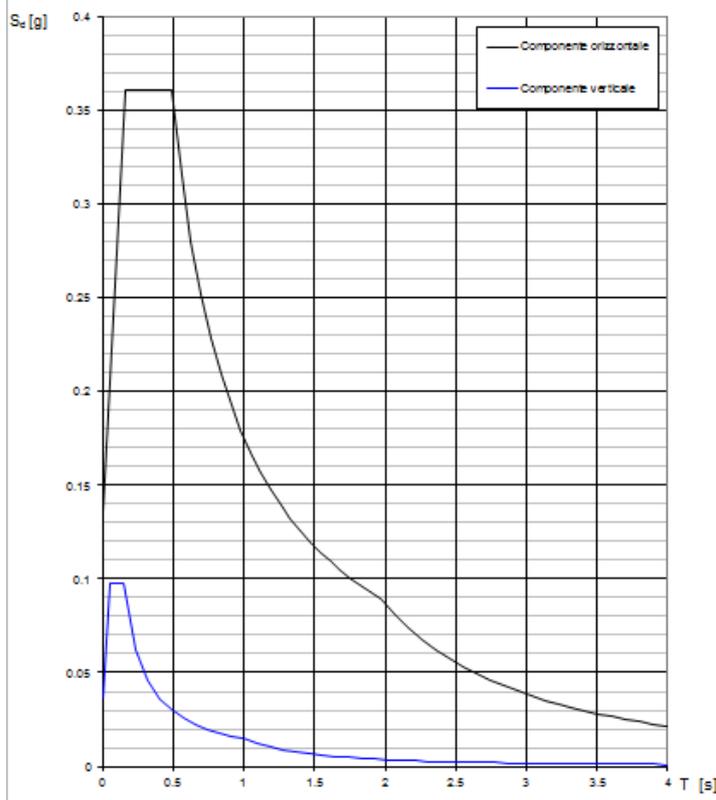
$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

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

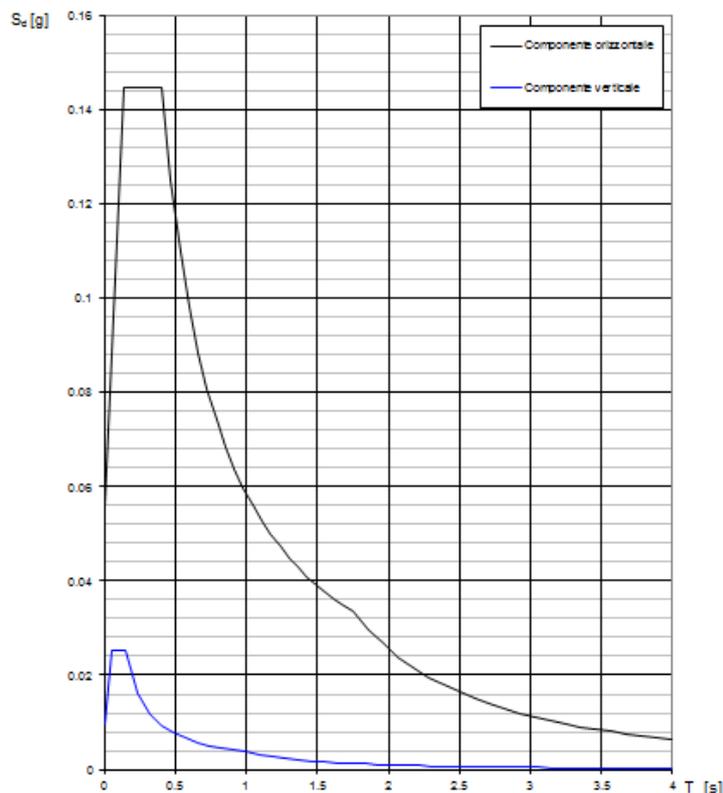
| | |
|-------|-------|
| 2.643 | 0.049 |
| 2.740 | 0.046 |
| 2.837 | 0.043 |
| 2.934 | 0.040 |
| 3.031 | 0.038 |
| 3.128 | 0.035 |
| 3.225 | 0.033 |
| 3.322 | 0.031 |
| 3.419 | 0.030 |
| 3.515 | 0.028 |
| 3.612 | 0.026 |
| 3.709 | 0.025 |
| 3.806 | 0.024 |
| 3.903 | 0.023 |
| 4.000 | 0.022 |

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell'

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



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLO



NOTA: La costruzione oggetto della presente relazione, soggetta all'azione sismica, è stata progettata considerando un comportamento strutturale in campo elastico. Il fattore di struttura utilizzato per le componenti orizzontali e verticali dell'azione sismica è pari a 1.

6.5 Combinazioni di carico

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni di verifica, le azioni elementari descritte al precedente paragrafo, vanno combinate nei vari stati limite di verifica previsti (Esercizio, Stati limite Ultimo statico e Sismico) in accordo a quanto previsto al punto 2.5.3 delle NTC18, tenendo conto dell'approccio di verifica scelto; a tal fine, si riportano per maggiore chiarezza le espressioni generali dei criteri di combinazione delle azioni definiti al 2.5.3 delle DM 17.01.18:

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

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

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

– Combinazione caratteristica (rara). generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione frequente generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione quasi permanente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione sismica. impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots$$

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_x \pm 0.30 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \text{ oppure}$$

$$E = \pm 0.30 \times E_x \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \text{ oppure}$$

$$E = \pm 1.00 \times E_x \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

avendo indicato con E_x , E_Y e E_Z rispettivamente le componenti orizzontali (X e Y) e verticale (Z) dell'azione sismica.

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots$$

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

| Coefficiente | | | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|---|-------------|---------------|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Ballast ⁽³⁾ | favorevoli | γ_B | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico ⁽⁴⁾ | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,45 | 1,45 | 1,25 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Precompressione | favorevole | γ_P | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevole | | 1,00 ⁽⁵⁾ | 1,00 ⁽⁶⁾ | 1,00 |
| Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente | favorevole | γ_{Ce} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevole | d | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni

| Azioni | | Ψ_0 | Ψ_1 | Ψ_2 |
|------------------|---|---------------------|---------------------|----------|
| Azioni singole | Carico sul rilevato a tergo delle spalle | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| da traffico | Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli | 0,80 | 0,50 | 0,0 |
| Gruppi di carico | gr_1 | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr_2 | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | - |
| | gr_3 | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,80 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| | gr_4 | 1,00 | 1,00 ⁽¹⁾ | 0,0 |
| Azioni del vento | F_{wk} | 0,60 | 0,50 | 0,0 |
| Azioni da neve | in fase di esecuzione | 0,80 | 0,0 | 0,0 |
| | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Azioni termiche | T_k | 0,60 | 0,60 | 0,50 |

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

⁽²⁾ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 2.5.I - Valori dei coefficienti di combinazione

| Categoria/Azione variabile | Ψ_{0j} | Ψ_{1j} | Ψ_{2j} |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Categoria A - Ambienti ad uso residenziale | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria B - Uffici | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria D - Ambienti ad uso commerciale | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |

| | | | |
|---|----------------------------|-----|-----|
| Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Categoria I – Coperture praticabili | da valutarsi caso per caso | | |
| Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...) | da valutarsi caso per caso | | |
| Vento | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.) | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.) | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Variazioni termiche | 0,6 | 0,5 | 0,0 |

Nello specifico si ha:

| Gruppo | Tipo | γ | Ψ_0 | Ψ_1 | Ψ_2 |
|--|------------|-----------|----------|----------|----------|
| Carichi permanenti strutturali | Permanente | 1.35/1.00 | 1 | 1 | 1 |
| Carichi permanenti non-strutturali | Permanente | 1.5/0.8* | 1 | 1 | 1 |
| Temperatura | Variabile | 1.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |
| Neve (<1000mslm) | Variabile | 1.5 | 0.5 | 0.2 | 0 |
| Vento in direzione X | Variabile | 1.5 | 0.6 | 0.5 | 0 |
| Vento in direzione Y | Variabile | 1.5 | 0.6 | 0.5 | 0 |
| Vento in direzione verticale | Variabile | 1.5 | 0.6 | 0.5 | 0 |
| Variabili-Pressione aerodinamica | Variabile | 1.45 | 0.8 | 0.5 | 0 |
| Variabili-copertura (cat. H1) - Carico distribuito | Variabile | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| Sisma X-Y-Z | Sismico | 1 | - | - | - |

Nello specifico si ha:

| Condizione di carico | Tipo |
|-----------------------------|-------------|
| MODAL | LinModal |
| PESO_PROPRIO | LinStatic |
| COPERTURA | LinStatic |
| NEVE | LinStatic |
| VENTO_X | LinStatic |
| VENTO_Y | LinStatic |
| VENTO_Verticale | LinStatic |
| EFFETTI_AERODINAMICI_1 | LinStatic |
| EFFETTI_AERODINAMICI_2 | LinStatic |
| CARICHI_VARIABILI | LinStatic |
| V+A=1.5kPa_X | LinStatic |
| V+A=1.5kPa_Y | LinStatic |
| V+A=1.5kPa_Verticale | LinStatic |
| SLV_U1 | LinRespSpec |
| SLV_U2 | LinRespSpec |
| SLV_U3 | LinRespSpec |
| SLO_U1 | LinRespSpec |
| SLO_U2 | LinRespSpec |
| SLO_U3 | LinRespSpec |

**PROGETTO DEFINITIVO****RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA****TRATTA PIADENA-MANTOVA**

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 48 di 127 |

Sono state definite le seguenti combinazioni ausiliari di vento, utilizzate nelle combinazioni di progetto esposte nelle pagine seguenti:

Vento 1 = Vento X + Vento V

Vento 2 = Vento Y + Vento V

Vento 3 = Vento X - Vento V

Vento 4 = Vento Y - Vento V

In modo analogo sono state definite le combinazioni Vento+Aero=1.5kPa

| | | Peso_Proprio | Copertura | Neve | Vento_1 | Vento_2 | Vento_3 | Vento_4 | Effetti_Aerodinamici_1 | Effetti_Aerodinamici_2 | Carichi_variabili | Temperatura | Vento+Aero=1.5kPa_1 | Vento+Aero=1.5kPa_2 | Vento+Aero=1.5kPa_3 | Vento+Aero=1.5kPa_4 |
|--------|---|--------------|-----------|------|---------|---------|---------|---------|------------------------|------------------------|-------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| SLU_01 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_02 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_03 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_04 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_05 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_06 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_07 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_08 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_09 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | 1.45 | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_10 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | 1.45 | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_11 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_12 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_13 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_14 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_15 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | 0.8 | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_16 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | 0.8 | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_17 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | 0.8 | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_18 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | 0.8 | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_19 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | 0.6 | | | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_20 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | 0.6 | | | | | 1 | 0.6 | | | | |

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 51 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--|--|--|--|
| SLU_43 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_44 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_45 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_46 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_47 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | 0.8 | 0.6 | | | | |
| SLU_48 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | 0.8 | 0.6 | | | | |
| SLU_49 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_50 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_51 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_52 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_53 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_54 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_55 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_56 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_57 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_58 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_59 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_60 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_61 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | | 0.8 | 0.6 | | | | |
| SLU_62 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_63 | γ | 1 | 0.8 | | | | 1.5 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_64 | γ | 1 | 0.8 | | | | 1.5 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | 1 | | 0.6 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------|------|-----|-----|--|--|--|--|-----|------|------|--|------|---|---|--|---|---|
| SLU_65 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | 1.45 | | | 1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | 0.8 | | | 0.6 | | | | | |
| SLU_66 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | 1.45 | | | -1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | 0.8 | | | 0.6 | | | | | |
| SLU_67 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | | |
| SLU_68 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | | |
| SLU_69 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | 1 | | | | |
| SLU_70 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | -1 | 1 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | 1 | | | | |
| SLU_71 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | | 1 | | | |
| SLU_72 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | -1 | | 1 | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | | 1 | | | |
| SLU_73 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | 1 | |
| SLU_74 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | -1 | | | | 1 | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | 1 | |
| SLU_75 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | | 1 |
| SLU_76 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | -1 | | | | | 1 |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | | 1 |

| | | Peso_Proprio | Copertura | Neve | Vento_1 | Vento_2 | Vento_3 | Vento_4 | Effetti_Aerodinamici_1 | Effetti_Aerodinamici_2 | Carichi_variabili | Temperatura | Vento+Aero=1.5kPa_1 | Vento+Aero=1.5kPa_2 | Vento+Aero=1.5kPa_3 | Vento+Aero=1.5kPa_4 |
|--------|---|--------------|-----------|------|---------|---------|---------|---------|------------------------|------------------------|-------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| SLU_01 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_02 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_03 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_04 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_05 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_06 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | 0.6 | | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_07 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_08 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_09 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | 1.45 | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_10 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | 1.45 | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | 0.8 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_11 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_12 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 1 | | 0.6 | | | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_13 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_14 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_15 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | 0.8 | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_16 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.45 | | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | 0.8 | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_17 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | 0.8 | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_18 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | | 1.45 | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | | | 0.8 | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_19 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | 1.5 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | 0.6 | | | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_20 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | | 1.5 | | | | | 1.5 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | 0.6 | | | | | 1 | 0.6 | | | | |

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 55 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--|--|--|--|
| SLU_43 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_44 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | | 0.6 | | | | |
| SLU_45 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_46 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_47 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | 0.8 | 0.6 | | | | |
| SLU_48 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 1 | | | 0.8 | 0.6 | | | | |
| SLU_49 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_50 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_51 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_52 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_53 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_54 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_55 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_56 | γ | 1.35 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | | | 1.45 | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | 0.6 | | | 1 | 0.6 | | | | |
| SLU_57 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_58 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | | | 0.6 | | | | |
| SLU_59 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | 1.45 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_60 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_61 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | | 1.45 | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | | 0.8 | 0.6 | | | | |
| SLU_62 | γ | 1 | 0.8 | | | 1.5 | 1.45 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | 1 | 0.8 | | 0.6 | | | | |
| SLU_63 | γ | 1 | 0.8 | | | | 1.5 | | 1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | 1 | | 0.6 | | | | |
| SLU_64 | γ | 1 | 0.8 | | | | 1.5 | | -1.5 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | 1 | | 0.6 | | | | |

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 56 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|------|-----|-----|--|--|--|--|-----|------|------|--|------|---|---|--|---|---|
| SLU_65 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | 1.45 | | | 1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | 0.8 | | | 0.6 | | | | | |
| SLU_66 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | 1.45 | | | -1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | 0.8 | | | 0.6 | | | | | |
| SLU_67 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | | 1.45 | | 1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | | |
| SLU_68 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | 1.5 | | 1.45 | | -1.5 | | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | 1 | | 0.8 | | 0.6 | | | | | |
| SLU_69 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | 1 | | | | |
| SLU_70 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | -1 | 1 | | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | 1 | | | | |
| SLU_71 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | | 1 | | | |
| SLU_72 | γ | 1.35 | 1.5 | 1 | | | | | | | | | -1 | | 1 | | | |
| | ψ | 1 | 1 | 0.5 | | | | | | | | | 0.6 | | 1 | | | |
| SLU_73 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | 1 | |
| SLU_74 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | -1 | | | | 1 | |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | 1 | |
| SLU_75 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | | 1 |
| SLU_76 | γ | 1 | 0.8 | | | | | | | | | | -1 | | | | | 1 |
| | ψ | 1 | 1 | | | | | | | | | | 0.6 | | | | | 1 |

7 RISULTATI ANALISI

7.1 Risultati dell'analisi modale

7.1.1 Pensilina TIPO 1

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

| OutputCase | StepType | StepNum | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ | SumRX | SumRY | SumRZ |
|------------|----------|----------|----------|------------|------------|-------------|----------|----------|-------------|----------|------------|------------|----------|----------|----------|
| Text | Text | Unitless | Sec | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| MODAL | Mode | 1 | 0.225927 | 0.43734 | 0.12772 | 0.000008032 | 0.43734 | 0.12772 | 0.000008032 | 0.01703 | 0.03129 | 0.21898 | 0.01703 | 0.03129 | 0.21898 |
| MODAL | Mode | 2 | 0.204695 | 0.29535 | 0.58244 | 0.00932 | 0.73269 | 0.71015 | 0.00933 | 0.14442 | 0.00762 | 0.53519 | 0.16146 | 0.03891 | 0.75417 |
| MODAL | Mode | 3 | 0.182727 | 0.16446 | 0.2192 | 0.00274 | 0.89716 | 0.92935 | 0.01206 | 0.06064 | 0.04381 | 0.19037 | 0.2221 | 0.08272 | 0.94454 |
| MODAL | Mode | 4 | 0.147101 | 0.07175 | 0.00151 | 0.00052 | 0.96891 | 0.93086 | 0.01258 | 0.00071 | 0.00325 | 0.0032 | 0.22281 | 0.08597 | 0.94774 |
| MODAL | Mode | 5 | 0.116857 | 0.01164 | 0.00249 | 0.0118 | 0.98055 | 0.93336 | 0.02438 | 0.02604 | 0.00164 | 0.00337 | 0.24885 | 0.08761 | 0.9511 |
| MODAL | Mode | 6 | 0.111459 | 0.00001216 | 0.03648 | 0.09198 | 0.98056 | 0.96983 | 0.11636 | 0.14033 | 0.02324 | 0.01759 | 0.38918 | 0.11085 | 0.9687 |
| MODAL | Mode | 7 | 0.104884 | 0.001 | 0.02719 | 0.01869 | 0.98157 | 0.99703 | 0.13506 | 0.03738 | 0.07246 | 0.02343 | 0.42656 | 0.18331 | 0.99213 |
| MODAL | Mode | 8 | 0.09517 | 0.00361 | 0.00003797 | 0.00165 | 0.98518 | 0.99706 | 0.1367 | 0.0006 | 0.00005835 | 0.00026 | 0.42716 | 0.18337 | 0.99239 |
| MODAL | Mode | 9 | 0.087042 | 0.00456 | 0.00005212 | 0.02325 | 0.98974 | 0.99712 | 0.15995 | 0.01685 | 0.01526 | 0.00561 | 0.44401 | 0.19862 | 0.998 |
| MODAL | Mode | 10 | 0.080422 | 0.0086 | 0.00004748 | 0.03691 | 0.99834 | 0.99716 | 0.19686 | 0.00837 | 0.00031 | 0.00005534 | 0.45237 | 0.19893 | 0.99805 |

TABLE: Modal Load Participation Ratios

| OutputCase | ItemType | Item | Static | Dynamic |
|------------|--------------|------|---------|---------|
| Text | Text | Text | Percent | Percent |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 99.9956 |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 99.9824 |
| MODAL | Acceleration | UZ | 99.7153 | 71.8766 |

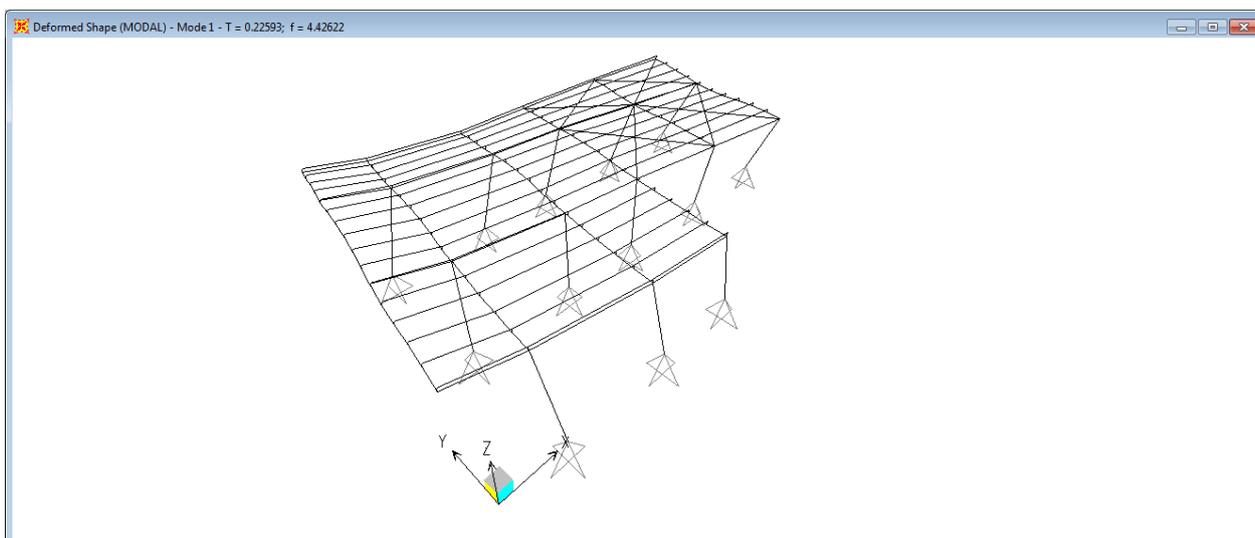


Figura 20 – Modo principale – TIPO 1

7.1.2 Pensilina TIPO 2

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

| OutputCase | StepType | StepNum | Period | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX | RY | RZ | SumRX | SumRY | SumRZ |
|------------|----------|----------|----------|----------|-------------|------------|----------|----------|----------|-------------|-----------|-------------|----------|----------|----------|
| Text | Text | Unitless | Sec | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| MODAL | Mode | 1 | 0.220178 | 0 | 0.77184 | 0 | 0 | 0.77184 | 0 | 0.51401 | 0 | 0.93243 | 0.51401 | 0 | 0.93243 |
| MODAL | Mode | 2 | 0.191003 | 0 | 0.22576 | 0 | 0 | 0.9976 | 0 | 0.15042 | 0 | 0.00527 | 0.66443 | 0 | 0.9377 |
| MODAL | Mode | 3 | 0.175812 | 0.99772 | 0 | 0.0001 | 0.99772 | 0.9976 | 0.0001 | 0.00002432 | 0.16637 | 0.0602 | 0.66445 | 0.16637 | 0.99791 |
| MODAL | Mode | 4 | 0.062162 | 0 | 0.00002954 | 2.478E-18 | 0.99772 | 0.99763 | 0.0001 | 0.00002314 | 2.145E-18 | 0.00005137 | 0.66448 | 0.16637 | 0.99796 |
| MODAL | Mode | 5 | 0.048025 | 0 | 0.00002819 | 3.793E-19 | 0.99772 | 0.99766 | 0.0001 | 0.00002996 | 0 | 0.000004298 | 0.66451 | 0.16637 | 0.99796 |
| MODAL | Mode | 6 | 0.039699 | 0.00182 | 5.734E-18 | 0.05771 | 0.99954 | 0.99766 | 0.05781 | 0.01376 | 0.13063 | 0.00011 | 0.67826 | 0.297 | 0.99807 |
| MODAL | Mode | 7 | 0.038401 | 0 | 0.00001346 | 1.527E-17 | 0.99954 | 0.99767 | 0.05781 | 0.000009613 | 5.585E-17 | 0.00007758 | 0.67827 | 0.297 | 0.99815 |
| MODAL | Mode | 8 | 0.034933 | 0 | 0.000005265 | 6.099E-16 | 0.99954 | 0.99768 | 0.05781 | 0.000000692 | 1.526E-16 | 4.879E-07 | 0.67827 | 0.297 | 0.99815 |
| MODAL | Mode | 9 | 0.031371 | 0 | 0.00001092 | 2.343E-18 | 0.99954 | 0.99769 | 0.05781 | 7.055E-07 | 4.26E-17 | 0.000007757 | 0.67827 | 0.297 | 0.99816 |
| MODAL | Mode | 10 | 0.02914 | 0.0004 | 2.159E-18 | 0.00001567 | 0.99994 | 0.99769 | 0.05783 | 0.000003735 | 0.00012 | 0.00002438 | 0.67828 | 0.29713 | 0.99818 |

TABLE: Modal Load Participation Ratios

| OutputCase | ItemType | Item | Static | Dynamic |
|------------|--------------|------|---------|---------|
| Text | Text | Text | Percent | Percent |
| MODAL | Acceleration | UX | 100 | 99.9986 |
| MODAL | Acceleration | UY | 100 | 99.9977 |
| MODAL | Acceleration | UZ | 97.4399 | 68.8953 |

