

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84H17000930009

U.O. ARCHITETTURA STAZIONI E TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO- CREMONA- MANTOVA

TRATTA PIADENA- MANTOVA

FV12 – STAZIONE DI BOZZOLO

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

Relazione di calcolo pensilina ferroviaria a doppio pilastro

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 2 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	Emissione esecutiva	F. Serrau 	Aprile 2020	M. De Vita 	Aprile 2020	M. Berlingeri 	Aprile 2020	Arch. Raffaele Marino U.O. ARCHITETTURA STAZIONI E TERRITORIO	Marino 2020

File: NM2503D44CLFV1200002A


n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	8
4	MATERIALI	9
4.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA (S275)	9
4.2	TIRAFONDI.....	9
4.3	BULLONI.....	10
4.4	ALLETTAMENTO PIASTRA DI BASE.....	10
4.5	SALDATURE	10
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	11
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO.....	11
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	12
5.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	13
6	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	14
6.1	GENERALITÀ.....	14
6.2	UNITÀ DI MISURA.....	16
6.3	MODELO DI CALCOLO	16
6.3.1	<i>Codice di calcolo.....</i>	<i>16</i>
6.3.2	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i>	<i>16</i>
6.3.3	<i>Informazioni generali sull'elaborazione.....</i>	<i>16</i>
6.3.4	<i>Tipo di analisi svolta</i>	<i>16</i>
6.4	ANALISI DEI CARICHI.....	21

6.4.1	<i>Peso proprio della struttura</i>	21
6.4.2	<i>Carichi permanenti non strutturali</i>	21
6.4.3	<i>Carichi variabili</i>	21
6.4.4	<i>Azione termica</i>	21
6.4.5	<i>Carico della neve sulla copertura</i>	21
6.4.6	<i>Azione del vento</i>	23
6.4.7	<i>Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni</i>	28
6.4.8	<i>Carichi di pali TE (Tensione Elettrica)</i>	33
6.4.9	<i>Azione sismica</i>	34
6.5	COMBINAZIONI DI CARICO.....	37
7	RISULTATI ANALISI.....	54
7.1	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE	54
7.2	STATI LIMITE ULTIMO (SLU).....	55
7.2.1	<i>Inviluppo diagrammi delle sollecitazioni di progetto</i>	55
7.3	STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	60
8	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....	60
9	VERIFICHE DELLE MEMBRATURE METALLICHE.....	61
9.1	VERIFICHE DELLE COLONNE HEB360.....	62
9.2	VERIFICHE DELLE TRAVI TRASVERSALI HEA360	64
9.3	VERIFICHE DELLE TRAVI TRASVERSALI IPE330	66
9.4	VERIFICHE DELLE TRAVI LONGITUDINALI HEB360	68
9.5	VERIFICHE DEGLI ARCARECCI IPE 160.....	70
9.6	VERIFICHE DEI CONTROVENTI 2XL70x70x7	72
9.7	VERIFICHE TABELLE OUTPUT COMPLETE.....	74
10	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	75

10.1	VERIFICHE DI SPOSTAMENTI VERTICALI	75
10.2	VERIFICHE DI SPOSTAMENTI LATERALI.....	77
10.3	VERIFICHE DI RIGIDEZZA.....	80
10.4	VERIFICHE DI BUCKLING SENCONDO LA CIRCOLARE APPLICATIVA C4.2.3.4.....	83
10.5	VERIFICHE DEGLI EFFETTI DELLE NON-LINEARITÀ GEOMETRICHE SECONDO NTC18 §7.3.1	85
10.6	VERIFICHE DEL GIUNTO STRUTTURALE	86
11	VERIFICA DEI TIRAFONDI.....	88
11.1	VERIFICHE DELL'ACCIAIO	88
11.2	VERIFICHE NEL CLS.....	105

	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 CLFV1200002	REV. A	FOGLIO 5 di 107

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 pensiline previste in corrispondenza della fermata “Bozzolo”.

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 “Bozzolo”.

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

- Pensilina metallica ad un pilastro, disposta a protezione di una parte della banchina ferroviaria.
- Pensilina metallica a due pilastri, disposta a protezione di una parte della banchina in corrispondenza della struttura del sottopasso.

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 “Bozzolo”.

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

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	$E_r =$	<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

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

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

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.

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

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.

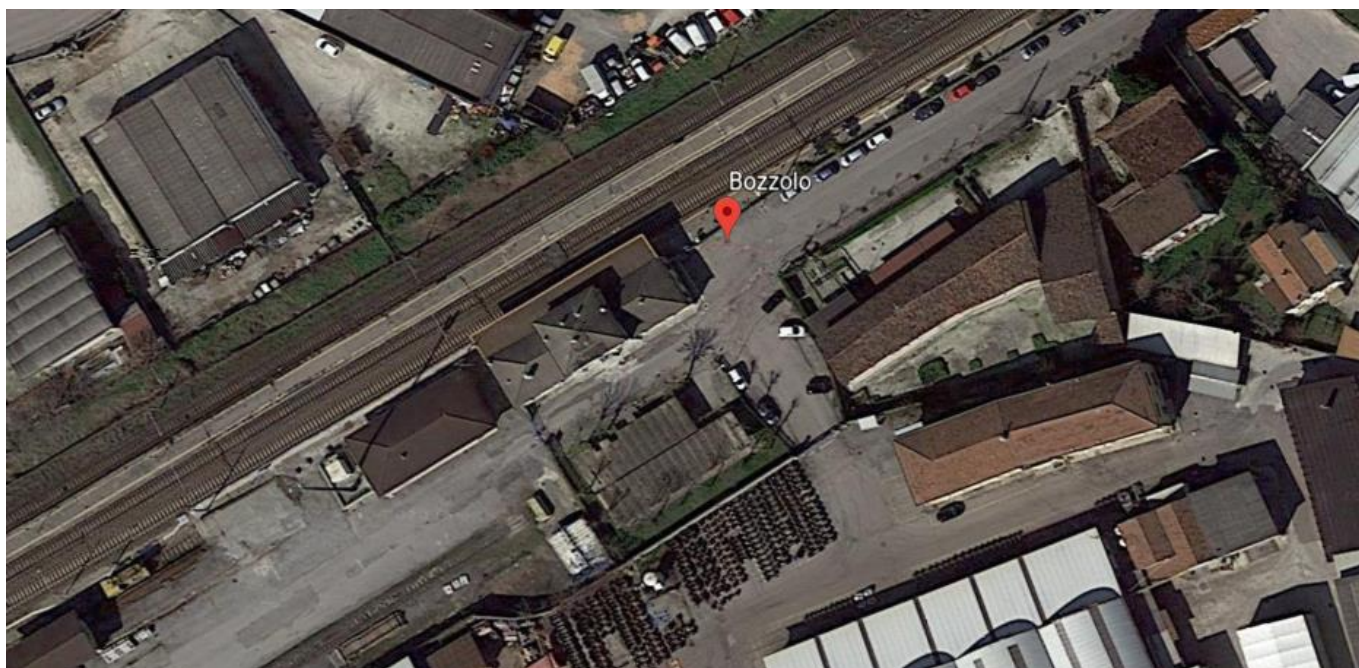


Figura 1 – Configurazione planimetrica tracciato

Le coordinate del sito sono:

45°06'25"N

10°28'21"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): $C_u = 1.5$.

 <p>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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

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:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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 17-0118, si ottiene per il sito in esame:

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

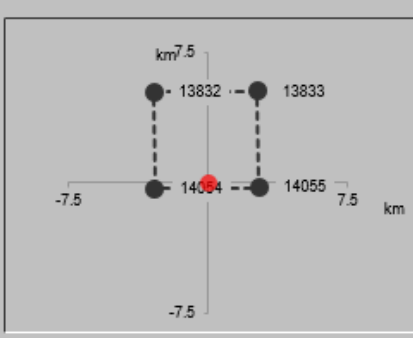
Grafici spettri di risposta ||>

Variabilità dei parametri ||>


Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ||>

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

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

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0.037	2.574	0.243
SLD	75	0.044	2.557	0.268
SLV	712	0.089	2.646	0.324
SLC	1462	0.111	2.619	0.332

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica

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.

6 DESCRIZIONE DELL'OPERA

6.1 Generalità

La presente relazione ha per scopo il dimensionamento della pensilina a doppio pilastro in corrispondenza della stazione ferroviaria di Bozzolo. La struttura metallica è composta da una struttura intelaiata, che si estende per 15 assi strutturali in corrispondenza del binario nord ed 8 in corrispondenza di quello sud, disposte ad un interasse di 4.45 m tra di loro. In corrispondenza al sottopasso di progetto, l'interasse è pari a 9.61m. La lunghezza totale della struttura è pari a circa 72m (binario nord) e 40m (binario sud), di cui si possono distinguere due tipologie strutturali distinte. Scopo della presente relazione è la tipologia a doppio pilastro, in corrispondenza delle assi strutturali 4 - 11. Il modello di calcolo è stato sviluppato per la pensilina a mensola asimmetrica, in quanto presenta le luci e la lunghezza della mensola maggiori.

La tipologia in esame si estende tra le assi strutturali 5 – 8 in corrispondenza del binario nord e consiste di una struttura intelaiata con mensola asimmetrica (circa 2.5m lato binario). In direzione trasversale la struttura è composta da due pilastri HEB360 per asse, che sono connessi alla struttura del sottopasso esistente tramite tirafondi di ancoraggio. Sui pilastri appoggiano travi principali HEA360. La connessione trave pilastro è stata effettuata tramite una connessione rigida alla flangia inferiore del HEA. In direzione longitudinale, i telai sono uniti tramite una trave HEB360. La connessione delle travi secondarie HEB ed HEA ai pilastri della struttura è rigida. Longitudinalmente lo sviluppo è stato effettuato tramite arcarecci IPE160 il cui interasse e connessione alle travi trasversali segue lo stesso filo logico alla precedente tipologia strutturale.

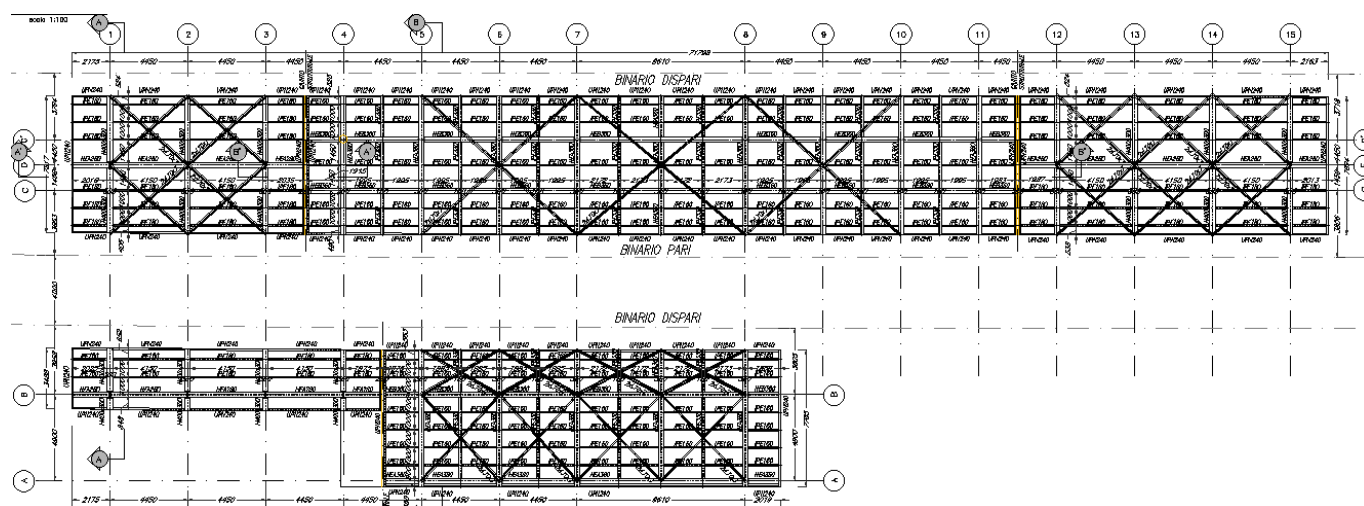


Figura 2 – Inquadramento planimetrico

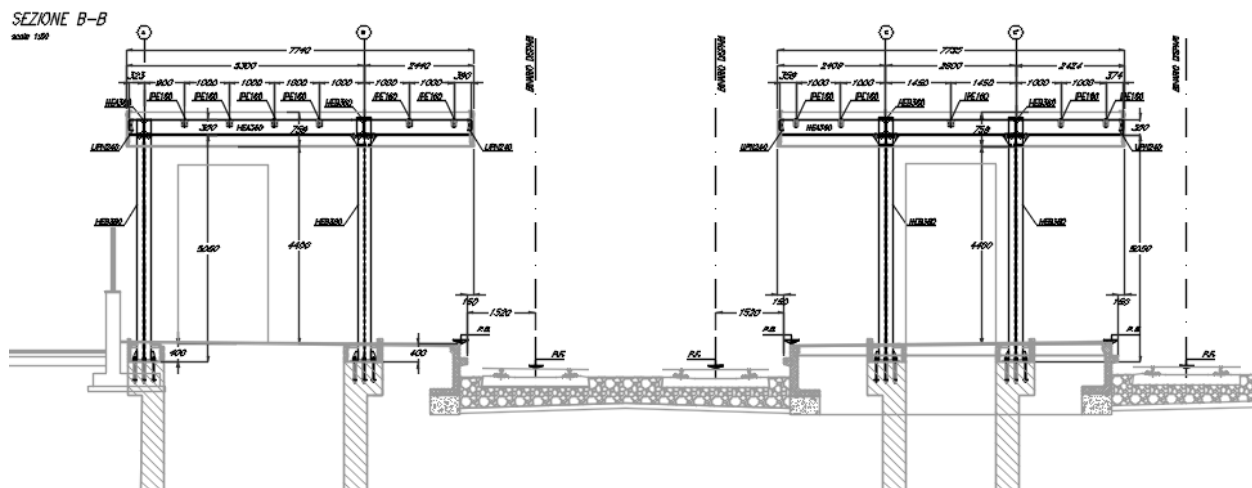


Figura 3 – Sezione trasversale

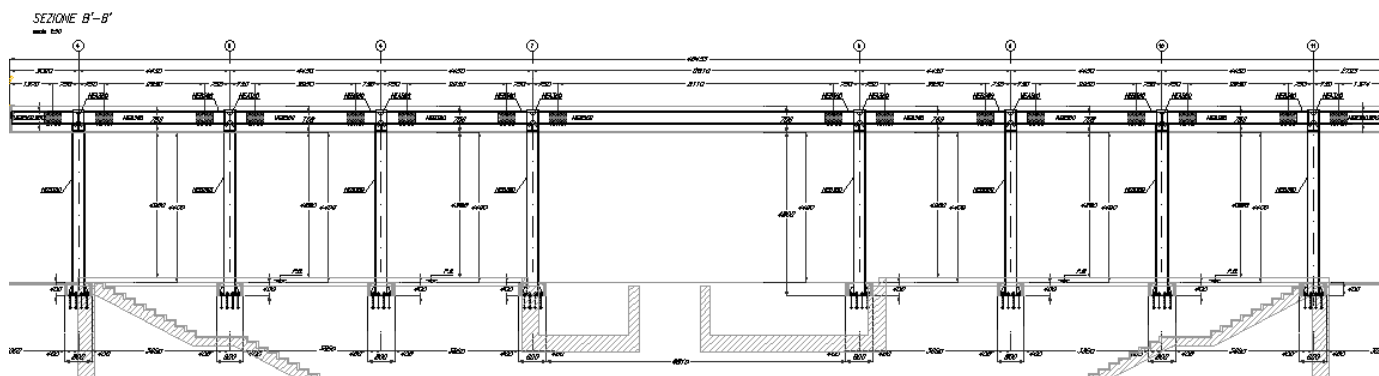


Figura 4 – Sezione longitudinale

 <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>CLFV1200002</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 la pensilina a singolo pilastro.

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 5 – Vista assometrica

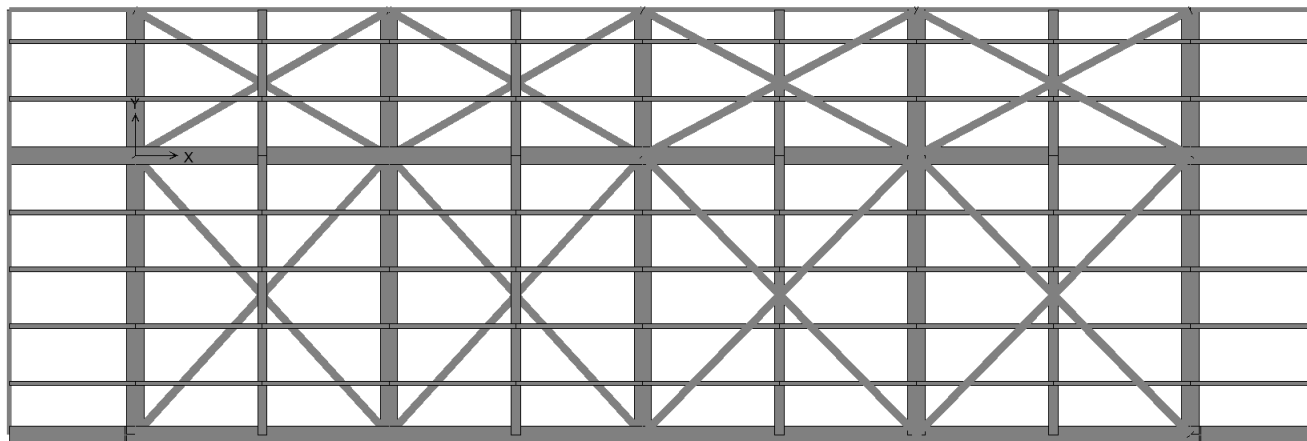


Figura 6 – Vista in pianta

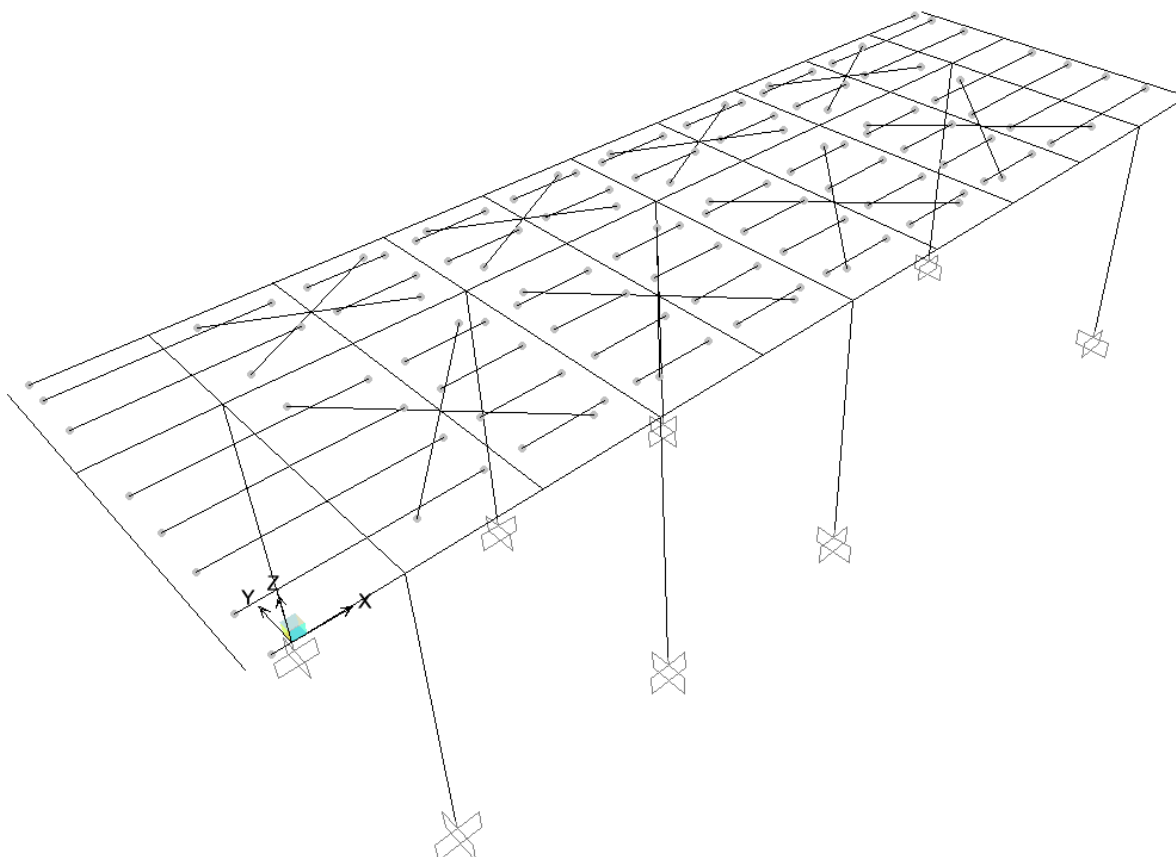


Figura 7 –Vincoli interni della pensilina

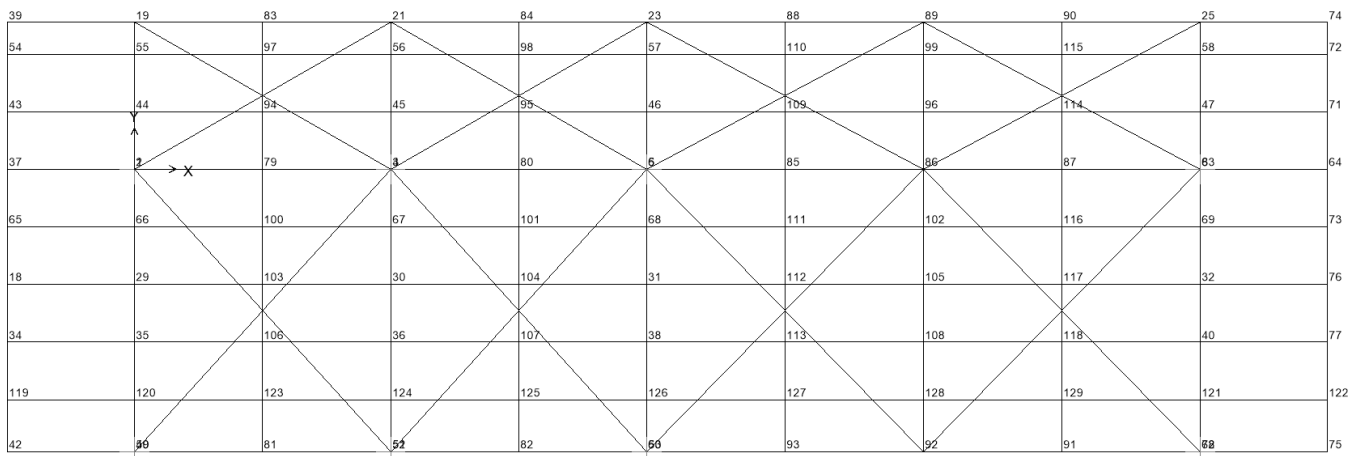


Figura 8 – Numerazione nodi di copertura

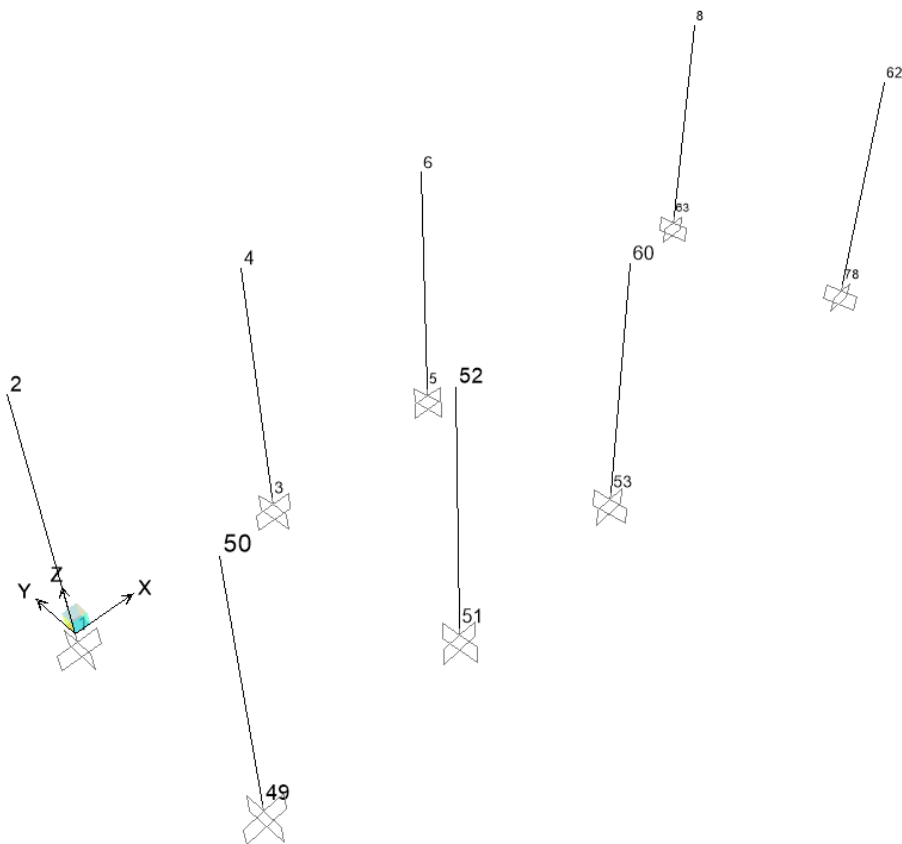


Figura 9 – Numerazione nodi di pilastri

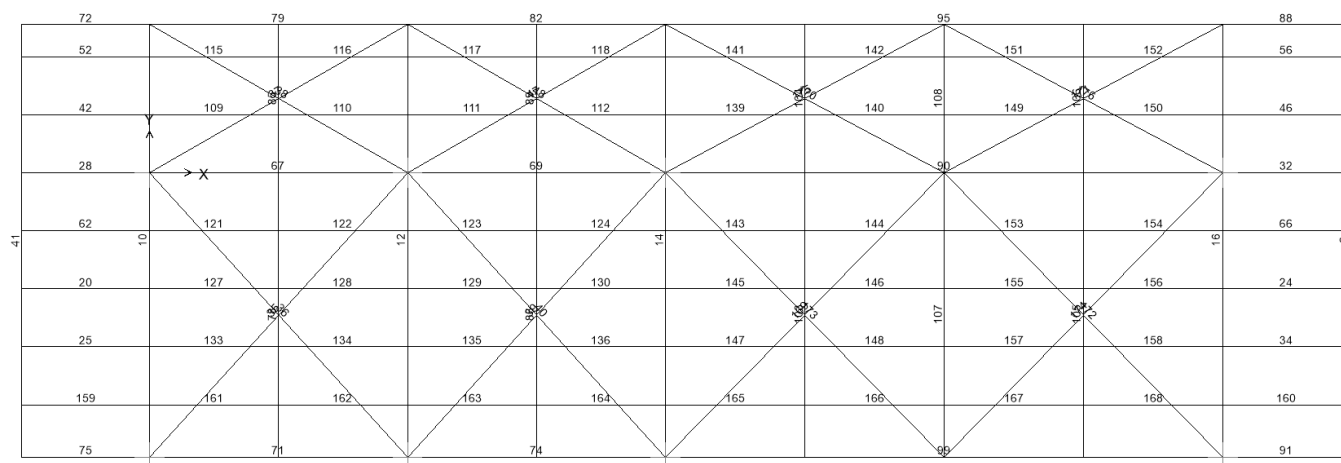


Figura 10 – Numerazione aste di copertura

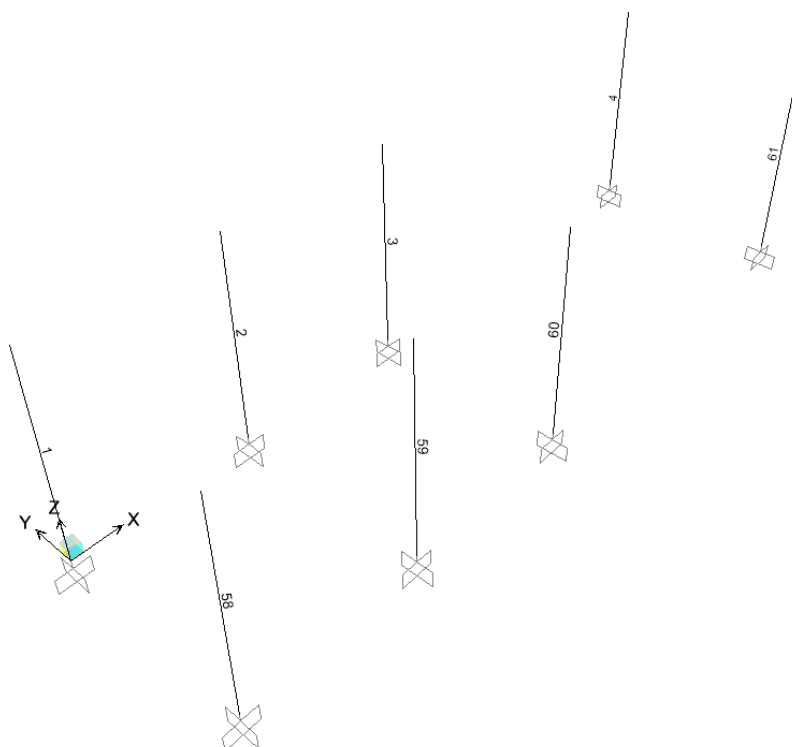


Figura 11 – Numerazione aste dei pilastri

	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 CLFV1200002	REV. A

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/m³.