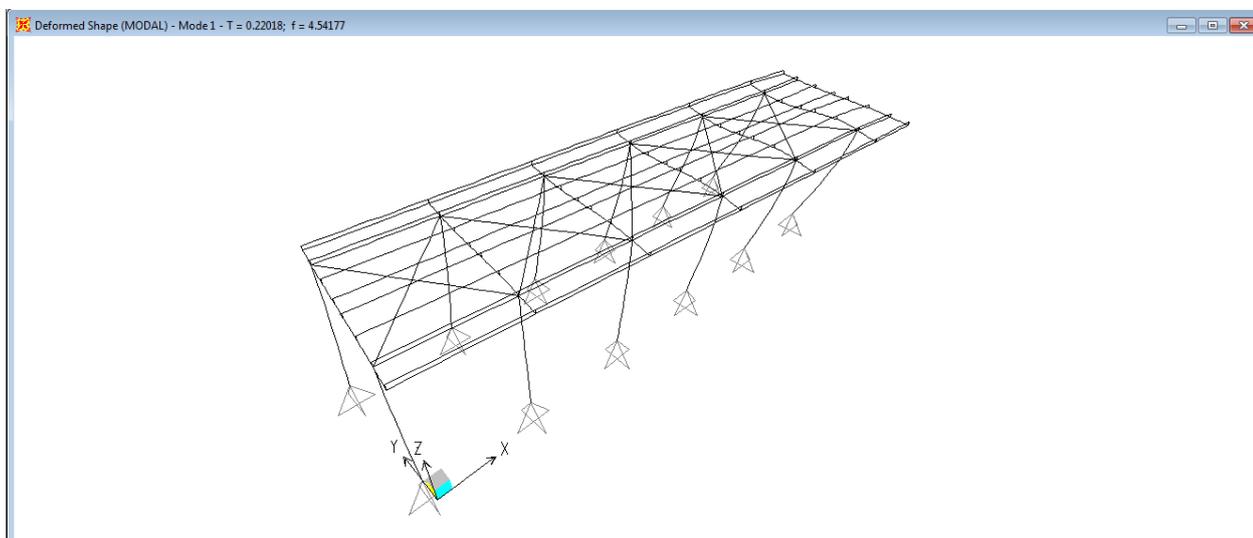


Figura 21 – Modo principale - TIPO 2

7.2 Stati Limite Ultimo (SLU)

7.2.1 Inviluppo diagrammi delle sollecitazioni di progetto

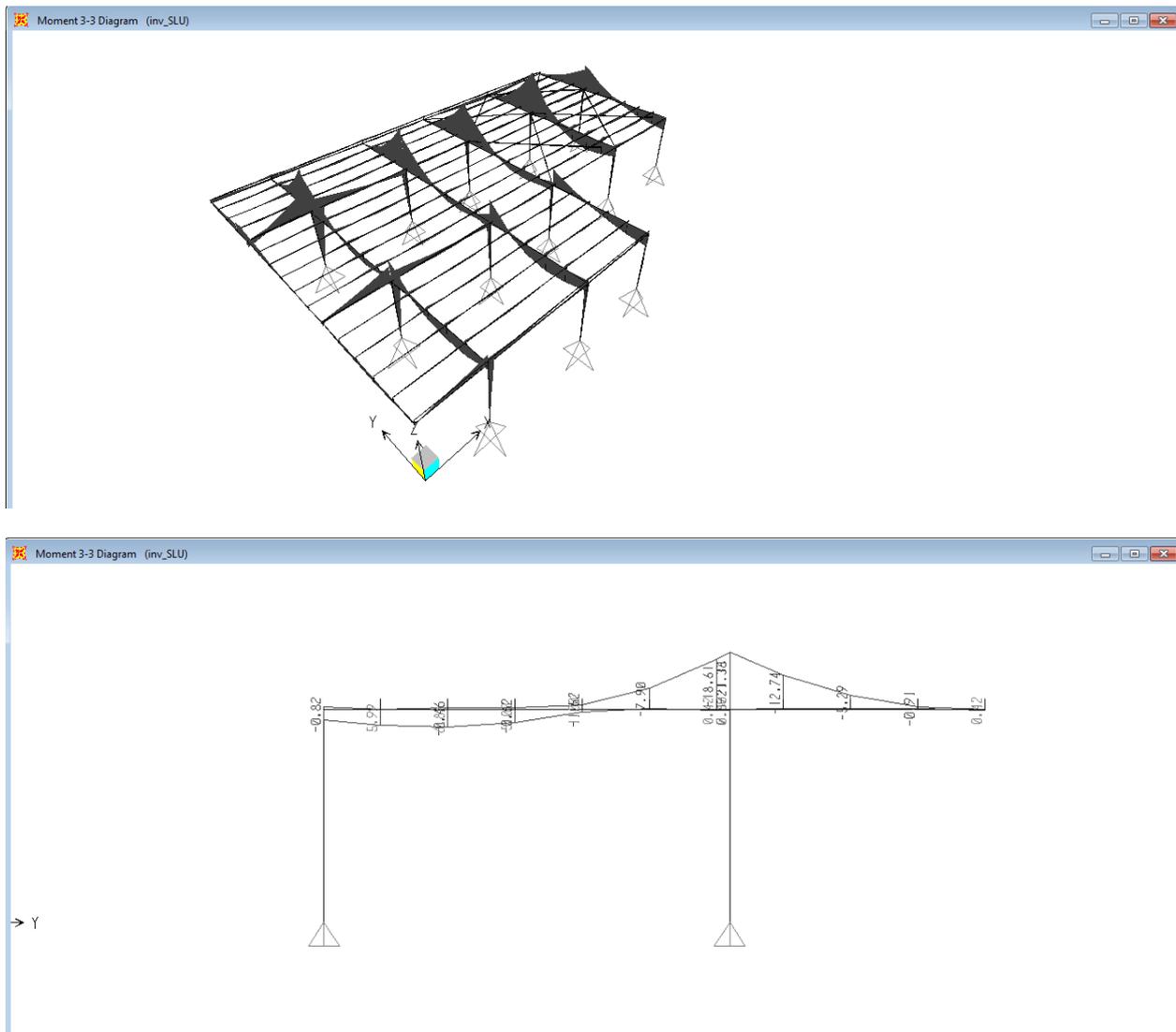


Figura 22 – Momenti flettenti (asse maggiore) da INV_SLU [KN.m] TIPO 1

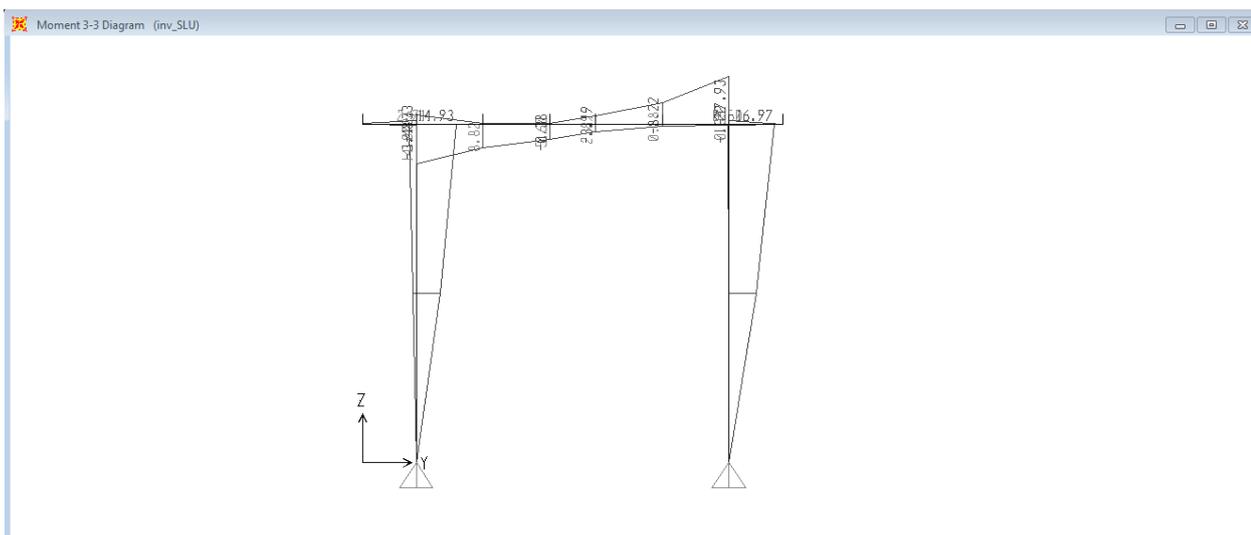
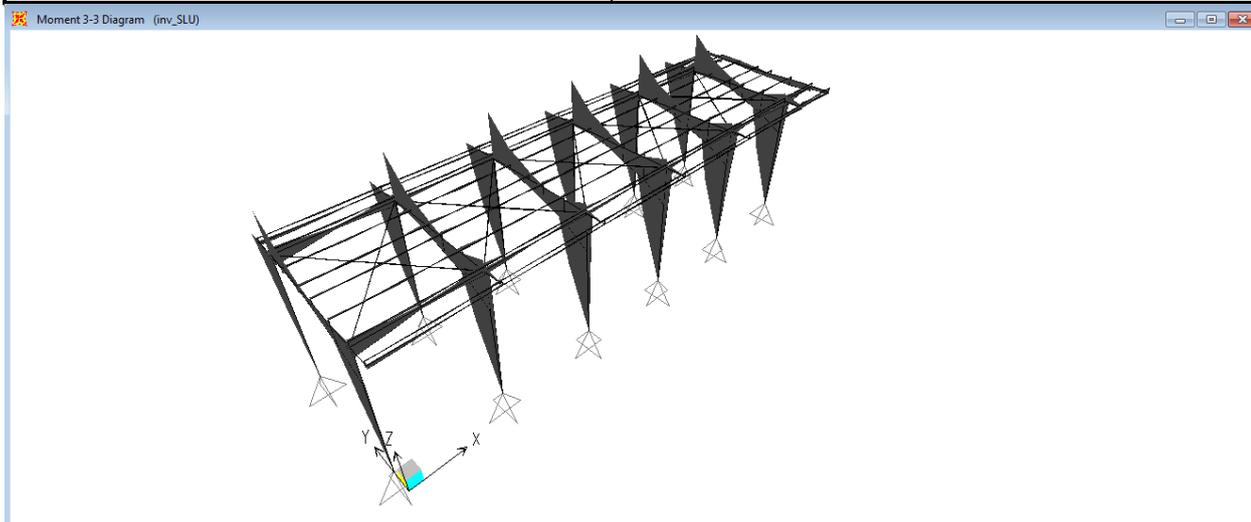


Figura 23 – Momenti flettenti (asse maggiore) da INV_SLU [KN.m] TIPO 2

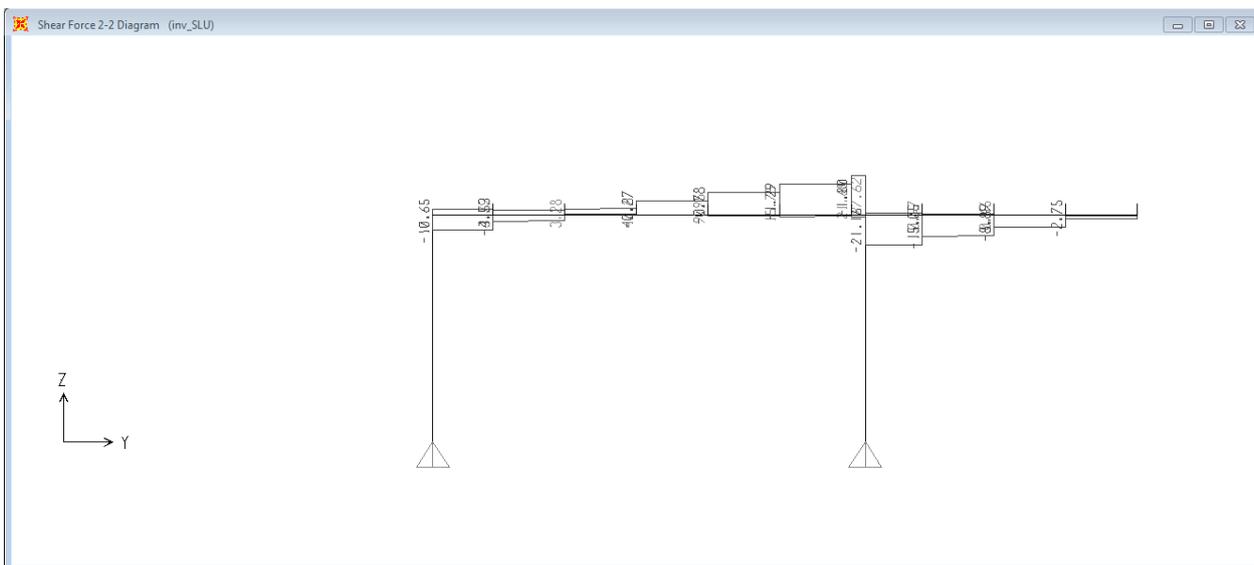
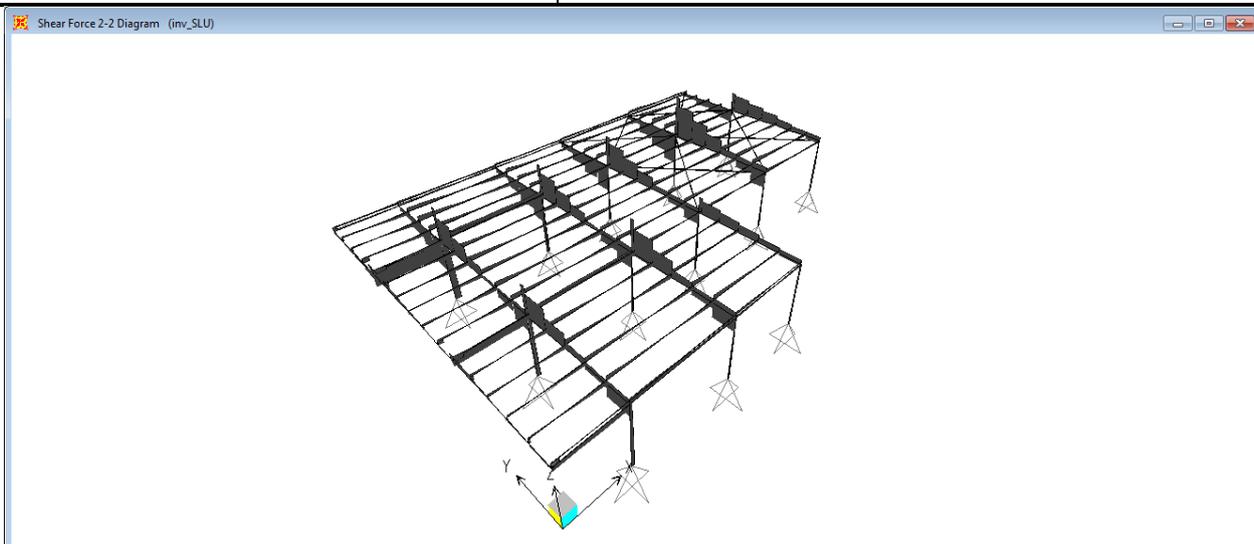


Figura 24 – Taglio (asse maggiore) da INV_SLU [kN] TIPO 1

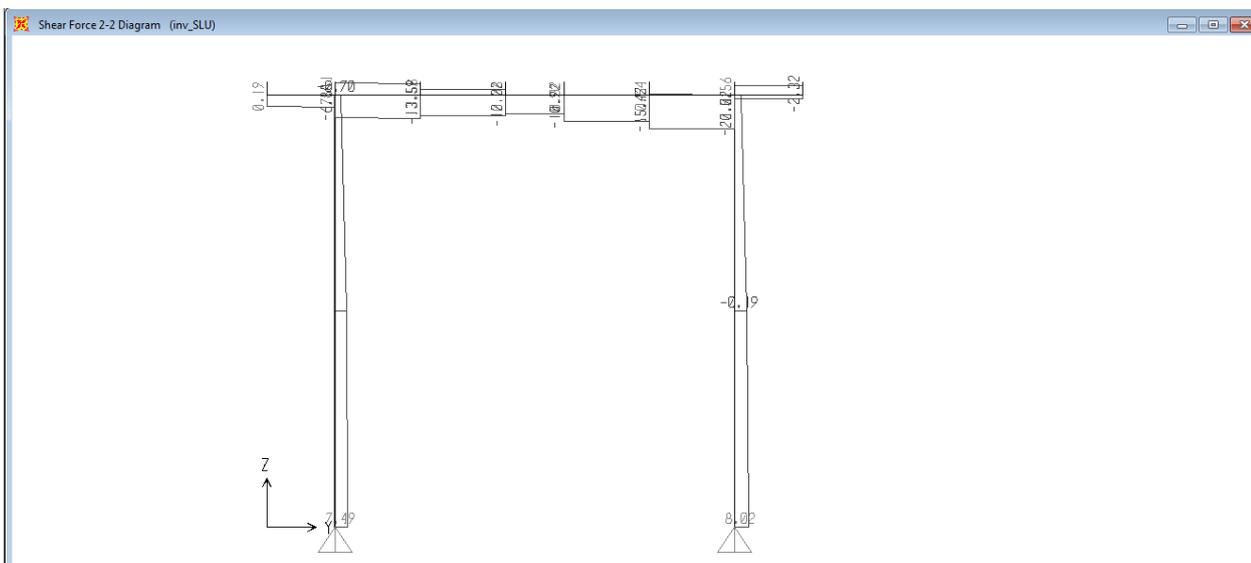
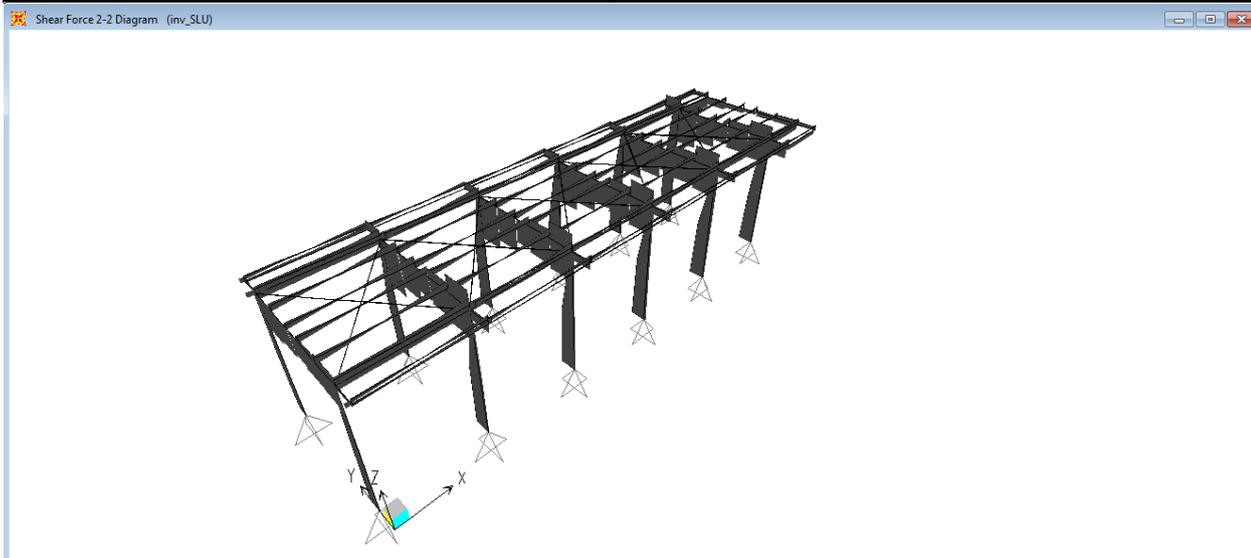


Figura 25 – Taglio (asse maggiore) da INV_SLU [kN] TIPO 2

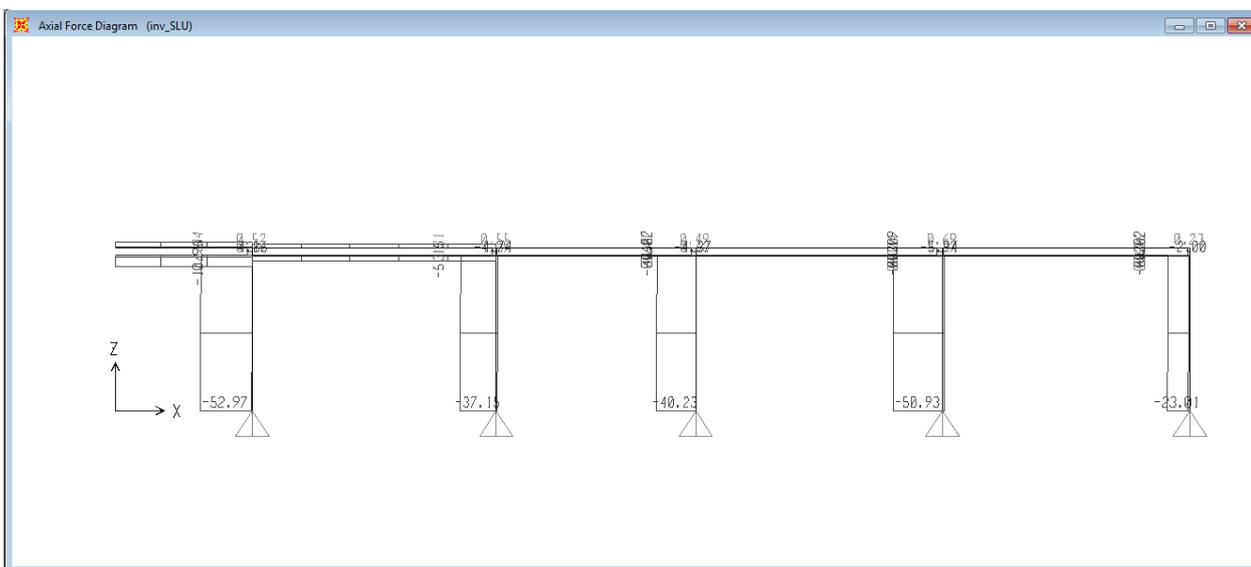
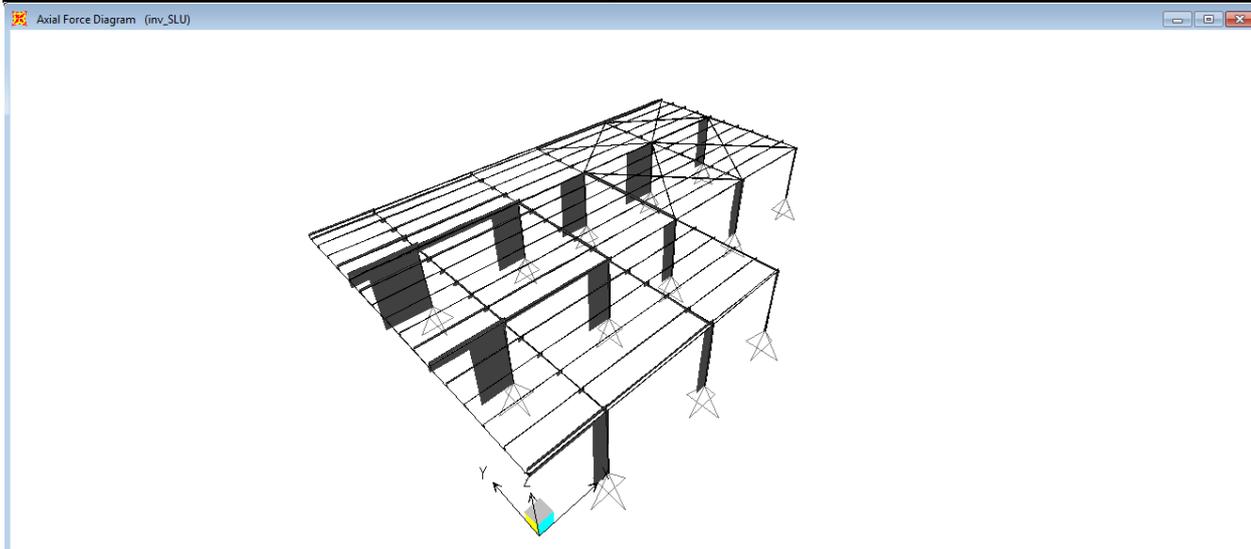