(CONDIZIONE PESO-PROPRIO)

6.4.2 *Carichi permanenti non strutturali*

Peso permanenti portati dal solaio di copertura della pensilina sono stati valutati assumendo cautelativamente: $p=1.2 \text{ kN/m}^2$

(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:

	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 CLFV1200002	REV. A

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 30 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:

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

(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. (altitudine sul livello del mare della costruzi

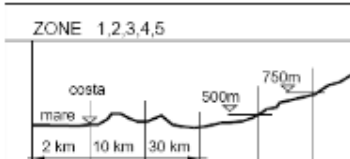
29	[m]
150	[km]
50	[anni]
II	

Distanza dalla costa

T_r (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5

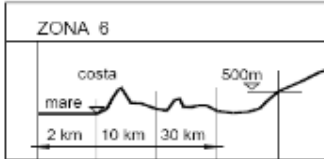


	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* 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



	2 km	10 km	30 km	500m
A	--	III	IV	V
B	--	II	III	IV
C	--	II	III	III
D	I	I	II	II


ZONE 7,8



	1.5 km	0.5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	II

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

ZONA 9



	costa
A	I
B	I
C	I
D	I

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

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

$c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$

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

v_b (velocità base di riferimento) 25.00 m/s

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

c_r coefficiente di ritorno 1.00

v_r (velocità di riferimento) 25.02 m/s

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

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

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

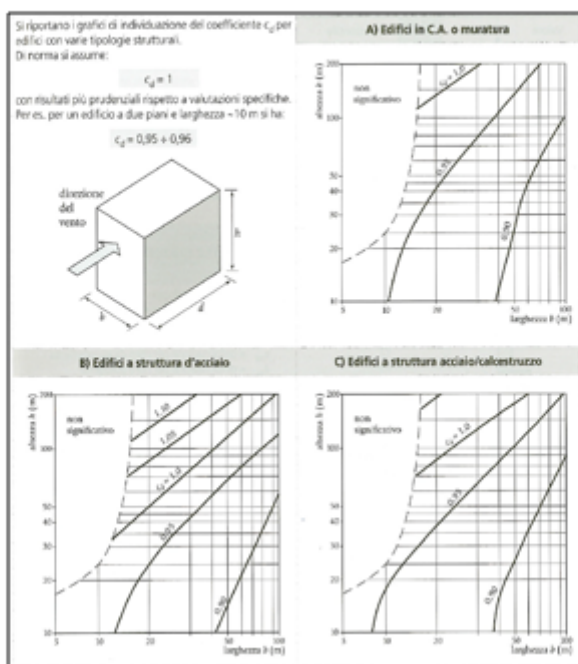
Pressione cinetica di riferimento q_r 391.20 [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

Coefficiente dinamico [§3.3.8]




c_d 1.00

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			
					
$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma$	$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \left(1 - 0,1 \cdot \frac{x}{H}\right) \geq 1$	$c_t = 1 + \beta \cdot \gamma \cdot \frac{h}{H}$			
Coefficiente β		Coefficiente γ			
per: $\frac{z}{H} \leq 0,75$	$0,75 \leq \frac{z}{H} \leq 2$	$\frac{z}{H} \geq 2$	per: $\frac{H}{D} \leq 0,10$	$0,10 < \frac{H}{D} \leq 0,30$	$\frac{H}{D} > 0,3$
$\beta = 0,5$	$\beta = 0,8 - 0,4 \cdot \frac{z}{H}$	$\beta = 0$	$\gamma = 0$	$\gamma = 5 \left(\frac{H}{D} - 0,10\right)$	$\gamma = 1$

Caso selezionato:

Condizione non isolata

Il coefficiente topografico vale: c_t **1.00**

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=200m valgono le seguenti espressioni

$$c_e(z) = k_e^2 \cdot c_i \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_i \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

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

k_e	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0.19	0.05	4.00

Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,\min}$	1.80	$z < 4.00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,\text{gronda}}$	1.99	$z = 5.50$
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,\text{colmo}}$	1.99	$z = 5.50$

 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 CLFV1200002	REV. A

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/m². (§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 kN/m² 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/m², 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) = $q_s \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p$

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

c_p (coefficiente di forma)

	p [kN/m ²]	c_d	c_t	c_e	c_p	P [kN/m ²]
(1) par. sopra	0.391	1.00	1.00	1.985	0.00	0.00
(2) cop. sopr	0.391	1.00	1.00	1.985	1.24	0.96
(3) cop. Sott	0.391	1.00	1.00	1.985	0.00	0.00
(4) par. sotto	0.391	1.00	1.00	1.985	0.00	0.00



Nel caso specifico si ha:

$$p_1 = 0.391 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.985 \times 1.24 = \mathbf{0.96 \text{ kN/m}^2}$$

La pressione sulle superfici orizzontali dovuta al carico del vento è stata ulteriormente incrementata a $p = \mathbf{1.09 \text{ kN/m}^2}$ anche per le combinazioni di progetto, che includono il contributo del vento con $\gamma_Q = 1.5$ e $\gamma_{Qi} = 1.5$, a favore di sicurezza.

	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 CLFV1200002	REV. A

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 al 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 0.8m. Nello specifico si ha:

$$p_1 = p \times h_{\text{fascia perimetrale}} = 0.391 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.985 \times 1.4 \times 0.8 = 0.87 \text{ kN/m}$$

6.4.6.2.2 Carico di vento agente sui pilastri HEB360

Il vento si calcola come nel caso precedente con la variante del coefficiente di forma. 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:

$$p = 0.39 \times 1.985 \times 1.4 \times 1 = 1.09 \text{ kN/m}^2$$

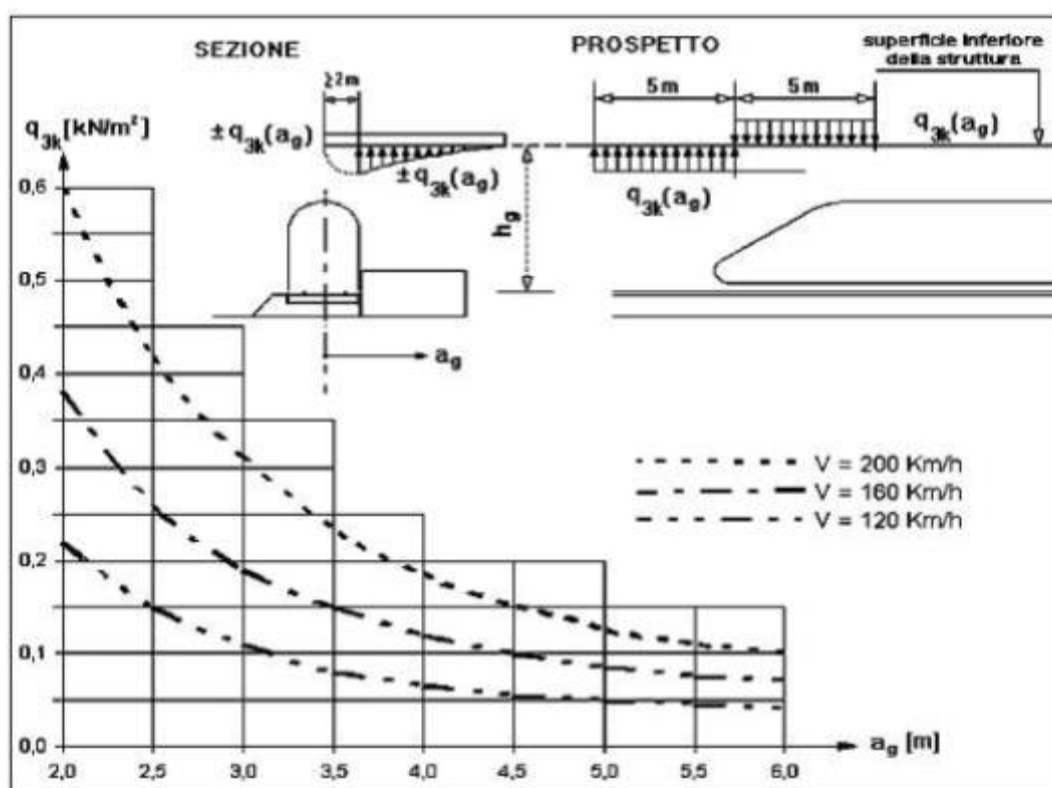
Nello specifico si ha:

$$p_2 = p \times h_{\text{HEB360}} = 1.09 \times 0.36 = 0.39 \text{ kN/m}$$

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 :

$$k_3 = (7.5 - h_G) / 3.7 = (7.5 - 4.95) / 3.7 = 0.68$$

Nel caso in esame assumendo per sicurezza una velocità pari a 200 km/h e una distanza pari a_g 2 metri si ottiene una pressione pari a $q_{3k} = 0.68 \times 0.60 = 0.41 \text{ kN/m}^2$

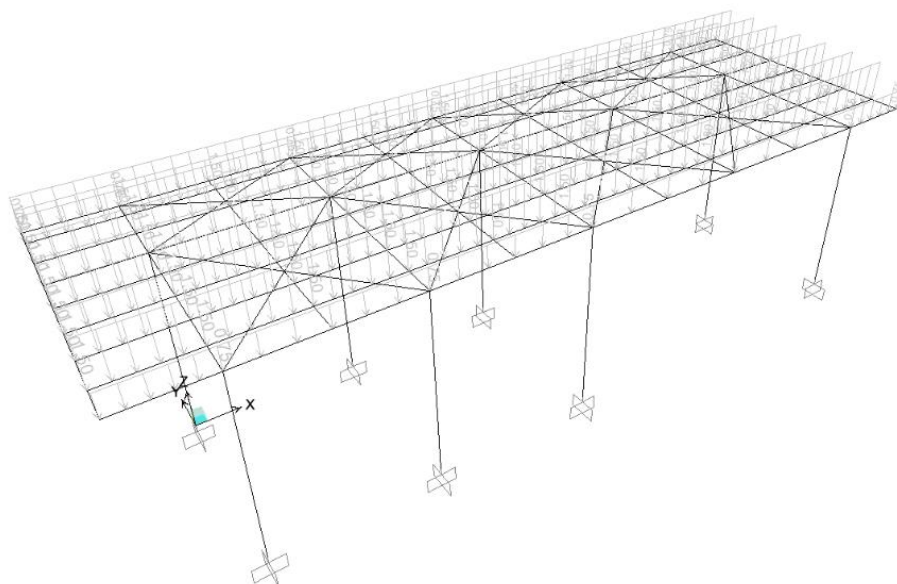
La misura assunta per la distanza tra pensilina e convoglio viene assunta a favore di sicurezza pari a 2 metri che rappresenta il valore al quale corrisponde la massima pressione.

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

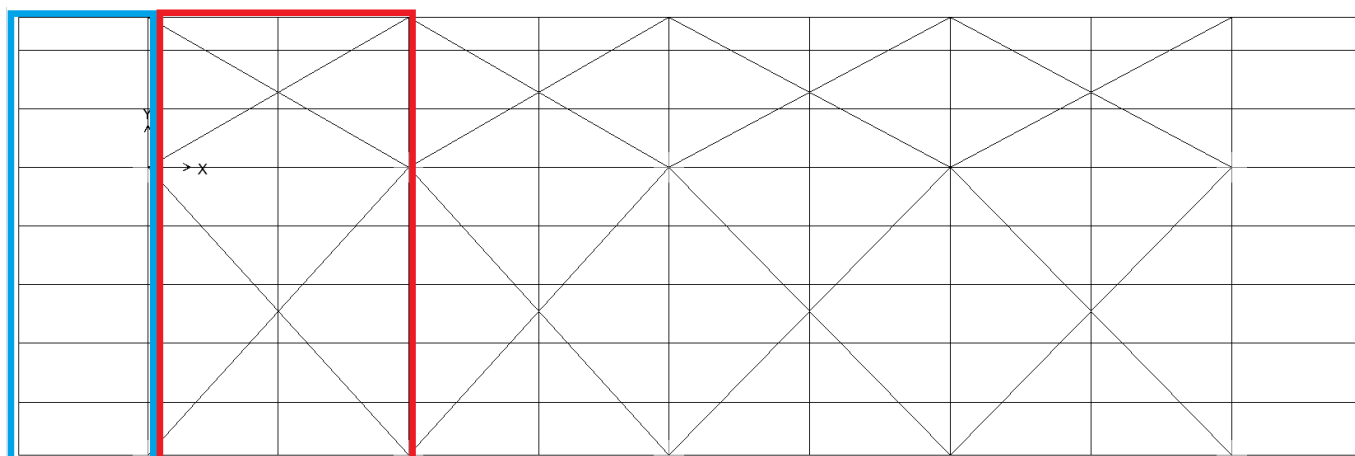
Nello specifico, sono stati individuati n° 3 casi (- depressione, + pressione):

- Condizione di carico 1: ($V+A=1.5kPa$) – Pressione applicata lungo tutto lo sviluppo della pensilina cautelativamente.

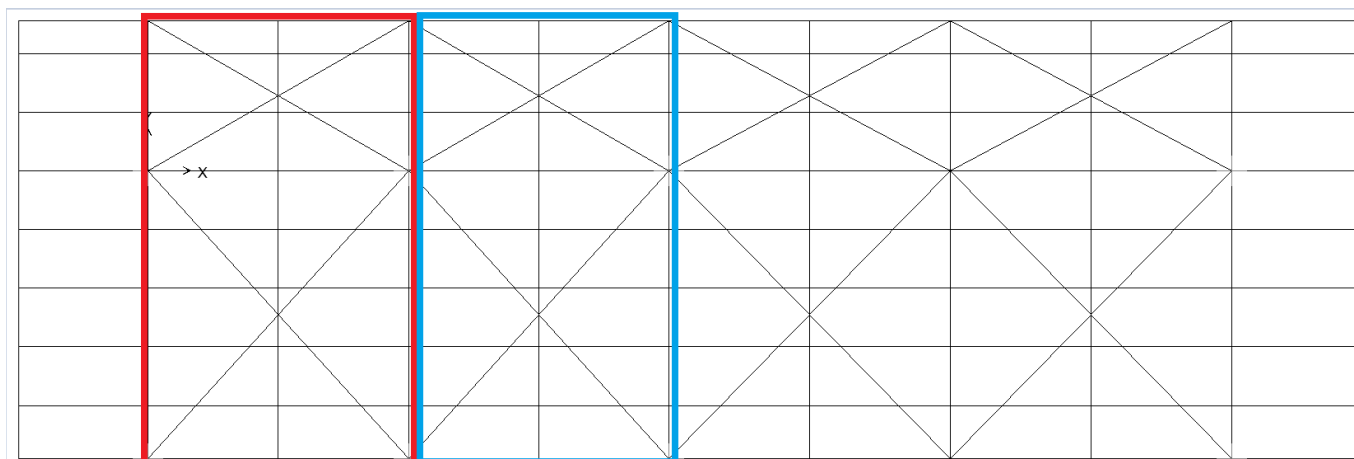
Frame Span Loads (V+A=1.5kPa,V) (As Defined)



- Condizione di carico 1: (EFFETTI AERODINAMICI 1)

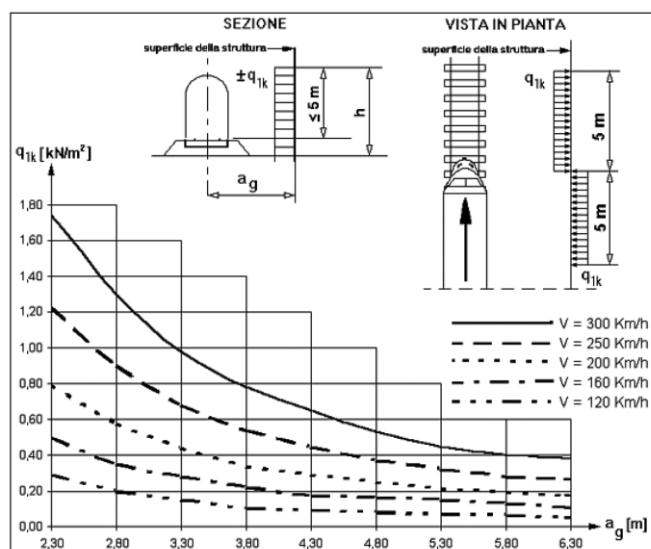


- Condizione di carico 2: (EFFETTI AERODINAMICI 2)



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.



Nel caso in esame assumendo per sicurezza una velocità pari a 200 km/h e una distanza pari a_g 2 metri si ottiene:

$$q_{1k} = 0.80 \text{ kN/m}^2$$

Il suddetto 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 $\leq 1,0$ m o se la larghezza è $\leq 2,50$ m, l'azione q_{1k} deve essere incrementata del fattore $k_2 = 1.3$.

Nel caso in esame l'altezza dei pilastri è $> 2,50$ m, quindi l'azione q_{1k} non va essere incrementata del fattore k_2 .

Complessivamente si ottiene quindi:

$$q_{1k} = 0.80 \times 0.85 = 0.68 \text{ kN/m}^2$$

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

6.4.7.2.1 Pressione aerodinamica agente sulla fascia perimetrale

La pressione aerodinamica sulla fascia perimetrale si calcola con la variante del coefficiente di forma.

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 al parametro

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

La pressione aerodinamica sulla fascia perimetrale di copertura vale dunque:

$$q_1 = 0.68 \times 1.4 = 0.95 \text{ kN/m}^2$$

A favore di sicurezza, l'altezza della fascia si assume essere pari a 0.8m. Nello specifico si ha:

$$q_1' = q_1 \times h_{\text{fascia perimetrale}} = 0.95 \times 0.8 = 0.76 \text{ kN/m}$$

6.4.7.2.2 Carico di vento agente sui pilastri HEB360

Il vento si calcola come nel caso precedente con la variante del coefficiente di forma. 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 aerodinamica sui pilastri è dunque pari a:

$$q_1 = 0.68 \times 1.4 = 0.95 \text{ kN/m}^2$$

Nello specifico si ha:

$$q_1'' = q_1 \times h_{\text{HEB}} = 0.95 \times 0.36 = 0.34 \text{ kN/m}$$

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

6.4.8 Carichi di pali TE (Tensione Elettrica)

6.4.8.1 Carichi caratteristici alla base delle paline TE che insistono sui pilastri della pensilina:

$$N_{TE} = 18.5 \text{ kN (CONDIZIONE Nte)}$$

$$V_{TE,tras} = 12 \text{ kN}; M_{TE,tras} = 54 \text{ kN.m (CONDIZIONE V1te)}$$

$$V_{TE,long} = 3 \text{ kN}; M_{TE,long} = 5 \text{ kN.m (CONDIZIONE V2te)}$$

Le forze sono ubicate nel punto superiore, del pilastro della pensilina il quale è maggiormente sollecitato e presenta una luce di gran lunga maggiore, pari a circa 10m, in corrispondenza della zona adiacente al sottopasso.

6.4.8.2 Rottura della catenaria

Si dovrà considerare l'eventualità che si verifichi la rottura della catenaria nel punto più sfavorevole per la struttura. La forza trasmessa alla struttura in conseguenza di un simile evento si considererà come una forza di natura statica agente in direzione parallela all'asse dei binari, di intensità pari a 20kN e applicata sui sostegni alla quota del filo.

Il carico trasmesso alla struttura, dalla rottura della catenaria, è di natura eccezionale.

Analogamente a come detto nel punto precedente, le forze sono ubicate nei punti superiori dei pilastri maggiormente sollecitati in corrispondenza del sottopasso.

(ROTTURA_CATENARIA)

6.4.9 Azione sismica

Sulla base di quanto riportato al paragrafo 5 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 linSLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.089 g
F_o	2.646
T_c	0.324 s
S_a	1.500
C_c	1.524
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.164 s
T_C	0.493 s
T_D	1.954 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

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

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

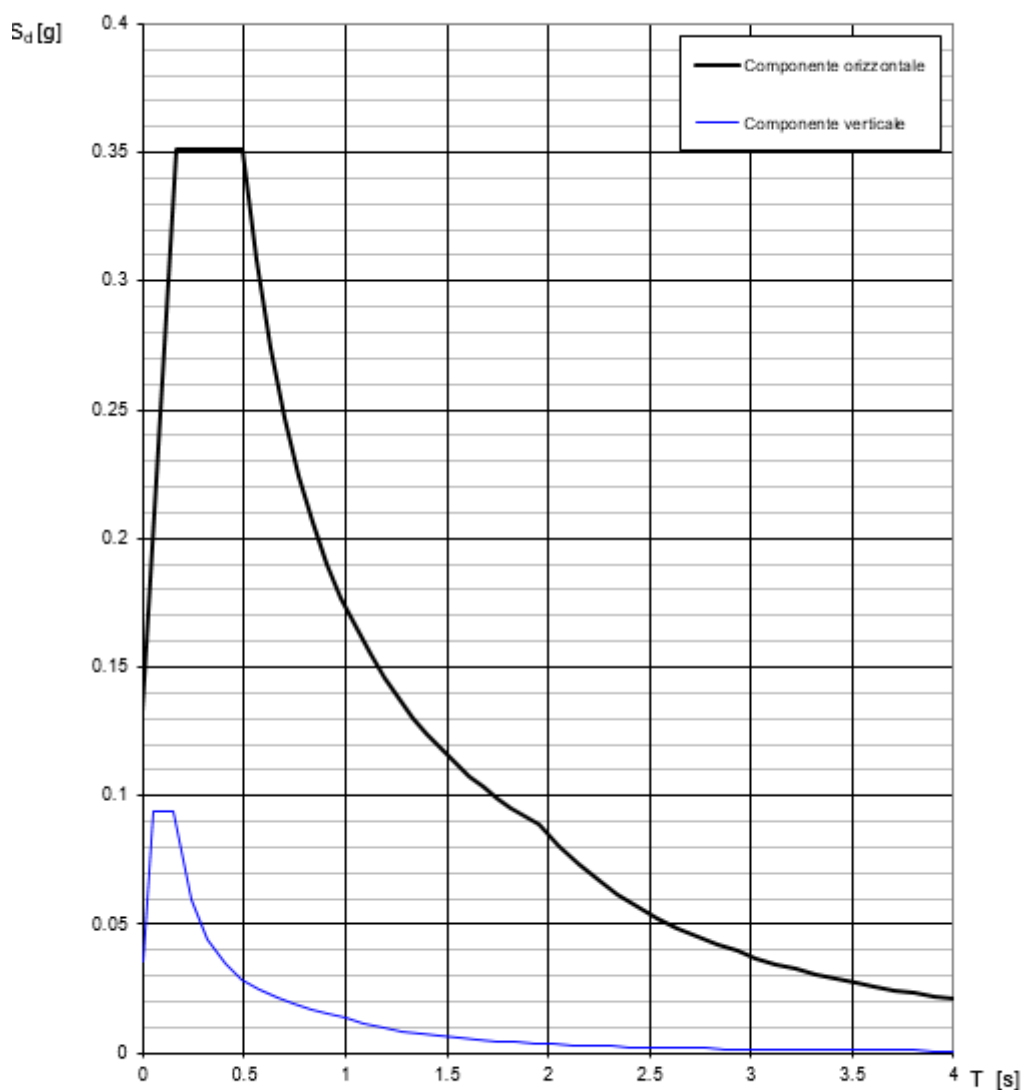
$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

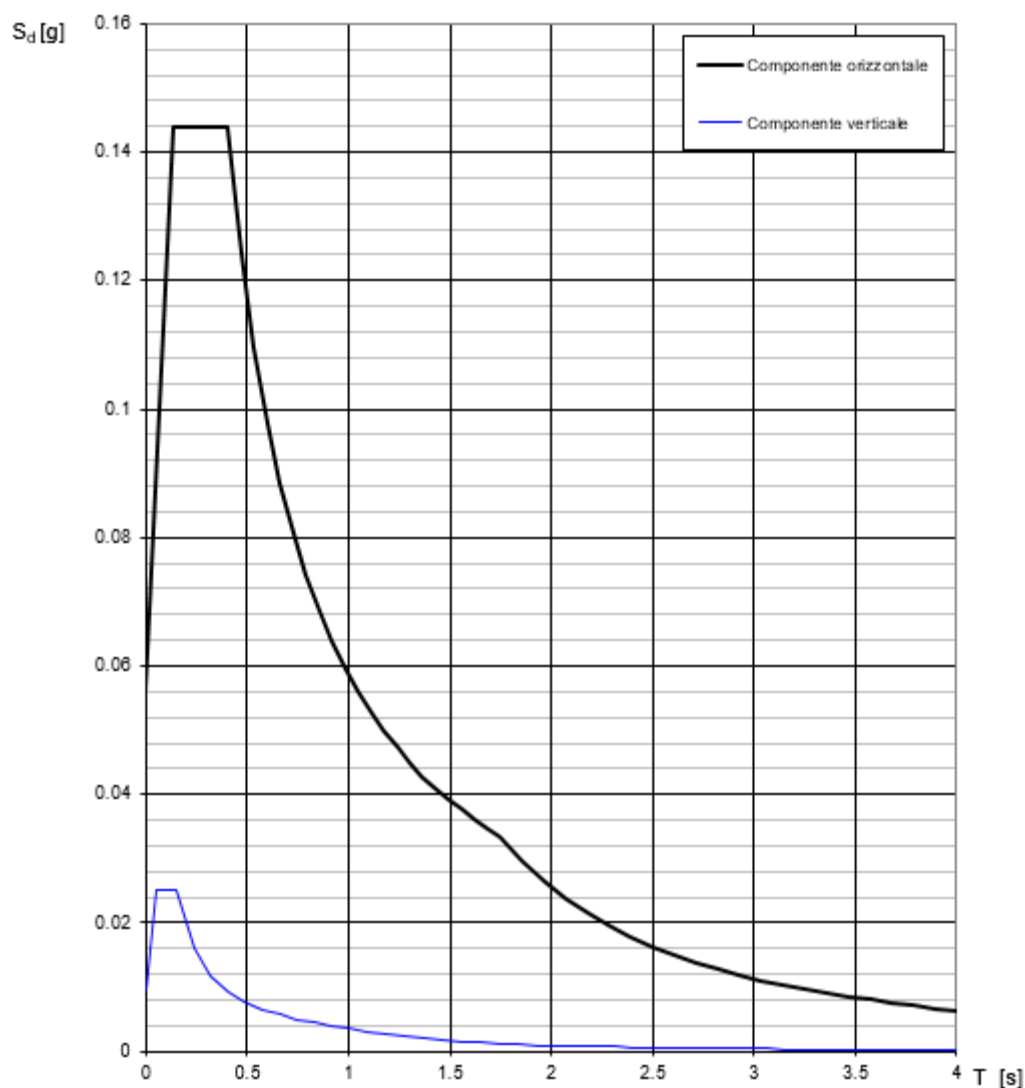
	T [s]	Se [g]
	0.000	0.133
T_B	0.164	0.352
T_C	0.493	0.352
	0.563	0.308
	0.632	0.274
	0.702	0.247
	0.771	0.225
	0.841	0.206
	0.911	0.190
	0.980	0.177
	1.050	0.165
	1.119	0.155
	1.189	0.146
	1.258	0.138
	1.328	0.131
	1.398	0.124
	1.467	0.118
	1.537	0.113
	1.606	0.108
	1.676	0.103
	1.746	0.099
	1.815	0.096
	1.885	0.092
T_D	1.954	0.089
	2.052	0.080
	2.149	0.073
	2.247	0.067
	2.344	0.062
	2.441	0.057
	2.539	0.053
	2.636	0.049
	2.734	0.045
	2.831	0.042
	2.928	0.040
	3.026	0.037
	3.123	0.035
	3.221	0.033
	3.318	0.031
	3.416	0.029
	3.513	0.027
	3.610	0.026
	3.708	0.025
	3.805	0.023
	3.903	0.022
	4.000	0.021

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




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

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



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

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 dell'azione sismica è pari a 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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

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):

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

– 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, ...)			
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
Variabile - Catenaria	Variabile	1.5	0.8	0.5	0
Temperatura	Variabile	1.5	0.6	0.5	0.5
Neve (<1000mslm)	Variabile	1.5	0.5	0.2	0
Vento	Variabile	1.5	0.6	0.5	0
Variabili-copertura (cat. H1) - Carico distribuito	Variabile	1.5	0	0	0
Variabili-Pressione aerodinamica	Variabile	1.45	0.8	0.5	0
Rottura - Catenaria	Accidentale	1	0	0	0
Sisma X-Y-Z	Sismico	1	-	-	-

* Nel caso in cui si ha una condizione di sottovento si è ipotizzato un coefficiente di sicurezza del carico NON-STRUTT pari ad 0.8 anziché 0, ipotizzando che l'assenza della superficie riduca il carico di sottovento a valori trascurabili.

Nello specifico si ha:

Condizione di carico	Tipo
MODAL	LinModal
PESO_PROPRIO	LinStatic
COPERTURA	LinStatic
CARICHI_VARIABILI	LinStatic
NTE	LinStatic
V1TE	LinStatic
V2TE	LinStatic
ROTTURA_CATENARIA	LinStatic
VENTO_X	LinStatic
VENTO_Y	LinStatic
VENTO_Verticale	LinStatic
V+A=1.5kPa_X	LinStatic
V+A=1.5kPa_Y	LinStatic
V+A=1.5kPa_Verticale	LinStatic
EFFETTI_AERODINAMICI_1	LinStatic
EFFETTI_AERODINAMICI_2	LinStatic
NEVE	LinStatic
TEMPERATURA	LinStatic
SLV_U1	LinRespSpec
SLV_U2	LinRespSpec
Condizione di carico	Tipo

SLV_U3	LinRespSpec
SLD_U1	LinRespSpec
SLD_U2	LinRespSpec
SLD_U3	LinRespSpec

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

Inoltre, sono state definite le seguenti combinazioni ausiliari dei pali T.E:

Pali TE_1 = Nte+V1te+V2te

Pali TE_2 = Nte+V1te-V2te

		Peso_Proprio	Copertura	Neve	Vento_1	Vento_2	Vento_3	Vento_4	Effetti_Aerodinamici_1	Effetti_Aerodinamici_2	Carichi_variabili	Temperatura	Pali TE_1	Pali TE_2	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	1.5					
	ψ	1	1	1	0.6							0.6	0.8					
SLU_02	γ	1.35	1.5	1.5	1.5							-1.5	1.5					
	ψ	1	1	1	0.6							0.6	0.8					
SLU_03	γ	1.35	1.5	1.5	1.5							1.5		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6		0.8				
SLU_04	γ	1.35	1.5	1.5	1.5							-1.5		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6		0.8				
SLU_05	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			1.5	1.5					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLU_06	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			-1.5	1.5					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLU_07	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			1.5		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLU_08	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			-1.5		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLU_09	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			1.5	1.5					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLU_10	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			-1.5	1.5					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLU_11	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			1.5		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLU_12	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			-1.5		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLU_13	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						1.5	1.5					
	ψ	1	1	1		0.6						0.6	0.8					
SLU_14	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						-1.5	1.5					
	ψ	1	1	1		0.6						0.6	0.8					
SLU_15	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						1.5		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6		0.8				
SLU_16	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						-1.5		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6		0.8				
SLU_17	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			1.5	1.5					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6	0.8					
SLU_18	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			-1.5	1.5					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6	0.8					
SLU_19	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			1.5		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLU_20	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			-1.5		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLU_21	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			1.5	1.5					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLU_22	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			-1.5	1.5					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLU_23	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			1.5		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLU_24	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			-1.5		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLU_25	γ	1.35	1.5	1.5	1.5						1.5	1.5	1.5					
	ψ	1	1	0.5	0.6						1	0.6	0.8					