Figura 26 – Sforzi normali da INV_SLU [kN] TIPO 1

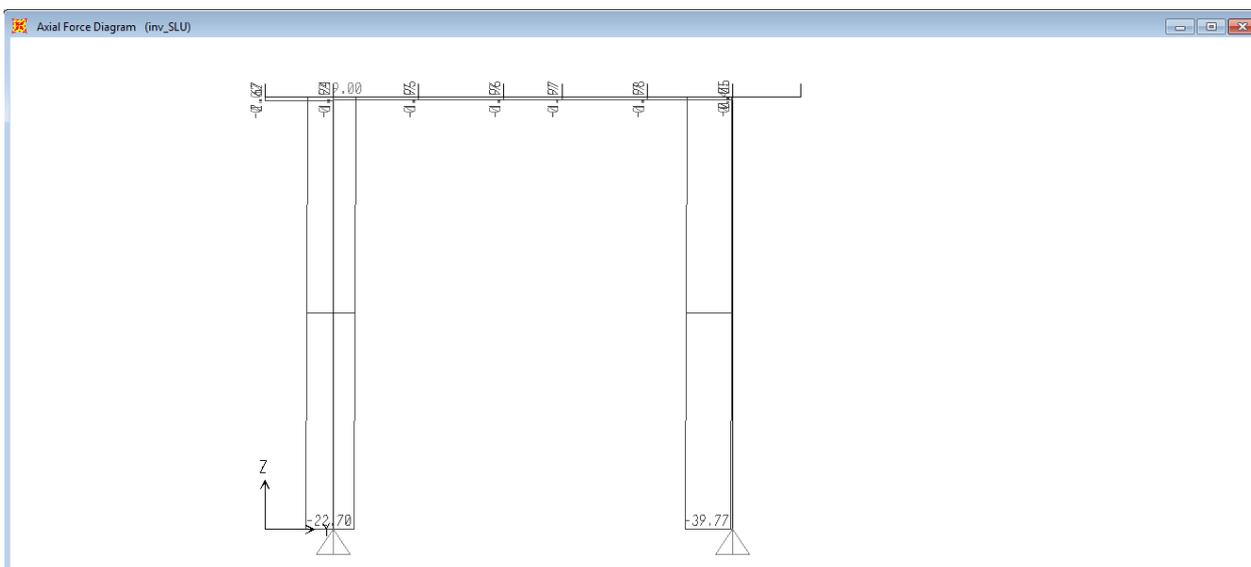
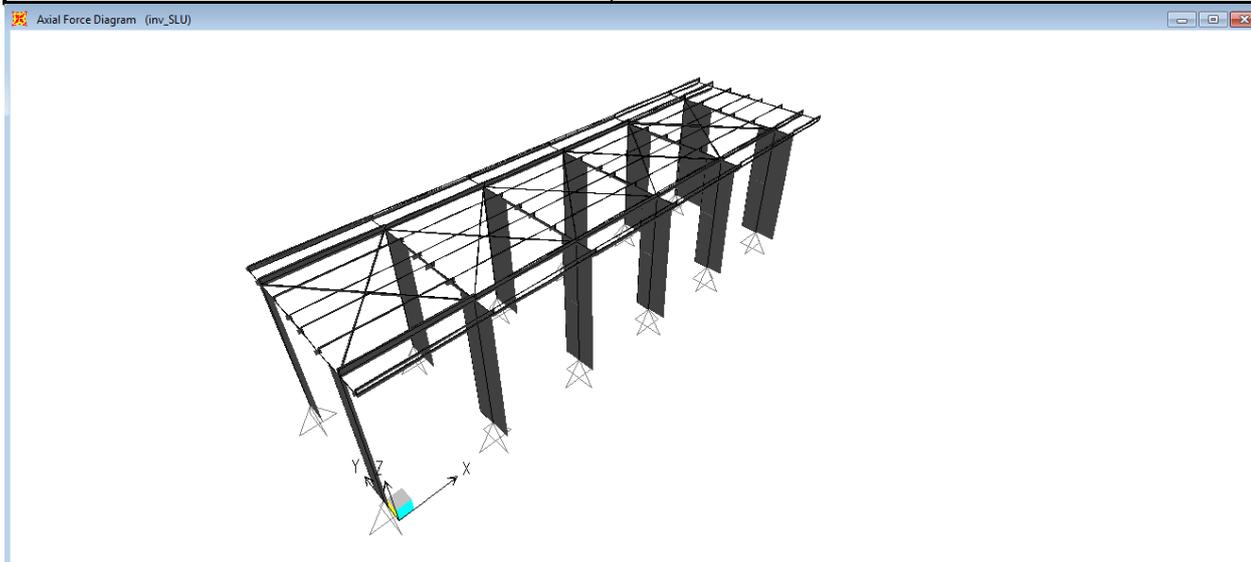


Figura 27 – Sforzi normali da INV_SLU [kN] TIPO 2

7.3 Stati Limite di Esercizio (SLE)

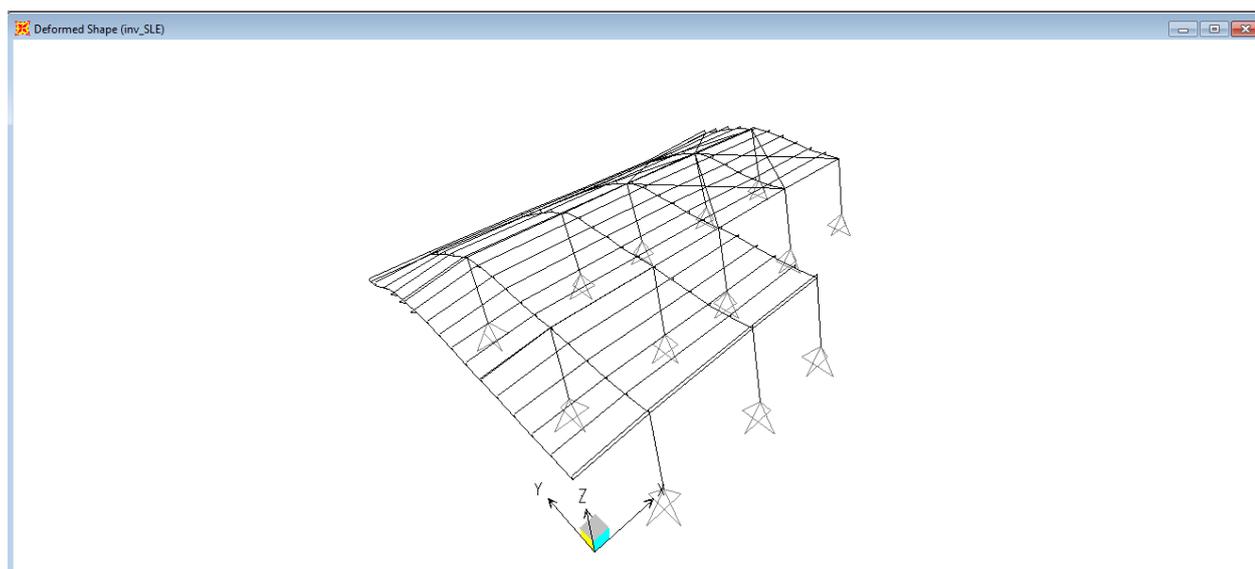


Figura 28 – Deformazioni da INV_SLE_Rare [mm] TIPO 1

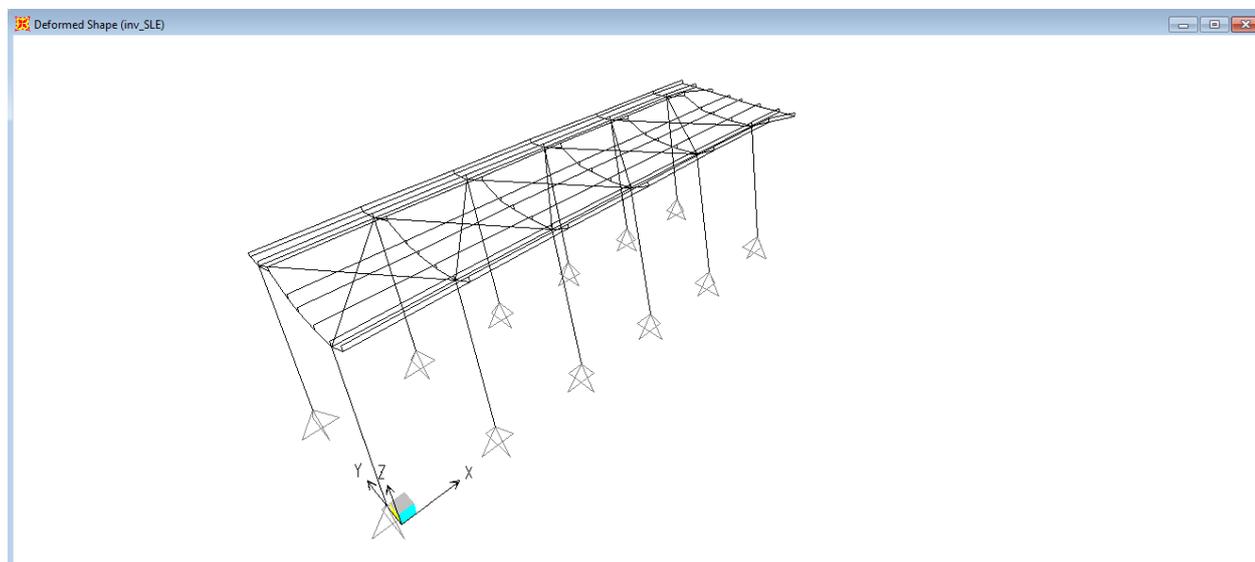


Figura 29 – Deformazioni da INV_SLE_Rare [mm] TIPO 2

8 CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per le condizioni SLU, sia per quelle SLE, sono quelli definiti al par. 4.2 del DM 17.01.18.

9 VERIFICHE DELLE MEMBRATURE METALLICHE

In seguito si riportano i risultati delle verifiche di resistenza delle membrature metalliche. Le verifiche sono state effettuate tramite il modulo “Steel Frame Design” del programma SAP2000

9.1 Pensilina TIPO 1

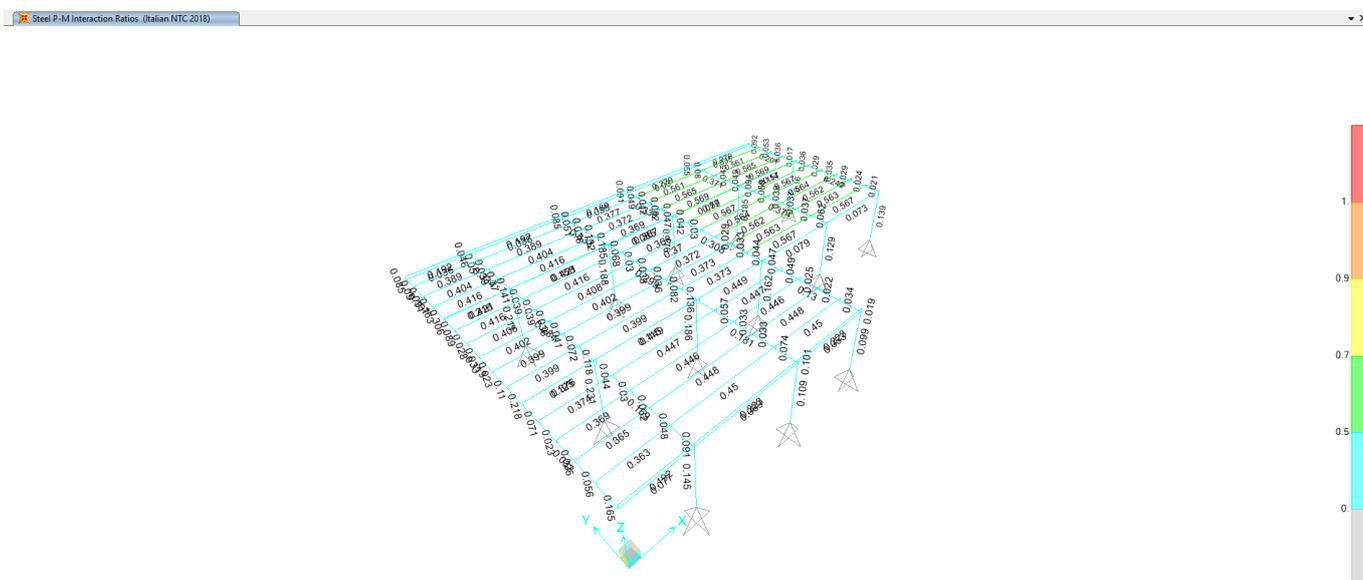
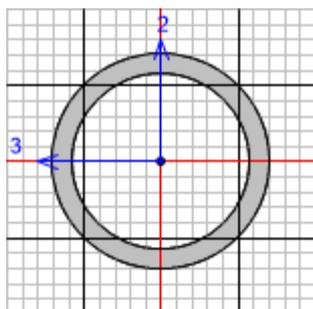


Figura 30 – Tasso di sfruttamento delle membrature TIPO 1

9.1.1 Verifiche delle colonne Ø139.7x12.5

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione, che contraddistingue i pilastri della struttura della pensilina condotte con il software SAP2000 (si considera la sezione maggiormente sollecitata).



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

| | | | |
|-------------|-------------|----------------------|-----------------------------|
| Frame : 287 | X Mid: 1.4 | Combo: SLV 16 | Design Type: Column |
| Length: 1.6 | Y Mid: 2.58 | Shape: CHS139.7x12.5 | Frame Type: Non Dissipative |
| Loc : 1.6 | Z Mid: 0.8 | Class: Class 1 | Rolled : No |

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|------------|
| GammaM0=1.05 | GammaM1=1.05 | GammaM2=1.25 | D/C Lim=1. |
| An/Ag=1. | RLLF=1. | PLLF=0. | |

| | | | | |
|--------------|---------------|------------|------------------|-------------------|
| Aeff=0.005 | eNy=0. | eNz=0. | | |
| A=0.005 | Iyy=1.020E-05 | iyy=0.045 | Wel,yy=1.460E-04 | Weff,yy=1.460E-04 |
| It=2.040E-05 | Izz=1.020E-05 | izz=0.045 | Wel,zz=1.460E-04 | Weff,zz=1.460E-04 |
| Iw=0. | Iyz=0. | h=0.14 | Wpl,yy=2.029E-04 | Av,y=0.003 |
| E=210000000. | fy=275000. | fu=430000. | Wpl,zz=2.029E-04 | Av,z=0.003 |

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| | | | | | | |
|----------|---------|--------|---------|--------|--------|-----|
| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
| 1.6 | -14.645 | -3.568 | -11.128 | -0.906 | -5.011 | 0. |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0.231 = 0.011 + sqrt[(0.067)^2 + (0.209)^2] < 1. OK
= (Ned/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2] (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

| | | | |
|-------|---------|----------|----------|
| | Ned | Nc,Rd | Nt,Rd |
| | Force | Capacity | Capacity |
| Axial | -14.645 | 1308.249 | 1308.249 |

| | | | | | |
|--|----------|----------|------------|----------|-------|
| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
| | 1308.249 | 1546.493 | 403452.995 | 1372.601 | 1. |

| | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-------|----------|
| | Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
| Major (y-y) | c | 0.49 | 1372.601 | 1. | 1.196 | 0.54 | 706.081 |
| MajorB (y-y) | c | 0.49 | 10206.363 | 0.367 | 0.608 | 0.915 | 1196.669 |
| Minor (z-z) | c | 0.49 | 1682.92 | 0.903 | 1.08 | 0.598 | 781.949 |
| MinorB (z-z) | c | 0.49 | 11665.73 | 0.343 | 0.594 | 0.927 | 1212.758 |

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 68 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

Torsional TF c 0.49 1372.601 1. 1.196 0.54 706.081

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med, span Moment | Mm, Ed Moment | Meq, Ed Moment |
|-------------|---------------|---------------------|------------------|-------------------|
| Major (y-y) | -3.568 | -3.568 | -1.784 | -2.141 |
| Minor (z-z) | -11.128 | -11.128 | -5.564 | -6.677 |

| | Mc, Rd Capacity | Mv, Rd Capacity | Mn, Rd Capacity | Mb, Rd Capacity |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Major (y-y) | 53.14 | 53.14 | 53.14 | 53.14 |
| Minor (z-z) | 53.14 | 53.14 | 53.14 | |

| LTB | Curve d | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
|-----|------------|---------|-------------|-------|-------|------|----------|
| | | 0.76 | 0.138 | 0.486 | 1. | 1.75 | 2914.139 |

| Factors | kyy | kyz | kzy | kzz |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.601 | 0.361 | 0.361 | 0.601 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc, Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 2.23 | 0. | 480.85 | 0.005 | OK |
| Minor (y) | 6.955 | 0. | 480.85 | 0.014 | OK |

| Reduction | Vpl, Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|---------|-----|------------|
| | 480.85 | 1. | 0. |

La verifica ha esito positivo!



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D 44 | CLFV1100002 | A | 69 di 127 |

9.1.2 Verifiche delle travi Tubo 160x80x10

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione che contraddistingue le mensole della struttura della pensilina condotte con il software SAP2000 (si considera la sezione maggiormente sollecitata).

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 315 X Mid: 8.47 Combo: SLU 72 Design Type: Beam
 Length: 3.02 Y Mid: 4.09 Shape: TUBO160X80X10 Frame Type: Non Dissipative
 Loc : 3.02 Z Mid: 1.6 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
 An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0. D/C Lim=1.

Aeff=0.004 eNy=0. eNz=0.
 A=0.004 Iyy=1.359E-05 iyy=0.056 Wel, yy=1.699E-04 Weff, yy=1.699E-04
 It=1.002E-05 Izz=4.307E-06 izz=0.031 Wel, zz=1.077E-04 Weff, zz=1.077E-04
 Iw=0. Iyz=0. h=0.16 Wpl, yy=2.180E-04 Av, y=0.001
 E=210000000. fy=275000. fu=430000. Wpl, zz=1.300E-04 Av, z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med, yy | Med, zz | Ved, z | Ved, y | Ted |
|----------|--------|---------|---------|--------|--------|-------|
| 3.02 | -0.936 | -21.325 | -0.121 | 27.176 | 0.438 | 0.019 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1(6y))

D/C Ratio: 0.374 = 0.374 < 1. OK
 = (My, Ed/Mn, y, Rd) (EC3 6.2.9.1(6y))

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned | Nc, Rd | Nt, Rd | | | |
|--------------|----------|------------|------------|---------|-------|----------|
| Axial | Force | Capacity | Capacity | | | |
| | -0.936 | 1152.381 | 1152.381 | | | |
| | Npl, Rd | Nu, Rd | Ncr, T | Ncr, TF | An/Ag | |
| | 1152.381 | 1362.24 | 198969.316 | 978.769 | 1. | |
| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb, Rd |
| Major (y-y) | a 0.21 | 112667.456 | 0.104 | 0.495 | 1. | 1152.381 |
| MajorB(y-y) | a 0.21 | 112667.456 | 0.104 | 0.495 | 1. | 1152.381 |
| Minor (z-z) | a 0.21 | 978.769 | 1.112 | 1.214 | 0.588 | 677.499 |
| MinorB(z-z) | a 0.21 | 978.769 | 1.112 | 1.214 | 0.588 | 677.499 |
| Torsional TF | a 0.21 | 978.769 | 1.112 | 1.214 | 0.588 | 677.499 |

MOMENT DESIGN

| | Med | Med, span | Mm, Ed | Meq, Ed |
|-------------|---------|-----------|---------|---------|
| | Moment | Moment | Moment | Moment |
| Major (y-y) | -21.325 | -21.325 | -21.325 | -21.325 |
| Minor (z-z) | -0.121 | -0.121 | -0.121 | -0.121 |

| | Mc, Rd | Mv, Rd | Mn, Rd | Mb, Rd |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | Capacity | Capacity | Capacity | Capacity |
| Major (y-y) | 57.095 | 57.095 | 57.095 | 57.095 |
| Minor (z-z) | 34.048 | 34.048 | 34.048 | |

Curve AlphaLT LambdaBarLT PhiLT ChiLT psi Mcr



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 70 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

LTB d 0.76 0.163 0.499 1. 2.534 2255.357

Factors kyy kyz kzy kzz
 0.853 0.24 0.512 0.4

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 27.176 | 0.019 | 443.551 | 0.061 | OK |
| Minor (y) | 0.438 | 0.019 | 221.776 | 0.002 | OK |

| Reduction | Vpl,Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|---------|-----|------------|
| | 443.551 | 1. | 0.172 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| Major (V2) | VMajor Left | VMajor Right |
|------------|----------------|-----------------|
| | 10.646 | 27.624 |

La verifica ha esito positivo!



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D 44 | CLFV1100002 | A | 71 di 127 |

9.1.3 Verifiche delle travi Tubo 160x80x8

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione che contraddistingue le travi longitudinali della struttura della pensilina condotte con il software SAP2000 (si considera la sezione maggiormente sollecitata).

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

| | | | |
|-------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Frame : 305 | X Mid: 0.7 | Combo: SLU 24 | Design Type: Beam |
| Length: 1.4 | Y Mid: 5.6 | Shape: TUBO160X80X8 | Frame Type: Non Dissipative |
| Loc : 0. | Z Mid: 1.6 | Class: Class 1 | Rolled : Yes |

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|------------|
| GammaM0=1.05 | GammaM1=1.05 | GammaM2=1.25 | |
| An/Ag=1. | RLLF=1. | PLLF=0. | D/C Lim=1. |

| | | | | |
|--------------|---------------|------------|-------------------|--------------------|
| Aeff=0.004 | eNy=0. | eNz=0. | | |
| A=0.004 | Iyy=1.138E-05 | iyy=0.056 | Wel, yy=1.423E-04 | Weff, yy=1.423E-04 |
| It=8.555E-06 | Izz=3.681E-06 | izz=0.032 | Wel, zz=9.203E-05 | Weff, zz=9.203E-05 |
| Iw=0. | Iyz=0. | h=0.16 | Wpl, yy=1.802E-04 | Av, y=0.001 |
| E=210000000. | fy=275000. | fu=430000. | Wpl, zz=1.085E-04 | Av, z=0.002 |

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med, yy | Med, zz | Ved, z | Ved, y | Ted |
|----------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|
| 0. | -10.545 | -10.21 | 0.093 | -9.31 | 0.168 | -0.09 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1(6y))

D/C Ratio: 0.216 = 0.216 < 1. OK
= (My, Ed/Mn, y, Rd) (EC3 6.2.9.1(6y))

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned | Nc, Rd | Nt, Rd | | | | |
|--------------|---------|----------|------------|-----------|-------|-------|---------|
| Axial | Force | Capacity | Capacity | | | | |
| | -10.545 | 938.667 | 938.667 | | | | |
| | Npl, Rd | Nu, Rd | Ncr, T | Ncr, TF | An/Ag | | |
| | 938.667 | 1109.606 | 164429.658 | 3892.501 | 1. | | |
| | Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb, Rd |
| Major (y-y) | a | 0.21 | 12033.868 | 0.286 | 0.55 | 0.981 | 920.551 |
| MajorB(y-y) | a | 0.21 | 12033.868 | 0.286 | 0.55 | 0.981 | 920.551 |
| Minor (z-z) | a | 0.21 | 3892.501 | 0.503 | 0.658 | 0.923 | 866.65 |
| MinorB(z-z) | a | 0.21 | 3892.501 | 0.503 | 0.658 | 0.923 | 866.65 |
| Torsional TF | a | 0.21 | 3892.501 | 0.503 | 0.658 | 0.923 | 866.65 |

MOMENT DESIGN

| | Med | Med, span | Mm, Ed | Meq, Ed |
|-------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Moment | Moment | Moment | Moment |
| Major (y-y) | -10.21 | -10.21 | -3.876 | -5.143 |
| Minor (z-z) | 0.093 | 0.093 | -0.025 | 0.057 |

| | Mc, Rd | Mv, Rd | Mn, Rd | Mb, Rd |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | Capacity | Capacity | Capacity | Capacity |
| Major (y-y) | 47.195 | 47.195 | 47.195 | 47.195 |
| Minor (z-z) | 28.417 | 28.417 | 28.417 | |

| Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
|-------|---------|-------------|-------|-------|-----|-----|
|-------|---------|-------------|-------|-------|-----|-----|

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 72 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

LTB d 0.76 0.122 0.478 1. 2.02 3313.256

| | kyy | kzy | kzy | kzz |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| Factors | 0.504 | 0.241 | 0.303 | 0.401 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 9.31 | 0.09 | 361.293 | 0.026 | OK |
| Minor (y) | 0.168 | 0.09 | 180.646 | 0.001 | OK |

| | Vpl,Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|---------|-----|------------|
| Reduction | 361.293 | 1. | 0.217 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | VMajor Left | VMajor Right |
|------------|----------------|-----------------|
| Major (V2) | 9.31 | 8.789 |

La verifica ha esito positivo!



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NM25 | 03 | D 44 | CLFV1100002 | A | 73 di 127 |

9.1.4 Verifiche degli arcarecci Tubo 60x40x2.5

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

Frame : 344 X Mid: 9.735 Combo: SLU_16 Design Type: Beam
Length: 2.53 Y Mid: 6. Shape: TUBO60x40x2.5 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 2.53 Z Mid: 1.68 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0. D/C Lim=1.