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200002	A	43 di 107

RELAZIONE DI CALCOLO

SLU_26	γ	1.35	1.5	1.5	1.5					1.5	-1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6	0.8							
SLU_27	γ	1.35	1.5	1.5	1.5					1.5	1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6		0.8						
SLU_28	γ	1.35	1.5	1.5	1.5					1.5	-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6		0.8						
SLU_29	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6	0.8							
SLU_30	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	-1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6	0.8							
SLU_31	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6		0.8						
SLU_32	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6		0.8						
SLU_33	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6	0.8							
SLU_34	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	-1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6	0.8							
SLU_35	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6		0.8						
SLU_36	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.45		1.5	-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.6		0.8						
SLU_37	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.5	1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.6		0.8						
SLU_38	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.5	-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.6		0.8						
SLU_39	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.5	1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.6		0.8						
SLU_40	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.5	-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.6		0.8						
SLU_41	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6	0.8							
SLU_42	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	-1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6	0.8							
SLU_43	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6		0.8						
SLU_44	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6		0.8						
SLU_45	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6	0.8							
SLU_46	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	-1.5	1.5							
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6	0.8							
SLU_47	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6		0.8						
SLU_48	γ	1.35	1.5	1.5		1.5		1.45		1.5	-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.6		0.8						
SLU_49	γ	1.35	1.5	1.5		1.5					1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6					1		0.8						
SLU_50	γ	1.35	1.5	1.5		1.5					-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6					1		0.8						
SLU_51	γ	1.35	1.5	1.5		1.5					1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6					1		0.8						
SLU_52	γ	1.35	1.5	1.5		1.5					-1.5		1.5						
	ψ	1	1	0.5		0.6					1		0.8						
SLU_53	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	0.8							
SLU_54	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	0.8							
SLU_55	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		0.8						

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NM25 03 D 44 CLFV1200002 A 44 di 107

RELAZIONE DI CALCOLO

SLU_56	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	0.8		
SLU_57	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	0.8		
SLU_58	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	0.8		
SLU_59	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		0.8	
SLU_60	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	0.8		
SLU_61	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5		0.6			1	0.8		
SLU_62	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			-1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5		0.6			1	0.8		
SLU_63	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.5		1.5	
	ψ	1	1	0.5		0.6			1		0.8	
SLU_64	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			-1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5		0.6			1	0.8		
SLU_65	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	0.8		
SLU_66	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	0.8		
SLU_67	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		0.8	
SLU_68	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	0.8		
SLU_69	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	0.8		
SLU_70	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	0.8		
SLU_71	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		0.8	
SLU_72	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	0.8		
SLU_73	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5	0.6				0.6	1		
SLU_74	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				-1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5	0.6				0.6	1		
SLU_75	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.5		1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6				0.6		1	
SLU_76	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				-1.5		1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6				0.6		1	
SLU_77	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6	1		
SLU_78	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		-1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6	1		
SLU_79	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		1.5		1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6		1	
SLU_80	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		-1.5		1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6		1	
SLU_81	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6	1		
SLU_82	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		-1.5	1.5		
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6	1		
SLU_83	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		1.5		1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6		1	
SLU_84	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45		-1.5		1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8		0.6		1	

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200002	A	45 di 107

RELAZIONE DI CALCOLO

SLU_85	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.5	1.5					
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6	1					
SLU_86	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			-1.5	1.5					
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6	1					
SLU_87	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6		1				
SLU_88	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			-1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6		1				
SLU_89	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1				
SLU_90	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1				
SLU_91	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1			
SLU_92	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1			
SLU_93	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1				
SLU_94	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1				
SLU_95	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1			
SLU_96	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1			
SLU_97	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1			0.6		0.8				
SLU_98	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			-1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1			0.6		0.8				
SLU_99	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1			0.6			0.8			
SLU_100	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			-1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1			0.6			0.8			
SLU_101	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6		0.8				
SLU_102	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6		0.8				
SLU_103	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6			0.8			
SLU_104	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6			0.8			
SLU_105	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6		0.8				
SLU_106	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6		0.8				
SLU_107	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6			0.8			
SLU_108	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6			0.8			
SLU_109	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1			0.6		0.8				
SLU_110	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			-1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1			0.6		0.8				
SLU_111	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1			0.6			0.8			
SLU_112	γ	1.35	1.5	1.5	1.5			-1.5			1.5			
	ψ	1	1	0.5	1			0.6			0.8			
SLU_113	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5		1.5				
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6		0.8				

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200002	A	46 di 107

RELAZIONE DI CALCOLO

SLU_114	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6	0.8				
SLU_115	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6		0.8			
SLU_116	γ	1.35	1.5	1.5	1.5	1.45		-1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	1	0.8		0.6		0.8			
SLU_117	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	1		0.8	0.6	0.8				
SLU_118	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	1		0.8	0.6	0.8				
SLU_119	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	1		0.8	0.6		0.8			
SLU_120	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	1		0.8	0.6		0.8			
SLU_121	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_122	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_123	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_124	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_125	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_126	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_127	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_128	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_129	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_130	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_131	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_132	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_133	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_134	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6	0.8				
SLU_135	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_136	γ	1.35	1.5	1.5	1.5		1.45	-1.5		1.5			
	ψ	1	1	0.5	0.6		1	0.6		0.8			
SLU_137	γ	1	0.8					1.5		1.5			
	ψ	1	1					1		0.6			
SLU_138	γ	1	0.8					1.5		-1.5			
	ψ	1	1					1		0.6			
SLU_139	γ	1	0.8				1.45	1.5		1.5			
	ψ	1	1				0.8	1		0.6			
SLU_140	γ	1	0.8				1.45	-1.5		1.5			
	ψ	1	1				0.8	1		0.6			
SLU_141	γ	1	0.8					1.45	1.5				
	ψ	1	1					1		0.6			
SLU_142	γ	1	0.8					1.45	-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 CLFV1200002 A 47 di 107

RELAZIONE DI CALCOLO

SLU_143	γ	1	0.8					1.5				1.5						
	ψ	1	1					1				0.6						
SLU_144	γ	1	0.8					1.5				-1.5						
	ψ	1	1					1				0.6						
SLU_145	γ	1	0.8					1.5	1.45			1.5						
	ψ	1	1					1	0.8			0.6						
SLU_146	γ	1	0.8					1.5	1.45			-1.5						
	ψ	1	1					1	0.8			0.6						
SLU_147	γ	1	0.8					1.5		1.45		1.5						
	ψ	1	1					1		0.8		0.6						
SLU_148	γ	1	0.8					1.5		1.45		-1.5						
	ψ	1	1					1		0.8		0.6						
SLU_149	γ	1	0.8					1.5				1.5	1.5					
	ψ	1	1					1				0.6	0.8					
SLU_150	γ	1	0.8					1.5				-1.5		1.5				
	ψ	1	1					1				0.6	0.8					
SLU_151	γ	1	0.8					1.5	1.45			1.5	1.5					
	ψ	1	1					1	0.8			0.6	0.8					
SLU_152	γ	1	0.8					1.5	1.45			-1.5		1.5				
	ψ	1	1					1	0.8			0.6	0.8					
SLU_153	γ	1	0.8					1.5		1.45		1.5	1.5					
	ψ	1	1					1		0.8		0.6	0.8					
SLU_154	γ	1	0.8					1.5		1.45		-1.5		1.5				
	ψ	1	1					1		0.8		0.6	0.8					
SLU_155	γ	1	0.8					1.5				1.5	1.5					
	ψ	1	1					1				0.6	0.8					
SLU_156	γ	1	0.8					1.5				-1.5		1.5				
	ψ	1	1					1				0.6	0.8					
SLU_157	γ	1	0.8					1.5	1.45			1.5	1.5					
	ψ	1	1					1	0.8			0.6	0.8					
SLU_158	γ	1	0.8					1.5	1.45			-1.5		1.5				
	ψ	1	1					1	0.8			0.6	0.8					
SLU_159	γ	1	0.8					1.5		1.45		1.5	1.5					
	ψ	1	1					1		0.8		0.6	0.8					
SLU_160	γ	1	0.8					1.5		1.45		-1.5		1.5				
	ψ	1	1					1		0.8		0.6	0.8					
SLU_161	γ	1.35	1.5	1								1	1		1			
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8		1			
SLU_162	γ	1.35	1.5	1								-1	1		1			
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8		1			
SLU_163	γ	1.35	1.5	1								1	1		1			
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8		1			
SLU_164	γ	1.35	1.5	1								-1	1		1			
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8		1			
SLU_165	γ	1.35	1.5	1								1	1			1		
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8			1		
SLU_166	γ	1.35	1.5	1								-1	1			1		
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8			1		
SLU_167	γ	1.35	1.5	1								1	1			1		
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8			1		
SLU_168	γ	1.35	1.5	1								-1	1			1		
	ψ	1	1	0.5								0.6	0.8			1		
SLU_169	γ	1	0.8									1				1		
	ψ	1	1									0.6				1		
SLU_170	γ	1	0.8									-1				1		
	ψ	1	1									0.6				1		
SLU_171	γ	1	0.8									1					1	
	ψ	1	1									0.6					1	
SLU_172	γ	1	0.8									-1					1	
	ψ	1	1									0.6					1	
SLU_173	γ	1	0.8									1	1			1		
	ψ	1	1									0.6	0.8			1		
SLU_174	γ	1	0.8									-1	1			1		
	ψ	1	1									0.6	0.8			1		
SLU_175	γ	1	0.8									1	1				1	
	ψ	1	1									0.6	0.8				1	
SLU_176	γ	1	0.8									-1	1				1	
	ψ	1	1									0.6	0.8				1	

		Peso_Proprio	Copertura	Neve	Vento_1	Vento_2	Vento_3	Vento_4	Effetti_Aerodinamici_1	Effetti_Aerodinamici_2	Carichi_variabili	Temperatura	Pali TE_1	Pali TE_2	Vento+Aero=1.5kPa_1	Vento+Aero=1.5kPa_2	Vento+Aero=1.5kPa_3	Vento+Aero=1.5kPa_4
SLE_R_01	Y	1	1	1	1							1	1					
	ψ	1	1	1	0.6							0.6	0.8					
SLE_R_02	Y	1	1	1	1							-1	1					
	ψ	1	1	1	0.6							0.6	0.8					
SLE_R_03	Y	1	1	1	1							1		1				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6		0.8				
SLE_R_04	Y	1	1	1	1							-1		1				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6		0.8				
SLE_R_05	Y	1	1	1	1				1			1	1					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLE_R_06	Y	1	1	1	1				1			-1	1					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLE_R_07	Y	1	1	1	1				1			1		1				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLE_R_08	Y	1	1	1	1				1			-1		1				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLE_R_09	Y	1	1	1	1					1		1	1					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLE_R_10	Y	1	1	1	1					1		-1	1					
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6	0.8					
SLE_R_11	Y	1	1	1	1					1		1		1				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLE_R_12	Y	1	1	1	1					1		-1		1				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6		0.8				
SLE_R_13	Y	1	1	1		1						1	1					
	ψ	1	1	1		0.6						0.6	0.8					
SLE_R_14	Y	1	1	1		1						-1	1					
	ψ	1	1	1		0.6						0.6	0.8					
SLE_R_15	Y	1	1	1		1						1		1				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6		0.8				
SLE_R_16	Y	1	1	1		1						-1		1				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6		0.8				
SLE_R_17	Y	1	1	1		1			1			1	1					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6	0.8					
SLE_R_18	Y	1	1	1		1			1			-1	1					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6	0.8					
SLE_R_19	Y	1	1	1		1			1			1		1				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLE_R_20	Y	1	1	1		1			1			-1		1				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLE_R_21	Y	1	1	1		1				1		1	1					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6	0.8					
SLE_R_22	Y	1	1	1		1			1			-1	1					
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6	0.8					
SLE_R_23	Y	1	1	1		1			1			1		1				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLE_R_24	Y	1	1	1		1			1			-1		1				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6		0.8				
SLE_R_25	Y	1	1	1	1	1					1	1	1					
	ψ	1	1	0.5	0.6						1	0.6	0.8					

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200002	A	50 di 107

RELAZIONE DI CALCOLO

SLE_R_56	Y	1	1	1	1			1		-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.8
SLE_R_57	Y	1	1	1	1			1		1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.8
SLE_R_58	Y	1	1	1	1			1		-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.8
SLE_R_59	Y	1	1	1	1			1		1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.8
SLE_R_60	Y	1	1	1	1			1		-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		1	0.8
SLE_R_61	Y	1	1	1		1				1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.8
SLE_R_62	Y	1	1	1		1				-1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.8
SLE_R_63	Y	1	1	1		1				1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.8
SLE_R_64	Y	1	1	1		1				-1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6				1	0.8
SLE_R_65	Y	1	1	1		1		1		1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_66	Y	1	1	1		1		1		-1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_67	Y	1	1	1		1		1		1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_68	Y	1	1	1		1		1		-1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_69	Y	1	1	1		1		1		1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_70	Y	1	1	1		1		1		-1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_71	Y	1	1	1		1		1		1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_72	Y	1	1	1		1		1		-1	1
	ψ	1	1	0.5		0.6		0.8		1	0.8
SLE_R_73	Y	1	1	1	1					1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					0.6	1
SLE_R_74	Y	1	1	1	1					-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					0.6	1
SLE_R_75	Y	1	1	1	1					1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					0.6	1
SLE_R_76	Y	1	1	1	1					-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					0.6	1
SLE_R_77	Y	1	1	1	1			1		1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1
SLE_R_78	Y	1	1	1	1			1		-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1
SLE_R_79	Y	1	1	1	1			1		1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1
SLE_R_80	Y	1	1	1	1			1		-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1
SLE_R_81	Y	1	1	1	1			1		1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1
SLE_R_82	Y	1	1	1	1			1		-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1
SLE_R_83	Y	1	1	1	1			1		1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1
SLE_R_84	Y	1	1	1	1			1		-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.8		0.6	1

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200002	A	51 di 107

RELAZIONE DI CALCOLO

SLE_R_85	Y	1	1	1	1			1	1				
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6	1				
SLE_R_86	Y	1	1	1	1			-1	1				
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6	1				
SLE_R_87	Y	1	1	1	1			1		1			
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6		1			
SLE_R_88	Y	1	1	1	1			-1		1			
	ψ	1	1	0.5	0.6			0.6		1			
SLE_R_89	Y	1	1	1	1	1		1		1			
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1			
SLE_R_90	Y	1	1	1	1	1		-1		1			
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1			
SLE_R_91	Y	1	1	1	1	1		1			1		
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1		
SLE_R_92	Y	1	1	1	1	1		-1			1		
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1		
SLE_R_93	Y	1	1	1	1	1		1		1			
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1			
SLE_R_94	Y	1	1	1	1	1		-1			1		
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6		1			
SLE_R_95	Y	1	1	1	1	1		1				1	
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1		
SLE_R_96	Y	1	1	1	1	1		-1				1	
	ψ	1	1	0.5	0.6	0.8		0.6			1		
SLE_R_97	Y	1	1	1	1	1		1		1			
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6		0.8			
SLE_R_98	Y	1	1	1	1	1		-1			1		
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6		0.8			
SLE_R_99	Y	1	1	1	1	1		1				1	
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6			0.8		
SLE_R_100	Y	1	1	1	1	1		-1				1	
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6			0.8		
SLE_R_101	Y	1	1	1	1	1	1		1		1		
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6		0.8		
SLE_R_102	Y	1	1	1	1	1		1		-1		1	
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6		0.8		
SLE_R_103	Y	1	1	1	1	1	1		1				1
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6			0.8	
SLE_R_104	Y	1	1	1	1	1	1		-1				1
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6			0.8	
SLE_R_105	Y	1	1	1	1	1	1		1		1		
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6		0.8		
SLE_R_106	Y	1	1	1	1	1		1		-1		1	
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6		0.8		
SLE_R_107	Y	1	1	1	1	1	1		1				1
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6			0.8	
SLE_R_108	Y	1	1	1	1	1	1		-1				1
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6			0.8	
SLE_R_109	Y	1	1	1	1	1		1		1			
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6		0.8			
SLE_R_110	Y	1	1	1	1	1		-1			1		
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6		0.8			
SLE_R_111	Y	1	1	1	1	1		1					1
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6			0.8		
SLE_R_112	Y	1	1	1	1	1		-1					1
	ψ	1	1	0.5	1	1		0.6			0.8		
SLE_R_113	Y	1	1	1	1	1	1		1		1		
	ψ	1	1	0.5	1	1	0.8		0.6		0.8		

7 RISULTATI ANALISI

7.1 Risultati dell'analisi modale

La tabella seguente rappresenta i rapporti di massa modale partecipanti:

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	0.396102	0.00749	0.82053	0.00022	0.00749	0.82053	0.00022	0.6625	0.00056	0.9098	0.6625	0.00056	0.9098	
MODAL	Mode	2	0.327919	0.05302	0.17763	0.000002348	0.06051	0.99817	0.00023	0.14253	0.00872	0.03176	0.80503	0.00927	0.94156	
MODAL	Mode	3	0.21979	0.8416	0.00033	0.00067	0.90211	0.9985	0.00089	0.00016	0.14401	0.05079	0.80519	0.15328	0.99236	
MODAL	Mode	4	0.185094	0.06267	0.00002328	0.00023	0.96478	0.99852	0.00113	0.00001015	0.00958	0.00435	0.8052	0.16286	0.9967	
MODAL	Mode	5	0.159489	0.01745	0.00000627	0.00021	0.98223	0.99853	0.00134	0.000005256	0.00153	0.00118	0.80521	0.16438	0.99788	
MODAL	Mode	6	0.146312	0.00435	0.00008232	0.09891	0.98658	0.99861	0.10025	0.00368	0.12975	0.00006287	0.80889	0.29413	0.99794	
MODAL	Mode	7	0.104529	0.00266	0.000007487	0.11108	0.98924	0.99862	0.21133	0.01815	0.14945	0.00007788	0.82704	0.44357	0.99802	
MODAL	Mode	8	0.102455	0.000006612	0.00008193	0.00002951	0.98925	0.9987	0.21136	0.00374	0.0021	0.00002415	0.83078	0.44567	0.99805	
MODAL	Mode	9	0.101184	0.00002801	0.000003253	0.00212	0.98928	0.9987	0.21347	0.00026	0.0000911	0.00001975	0.83104	0.44576	0.99807	
MODAL	Mode	10	0.098143	0.00048	0.00023	0.00033	0.98976	0.99893	0.21381	0.02058	0.00269	0.00059	0.85162	0.44845	0.99866	
MODAL	Mode	11	0.092004	0.0000608	0.000009089	0.00395	0.98982	0.99894	0.21775	0.00128	0.00224	0.000003079	0.8529	0.4507	0.99866	
MODAL	Mode	12	0.089363	0.0003	0.000005676	0.00091	0.99012	0.99895	0.21866	0.000005685	0.00105	0.0000158	0.85291	0.45175	0.99868	
MODAL	Mode	13	0.085864	0.000005037	0.00032	0.0146	0.99013	0.99927	0.23326	0.01179	0.00035	0.00004039	0.8647	0.4521	0.99872	
MODAL	Mode	14	0.083526	0.000051	0.00021	0.00342	0.99018	0.99947	0.23669	0.00124	0.002	0.000001542	0.86594	0.4541	0.99872	
MODAL	Mode	15	0.081843	0.000003824	0.00015	0.00915	0.99018	0.99963	0.24584	0.00416	0.00172	0.00003566	0.8701	0.45582	0.99876	

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.928	99.0184
MODAL	Acceleration	UY	99.9994	99.9627
MODAL	Acceleration	UZ	77.2274	24.5841

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0.39610; f = 2.52460

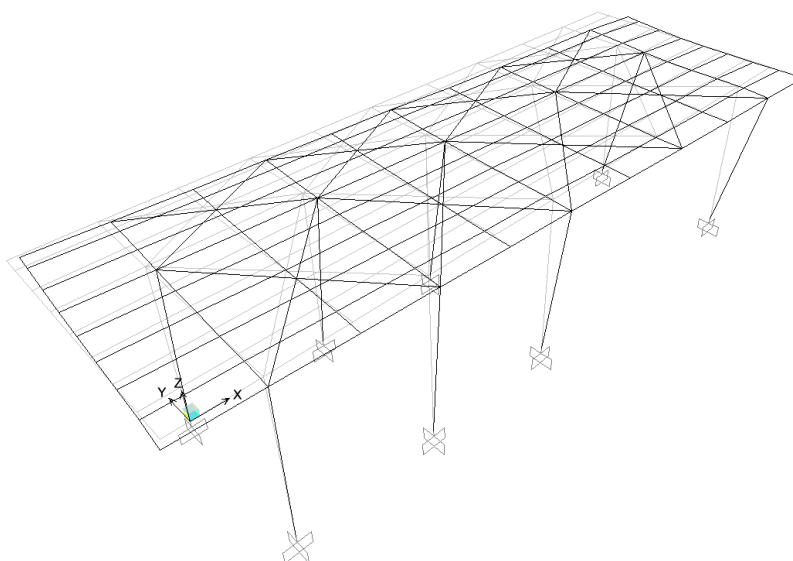
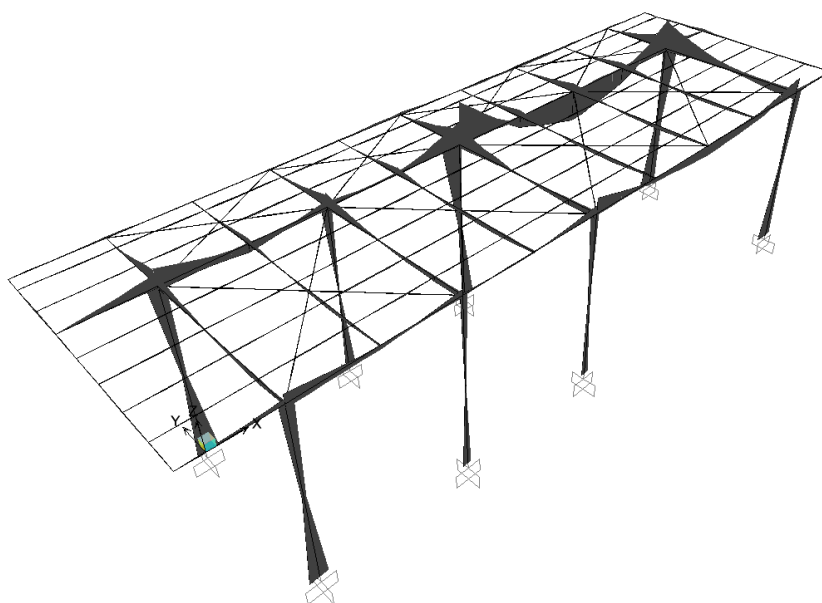


Figura 12 – Deformazione modale (Modo 1, T=0,396 s)

7.2 Stati Limite Ultimo (SLU)

7.2.1 Inviluppo diagrammi delle sollecitazioni di progetto

Moment 3-3 Diagram (inv_SLU)



Moment 3-3 Diagram (inv_SLV)

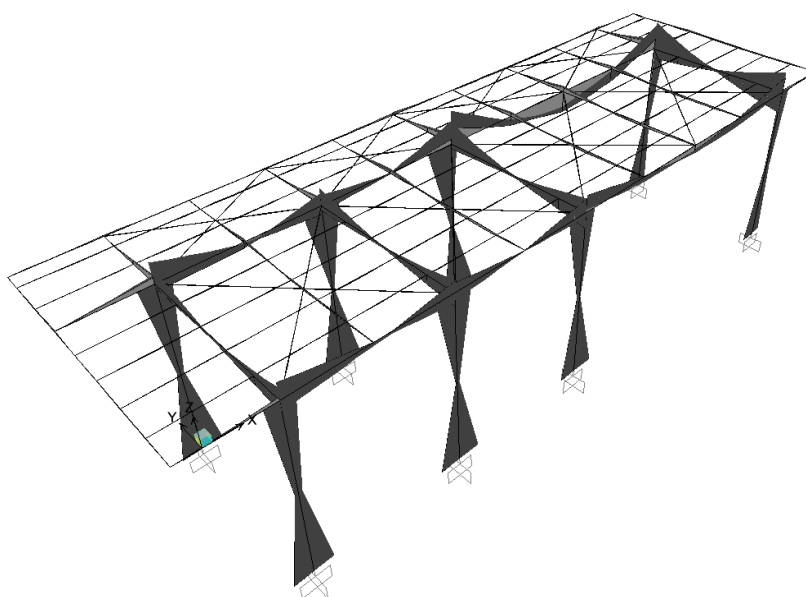
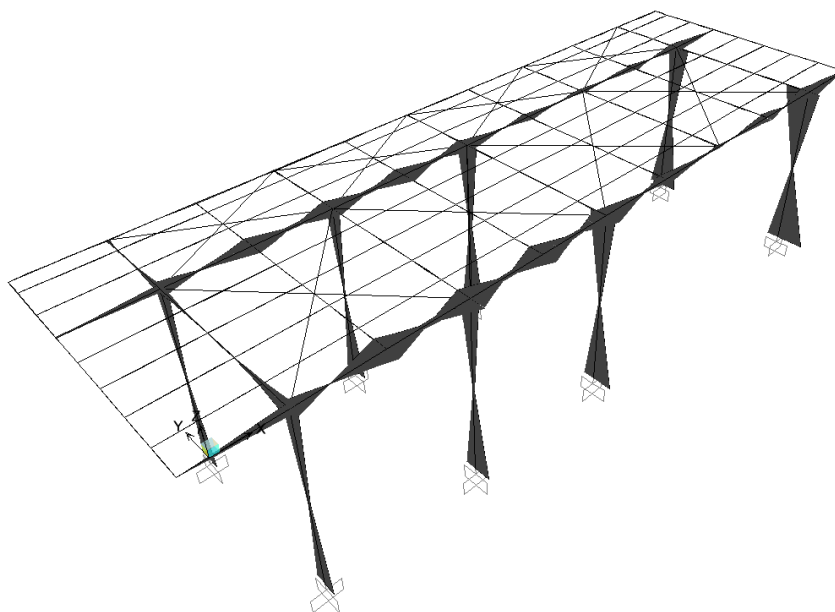


Figura 13 – Momenti flettenti (asse maggiore) da INV_SLU-SLV [kN.m]

Moment 2-2 Diagram (inv_SLU)



Moment 2-2 Diagram (inv_SLV)

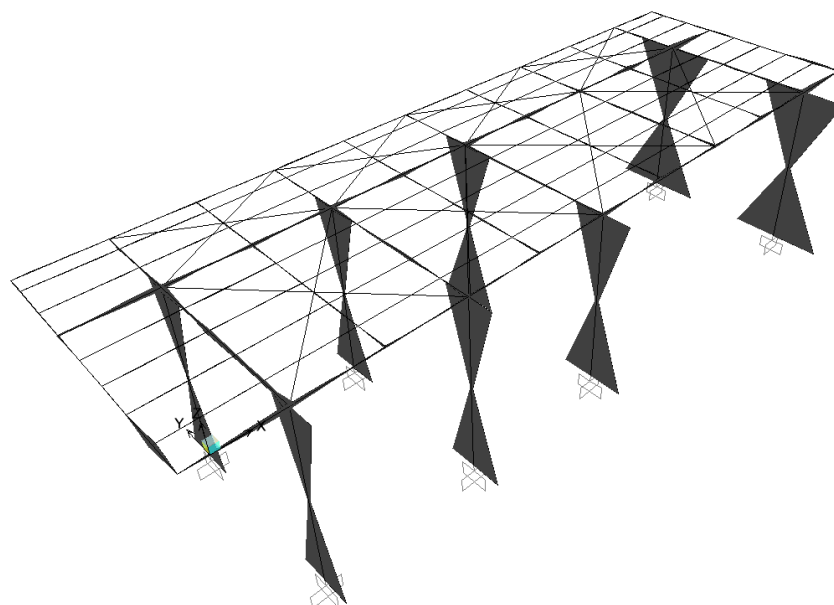
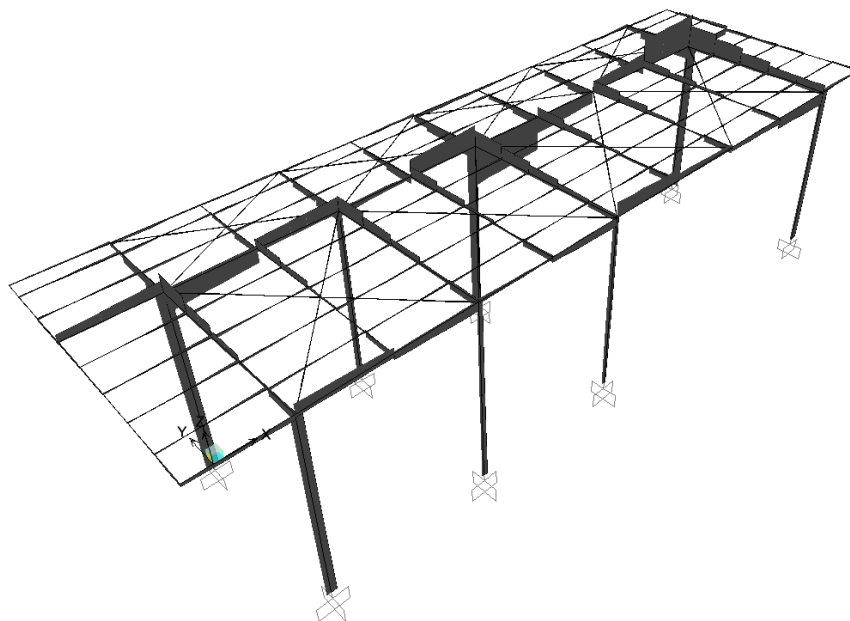


Figura 14 – Momenti flettenti (asse minore) da INV_SLU-SLV [kN.m]

Shear Force 2-2 Diagram (inv_SLU)



Shear Force 2-2 Diagram (inv_SLV)