Aeff=4.750E-04 eNy=0. eNz=0.
A=4.750E-04 Iyy=0. iyy=0.022 Wel,yy=7.825E-06 Weff,yy=7.825E-06
It=0. Izz=0. izz=0.016 Wel,zz=6.174E-06 Weff,zz=6.174E-06
Iw=0. Iyz=0. h=0.06 Wpl,yy=9.531E-06 Av,y=2.000E-04
E=210000000. fy=275000. fu=430000. Wpl,zz=7.156E-06 Av,z=2.750E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|--------|--------|--------|-------|-----------|------|
| 2.53 | -0.033 | -1.42 | -0.002 | 3.117 | 7.647E-04 | 0.01 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1(6y))
D/C Ratio: 0.569 = 0.569 < 1. OK
= (My,Ed/Mn,y,Rd) (EC3 6.2.9.1(6y))

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned | Nc,Rd | Nt,Rd | | | |
|--------------|---------|----------|-----------|--------|-------|--------|
| | Force | Capacity | Capacity | | | |
| Axial | -0.033 | 124.405 | 124.405 | | | |
| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag | |
| | 124.405 | 147.06 | 26207.358 | 39.986 | 1. | |
| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
| Major (y-y) | c 0.49 | 76.009 | 1.311 | 1.631 | 0.384 | 47.801 |
| MajorB(y-y) | c 0.49 | 76.009 | 1.311 | 1.631 | 0.384 | 47.801 |
| Minor (z-z) | c 0.49 | 39.986 | 1.807 | 2.527 | 0.233 | 28.975 |
| MinorB(z-z) | c 0.49 | 39.986 | 1.807 | 2.527 | 0.233 | 28.975 |
| Torsional TF | c 0.49 | 39.986 | 1.807 | 2.527 | 0.233 | 28.975 |

MOMENT DESIGN

| | Med | Med, span | Mm,Ed | Meq,Ed | | |
|-------------|----------|-------------|------------|------------|-------|--------|
| | Moment | Moment | Moment | Moment | | |
| Major (y-y) | -1.42 | -1.42 | -1.42 | -1.42 | | |
| Minor (z-z) | -0.002 | -0.002 | -6.319E-04 | -8.254E-04 | | |
| | Mc,Rd | Mv,Rd | Mn,Rd | Mb,Rd | | |
| | Capacity | Capacity | Capacity | Capacity | | |
| Major (y-y) | 2.496 | 2.496 | 2.496 | 2.48 | | |
| Minor (z-z) | 1.874 | 1.874 | 1.874 | | | |
| Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
| LTB | d 0.76 | 0.228 | 0.537 | 0.993 | 1.789 | 50.288 |
| | kyy | kzy | kzy | kzz | | |
| Factors | 0.611 | 0.31 | 0.367 | 0.517 | | |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D 44 | CLFV1100002 | A | 74 di 127 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 3.117 | 0.01 | 41.583 | 0.075 | OK |
| Minor (y) | 7.647E-04 | 0.01 | 30.242 | 2.529E-05 | OK |

| | Vp1,Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|--------|-----|------------|
| Reduction | 41.583 | 1. | 0.273 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

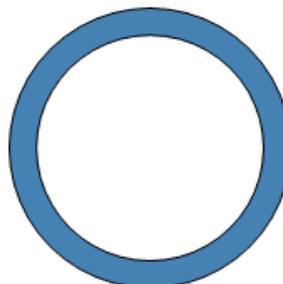
| | VMajor Left | VMajor Right |
|------------|----------------|-----------------|
| Major (V2) | 1.995 | 3.117 |

La verifica ha esito positivo!

26,9 x 2,6 wamgefertigt

d 26.9 mm

t 2.6 mm



| | | | | | |
|----------------------|---------|-------------------|-----------------------|--------|-----------------|
| A | 1.985 | cm ² | I | 1.482 | cm ⁴ |
| G | 1.558 | kg/m | i | 0.864 | cm |
| g_k | 0.01558 | kN/m | W | 1.102 | cm ³ |
| U | 0.08451 | m ² /m | S | 0.7706 | cm ³ |
| d / t | 10.3 | | W_{pl} | 1.541 | cm ³ |

I_T 2.964 cm⁴ **KSL** a

W_T 2.203 cm³

Sforzo assiale massimo: $N=1.6$ kN (comb. inv_SLV dal modelo SAP2000)

$N_{Ed}= 2 \times N= 3.2$ kN

$N_{Rd}= A \times f_y/\gamma_{M0} = 51.98$ kN

$N_{Ed} < N_{Rd}$

La verifica ha esito positivo!

9.2 Pensilina TIPO 2

Steel P-M Interaction Ratios (Italian NTC 2018)

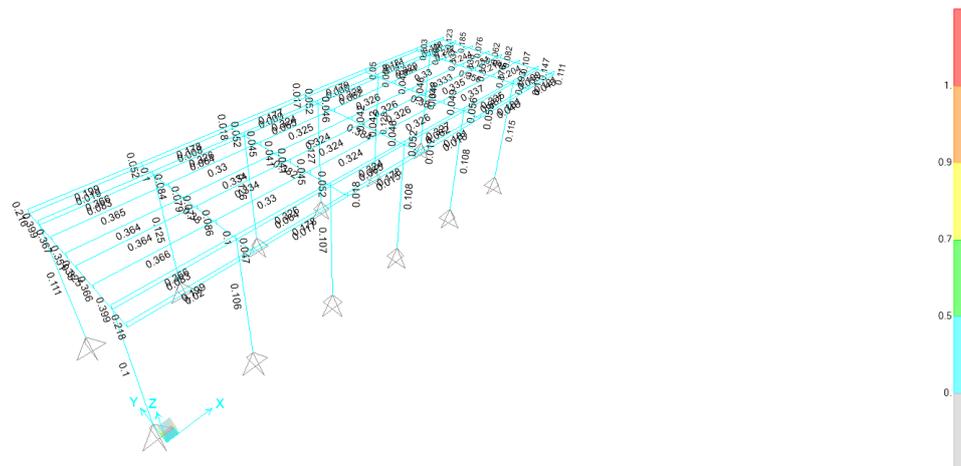
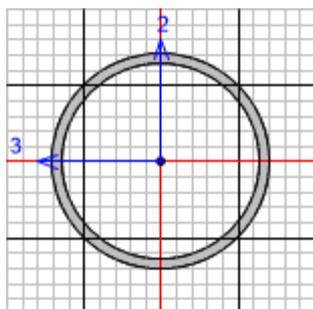


Figura 32 – Tasso di sfruttamento delle membrature TIPO 2

9.2.1 Verifiche delle colonne Ø219.1x10

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione, che contraddistingue i pilastri della struttura della pensilina condotte con il software SAP2000 (si considera la sezione maggiormente sollecitata).



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

| | | | |
|--------------|--------------|--------------------|-----------------------------|
| Frame : 10 | X Mid: 7.52 | Combo: SLU 45 | Design Type: Column |
| Length: 2.55 | Y Mid: 2.74 | Shape: CHS219.1x10 | Frame Type: Non Dissipative |
| Loc : 2.55 | Z Mid: 1.275 | Class: Class 1 | Rolled : No |

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|------------|
| GammaM0=1.05 | GammaM1=1.05 | GammaM2=1.25 | |
| An/Ag=1. | RLLF=1. | PLLF=0. | D/C Lim=1. |

| | | | | |
|--------------|---------------|------------|------------------|-------------------|
| Aeff=0.007 | eNy=0. | eNz=0. | | |
| A=0.007 | Iyy=3.598E-05 | iyy=0.074 | Wel,yy=3.285E-04 | Weff,yy=3.285E-04 |
| It=7.197E-05 | Izz=3.598E-05 | izz=0.074 | Wel,zz=3.285E-04 | Weff,zz=3.285E-04 |
| Iw=0. | Iyz=0. | h=0.219 | Wpl,yy=4.376E-04 | Av,y=0.004 |
| E=210000000. | fy=355000. | fu=510000. | Wpl,zz=4.376E-04 | Av,z=0.004 |

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| | | | | | | |
|----------|---------|---------|--------|-------|--------|-----|
| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
| 2.55 | -27.896 | -16.972 | 2.469 | 1.789 | -0.968 | 0. |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))

D/C Ratio: 0.128 = 0.013 + sqrt[(0.115)^2 + (0.017)^2] < 1. OK
= (Ned/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2] (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

| | | | |
|-------|---------|----------|----------|
| | Ned | Nc,Rd | Nt,Rd |
| | Force | Capacity | Capacity |
| Axial | -27.896 | 2220.971 | 2220.971 |

| | | | | | |
|--|----------|----------|-----------|----------|-------|
| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag |
| | 2220.971 | 2412.163 | 530578.75 | 1966.506 | 1. |

| | | | | | | |
|--------------|-------|------|-----------|-------|-------|----------|
| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
| Major (y-y) | c | 0.49 | 11469.72 | 0.451 | 0.663 | 0.87 |
| MajorB (y-y) | c | 0.49 | 11469.72 | 0.451 | 0.663 | 0.87 |
| Minor (z-z) | c | 0.49 | 1966.506 | 1.089 | 1.311 | 0.49 |
| MinorB (z-z) | c | 0.49 | 14379.62 | 0.403 | 0.631 | 0.896 |
| | | | | | | 1932.34 |
| | | | | | | 1932.34 |
| | | | | | | 1088.592 |
| | | | | | | 1989.739 |

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 79 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

Torsional TF c 0.49 1966.506 1.089 1.311 0.49 1088.592

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med, span Moment | Mm, Ed Moment | Meq, Ed Moment |
|-------------|---------------|---------------------|------------------|-------------------|
| Major (y-y) | -16.972 | -16.972 | -16.972 | -16.972 |
| Minor (z-z) | 2.469 | 2.469 | 1.235 | 1.481 |

| | Mc, Rd Capacity | Mv, Rd Capacity | Mn, Rd Capacity | Mb, Rd Capacity |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Major (y-y) | 147.937 | 147.937 | 147.937 | 147.937 |
| Minor (z-z) | 147.937 | 147.937 | 147.937 | |

| LTB | Curve d | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
|-----|------------|---------|-------------|-------|-------|------|----------|
| | | 0.76 | 0.173 | 0.505 | 1. | 1.53 | 5171.893 |

| Factors | kyy | kyz | kzy | kzz |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.679 | 0.361 | 0.408 | 0.602 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc, Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 1.789 | 0. | 816.323 | 0.002 | OK |
| Minor (y) | 0.968 | 0. | 816.323 | 0.001 | OK |

| Reduction | Vpl, Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|---------|-----|------------|
| | 816.323 | 1. | 0. |

La verifica ha esito positivo!



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D 44 | CLFV1100002 | A | 80 di 127 |

9.2.2 Verifiche delle travi Tubo 160x80x8

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione che contraddistingue le travi longitudinali della struttura della pensilina condotte con il software SAP2000 (si considera la sezione maggiormente sollecitata).

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

| | | | |
|--------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Frame : 22 | X Mid: 5.64 | Combo: SLU 45 | Design Type: Beam |
| Length: 3.14 | Y Mid: 1.57 | Shape: TUBO160X80X8 | Frame Type: Non Dissipative |
| Loc : 0.4 | Z Mid: 2.55 | Class: Class 1 | Rolled : Yes |

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

| | | | |
|--------------|--------------|--------------|------------|
| GammaM0=1.05 | GammaM1=1.05 | GammaM2=1.25 | |
| An/Ag=1. | RLLF=1. | PLLF=0. | D/C Lim=1. |

| | | | | |
|--------------|---------------|------------|-------------------|--------------------|
| Aeff=0.004 | eNy=0. | eNz=0. | | |
| A=0.004 | Iyy=1.138E-05 | iy=0.056 | Wel, yy=1.423E-04 | Weff, yy=1.423E-04 |
| It=8.555E-06 | Izz=3.681E-06 | izz=0.032 | Wel, zz=9.203E-05 | Weff, zz=9.203E-05 |
| Iw=0. | Iyz=0. | h=0.16 | Wpl, yy=1.802E-04 | Av, y=0.001 |
| E=210000000. | fy=275000. | fu=430000. | Wpl, zz=1.085E-04 | Av, z=0.002 |

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med, yy | Med, zz | Ved, z | Ved, y | Ted |
|----------|--------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 0.4 | -2.438 | -18.114 | -0.102 | -21.928 | -0.26 | 0.004 |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1 (6y))

D/C Ratio: 0.384 = 0.384 < 1. OK
 = (My, Ed/Mn, y, Rd) (EC3 6.2.9.1 (6y))

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned | Nc, Rd | Nt, Rd |
|-------|--------|----------|----------|
| Axial | Force | Capacity | Capacity |
| | -2.438 | 938.667 | 938.667 |

| | Npl, Rd | Nu, Rd | Ncr, T | Ncr, TF | An/Ag |
|--|---------|----------|------------|----------|-------|
| | 938.667 | 1109.606 | 164429.658 | 1393.327 | 1. |

| | Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb, Rd |
|--------------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-------|---------|
| Major (y-y) | a | 0.21 | 94345.522 | 0.102 | 0.495 | 1. | 938.667 |
| MajorB (y-y) | a | 0.21 | 94345.522 | 0.102 | 0.495 | 1. | 938.667 |
| Minor (z-z) | a | 0.21 | 1393.327 | 0.841 | 0.921 | 0.771 | 724.105 |
| MinorB (z-z) | a | 0.21 | 1393.327 | 0.841 | 0.921 | 0.771 | 724.105 |
| Torsional TF | a | 0.21 | 1393.327 | 0.841 | 0.921 | 0.771 | 724.105 |

MOMENT DESIGN

| | Med | Med, span | Mm, Ed | Meq, Ed |
|-------------|---------|-----------|---------|---------|
| | Moment | Moment | Moment | Moment |
| Major (y-y) | -18.114 | -18.114 | -24.307 | -18.114 |
| Minor (z-z) | -0.102 | -0.145 | -0.137 | -0.145 |

| | Mc, Rd | Mv, Rd | Mn, Rd | Mb, Rd |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | Capacity | Capacity | Capacity | Capacity |
| Major (y-y) | 47.195 | 47.195 | 47.195 | 47.195 |
| Minor (z-z) | 28.417 | 28.417 | 28.417 | |

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D.44 | CLFV1100002 | A | 81 di 127 |

RELAZIONE DI CALCOLO

| | | | | | | | |
|-----|------------|-----------------|----------------------|----------------|-------------|--------------|-----------------|
| LTB | Curve d | AlphaLT 0.76 | LambdaBarLT 0.149 | PhiLT 0.491 | ChiLT 1. | psi 2.288 | Mcr 2245.088 |
|-----|------------|-----------------|----------------------|----------------|-------------|--------------|-----------------|

| | | | | |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Factors | kyy 0.691 | kzy 0.241 | kzy 0.415 | kzz 0.401 |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 21.928 | 0.004 | 361.293 | 0.061 | OK |
| Minor (y) | 0.26 | 0.004 | 180.646 | 0.001 | OK |

| | | | |
|-----------|-------------------|-----------|---------------------|
| Reduction | Vpl,Rd 361.293 | Eta 1. | LambdaBarW 0.221 |
|-----------|-------------------|-----------|---------------------|

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | | |
|------------|-------------------------|--------------------------|
| Major (V2) | VMajor Left 3.685 | VMajor Right 3.667 |
|------------|-------------------------|--------------------------|

La verifica ha esito positivo!



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| | | | | | |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| NM25 | 03 | D 44 | CLFV1100002 | A | 82 di 127 |

9.2.3 Verifiche degli arcarecci Tubo 60x40x2.5

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

Frame : 116 X Mid: 0.94 Combo: SLU_16 Design Type: Beam
Length: 1.88 Y Mid: 0.9 Shape: TUBO60x40x2.5 Frame Type: Non Dissipative
Loc : 1.88 Z Mid: 2.63 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0. D/C Lim=1.

Aeff=4.750E-04 eNy=0. eNz=0.
A=4.750E-04 Iyy=0. iyy=0.022 Wel,yy=7.825E-06 Weff,yy=7.825E-06
It=0. Izz=0. izz=0.016 Wel,zz=6.174E-06 Weff,zz=6.174E-06
Iw=0. Iyz=0. h=0.06 Wpl,yy=9.531E-06 Av,y=2.000E-04
E=210000000. fy=275000. fu=430000. Wpl,zz=7.156E-06 Av,z=2.750E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

| Location | Ned | Med,yy | Med,zz | Ved,z | Ved,y | Ted |
|----------|--------|--------|--------|-------|------------|-----|
| 1.88 | -1.203 | -0.914 | 0.002 | 2.758 | -7.674E-04 | 0. |

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1(6y))
D/C Ratio: 0.366 = 0.366 < 1. OK
= (My,Ed/Mn,y,Rd) (EC3 6.2.9.1(6y))

AXIAL FORCE DESIGN

| | Ned Force | Nc,Rd Capacity | Nt,Rd Capacity | | | |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|--------|-------|--------|
| Axial | -1.203 | 124.405 | 124.405 | | | |
| | Npl,Rd | Nu,Rd | Ncr,T | Ncr,TF | An/Ag | |
| | 124.405 | 147.06 | 26207.358 | 72.416 | 1. | |
| Curve | Alpha | Ncr | LambdaBar | Phi | Chi | Nb,Rd |
| Major (y-y) | c 0.49 | 137.654 | 0.974 | 1.164 | 0.555 | 69.055 |
| MajorB(y-y) | c 0.49 | 137.654 | 0.974 | 1.164 | 0.555 | 69.055 |
| Minor (z-z) | c 0.49 | 72.416 | 1.343 | 1.682 | 0.371 | 46.17 |
| MinorB(z-z) | c 0.49 | 72.416 | 1.343 | 1.682 | 0.371 | 46.17 |
| Torsional TF | c 0.49 | 72.416 | 1.343 | 1.682 | 0.371 | 46.17 |

MOMENT DESIGN

| | Med Moment | Med, span Moment | Mm,Ed Moment | Meq,Ed Moment | | |
|-------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|
| Major (y-y) | -0.914 | -0.914 | -0.914 | -0.914 | | |
| Minor (z-z) | 0.002 | 0.002 | 7.930E-04 | 9.372E-04 | | |
| | Mc,Rd Capacity | Mv,Rd Capacity | Mn,Rd Capacity | Mb,Rd Capacity | | |
| Major (y-y) | 2.496 | 2.496 | 2.496 | 2.496 | | |
| Minor (z-z) | 1.874 | 1.874 | 1.874 | | | |
| Curve | AlphaLT | LambdaBarLT | PhiLT | ChiLT | psi | Mcr |
| LTB | d 0.76 | 0.179 | 0.508 | 1. | 2.165 | 81.923 |
| Factors | kyy | kzy | kzy | kzz | | |
| | 0.526 | 0.379 | 0.316 | 0.632 | | |



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA

TRATTA PIADENA-MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|-------------|------|-----------|
| NM25 | 03 | D 44 | CLFV1100002 | A | 83 di 127 |

SHEAR DESIGN

| | Ved Force | Ted Torsion | Vc,Rd Capacity | Stress Ratio | Status Check |
|-----------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Major (z) | 2.758 | 0. | 41.583 | 0.066 | OK |
| Minor (y) | 7.674E-04 | 0. | 30.242 | 2.537E-05 | OK |

| | Vpl,Rd | Eta | LambdabarW |
|-----------|--------|-----|------------|
| Reduction | 41.583 | 1. | 0.272 |

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

| | VMajor Left | VMajor Right |
|------------|----------------|-----------------|
| Major (V2) | 2.38 | 2.758 |

La verifica ha esito positivo!

9.2.4 Verifiche dei controventi $\varnothing 26.9 \times 2.6$

I controventi vengono modellati con elementi frame a cui si assegnano dei release di tipo M2-M3 ed un modulo elastico dimezzato. Nel modello di calcolo sono stati considerati reagenti sia a trazione, che a compressione nell'ambito dell'analisi statica lineare. Le verifiche di resistenza, comunque, sono eseguite con il doppio dello sforzo assiale agente del controvento.

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione scelta per i controventi condotte con un calcolo manuale (si considera la sezione maggiormente sollecitata).

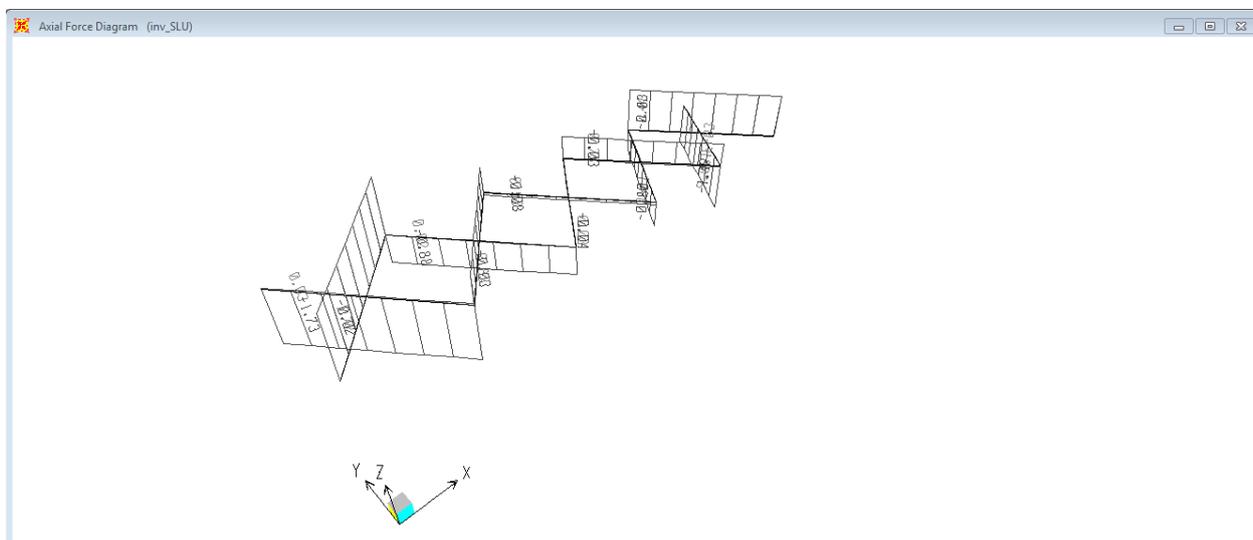
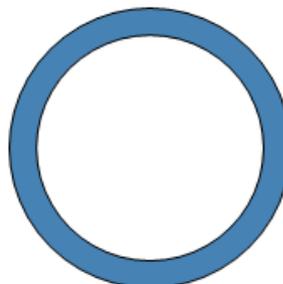


Figura 33 – Sforzi normali da INV-SLV [kN]

26,9 x 2,6 wamgefertigt

d 26.9 mm

t 2.6 mm



| | | | | | |
|----------------------|---------|-------------------|-----------------------|--------|-----------------|
| A | 1.985 | cm ² | I | 1.482 | cm ⁴ |
| G | 1.558 | kg/m | i | 0.864 | cm |
| g_k | 0.01558 | kN/m | W | 1.102 | cm ³ |
| U | 0.08451 | m ² /m | S | 0.7706 | cm ³ |
| d / t | 10.3 | | W_{pl} | 1.541 | cm ³ |

| | | | | | |
|----------------------|-------|-----------------|------------|---|--|
| I_T | 2.964 | cm ⁴ | KSL | a | |
| W_T | 2.203 | cm ³ | | | |

Sforzo assiale massimo: $N=1.7$ kN (comb. inv_SLV dal modelo SAP2000)

$$N_{Ed} = 2 \times N = 3.4 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = A \times f_y / \gamma_{M0} = 51.98 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} < N_{Rd}$$

La verifica ha esito positivo!