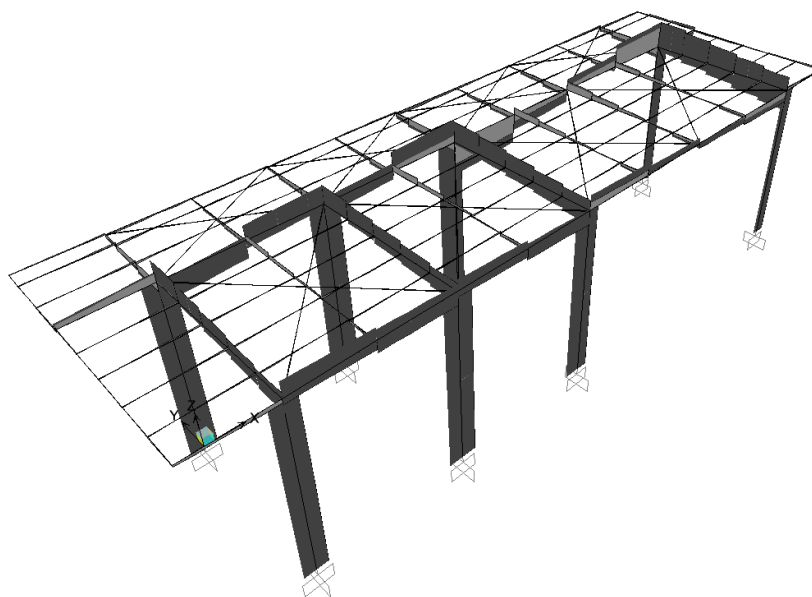
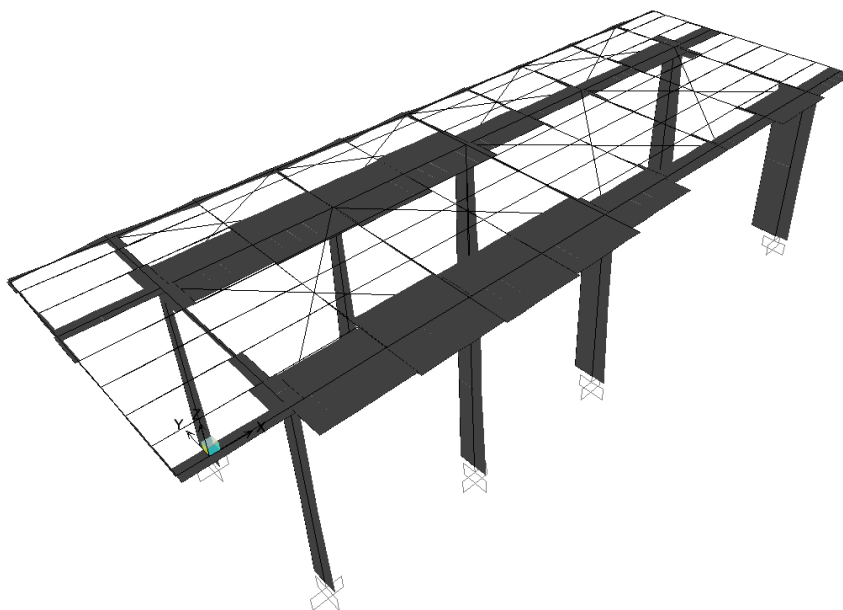


Figura 15 – Taglio (asse maggiore) da INV_SLU-SLV [kN]

Shear Force 3-3 Diagram (inv_SLU)



Shear Force 3-3 Diagram (inv_SLV)

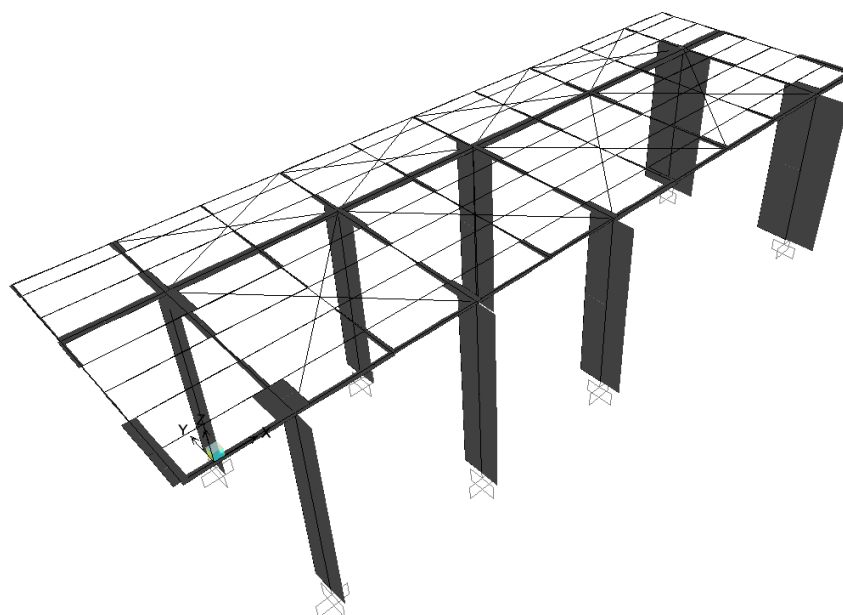
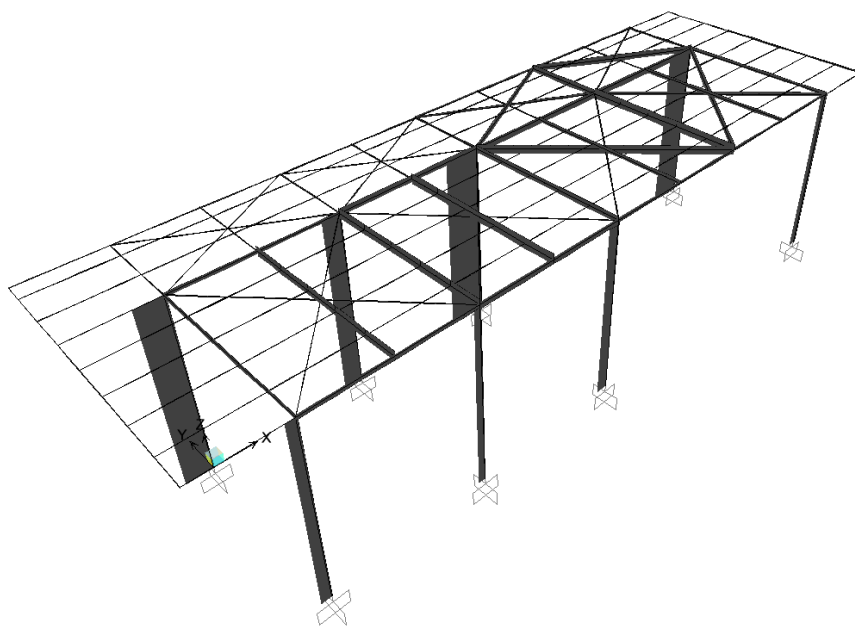


Figura 16 – Taglio (asse minore) da INV_SLU-SLV [kN]

Axial Force Diagram (inv_SLU)



Axial Force Diagram (inv_SLV)

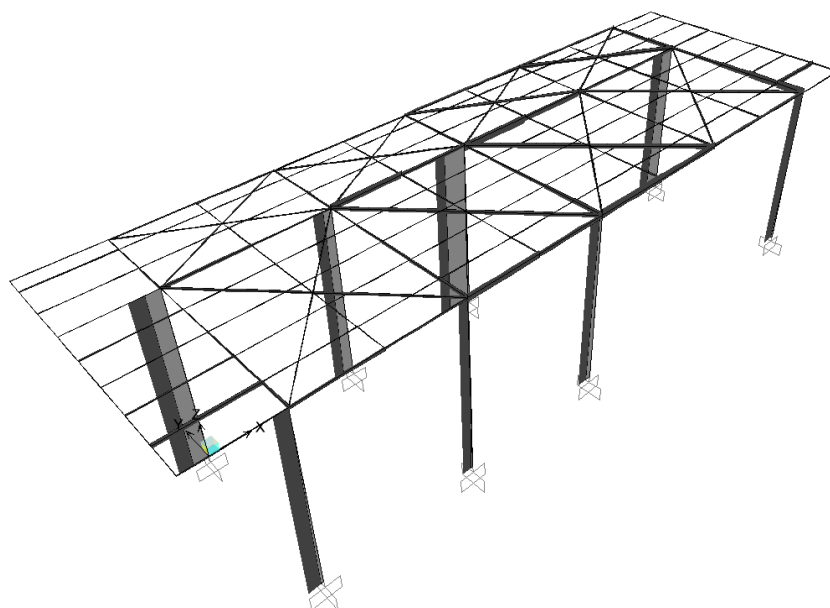


Figura 17 – Sforzi normali da INV_SLU-SLV [kN]

7.3 Stati Limite di Esercizio (SLE)

Deformed Shape (inv_SLE_R)

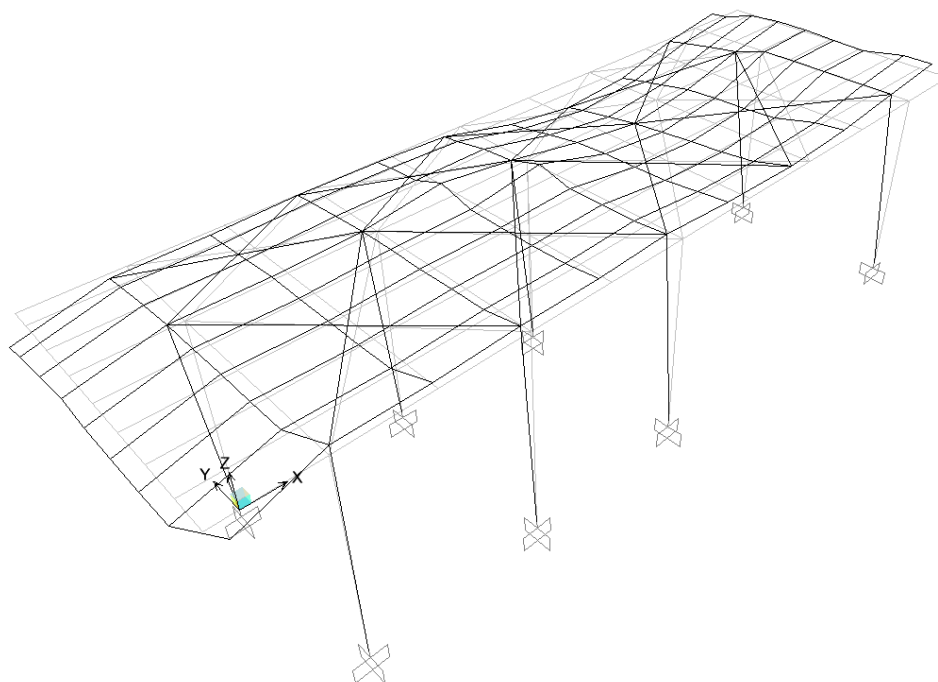


Figura 18 – Deformazioni verticali da INV_SLE_Rara [mm]

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

Steel P-M Interaction Ratios (Italian NTC 2018)

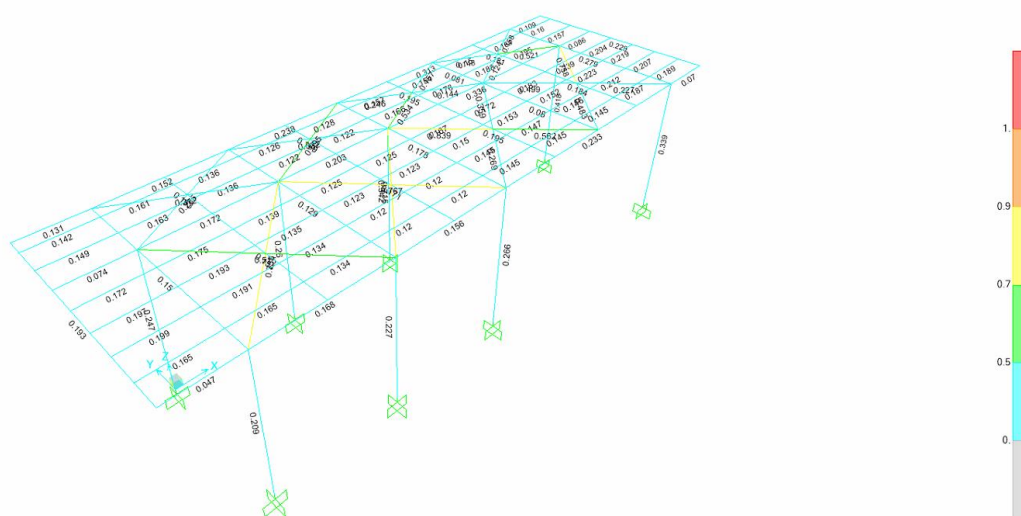
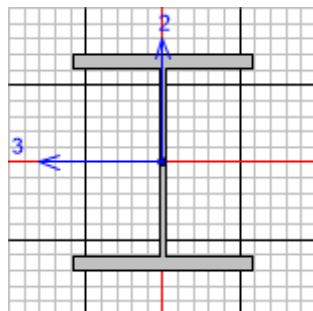


Figura 19 – Tasso di sfruttamento delle membrature

9.1 Verifiche delle colonne HEB360

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 : 4	X Mid: 18.51	Combo: SLV_16	Design Type: Column
Length: 5.35	Y Mid: 0.	Shape: HE360B	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 2.675	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	D/C Lim=1.
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	

Aeff=0.018	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.018	Iyy=4.319E-04	iyy=0.154	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=2.980E-06	Izz=1.014E-04	izz=0.075	Wel,zz=6.760E-04	Weff,zz=6.760E-04
Iw=2.888E-06	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.003	Av,y=0.014
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=0.001	Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-121.426	-22.436	74.405	22.991	-26.793	-0.042

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

D/C Ratio: 0.418 = 0.04 + 0.099 + 0.28 < 1. OK

$$= \frac{Ned}{(\chi_z NRk / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(My, Ed + Ned eNy)}{(\chi_{LT} My, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(Mz, Ed + Ned eNz)}{(Mz, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-121.426	4740.476	4740.476

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	4740.476	5603.76	15265.502	15265.502	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	15417.143	0.568	0.724	4042.203
MajorB(y-y)	b	0.34	47902.232	0.322	0.573	4531.197
Minor (z-z)	c	0.49	7342.593	0.823	0.992	3069.474
MinorB(z-z)	c	0.49	7342.593	0.823	0.992	3069.474
Torsional TF	c	0.49	15265.502	0.571	0.754	3803.883

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-22.436	-65.721	-44.079	-48.407
Minor (z-z)	74.405	74.405	72.081	72.546

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	702.69	702.69	702.69	661.341
Minor (z-z)	270.286	270.286	270.286	

LTB	Curve b	AlphaLT 0.34	LambdaBarLT 0.533	PhiLT 0.699	ChiLT 0.941	psi 1.427	Mcr 2592.394
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------	--------------	-----------------

Factors	kyy 0.739	kyz 0.609	kzy 0.993	kzz 1.015
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

SHEAR DESIGN

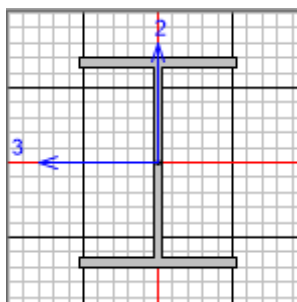
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	22.991	0.042	921.818	0.025	OK
Minor (y)	26.793	0.042	2141.522	0.013	OK

Reduction	Vpl, Rd 921.818	Eta 1.	LambdaBarW 0.309
-----------	--------------------	-----------	---------------------

La verifica ha esito positivo!