9.3 Verifiche tabelle output complete

9.3.1 Copertura TIPO 1

| Frame | DesignSect | DesignType | Ratio | RatioType | Combo | Location |
|-------|---------------|------------|----------|-----------|--------|----------|
| Text | Text | Text | Unitless | Text | Text | m |
| 280 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.10 | PMM | SLV_09 | 1.60 |
| 281 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.11 | PMM | SLV_09 | 1.60 |
| 282 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.15 | PMM | SLV_09 | 1.60 |
| 284 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.13 | PMM | SLV_01 | 1.60 |
| 285 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.16 | PMM | SLU_71 | 1.60 |
| 286 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.19 | PMM | SLU_71 | 1.60 |
| 287 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.23 | PMM | SLV_09 | 1.60 |
| 289 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.19 | PMM | SLV_01 | 1.60 |
| 290 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.18 | PMM | SLV_01 | 1.60 |
| 291 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.19 | PMM | SLV_01 | 1.60 |
| 292 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.21 | PMM | SLV_01 | 1.60 |
| 293 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.05 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 294 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.07 | PMM | SLV_01 | 2.50 |
| 295 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.08 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 296 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.07 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 297 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.08 | PMM | SLV_01 | 2.53 |
| 299 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.11 | PMM | SLV_01 | 2.50 |
| 300 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.13 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 301 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.11 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 302 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.08 | PMM | SLV_01 | 2.53 |
| 303 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.09 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 304 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.16 | PMM | SLV_01 | 2.50 |
| 305 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.22 | PMM | SLU_23 | 0.00 |
| 306 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.13 | PMM | SLU_71 | 2.58 |
| 307 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.31 | PMM | SLU_71 | 3.02 |
| 308 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.34 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 309 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_45 | 2.58 |
| 310 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.29 | PMM | SLU_71 | 3.02 |
| 311 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 312 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.16 | PMM | SLU_45 | 2.58 |
| 313 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.28 | PMM | SLU_71 | 3.02 |
| 314 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 315 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_71 | 3.02 |

| Frame | DesignSect | DesignType | Ratio | RatioType | Combo | Location |
|-------|---------------|------------|----------|-----------|--------|----------|
| Text | Text | Text | Unitless | Text | Text | m |
| 316 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_23 | 0.00 |
| 319 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_21 | 2.04 |
| 320 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 321 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 322 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 323 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 324 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 325 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 326 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_21 | 2.50 |
| 327 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 328 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 329 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_17 | 2.53 |
| 330 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 331 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_21 | 2.50 |
| 332 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 333 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 334 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_17 | 2.53 |
| 335 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 336 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.42 | PMM | SLU_21 | 2.50 |
| 337 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.42 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 338 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 339 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_17 | 2.53 |
| 340 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_17 | 2.04 |
| 341 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.42 | PMM | SLU_23 | 2.50 |
| 342 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.42 | PMM | SLU_23 | 0.00 |
| 343 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 344 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_15 | 2.53 |
| 345 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.38 | PMM | SLU_17 | 2.04 |
| 346 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.39 | PMM | SLU_23 | 2.50 |
| 347 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.39 | PMM | SLU_23 | 0.00 |
| 348 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 349 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_15 | 2.53 |
| 350 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.19 | PMM | SLU_17 | 2.04 |
| 351 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.19 | PMM | SLU_23 | 2.50 |
| 352 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.19 | PMM | SLU_23 | 0.00 |

| Frame | DesignSect | DesignType | Ratio | RatioType | Combo | Location |
|-------|---------------|------------|----------|-----------|--------|----------|
| Text | Text | Text | Unitless | Text | Text | m |
| 353 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.28 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 354 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.28 | PMM | SLU_17 | 2.53 |
| 355 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_21 | 2.04 |
| 356 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 357 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.36 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 358 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 359 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 360 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 361 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 362 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.45 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 363 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.38 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 364 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 365 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_21 | 2.50 |
| 366 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 367 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 368 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_17 | 2.53 |
| 369 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 370 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.41 | PMM | SLU_21 | 2.50 |
| 371 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.41 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 372 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_17 | 0.00 |
| 373 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.56 | PMM | SLU_17 | 2.53 |
| 374 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_17 | 2.04 |
| 375 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.42 | PMM | SLU_23 | 2.50 |
| 376 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.42 | PMM | SLU_23 | 0.00 |
| 377 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 378 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_15 | 2.53 |
| 379 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_17 | 2.04 |
| 380 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_23 | 2.50 |
| 381 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.40 | PMM | SLU_23 | 0.00 |
| 382 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 383 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.57 | PMM | SLU_15 | 2.53 |
| 449 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.22 | PMM | SLU_15 | 2.04 |
| 450 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.22 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 451 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.19 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 471 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.03 | PMM | SLU_21 | 0.00 |

| Frame | DesignSect | DesignType | Ratio | RatioType | Combo | Location |
|-------|---------------|------------|----------|-----------|--------|----------|
| Text | Text | Text | Unitless | Text | Text | m |
| 472 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.11 | PMM | SLU_23 | 3.02 |
| 473 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.11 | PMM | SLU_23 | 0.00 |
| 488 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.14 | PMM | SLV_01 | 1.60 |
| 489 | CHS139.7x12.5 | Column | 0.16 | PMM | SLV_01 | 1.60 |
| 490 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.24 | PMM | SLU_71 | 3.02 |
| 491 | TUBO160X80X10 | Beam | 0.20 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 522 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.04 | PMM | SLU_15 | 2.53 |
| 523 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.03 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 524 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.04 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 525 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.04 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 526 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.04 | PMM | SLV_09 | 0.00 |

9.3.2 Copertura TIPO 2

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018

| Frame | DesignSect | DesignType | Ratio | RatioType | Combo | Location |
|-------|---------------|------------|----------|-----------|--------|----------|
| Text | Text | Text | Unitless | Text | Text | m |
| 1 | CHS219.1x10 | Column | 0.10 | PMM | SLU_68 | 2.55 |
| 2 | CHS219.1x10 | Column | 0.11 | PMM | SLU_45 | 2.55 |
| 3 | CHS219.1x10 | Column | 0.11 | PMM | SLU_68 | 2.55 |
| 4 | CHS219.1x10 | Column | 0.12 | PMM | SLU_45 | 2.55 |
| 5 | CHS219.1x10 | Column | 0.11 | PMM | SLU_68 | 2.55 |
| 6 | CHS219.1x10 | Column | 0.13 | PMM | SLU_45 | 2.55 |
| 7 | CHS219.1x10 | Column | 0.11 | PMM | SLU_68 | 2.55 |
| 8 | CHS219.1x10 | Column | 0.13 | PMM | SLU_45 | 2.55 |
| 9 | CHS219.1x10 | Column | 0.11 | PMM | SLU_68 | 2.55 |
| 10 | CHS219.1x10 | Column | 0.13 | PMM | SLU_45 | 2.55 |
| 11 | CHS219.1x10 | Column | 0.11 | PMM | SLU_68 | 2.55 |
| 12 | CHS219.1x10 | Column | 0.13 | PMM | SLU_46 | 2.55 |
| 13 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_45 | 0.40 |
| 14 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.08 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 15 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.08 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 16 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.38 | PMM | SLU_45 | 0.40 |
| 17 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.06 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 18 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.06 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 19 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.38 | PMM | SLU_45 | 0.40 |
| 20 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.06 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 21 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.06 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 22 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.38 | PMM | SLU_45 | 0.40 |
| 23 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.06 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 24 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.06 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 25 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.38 | PMM | SLU_45 | 0.40 |
| 26 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.09 | PMM | SLU_27 | 1.88 |
| 27 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.09 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 28 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.36 | PMM | SLU_45 | 0.40 |
| 29 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.06 | PMM | SLU_14 | 0.00 |
| 30 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.12 | PMM | SLU_46 | 0.00 |
| 44 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.32 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 45 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 46 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_22 | 0.00 |

| Frame | DesignSect | DesignType | Ratio | RatioType | Combo | Location |
|-------|---------------|------------|-------|-----------|--------|----------|
| 47 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.22 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 48 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 49 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 50 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.32 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 51 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 52 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.34 | PMM | SLU_22 | 0.00 |
| 53 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.20 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 54 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 55 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 64 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.32 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 65 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 66 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_22 | 0.00 |
| 67 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.24 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 68 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 69 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 76 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.32 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 77 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 78 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_22 | 0.00 |
| 79 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.23 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 80 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.36 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 81 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 88 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 89 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 90 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_22 | 0.00 |
| 91 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.12 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 92 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.20 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 93 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 100 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 101 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 102 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_22 | 0.00 |
| 103 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.12 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 104 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.20 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 105 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.18 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 112 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.32 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 113 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 114 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.34 | PMM | SLU_22 | 0.00 |

| Frame | DesignSect | DesignType | Ratio | RatioType | Combo | Location |
|-------|---------------|------------|-------|-----------|--------|----------|
| 115 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.20 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 116 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.37 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 117 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 124 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.32 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 125 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_15 | 1.88 |
| 126 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_22 | 0.00 |
| 127 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.22 | PMM | SLU_15 | 0.00 |
| 128 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.36 | PMM | SLU_16 | 1.88 |
| 129 | TUBO60x40x2.5 | Beam | 0.33 | PMM | SLU_21 | 0.00 |
| 130 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.05 | PMM | SLU_46 | 2.24 |
| 137 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.02 | PMM | SLU_28 | 0.00 |
| 138 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.01 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 139 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.01 | PMM | SLV_01 | 1.88 |
| 140 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.01 | PMM | SLV_01 | 0.00 |
| 141 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.05 | PMM | SLU_27 | 1.88 |
| 142 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.04 | PMM | SLU_39 | 0.00 |
| 143 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.02 | PMM | SLU_67 | 0.00 |
| 144 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.02 | PMM | SLU_67 | 0.00 |
| 145 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.01 | PMM | SLU_46 | 1.88 |
| 146 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.02 | PMM | SLU_67 | 1.88 |
| 147 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.05 | PMM | SLU_27 | 1.88 |
| 148 | TUBO160X80X8 | Beam | 0.05 | PMM | SLU_45 | 0.00 |

10 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

10.1 Verifiche di spostamenti verticali

10.1.1 Pensilina tipologia 1

Gli spostamenti attesi in copertura dati dalla combinazione SLE rara governante e dai carichi permanenti risultano pari a 9.4 mm e 4.1mm:

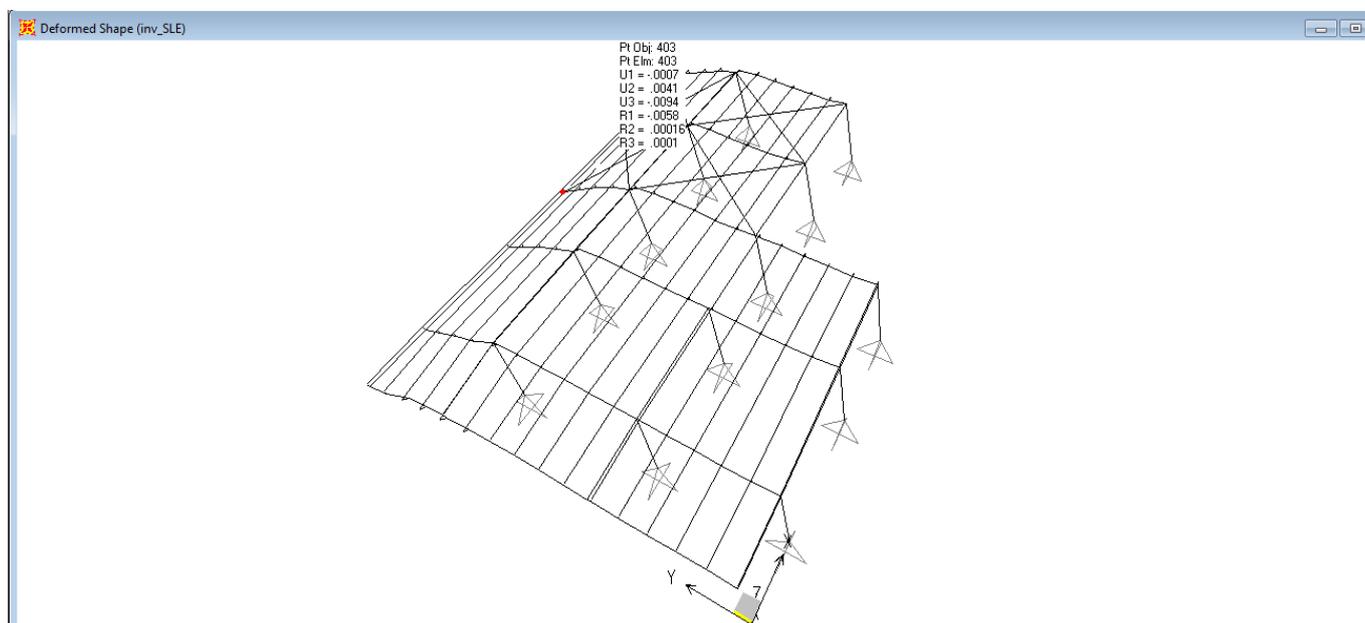


Figura 34 – Spostamenti massimi attesi

Deformed Shape (PP)

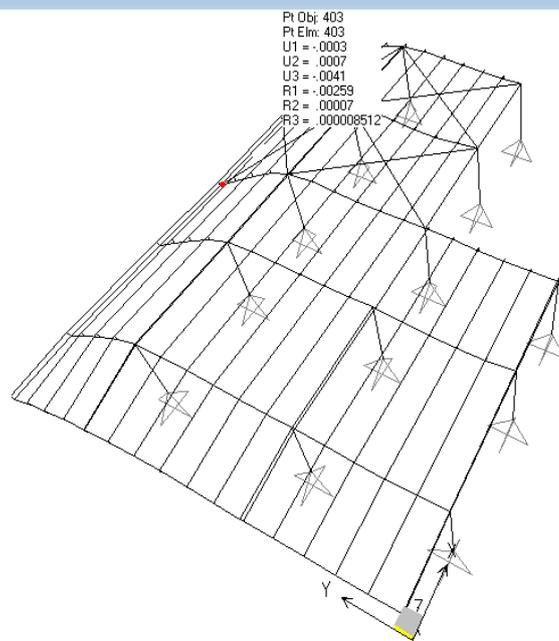


Figura 35 – Spostamenti massimi dai carichi permanenti

La verifica secondo il §4.2.4.2.1 del DM2018 fornisce i seguenti risultati:

- spostamento elastico dovuto ai carichi variabili $\delta_2 = 9.4 - 4.1 = 5.3$ mm

- spostamento massimo nello stato finale $\delta_{\max} = 9.4$ mm

La deformabilità degli elementi della copertura è pertanto:

$$L / \delta_2 = 2 \times 1900 / 5.3 = 716$$

$$L / \delta_{\max} = 2 \times 1900 / 9.4 = 404$$

$$L / 716 \leq L / 250$$

$$L / 404 \leq L / 200$$

lunghezza dello sbalzo = 1.9m

Si ha dunque: $L = 2 \times 1.9 = 3.80$ m

La verifica risulta soddisfatta.

Segue una tabella riassuntiva delle verifiche di deformabilità degli elementi strutturali:

| | Elementi | δ_{max} [mm] | δ_2 [mm] | δ_1 [mm] | L [mm] | L/200 [mm] | L/250 [mm] | Verifica |
|---|----------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------|------------|------------|----------|
| 1 | travi 160x80x10 - mezzeria | 4.0 | 2.3 | 1.7 | 2500 | 12.5 | 10 | OK |
| 2 | travi 160x80x10 - mensola | 9.4 | 5.3 | 4.1 | 2x1900 | 19 | 15.2 | OK |
| 3 | Arcarecci 60x40x2.5 | 8.3 | 7.2 | 1.1 | 2500 | 12.5 | 10 | OK |
| 4 | travi 160x80x8 - mezzeria | 9.5 | 5.4 | 4.1 | 2500 | 12.5 | 10 | OK |
| 5 | travi 160x80x8 - mensola | 8.7 | 4.4 | 4.3 | 2x1300 | 13 | 10.4 | OK |

10.1.2 Pensilina tipologia 2

Gli spostamenti attesi in copertura dati dalla combinazione SLE rara governante e dai carichi permanenti risultano pari a 1.3 mm e 0.4mm:

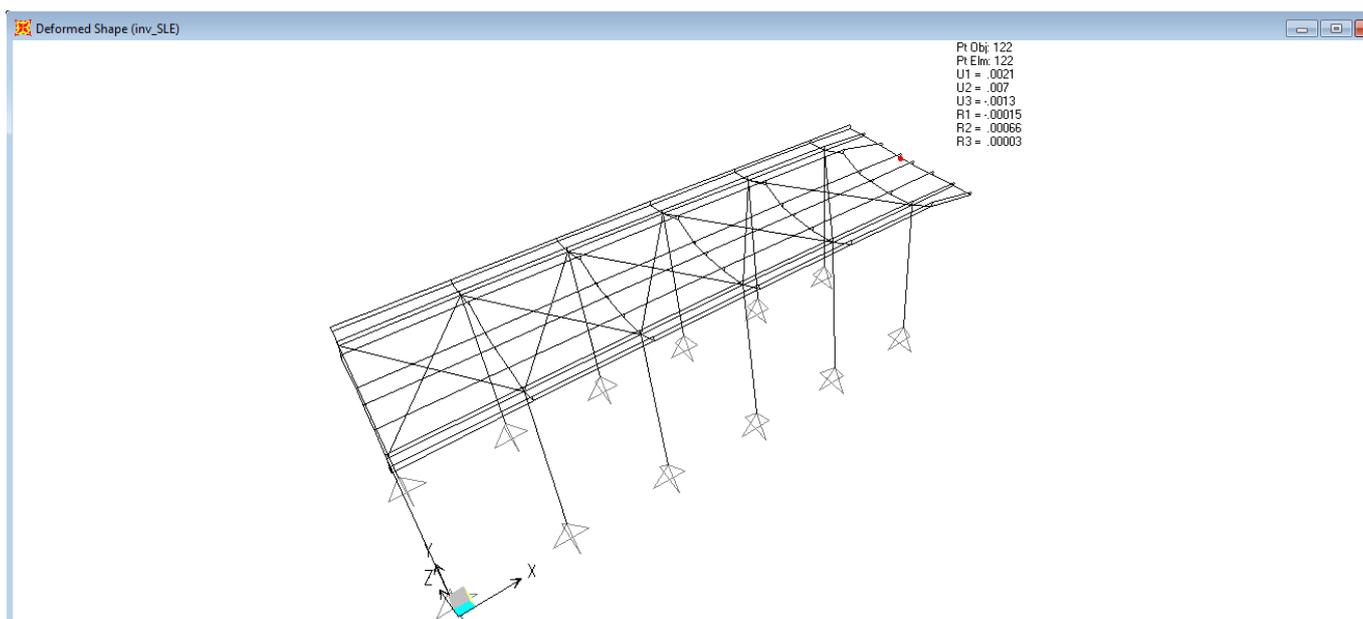


Figura 36 – Spostamenti massimi attesi

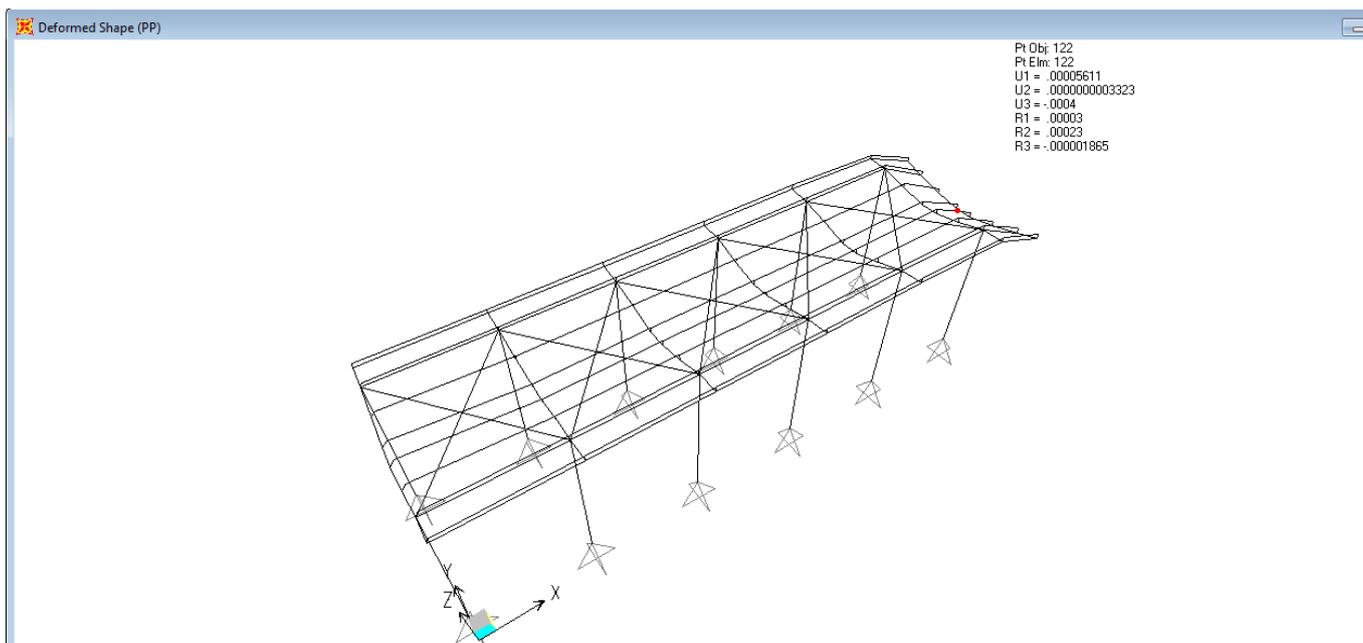


Figura 37 – Spostamenti massimi dai carichi permanenti

| | | | | | | |
|--|---|-------------------------|-------------|------------------|--------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA-MANTOVA | | | | | |
| | OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO | COMMESSA NM25 | LOTTO 03 | CODIFICA D 44 | DOCUMENTO CLFV1100002 | REV. A |

La verifica secondo il §4.2.4.2.1 del DM2018 fornisce i seguenti risultati:

- spostamento elastico dovuto ai carichi variabili $\delta_2 = 1.3 - 0.4 = 0.9$ mm

- spostamento massimo nello stato finale $\delta_{\max} = 1.3$ mm

La deformabilità degli elementi della copertura è pertanto:

$$L / \delta_2 = 2 \times 1100 / 0.9 = 2444$$

$$L / \delta_{\max} = 2 \times 1100 / 1.3 = 1692$$

$$L / 2444 \leq L / 250$$

$$L / 1692 \leq L / 200$$

lunghezza dello sbalzo = 1.1m

Si ha dunque: $L = 2 \times 1.1 = 2.20$ m

La verifica risulta soddisfatta.

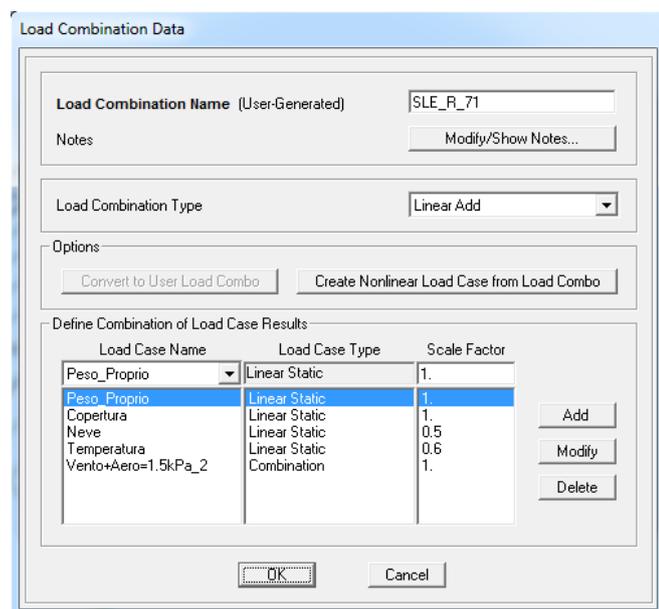
Segue una tabella riassuntiva delle verifiche di deformabilità degli elementi strutturali:

| | Elementi | δ_{\max} [mm] | δ_2 [mm] | δ_1 [mm] | L [mm] | L/200 [mm] | L/250 [mm] | Verifica |
|---|---------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|--------|------------|------------|----------|
| 1 | Arcarecci 60x40x2.5 | 2.5 | 1.9 | 0.6 | 1880 | 9.4 | 7.52 | OK |
| 2 | travi 160x80x8 - mezzeria | 1.3 | 0.9 | 0.4 | 1880 | 9.4 | 7.52 | OK |

10.2 Verifiche di spostamenti laterali

10.2.1 Pensilina TIPO 1

Gli spostamenti laterali massimi in testa ai pilastri, in direzione Y, dovuti a forze orizzontali, risultanti dalla combinazione SLE71, sono pari a 4.5 mm.



Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): SLE_R_71
Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|---------------------|----------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| Neve | Linear Static | 0.5 |
| Temperatura | Linear Static | 0.6 |
| Vento+Aero=1.5kPa_2 | Combination | 1. |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Deformed Shape (SLE_R_71)

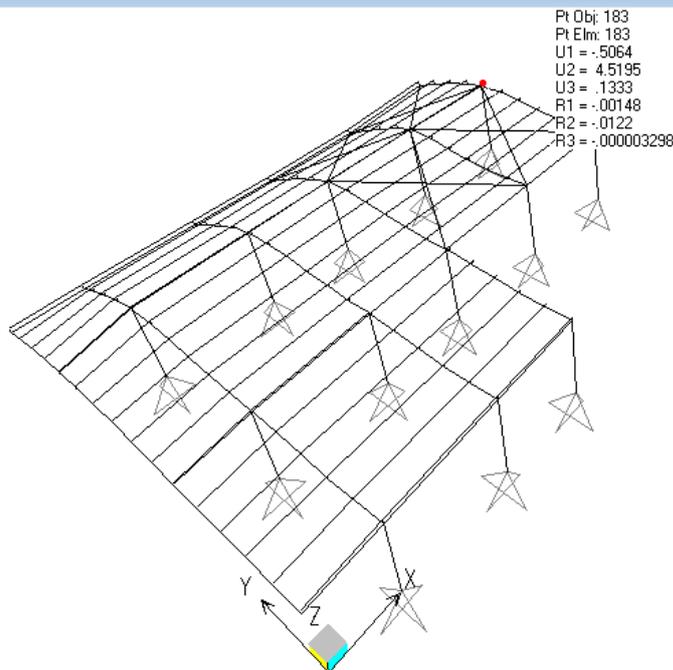


Figura 38 – Spostamenti massimi Y per il SLE_71

Gli spostamenti laterali massimi in testa ai pilastri, in direzione X in copertura, dovuti a forze orizzontali, risultanti dalla combinazione SLE73, sono pari a 0.5 mm.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|---------------------|----------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 0.8 |
| Temperatura | Linear Static | 0.6 |
| Vento+Aero=1.5kPa_3 | Combination | 1. |

Deformed Shape (SLE_R_73)

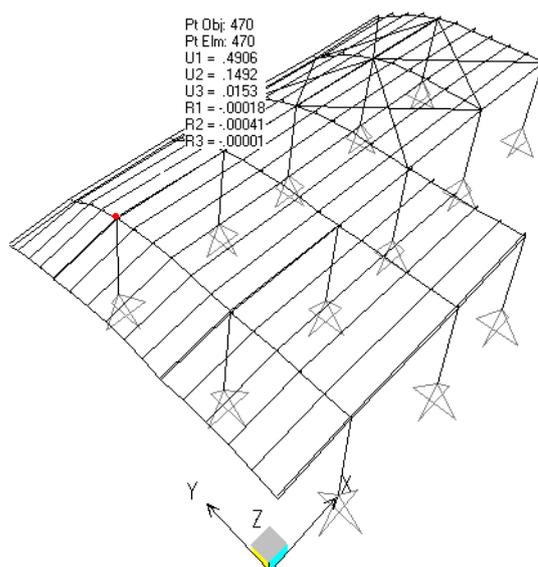


Figura 39 – Spostamenti massimi X per il SLE_73

La verifica secondo il §4.2.4.2.2 del DM2018 fornisce i seguenti risultati:

spostamento laterale dovuto ai carichi variabili $\delta=4.5$ mm

$$\delta/h \leq 1/300$$

$$\delta=4.5 \text{ mm} \leq 1600/300=5.3 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

10.2.2 Pensilina TIPO 2

Gli spostamenti laterali massimi in testa ai pilastri, in direzione Y, dovuti a forze orizzontali, risultanti dalla combinazione SLE46, sono pari a 7.5 mm.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): SLE_R_46

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|------------------------|----------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| Neve | Linear Static | 0.5 |
| Vento_2 | Combination | 1. |
| Effetti_Aerodinamici_1 | Linear Static | 0.8 |
| Temperatura | Linear Static | -0.6 |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

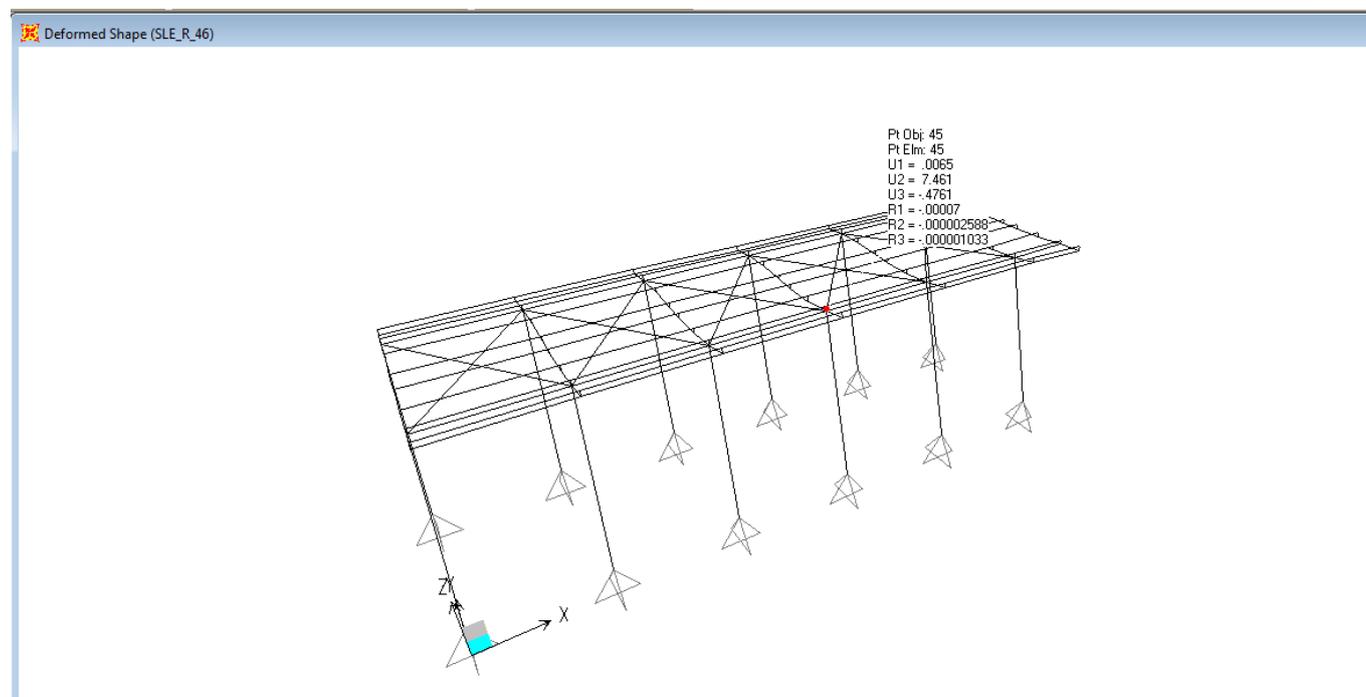


Figura 40 – Spostamenti massimi Y per il SLE_46

Gli spostamenti laterali massimi in testa ai pilastri, in direzione X in copertura, dovuti a forze orizzontali, risultanti dalla combinazione SLE28, sono pari a 1.8mm.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): SLE_R_28

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|------------------------|----------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| Neve | Linear Static | 0.5 |
| Vento_1 | Combination | 0.6 |
| Effetti_Aerodinamici_1 | Linear Static | 0.8 |
| Temperatura | Linear Static | -1. |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

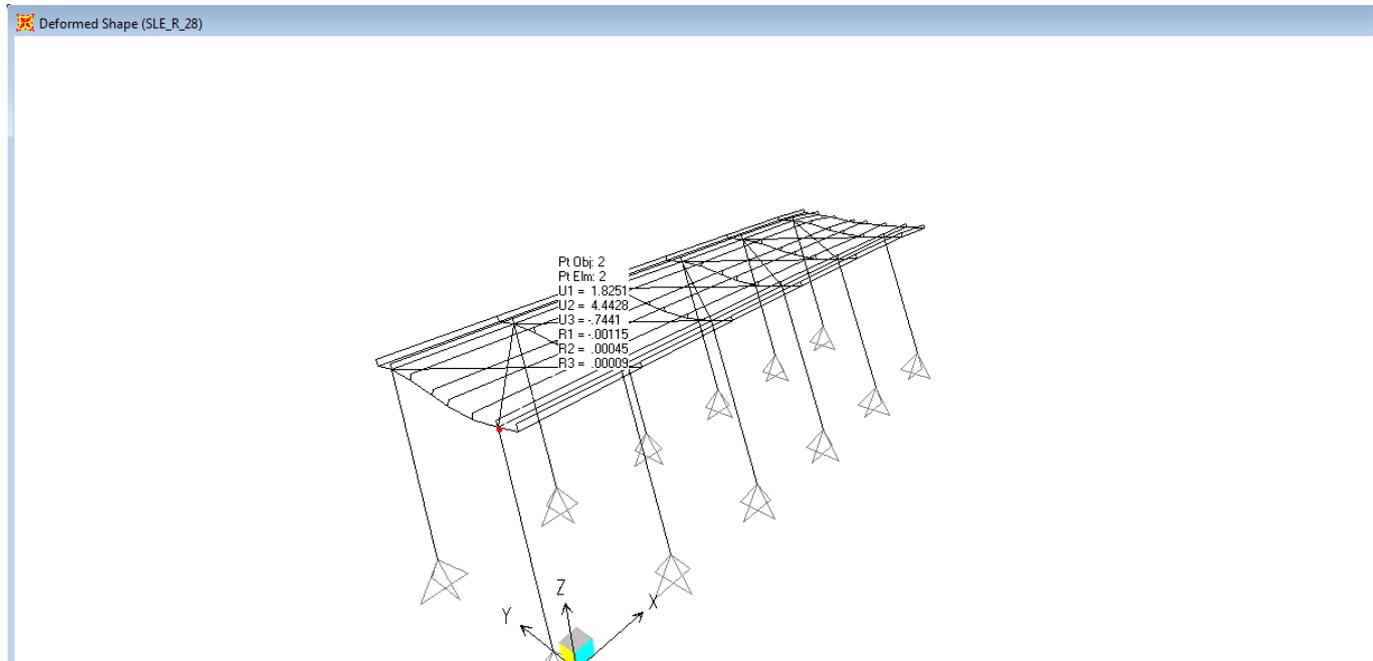


Figura 41 – Spostamenti massimi X per il SLE_28

| | | | | | | |
|---|---|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
|  | PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA TRATTA PIADENA-MANTOVA | | | | | |
| <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> | <p>FOGLIO</p> <p>103 di 127</p> |

La verifica secondo il §4.2.4.2.2 del DM2018 fornisce i seguenti risultati:

spostamento laterale dovuto ai carichi variabili $\delta=7.5$ mm

$$\delta/h \leq 1/300$$

$$\delta=7.5 \text{ mm} \leq 2500/300=8.3 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

10.3 Verifiche di rigidezza

10.3.1 Pensilina TIPO 1

Gli spostamenti laterali in testa ai pilastri, in direzione Y, risultanti dalla combinazione SLO_9, sono pari a 2.5 mm.

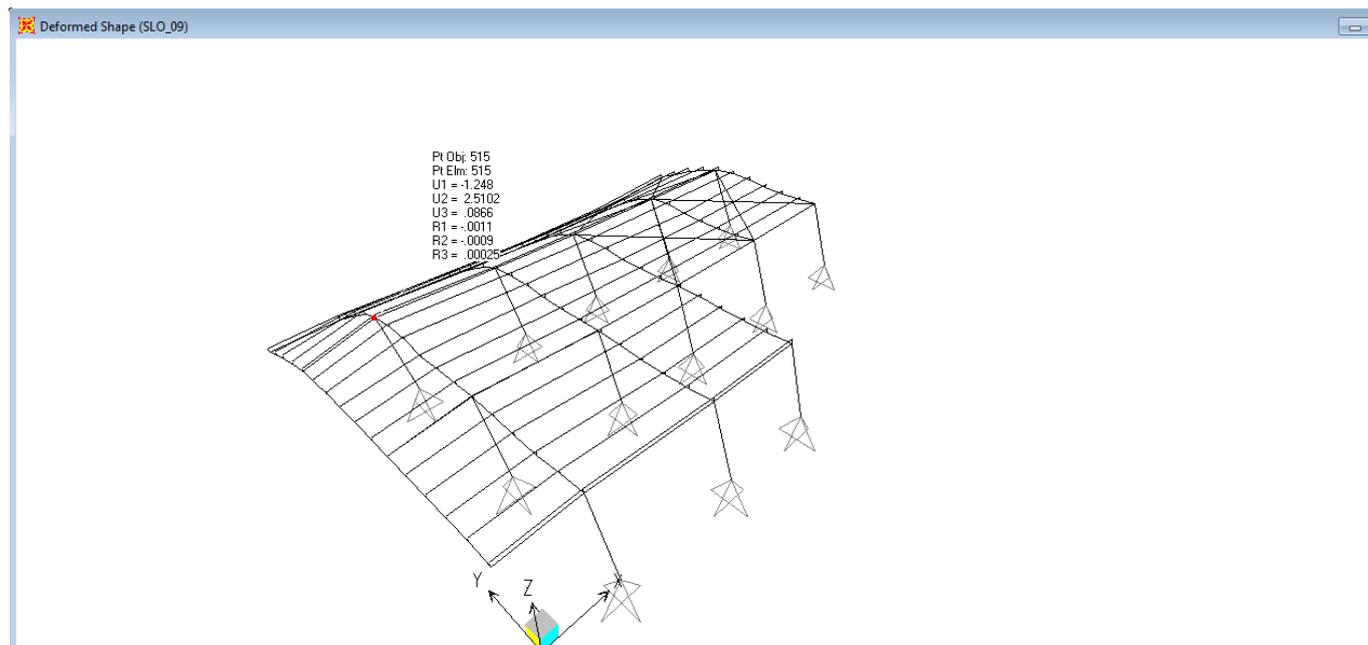
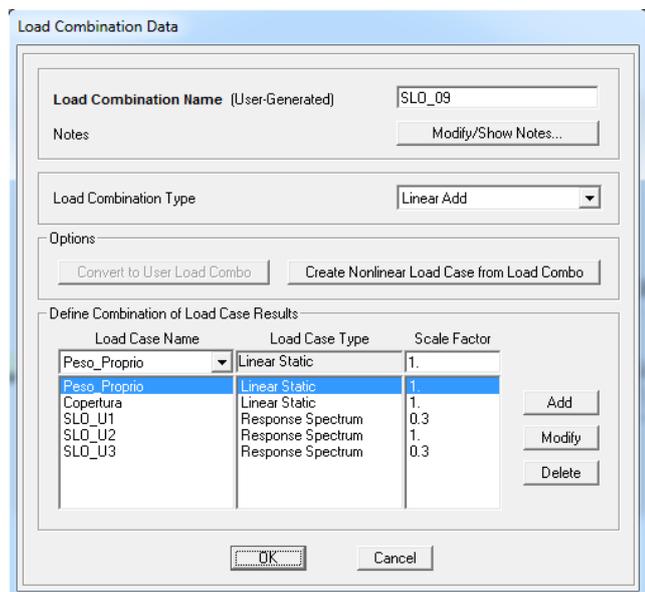


Figura 42 – Spostamenti massimi Y per il SLO_9

Gli spostamenti laterali in testa ai pilastri, in direzione Y, risultanti dalla combinazione SLO_1, sono pari a 1.8 mm.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|-------------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| SLO_U1 | Response Spectrum | 1. |
| SLO_U2 | Response Spectrum | 0.3 |
| SLO_U3 | Response Spectrum | 0.3 |

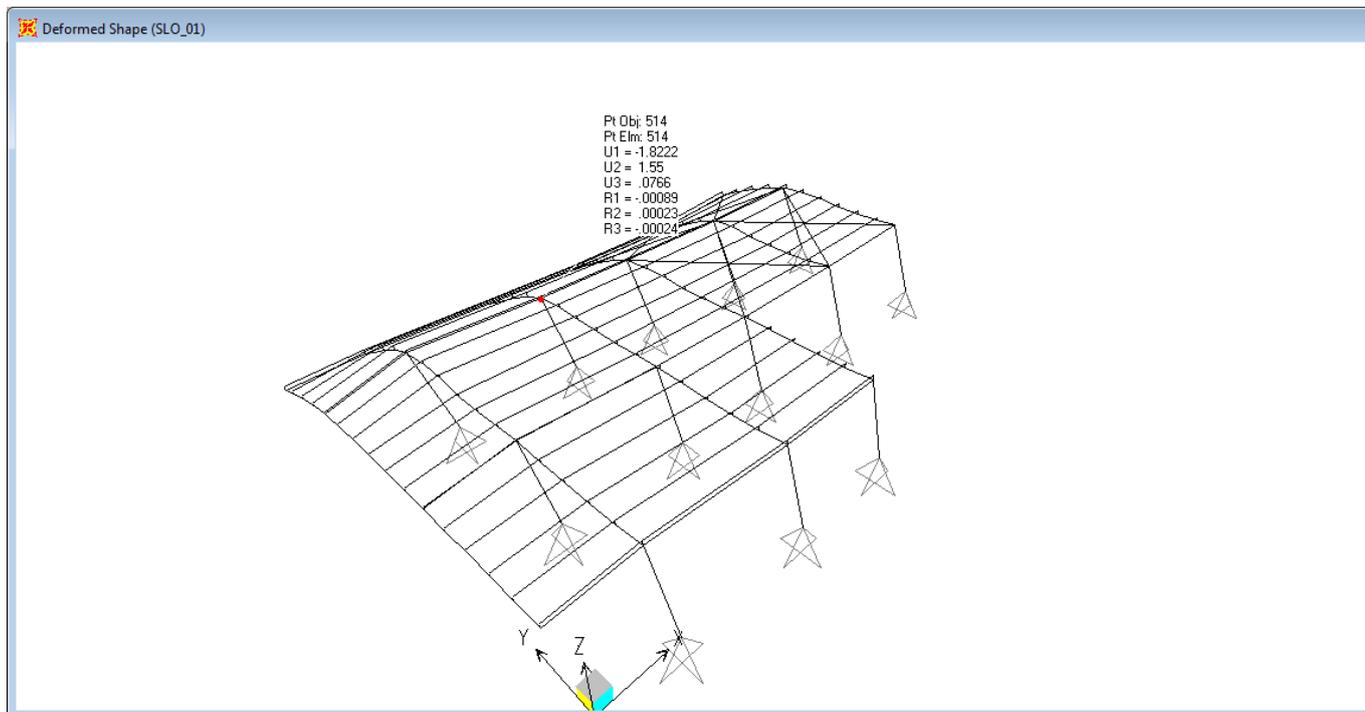


Figura 43 – Spostamenti massimi X per il SLO_1

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

La verifica secondo il §7.3.6.1 del DM2018 fornisce i seguenti risultati:

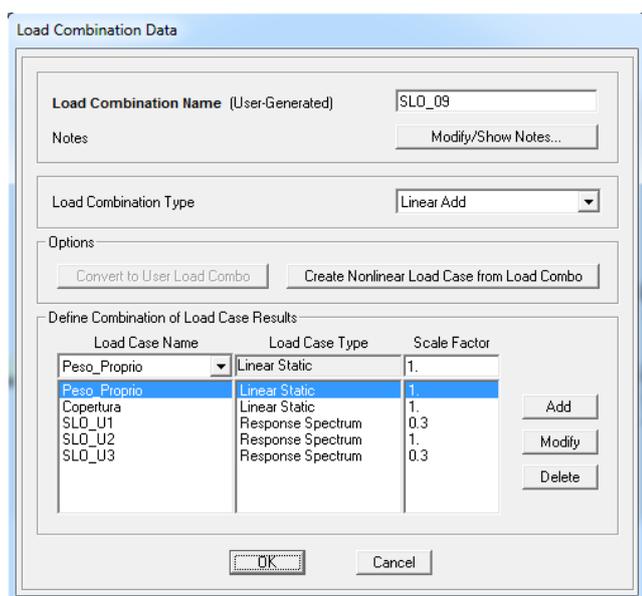
$$q.dr \leq 0.005 \times 2/3 \times h$$

$$dr = 2.5 \text{ mm} < 0.005 \times 2/3 \times 1600 = 5.3 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

10.3.2 Pensilina TIPO 2

Gli spostamenti laterali in testa ai pilastri, in direzione Y, risultanti dalla combinazione SLO_9, sono pari a 2.2 mm.



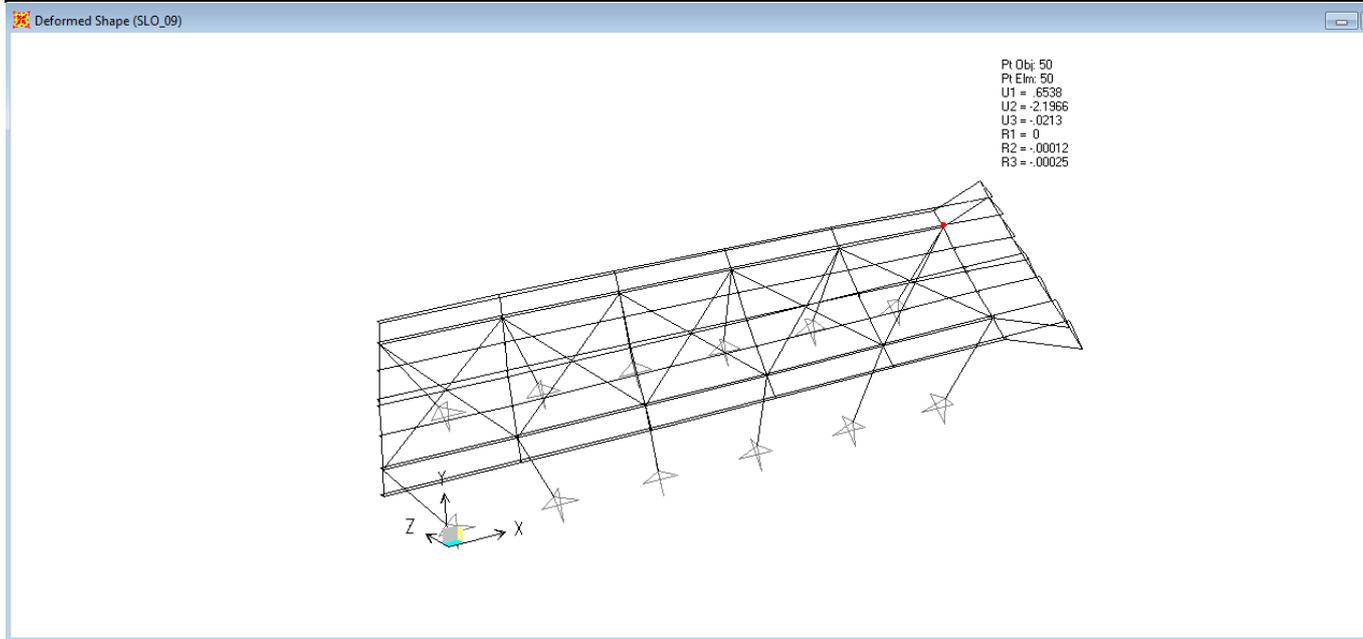


Figura 44 – Spostamenti massimi Y per il SLO_9

Gli spostamenti laterali in testa ai pilastri, in direzione Y, risultanti dalla combinazione SLO_1, sono pari a 1.2 mm.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|-------------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| SLO_U1 | Response Spectrum | 1. |
| SLO_U2 | Response Spectrum | 0.3 |
| SLO_U3 | Response Spectrum | 0.3 |

Deformed Shape (SLO_01)

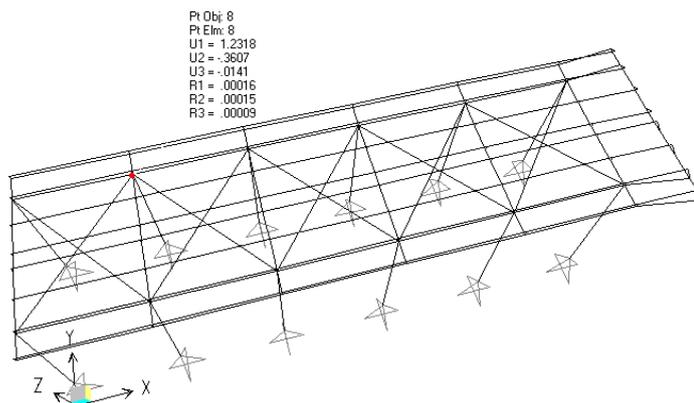


Figura 45 – Spostamenti massimi X per il SLO_1

La verifica secondo il §7.3.6.1 del DM2018 fornisce i seguenti risultati:

$$q \cdot dr \leq 0.005 \times 2/3 \times h$$

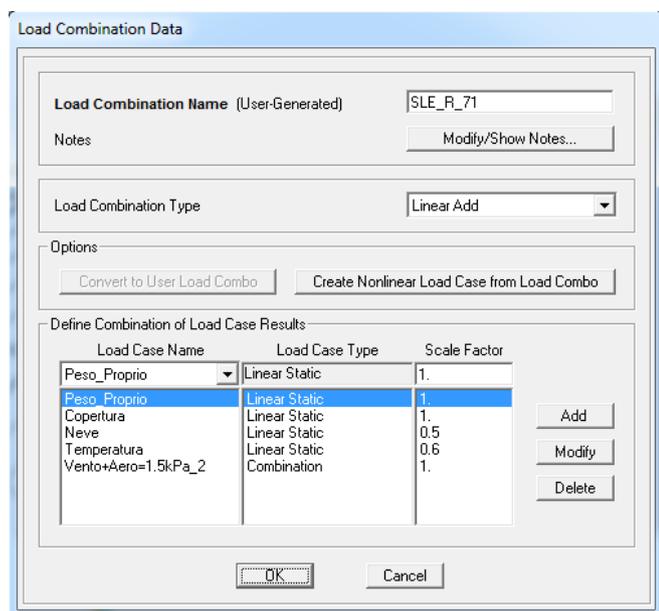
$$dr = 2.2 \text{ mm} < 0.005 \times 2/3 \times 2500 = 8.3 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

10.4 Verifiche di buckling secondo la Circolare Applicativa C4.2.3.4

10.4.1 Pensilina TIPO 1

L'analisi di buckling è stata condotta per la combinazioni di carico SLE Rare più gravose, sia in termini di spostamenti verticali, che di orizzontali massimi, le quali, nel caso della tipologia in esame, sono stati sviluppati dalla combinazione SLE_R_71, che include le seguenti condizioni di carico:



Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): SLE_R_71

Notes: Modify/Show Notes...

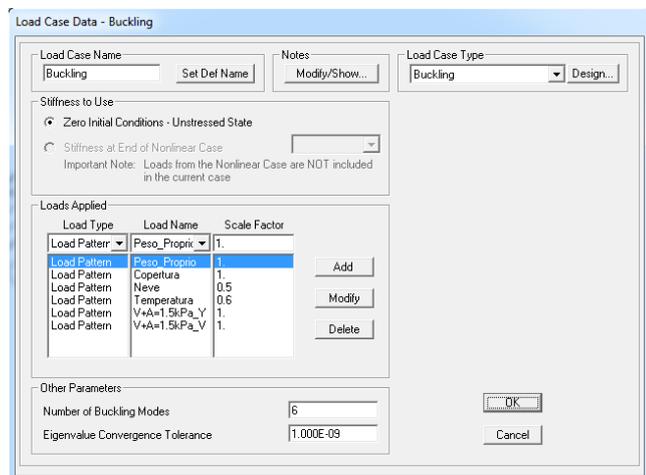
Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|---------------------|----------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| Neve | Linear Static | 0.5 |
| Temperatura | Linear Static | 0.6 |
| Vento+Aero=1.5kPa_2 | Combination | 1. |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

La combinazione buckling è stata determinata nel modo seguente:



Load Case Data - Buckling

Load Case Name: Buckling (Set Def Name) | Notes: Modify/Show... | Load Case Type: Buckling (Design...)

Stiffness to Use: Zero Initial Conditions - Unstressed State | Stiffness at End of Nonlinear Case

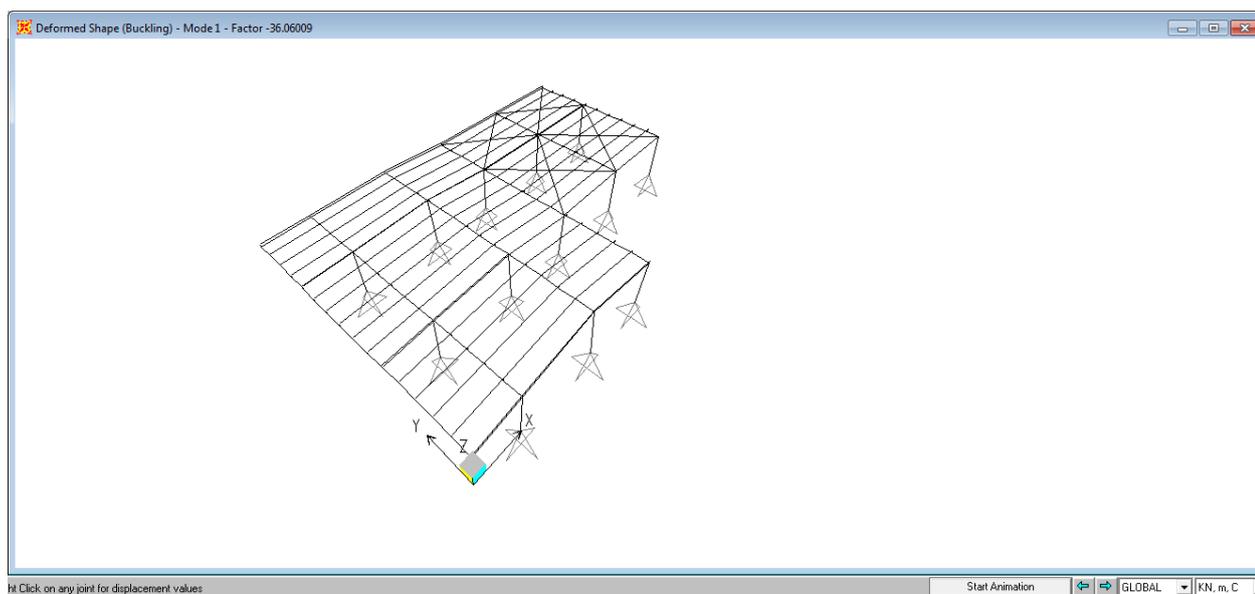
Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|--------------|--------------|--------------|
| Load Pattern | Peso_Proprio | 1. |
| Load Pattern | Copertura | 1. |
| Load Pattern | Neve | 0.5 |
| Load Pattern | Temperatura | 0.6 |
| Load Pattern | V+A=1.5kPa_Y | 1. |
| Load Pattern | V+A=1.5kPa_V | 1. |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Other Parameters: Number of Buckling Modes: 6 | Eigenvalue Convergence Tolerance: 1.000E-09

La struttura presenta il seguente comportamento:

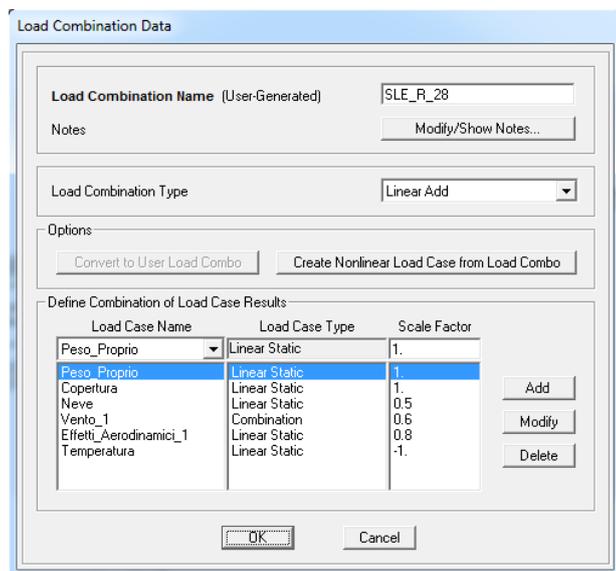


Dalla figura si evince, che $\alpha_{cr} = 36 > 10$.

L'analisi globale della struttura può essere eseguita con la teoria del primo ordine.

10.4.2 Pensilina TIPO 2

L'analisi di buckling è stata condotta per la combinazioni di carico SLE Rare più gravose, sia in termini di spostamenti verticali, che di orizzontali massimi, le quali, nel caso della tipologia in esame, sono stati sviluppati dalla combinazione SLE_R_28 per le deformazioni verticali, e SLE_R_46 per quelle orizzontali. Le combinazioni includono le le seguenti condizioni di carico:



Load Combination Name (User-Generated): SLE_R_28

Notes: Modify/Show Notes...

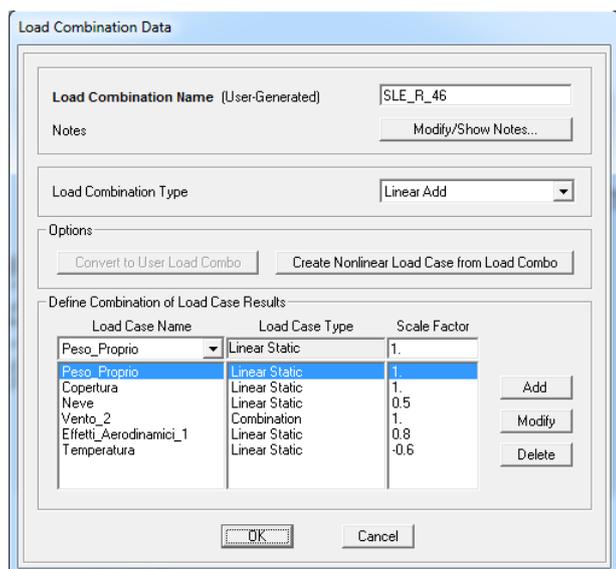
Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results:

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|------------------------|----------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| Neve | Linear Static | 0.5 |
| Vento_1 | Combination | 0.6 |
| Effetti_Aerodinamici_1 | Linear Static | 0.8 |
| Temperatura | Linear Static | -1. |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel



Load Combination Name (User-Generated): SLE_R_46

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results:

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|------------------------|----------------|--------------|
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Peso_Proprio | Linear Static | 1. |
| Copertura | Linear Static | 1. |
| Neve | Linear Static | 0.5 |
| Vento_2 | Combination | 1. |
| Effetti_Aerodinamici_1 | Linear Static | 0.8 |
| Temperatura | Linear Static | -0.6 |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Le combinazioni buckling sono state determinate nel modo seguente:

Load Case Data - Buckling

Load Case Name: Set Def Name

Notes:

Load Case Type: Design...

Stiffness to Use

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Loads Applied

| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-------------------|--------------|
| Load Pattern | Peso_Proprio | 1. |
| Load Pattern | Copertura | 1. |
| Load Pattern | Neve | 0.5 |
| Load Pattern | Vento_X | 0.6 |
| Load Pattern | Vento_Y | 0.6 |
| Load Pattern | Effetti_Aerodinam | 0.8 |
| Load Pattern | Temperatura | -1. |

Other Parameters

Number of Buckling Modes:

Eigenvalue Convergence Tolerance:

Load Case Data - Buckling

Load Case Name: Set Def Name

Notes:

Load Case Type: Design...

Stiffness to Use

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Loads Applied

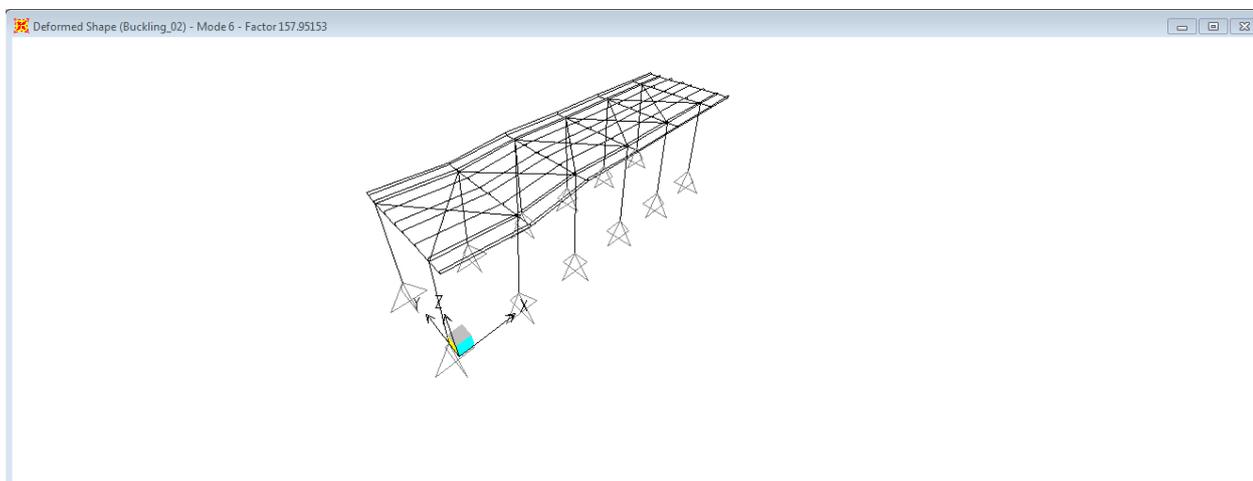
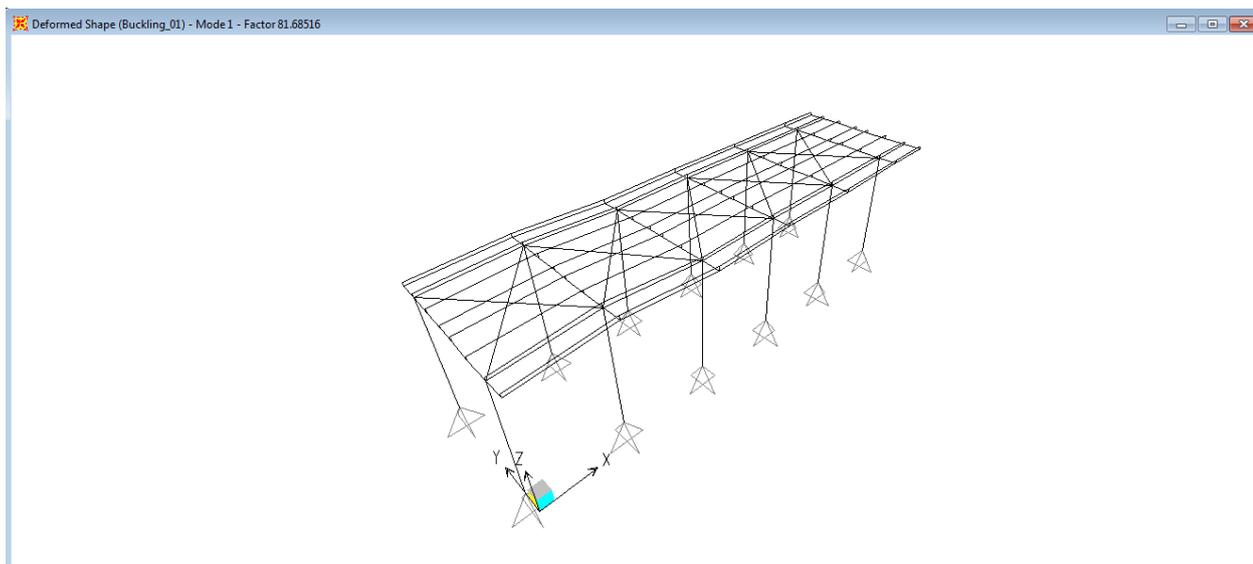
| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-------------------|--------------|
| Load Pattern | Peso_Proprio | 1. |
| Load Pattern | Copertura | 1. |
| Load Pattern | Neve | 0.5 |
| Load Pattern | Vento_Y | 1. |
| Load Pattern | Vento_V | 1. |
| Load Pattern | Effetti_Aerodinam | 0.8 |
| Load Pattern | Temperatura | -0.6 |

Other Parameters

Number of Buckling Modes:

Eigenvalue Convergence Tolerance:

La struttura presenta il seguente comportamento:



Dalla figura si evince, che $\alpha_{cr} = 81 > 10$.

L'analisi globale della struttura può essere eseguita con la teoria del primo ordine.

10.5 Verifiche degli effetti delle non-linearità geometriche secondo NTC18 §7.3.1

10.5.1 Pensilina TIPO 1

Le non linearità geometriche, sono prese in conto tramite il fattore θ , che è definito nel modo seguente:

$$\theta = P \times d_{Er} / V \times h;$$

dove:

$h = 1.6\text{m}$ – l'altezza del piano in esame

$d_{Er} = 0.007\text{m}$ – spostamento orizzontale del piano agli SLV

| OutputCase | CaseType | StepType | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
|------------|-------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|---------|
| Text | Text | Text | m | m | m | Radians | Radians | Radians |
| SLV_09 | Combination | Max | 0.003096 | 0.006605 | -0.000911 | -0.000176 | 0.000371 | 0.00094 |

$P = 170\text{ kN}$ è il carico verticale totale

$V = 43\text{ kN}$ è il carico orizzontale totale in direzione dello spostamento del piano

| TABLE: Joint Reactions | | | | | | |
|------------------------|------------|-------------|----------|------|----------|----------|
| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 |
| 378 | SLV_09 | Combination | Max | 1.35 | 2.07 | 4.98 |
| 380 | SLV_09 | Combination | Max | 1.97 | 2.83 | 7.39 |
| 382 | SLV_09 | Combination | Max | 0.82 | 4.29 | 10.12 |
| 384 | SLV_09 | Combination | Max | 2.38 | 3.00 | 9.10 |
| 386 | SLV_09 | Combination | Max | 1.67 | 2.86 | 8.48 |
| 388 | SLV_09 | Combination | Max | 1.89 | 3.06 | 11.60 |
| 390 | SLV_09 | Combination | Max | 0.91 | 5.01 | 15.26 |
| 392 | SLV_09 | Combination | Max | 3.30 | 3.09 | 22.82 |
| 394 | SLV_09 | Combination | Max | 3.25 | 2.88 | 18.18 |
| 396 | SLV_09 | Combination | Max | 3.57 | 3.22 | 16.32 |
| 398 | SLV_09 | Combination | Max | 1.13 | 4.90 | 27.32 |
| 559 | SLV_09 | Combination | Max | 1.47 | 2.99 | 6.33 |
| 560 | SLV_09 | Combination | Max | 2.32 | 3.47 | 12.66 |
| | | | | | V | P |
| | | | | | 43.66 | 170.55 |

Si ha, dunque:

$$\theta = 170 \times 0.007 / 43 \times 1.6 = 0.017 < 0.1 \text{ – Gli effetti delle non linearità geometriche possono essere trascurate.}$$

| | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO LINEA CODOGNO – CREMONA – MANTOVA</p> <p>TRATTA PIADENA-MANTOVA</p> | | | | | |
| | <p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p> | <p>COMMESSA</p> <p>NM25</p> | <p>LOTTO</p> <p>03</p> | <p>CODIFICA</p> <p>D 44</p> | <p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV1100002</p> | <p>REV.</p> <p>A</p> |

10.5.2 Pensilina TIPO 2

Le non linearità geometriche, sono prese in conto tramite il fattore θ , che è definito nel modo seguente:

$$\theta = P \times d_{Er} / V \times h;$$

dove:

$h = 2.5\text{m}$ – l'altezza del piano in esame

$d_{Er} = 0.006\text{m}$ – spostamento orizzontale del piano agli SLV

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|
| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | Text | m | m | m | Radians | Radians | Radians |
| 92 | SLV_09 | Combination | Max | 0.001767 | 0.006073 | 0.000288 | -0.000007911 | 0.000327 | 0.000663 |

$P = 140\text{ kN}$ è il carico verticale totale

$V = 25\text{ kN}$ è il carico orizzontale totale in direzione dello spostamento del piano

| TABLE: Joint Reactions | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|-------------|----------|------|----------|----------|------|------|------|
| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
| 1 | SLV_09 | Combination | Max | 1.01 | 1.81 | 8.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | SLV_09 | Combination | Max | 1.01 | 1.51 | 8.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | SLV_09 | Combination | Max | 1.25 | 1.88 | 11.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | SLV_09 | Combination | Max | 1.25 | 1.38 | 11.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | SLV_09 | Combination | Max | 1.23 | 2.03 | 11.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | SLV_09 | Combination | Max | 1.23 | 1.52 | 11.08 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 | SLV_09 | Combination | Max | 1.23 | 2.31 | 11.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 | SLV_09 | Combination | Max | 1.23 | 1.81 | 11.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 17 | SLV_09 | Combination | Max | 1.21 | 2.76 | 12.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | SLV_09 | Combination | Max | 1.21 | 2.19 | 12.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | SLV_09 | Combination | Max | 1.46 | 3.45 | 16.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 23 | SLV_09 | Combination | Max | 1.46 | 3.07 | 16.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | | | | V | P | | | |
| | | | | | 25.70 | 143.86 | | | |

Si ha, dunque:

$$\theta = 140 \times 0.006 / 25 \times 2.5 = 0.013 < 0.1 \text{ – Gli effetti delle non linearità geometriche possono essere trascurate.}$$

11 VERIFICA DEI TIRAFONDI

Le verifiche delle connessioni sono state verificate tramite il programma calcolo Hilti Profis Anchor 2.7.5.

11.1 Pensilina TIPO 1

Le sollecitazioni di progetto governanti le verifiche dei tirafondi agli SLU ed SLV, sono riassunte nella tabella seguente:

| TABLE: Joint Reactions | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|-------------|----------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
| Text | Text | Text | Text | KN | KN | KN | KN-m | KN-m | KN-m |
| 559 | SLV_01 | Combination | Min | -2.00 | -3.97 | -3.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 390 | SLV_09 | Combination | Min | -2.23 | -6.96 | 9.82 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 398 | SLU_23 | Combination | | -2.73 | 1.41 | 52.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M16

Riempimento spazio con Set di riempimento sismico Hilti M16 mm

Profondità di posa effettiva: $h_{ef,act} = 250 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = -$ mm)

Materiale: 8.8

Certificazione No.: ETA 11/0493

Emesso l Valido: 28.7.2017 r. | -

Prova: metodo di calcolo Valutazione di ingegneria SOFA Seismic Bond - basata su ETAG BOND (EOTA TR 029) + Sismico (EOTA TR 045)

Categoria di performance sismica: C2

Tipologia di verifica sismica: 5.3 a2) Progettazione elastica

Percentuale di carico sismico $\leq 20\%$: no

Spostamenti massimi richiesti per l'SLD: Carico di trazione $\delta_{N,req(DLS)} = 0,20 \text{ mm}$, Carico di taglio $\delta_{V,req(DLS)} = 1,20 \text{ mm}$

Fissaggio distanziato: $e_b = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 12 \text{ mm}$

Piastra d'ancoraggio: $l_x \times l_y \times t = 230 \text{ mm} \times 230 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo: Tubolare; (L x W x T) = 140 mm x 140 mm x 13 mm

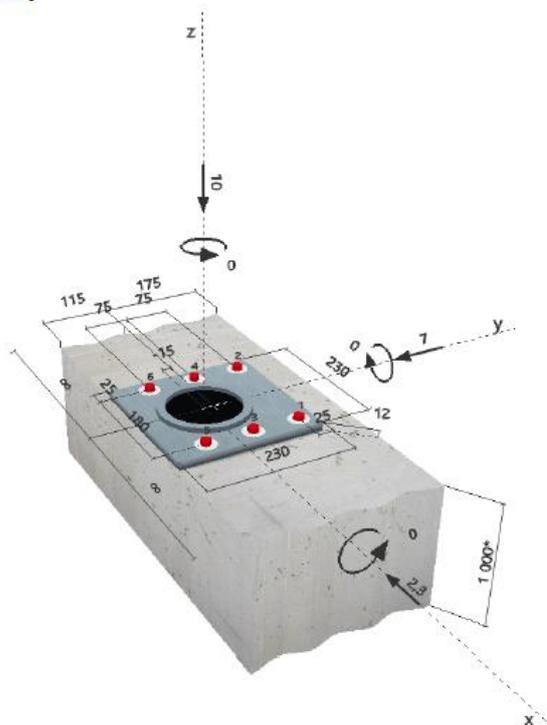
Materiale base: fessurato calcestruzzo, C20/25, $f_{c,cube} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1000 \text{ mm}$, Temp. Breve/Lungo: 40/24 °C

Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque \emptyset) o $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$)
senza armatura di bordo longitudinale



Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



1.1 Combinazioni di carico

| Caso | Descrizione | Forze [kN] / Momenti [kNm] | Sismico | Fuoco | Utilizzo massimo [%] |
|------|---------------|--|---------|-------|----------------------|
| 1 | Combination 1 | $V_x = -2,000; V_y = -4,000; N = 3,400;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ | C2 | no | 60 |
| 2 | Combination 2 | $V_x = -2,300; V_y = -7,000; N = -10,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ | C2 | no | 77 |
| 3 | Combination 3 | $V_x = -2,800; V_y = 1,500; N = -53,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ | no | no | 6 |

2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

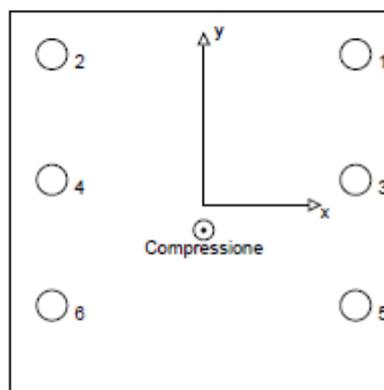
Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

| Ancorante | Trazione | Taglio | Taglio in dir. x | Taglio in dir. y |
|-----------|----------|--------|------------------|------------------|
| 1 | 0,000 | 1,292 | -0,311 | -1,254 |
| 2 | 0,000 | 1,123 | -0,311 | -1,079 |
| 3 | 0,000 | 1,311 | -0,383 | -1,254 |
| 4 | 0,000 | 1,145 | -0,383 | -1,079 |
| 5 | 0,000 | 1,334 | -0,456 | -1,254 |
| 6 | 0,000 | 1,172 | -0,456 | -1,079 |

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,01 [%]
Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 0,26 [N/mm²]
risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]
risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/-15): 10,000 [kN]



3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

| | Carico [kN] | Resistenza [kN] | Utilizzo β_N [%] | Stato |
|--|-------------|-----------------|------------------------|-------|
| Rottura dell'acciaio* | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento** | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura conica del calcestruzzo** | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Fessurazione** | N/A | N/A | N/A | N/A |

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

| | Carico [kN] | Resistenza [kN] | Utilizzo p_v [%] | Stato |
|---|-------------|-----------------|--------------------|-------|
| Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)* | 1,334 | 31,280 | 5 | OK |
| Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)* | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura per pryout** | 7,368 | 55,763 | 14 | OK |
| Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y** | 7,059 | 9,266 | 77 | OK |

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

| $V_{Rk,s,seis}^0$ [kN] | α_{gap} | α_{seis} | $V_{Rk,s,seis}$ [kN] | | | |
|------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| 46,000 | 1,000 | 0,850 | 39,100 | | | |
| $\gamma_{M,s,seis}$ | $V_{Rd,s,seis}$ [kN] | $V_{Sd,seis}$ [kN] | $\delta_{V,req(DLS)}$ [mm] | $\delta_{V,seis(DLS)}$ [mm] | $V_{Rd,s,seis, reduced}$ [kN] | |
| 1,250 | 31,280 | 1,334 | 1,20 | 1,20 | 31,280 | |

4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

| $A_{c,N}$ [mm ²] | $A_{c,N}^0$ [mm ²] | $c_{cr,N}$ [mm] | $s_{cr,N}$ [mm] | k-factor | k_1 | |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|
| 269700 | 562500 | 375 | 750 | 2,000 | 7,200 | |
| $e_{c1,V}$ [mm] | $\Psi_{ec1,N}$ | $e_{c2,V}$ [mm] | $\Psi_{ec2,N}$ | $\Psi_{s,N}$ | $\Psi_{re,N}$ | |
| 9 | 0,977 | 3 | 0,992 | 0,744 | 1,000 | |
| $N_{Rk,c}^0$ [kN] | α_{gap} | α_{seis} | $V_{Rk,cp,seis}^0$ [kN] | $V_{Rk,cp,seis}$ [kN] | | |
| 142,302 | 1,000 | 0,850 | 98,405 | 83,645 | | |
| $\gamma_{M,c,p,seis}$ | $V_{Rd,cp,seis}$ [kN] | $V_{Sd,seis}$ [kN] | $\delta_{V,req(DLS)}$ [mm] | $\delta_{V,seis(DLS)}$ [mm] | $V_{Rd,cp,seis, reduced}$ [kN] | |
| 1,500 | 55,763 | 7,368 | 1,20 | 1,20 | 55,763 | |

4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y-

| h_{ef} [mm] | d_{nom} [mm] | k_1 | α | β | | |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| 192 | 16,0 | 1,700 | 0,187 | 0,078 | | |
| c_1 [mm] | $A_{c,V}$ [mm ²] | $A_{c,V}^0$ [mm ²] | | | | |
| 55 | 27225 | 13613 | | | | |
| $\Psi_{s,V}$ | $\Psi_{h,V}$ | $\Psi_{s,V}$ | $e_{c,V}$ [mm] | $\Psi_{ec,V}$ | $\Psi_{re,V}$ | |
| 1,000 | 1,000 | 1,007 | 7 | 0,925 | 1,000 | |
| $V_{Rk,c}^0$ [kN] | α_{gap} | α_{seis} | $V_{Rk,c,seis}$ [kN] | | | |
| 8,776 | 1,000 | 0,850 | 13,900 | | | |
| $\gamma_{M,c,seis}$ | $V_{Rd,c,seis}$ [kN] | $V_{Sd,seis}$ [kN] | $\delta_{V,req(DLS)}$ [mm] | $\delta_{V,seis(DLS)}$ [mm] | $V_{Rd,c,seis, reduced}$ [kN] | |
| 1,500 | 9,266 | 7,059 | 1,20 | 1,20 | 9,266 | |

5 Attenzione

- Fenomeni di ridistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- Per la corretta scelta della categoria di performance sismica si controlli la normativa nazionale di riferimento.
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo all'EOTA TR 029 sezione 7!
- Il calcolo è valido solo se le dimensioni dei fori sulla piastra non superano i valori indicati nella Tabella 4.1 da EOTA TR029! Per diametri dei fori superiori vedere il capitolo 1.1 dell'EOTA TR029!
- Il metodo ETAG (fori riempiti) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- Le resistenze dell'ancoraggio utilizzato per questo calcolo sono valide SOLO se il set di riempimento sismico sarà installato in cantiere come per IFU quando la rondella sismica è stata selezionata.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- La pulizia del foro deve essere effettuata in conformità alle istruzioni di posa (soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar), spazzolare due volte, soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar)).
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Contattare Hilti per verificare la fornitura delle barre HIT-V.
- L'armatura di bordo non è necessaria per evitare la modalità di rottura per fessurazione (splitting)

L'ancoraggio risulta verificato!

6 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -
Profilo: Tubolare; 140 x 140 x 13 mm
Diametro del foro nella piastra: $d_f = 18$ mm
Spessore della piastra (input): 12 mm
Spessore della piastra raccomandato: non calcolato
Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione
Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M16
Coppia di serraggio: 0,080 kNm
Diametro del foro nel materiale base: 18 mm
Profondità del foro nel materiale base: 250 mm
Spessore minimo del materiale base: 286 mm

Riempimento spazio con Set di riempimento sismico Hilti M16 mm
http://download.hilti.biz/data/techlib/help/IFU_Seismic-Filling-Set.pdf

6.1 Accessori richiesti

Perforazione

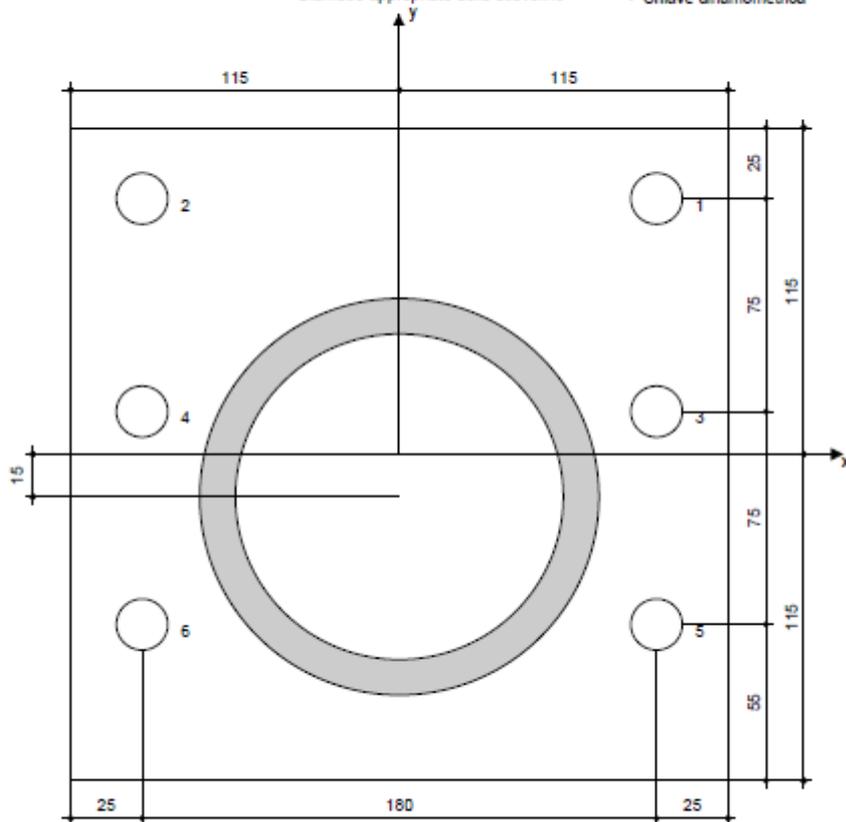
- Idoneo per rotopercuSSIONe
- Dimensione appropriata della punta del trapano

Pulizia

- Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro.
- Diametro appropriato dello scovolino

Posa

- Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore
- Set di riempimento sismico Hilti
- Chiave dinamometrica



Coordinate dell'ancorante mm

| Ancorante | x | y | C _x | C _{yx} | C _y | C _{yy} | Ancorante | x | y | C _x | C _{yx} | C _y | C _{yy} |
|-----------|-----|----|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------|-----|-----|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 90 | 90 | - | - | 205 | 85 | 4 | -90 | 15 | - | - | 130 | 160 |
| 2 | -90 | 90 | - | - | 205 | 85 | 5 | 90 | -60 | - | - | 55 | 235 |
| 3 | 90 | 15 | - | - | 130 | 160 | 6 | -90 | -60 | - | - | 55 | 235 |

11.2 Pensilina TIPO 2

Le sollecitazioni di progetto governanti le verifiche dei tirafondi agli SLU ed SLV, sono riassunte nella tabella seguente:

| TABLE: Joint Reactions | | | | | | | | | |
|------------------------|------------|-------------|----------|-------|-------|--------|------|------|------|
| Joint | OutputCase | CaseType | StepType | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
| 1 | SLV_01 | Combination | Min | -1.79 | -0.70 | -1.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 23 | SLV_09 | Combination | Min | -1.04 | -3.45 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 19 | SLU_45 | Combination | | -0.97 | -8.44 | 29.64 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21 | SLU_68 | Combination | | 0.30 | -7.49 | -17.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M16

Riempimento spazio con Set di riempimento sismico Hilti M16 mm

Profondità di posa effettiva: $h_{ef,act} = 250$ mm ($h_{ef,limit} = -$ mm)

Materiale: 8.8

Certificazione No.: ETA 11/0493

Emesso l'Valido: 28.7.2017 r. | -

Prova: Metodo di calcolo SOFA + fib (07/2011) – dopo prove ETAG BOND

Fissaggio distanziato: $e_s = 0$ mm (Senza distanziamento); $t = 12$ mm

Piastra d'ancoraggio: $l_x \times l_y \times t = 280$ mm x 250 mm x 12 mm; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)

Profilo: Tubolare; (L x W x T) = 219 mm x 219 mm x 10 mm

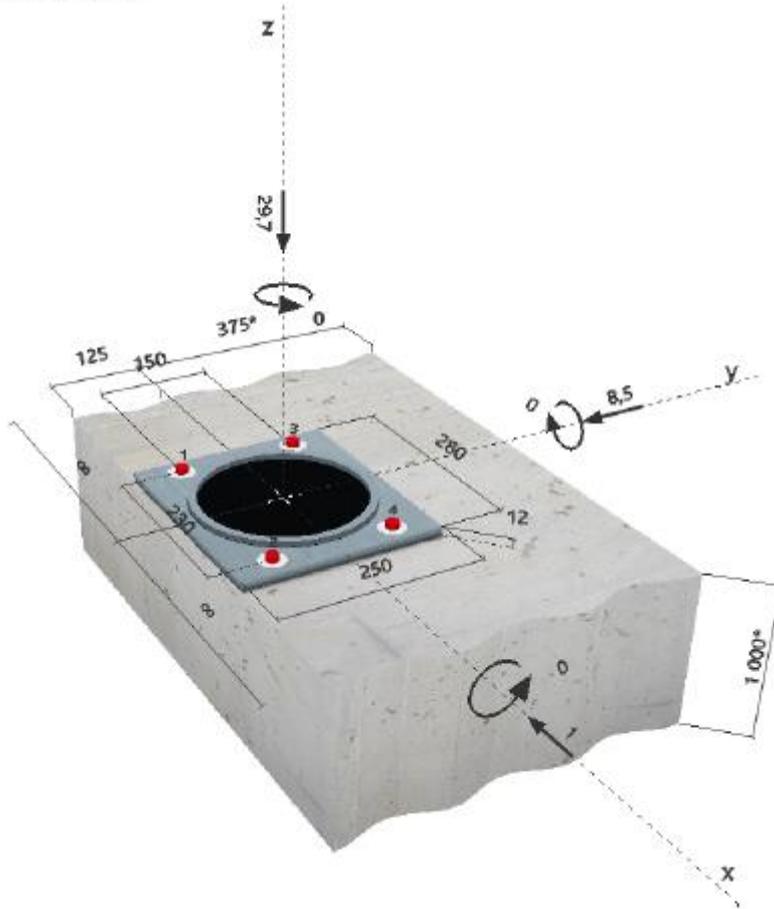
Materiale base: fessurato calcestruzzo, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00$ N/mm²; $h = 1000$ mm, Temp. Breve/Lungo: 40/24 °C

Installazione: Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto

Armatura: nessuna armatura o interasse tra le armature ≥ 150 mm (qualunque \varnothing) o ≥ 100 mm ($\varnothing \leq 10$ mm) senza armatura di bordo longitudinale



Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



1.1 Combinazioni di carico

| Caso | Descrizione | Forze [kN] / Momenti [kNm] | Sismico | Fuoco | Utilizzo massimo [%] |
|------|---------------|--|---------|-------|----------------------|
| 1 | Combination 1 | $V_x = -1,800; V_y = -0,700; N = 1,400;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ | C2 | no | 13 |
| 2 | Combination 2 | $V_x = -1,100; V_y = -3,500; N = -0,500;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ | C2 | no | 40 |
| 3 | Combination 3 | $V_x = -1,000; V_y = -8,500; N = -29,700;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ | no | no | 46 |
| 4 | Combination 4 | $V_x = 0,300; V_y = -7,500; N = 17,800;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ | no | no | 43 |

2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante

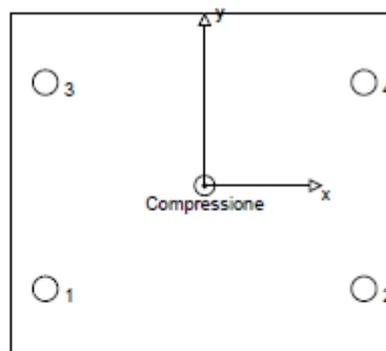
Condizione di carico: Carichi di progetto

Carichi sull'ancorante [kN]

Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

| Ancorante | Trazione | Taglio | Taglio in dir. x | Taglio in dir. y |
|-----------|----------|--------|------------------|------------------|
| 1 | 0,000 | 2,140 | -0,250 | -2,125 |
| 2 | 0,000 | 2,140 | -0,250 | -2,125 |
| 3 | 0,000 | 2,140 | -0,250 | -2,125 |
| 4 | 0,000 | 2,140 | -0,250 | -2,125 |

Compressione max. nel calcestruzzo: 0,01 [%]
 Max. sforzo di compressione nel calcestruzzo: 0,42 [N/mm²]
 risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]
 risultante delle forze di compressione (x/y)=(0/0): 29,700 [kN]



3 Carico di trazione SOFA (fib (07/2011), paragrafo 16.2.1)

| | Carico [kN] | Resistenza [kN] | Utilizzo β_N [%] | Stato |
|--|-------------|-----------------|------------------------|-------|
| Rottura dell'acciaio* | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento** | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura conica del calcestruzzo** | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Fessurazione** | N/A | N/A | N/A | N/A |

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

4 Carico di taglio SOFA (fib (07/2011), paragrafo 16.2.2)

| | Carico [kN] | Resistenza [kN] | Utilizzo β_y [%] | Stato |
|---|-------------|-----------------|------------------------|-------|
| Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)* | 2,140 | 50,400 | 5 | OK |
| Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)* | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Rottura per pryout** | 8,559 | 116,993 | 8 | OK |
| Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y-*** | 4,279 | 9,427 | 46 | OK |

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

| $V_{Rd,s}$ [kN] | $\gamma_{M,s}$ | $V_{Rd,s}$ [kN] | V_{Ed} [kN] |
|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| 63,000 | 1,250 | 50,400 | 2,140 |

4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

| $A_{c,N}$ [mm ²] | $A_{c,N}^0$ [mm ²] | $\Psi_{A,N}$ | $c_{gr,N}$ [mm] | $s_{gr,N}$ [mm] | k_d |
|------------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 490000 | 562500 | 0,871 | 375 | 750 | 2,000 |
| $e_{gr,V}$ [mm] | $\Psi_{ec1,N}$ | $e_{gr,V}$ [mm] | $\Psi_{ec2,N}$ | $\Psi_{A,N}$ | $\Psi_{Rd,N}$ |
| 0 | 1,000 | 0 | 1,000 | 0,740 | 1,000 |
| $N_{Rd,c}^0$ [kN] | $\gamma_{M,c,p}$ | $V_{Rd,op}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | | |
| 136,118 | 1,500 | 116,993 | 8,559 | | |

4.3 Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione y-

| l [mm] | d_{hor} [mm] | k_y | α | β | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| 192 | 16,0 | 1,700 | 0,196 | 0,080 | | |
| c_1 [mm] | $A_{c,V}$ [mm ²] | $A_{c,V}^0$ [mm ²] | $\Psi_{A,V}$ | | | |
| 50 | 22500 | 11250 | 2,000 | | | |
| $\Psi_{Rd,V}$ | $\Psi_{Rd,V}$ | $\Psi_{Rd,V}$ | $e_{gr,V}$ [mm] | $\Psi_{ec1,V}$ | $\Psi_{Rd,V}$ | $\Psi_{gr,V}$ |
| 1,000 | 1,000 | 1,005 | 0 | 1,000 | 1,000 | 2,000 |
| $V_{Rd,c}^0$ [kN] | $\gamma_{M,c}$ | $V_{Rd,c}$ [kN] | V_{Ed} [kN] | | | |
| 7,034 | 1,500 | 9,427 | 4,279 | | | |

5 Spostamenti (ancorante più sollecitato)

Carichi a breve termine:

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| N_{St} = 0,000 [kN] | δ_N = 0,000 [mm] |
| V_{St} = 3,154 [kN] | δ_V = 0,126 [mm] |
| | δ_{wV} = 0,126 [mm] |

Carichi a lungo termine:

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| N_{St} = 0,000 [kN] | δ_N = 0,000 [mm] |
| V_{St} = 3,154 [kN] | δ_V = 0,189 [mm] |
| | δ_{wV} = 0,189 [mm] |

Commenti: Gli spostamenti a trazione risultano validi con metà del valore della coppia di serraggio richiesta per non fessurato calcestruzzo! Gli spostamenti a taglio sono validi trascurando l'attrito tra il calcestruzzo e la piastra d'ancoraggio! Lo spazio derivante dal foro eseguito con perforatore e dalle tolleranze dei fori non viene considerato in questo calcolo!

Gli spostamenti ammissibili dell'ancorante dipendono dalla struttura fissata e devono essere definiti dal progettista!

6 Attenzione

- Fenomeni di ridistribuzione dei carichi sugli ancoranti derivanti da eventuali deformazioni elastiche della piastra non sono presi in considerazione. Si assume una piastra di ancoraggio sufficientemente rigida in modo che non risulti deformabile sotto l'azione di carichi!
- Le resistenze dell'ancoraggio utilizzato per questo calcolo sono valide SOLO se il set di riempimento sismico sarà installato in cantiere come per IFU quando la rondella sismica è stata selezionata.
- La lista accessori inclusa in questo report di calcolo è da ritenersi solo come informativa dell'utente. In ogni caso, le istruzioni d'uso fornite con il prodotto dovranno essere rispettate per garantire una corretta installazione.
- La pulizia del foro deve essere effettuata in conformità alle istruzioni di posa (soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar), spazzolare due volte, soffiare con aria compressa due volte (min. 6 bar)).
- L'adesione chimica caratteristica dipende dalle temperature di breve e di lungo periodo.
- Contattare Hilti per verificare la fornitura delle barre HIT-V.
- Il metodo Fib (07/2011) assume l'assenza di spazi anulari tra gli ancoranti e la piastra di ancoraggio. Questo può essere ottenuto mediante il riempimento con resina di sufficiente resistenza a compressione (p.e. usando il sistema Hilti Seismic/Filling set) o attraverso altri mezzi idonei.
- L'utente è responsabile della conformità alle norme correnti (e.g. EC3)
- La verifica del trasferimento dei carichi nel materiale base è necessaria in accordo a fib (07/2011)!

L'ancoraggio risulta verificato!

7 Dati relativi all'installazione

Piastra d'ancoraggio, acciaio: -
 Profilo: Tubolare; 219 x 219 x 10 mm
 Diametro del foro nella piastra: $d_f = 18$ mm
 Spessore della piastra (input): 12 mm
 Spessore della piastra raccomandato: non calcolato
 Metodo di perforazione: Foro con perforazione a roto-percussione
 Pulizia: E' necessaria una pulizia accurata del foro (Premium cleaning)

Tipo e dimensione dell'ancorante: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M16
 Coppia di serraggio: 0,080 kNm
 Diametro del foro nel materiale base: 18 mm
 Profondità del foro nel materiale base: 250 mm
 Spessore minimo del materiale base: 286 mm

Riempimento spazio con Set di riempimento sismico Hilti M16 mm
http://download.hilti.biz/data/techlib/help/IFU_Seismic-Filling-Set.pdf

7.1 Accessori richiesti

Perforazione

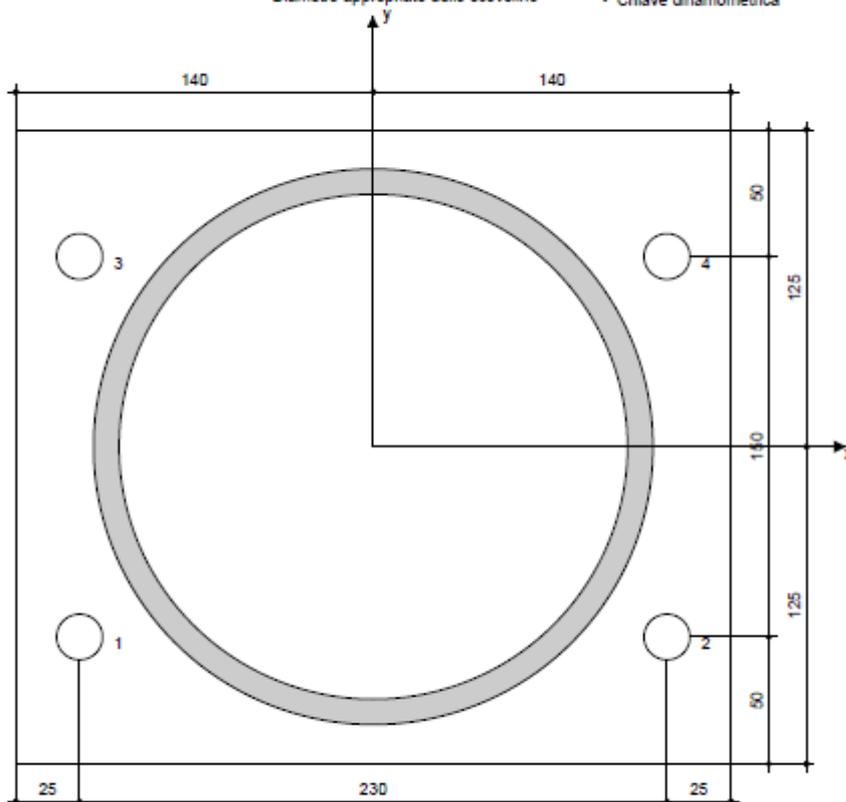
- Idoneo per rotopercolazione
- Dimensione appropriata della punta del trapano

Pulizia

- Aria compressa con i relativi accessori necessari per soffiare a partire dal fondo del foro.
- Diametro appropriato dello scovolino

Posa

- Il dispenser include il portacartucce e il miscelatore
- Set di riempimento sismico Hilti
- Chiave dinamometrica



Coordinate dell'ancorante [mm]

| Ancorante | x | y | c_x | c_{xz} | c_y | c_{yz} |
|-----------|------|-----|-------|----------|-------|----------|
| 1 | -115 | -75 | - | - | 50 | 450 |
| 2 | 115 | -75 | - | - | 50 | 450 |
| 3 | -115 | 75 | - | - | 200 | 300 |
| 4 | 115 | 75 | - | - | 200 | 300 |