9.2 Verifiche delle travi trasversali HEA360

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione che contraddistingue le travi trasversali 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 : 16	X Mid: 18.51	Combo: SLU_115	Design Type: Beam
Length: 7.45	Y Mid: -1.175	Shape: HE360A	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.9	Z Mid: 5.35	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	D/C Lim=1.
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	

Aeff=0.014	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.014	Iyy=3.309E-04	iy=0.152	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=1.530E-06	Izz=7.887E-05	iz=0.074	Wel,zz=5.258E-04	Weff,zz=5.258E-04
Iw=2.180E-06	Iyz=0.	h=0.35	Wpl,yy=0.002	Av,y=0.011
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=8.020E-04	Av,z=0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4.9	1.179	-152.406	3.696	71.117	-4.553	0.011

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38(y))

D/C Ratio: 0.279 = 0.279 < 1. OK
= (My,Ed/Mn,y,Rd) (NTC Eq 4.2.38(y))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	1.179	3745.238	3745.238				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	3745.238	4427.28	161982.904	161982.904	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	28564.304	0.371	0.598	0.937	3510.816
MajorB (y-y)	b	0.34	28564.304	0.371	0.598	0.937	3510.816
Minor (z-z)	c	0.49	163467.297	0.155	0.501	1.	3745.238
MinorB (z-z)	c	0.49	163467.297	0.155	0.501	1.	3745.238

Torsional TF c 0.49 161982.904 0.156 0.501 1. 3745.238

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-152.406	-152.406	-1135.425	-82.032
Minor (z-z)	3.696	3.696	27.536	0.634

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	546.857	546.857	546.857	546.857
Minor (z-z)	210.048	210.048	210.048	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.126	0.495	1.	1.323	36430.485

Factors	kyy	kzy	kzy	kzz
	0.949	0.539	0.755	0.899

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	71.117	0.011	743.957	0.096	OK
Minor (y)	4.553	0.011	1685.999	0.003	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	743.957	1.	0.388

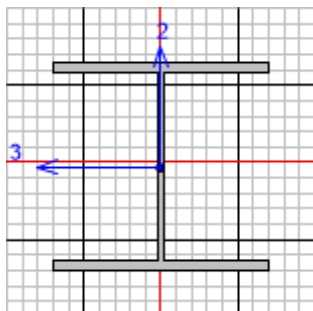
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	9.506	13.551

La verifica ha esito positivo!

9.3 Verifiche delle travi trasversali IPE330

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione che contraddistingue le travi trasversali 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 : 105	X Mid: 16.108	Combo: SLU 42	Design Type: Beam
Length: 4.9	Y Mid: -2.45	Shape: IPE330	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 3.4	Z Mid: 5.35	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=0.006	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.006	Iyy=1.177E-04	iyy=0.137	Wel,yy=7.133E-04	Weff,yy=7.133E-04
It=0.	Izz=7.880E-06	izz=0.035	Wel,zz=9.850E-05	Weff,zz=9.850E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.33	Wpl,yy=8.040E-04	Av,y=0.004
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=1.540E-04	Av,z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.4	-13.483	-2.409	0.046	16.811	0.294	-0.054

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

D/C Ratio: 0.184 = 0.009 + 0.16 + 0.016 < 1. OK

$$= \frac{NEd}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd e_{Ny})}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd e_{Nz})}{(M_z, Rk/\gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-13.483	1639.524	1639.524

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1639.524	1938.096	21778.423	21778.423	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0.21	10160.225	0.412	0.607	0.95	1557.056
MajorB (y-y)	a	0.21	10160.225	0.412	0.607	0.95	1557.056
Minor (z-z)	b	0.34	16332.221	0.325	0.574	0.955	1565.732
MinorB (z-z)	b	0.34	16332.221	0.325	0.574	0.955	1565.732
Torsional TF	b	0.34	21778.423	0.281	0.553	0.971	1591.948

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-2.409	-36.38	-11.805	-5.915
Minor (z-z)	0.046	0.658	0.228	0.494

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	210.571	210.571	210.571	210.571
Minor (z-z)	40.333	40.333	40.333	

LTB	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.49	0.255	0.546	1.	1.27	3392.425

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.401	0.58	0.925	0.966

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	16.811	0.054	465.767	0.036	OK
Minor (y)	0.294	0.054	598.416	0.	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	465.767	1.	0.501

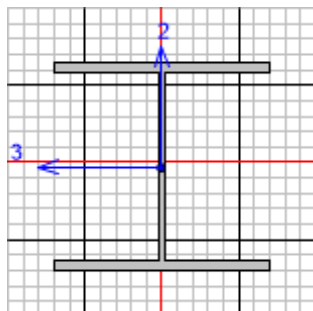
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	12.099	25.809

La verifica ha esito positivo!

9.4 Verifiche delle travi longitudinali HEB360

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 : 90	X Mid: 13.705	Combo: SLU 40	Design Type: Beam
Length: 9.61	Y Mid: 0.	Shape: HE360B	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 5.35	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=0.018	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.018	Iyy=4.319E-04	iyy=0.154	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=2.980E-06	Izz=1.014E-04	izz=0.075	Wel,zz=6.760E-04	Weff,zz=6.760E-04
Iw=2.888E-06	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.003	Av,y=0.014
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=0.001	Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-42.305	-219.714	-7.291	-122.049	-4.896	-0.014

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

D/C Ratio: 0.336 = 0.01 + 0.303 + 0.023 < 1. OK

$$= \frac{NED}{(\chi_z NRk / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NED eNy)}{(\chi_{LT} M_y, Rk / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NED eNz)}{(M_z, Rk / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-42.305	4740.476	4740.476

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	4740.476	5603.76	43359.451	43359.451	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	9692.939	0.717	0.845	0.774	3670.318
MajorB (y-y)	b	0.34	9692.939	0.717	0.845	0.774	3670.318
Minor (z-z)	c	0.49	36410.798	0.37	0.61	0.913	4329.067
MinorB (z-z)	c	0.49	36410.798	0.37	0.61	0.913	4329.067
Torsional TF	c	0.49	43359.451	0.339	0.591	0.929	4405.065

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-219.714	-219.714	-878.856	-124.862
Minor (z-z)	-7.291	-7.291	-29.165	-1.804

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	702.69	702.69	702.69	702.69
Minor (z-z)	270.286	270.286	270.286	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.319	0.571	1.	1.061	7233.742

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.599	0.522	0.97	0.87

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	122.049	0.014	921.818	0.132	OK
Minor (y)	4.896	0.014	2141.522	0.002	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	921.818	1.	0.312

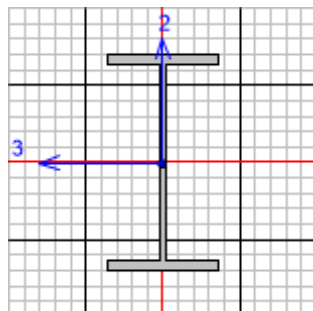
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	122.049	106.726

La verifica ha esito positivo!

9.5 Verifiche degli arcarecci IPE 160

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione scelta per gli arcarecci longitudinali 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 : 156	X Mid: 17.309	Combo: SLU_29	Design Type: Beam
Length: 2.403	Y Mid: -2.	Shape: IPE160	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 2.403	Z Mid: 5.35	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=0.002	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.002	Iyy=8.690E-06	iy=0.066	Wel, yy=1.086E-04	Weff, yy=1.086E-04
It=0.	Izz=0.	izz=0.018	Wel, zz=1.666E-05	Weff, zz=1.666E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.16	Wpl, yy=1.240E-04	Av, y=0.001
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=2.610E-05	Av, z=9.666E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
2.403	0.218	-6.183	-0.017	7.787	0.007	9.724E-04

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

D/C Ratio: 0.223 = 0. + 0.221 + 0.002 < 1. OK

$$= \frac{NEd}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{(M_{y,Ed} + NEd e_{Ny})}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{(M_{z,Ed} + NEd e_{Nz})}{(M_{z,Rk}/\gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	0.218	526.429	526.429

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	526.429	622.296	919.332	919.332	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0.21	3120.413	0.421	0.612	0.947
MajorB (y-y)	a	0.21	3120.413	0.421	0.612	0.947
Minor (z-z)	b	0.34	245.252	1.501	1.848	0.342
MinorB (z-z)	b	0.34	245.252	1.501	1.848	0.342

Torsional TF b 0.34 919.332 0.775 0.898 0.74 389.295

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-6.183	-6.183	-6.183	-6.183
Minor (z-z)	-0.017	-0.017	-0.009	-0.01

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	32.476	32.476	32.476	27.966
Minor (z-z)	6.836	6.836	6.836	

LTB	Curve b	AlphaLT 0.34	LambdaBarLT 0.624	PhiLT 0.767	ChiLT 0.861	psi 2.7	Mcr 87.548
-----	------------	-----------------	----------------------	----------------	----------------	------------	---------------

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.4	0.36	1.	0.6

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	7.787	9.724E-04	146.16	0.053	OK
Minor (y)	0.007	9.724E-04	194.155	3.666E-05	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	146.16	1.	0.355

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	2.801	7.787

La verifica ha esito positivo!

9.6 Verifiche dei controventi 2xL70x70x7

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).

Axial Force Diagram (inv_SLV)

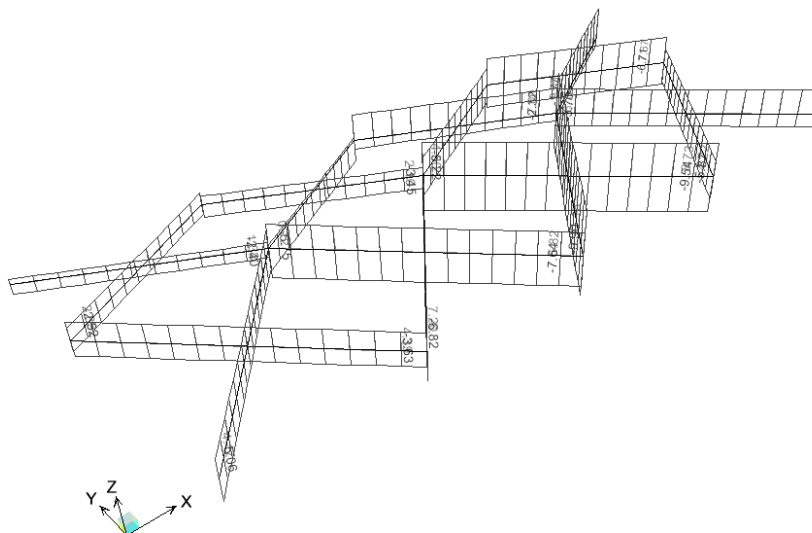
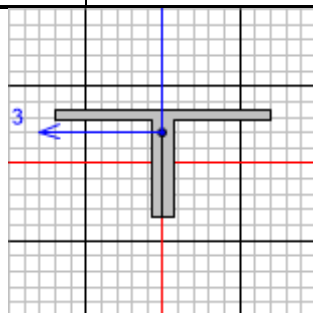


Figura 20 – Sforzi normali da INV-SLV [kN]



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

Interaction=Method B
Consider Torsion? No

MultiResponse=Envelopes

P-Delta Done? No

GammaM0=1.05
An/Ag=1.

GammaM1=1.05
RLLF=1.

GammaM2=1.25
PLLF=0.

D/C Lim=1.

Aeff=0.002
A=0.002
It=0.
Iw=0.
E=105000000.

eNy=0.
Iyy=0.
Izz=1.576E-06
Iyz=0.
fy=275000.

eNz=0.
iyy=0.021
izz=0.029
h=0.07
fu=430000.

Wel, yy=1.682E-05
Wel, zz=2.251E-05
Wpl, yy=3.120E-05
Wpl, zz=3.705E-05

Weff, yy=1.682E-05
Weff, zz=2.251E-05
Av, y=8.134E-04
Av, z=9.800E-04

Iyz=0.
Rot= 90. deg

Imax=1.576E-06
Imin=0.

imax=0.029
imin=0.021

Wel, zz, maj=2.251E-05
Wel, zz, min=1.682E-05

Numero elemento: 173

Sforzo assiale massimo: N=9.54 kN (comb. inv_SLV dal modelo SAP2000)

$N_{Ed} = 2 \times N = 19.08 \text{ kN}$

$N_{Rd} = A \times f_y / \gamma_{M0} = 429.12 \text{ kN}$

$N_{Ed} < N_{Rd}$

La verifica ha esito positivo!

9.7 Verifiche tabelle output complete

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

Frame	DesignSe	DesignTy	Ratio	RatioTy	Comb
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
1	HE360B	Column	0.246638	PMM	SLV_09
2	HE360B	Column	0.260302	PMM	SLV_09
3	HE360B	Column	0.342218	PMM	SLV_09
4	HE360B	Column	0.417788	PMM	SLV_09
10	HE360A	Beam	0.150411	PMM	SLU_117
12	HE360A	Beam	0.128583	PMM	SLU_113
14	HE360A	Beam	0.177861	PMM	SLU_115
16	HE360A	Beam	0.278695	PMM	SLU_115
28	HE360B	Beam	0.07376	PMM	SLU_110
32	HE360B	Beam	0.086301	PMM	SLU_64
41	UPN240	Beam	0.192521	PMM	SLU_38
42	IPE160	Beam	0.149294	PMM	SLU_35
46	IPE160	Beam	0.157158	PMM	SLU_33
52	IPE160	Beam	0.141934	PMM	SLU_35
56	IPE160	Beam	0.160312	PMM	SLU_33
62	IPE160	Beam	0.171951	PMM	SLU_35
66	IPE160	Beam	0.203751	PMM	SLU_29
72	UPN240	Beam	0.130509	PMM	SLU_103
75	HE360A	Beam	0.047348	PMM	SLU_63
88	UPN240	Beam	0.109137	PMM	SLU_105
91	HE360A	Beam	0.070016	PMM	SLU_65
6	UPN240	Beam	0.229333	PMM	SLU_112
20	IPE160	Beam	0.197318	PMM	SLU_35
24	IPE160	Beam	0.219137	PMM	SLU_33
25	IPE160	Beam	0.198917	PMM	SLU_35
34	IPE160	Beam	0.207265	PMM	SLU_33
58	HE360B	Column	0.209304	PMM	SLV_09
59	HE360B	Column	0.226691	PMM	SLV_09
60	HE360B	Column	0.265822	PMM	SLV_09
61	HE360B	Column	0.339497	PMM	SLV_09
67	HE360B	Beam	0.171914	PMM	SLU_51
69	HE360B	Beam	0.203297	PMM	SLU_53
71	HE360A	Beam	0.168049	PMM	SLU_59
74	HE360A	Beam	0.15614	PMM	SLU_61
78	IPE330	Beam	0.154094	PMM	SLU_42
79	UPN240	Beam	0.15243	PMM	SLU_119
82	UPN240	Beam	0.238182	PMM	SLU_60
85	IPE330	Beam	0.152866	PMM	SLU_42
86	IPE330	Beam	0.171247	PMM	SLU_42
89	IPE330	Beam	0.169152	PMM	SLU_42
90	HE360B	Beam	0.336455	PMM	SLU_40
95	UPN240	Beam	0.313091	PMM	SLU_103
99	HE360A	Beam	0.233059	PMM	SLU_61
103	IPE330	Beam	0.195205	PMM	SLU_40
104	IPE330	Beam	0.195041	PMM	SLU_40

105	IPE330	Beam	0.184132	PMM	SLU_42
106	IPE330	Beam	0.180666	PMM	SLU_42
107	HE360A	Beam	0.08049	PMM	SLU_37
108	HE360A	Beam	0.080576	PMM	SLU_37
109	IPE160	Beam	0.162691	PMM	SLU_35
110	IPE160	Beam	0.135953	PMM	SLU_43
111	IPE160	Beam	0.122484	PMM	SLU_31
112	IPE160	Beam	0.122474	PMM	SLU_31
115	IPE160	Beam	0.161246	PMM	SLU_35
116	IPE160	Beam	0.135703	PMM	SLU_35
117	IPE160	Beam	0.126451	PMM	SLU_31
118	IPE160	Beam	0.127549	PMM	SLU_31
121	IPE160	Beam	0.174929	PMM	SLU_47
122	IPE160	Beam	0.13874	PMM	SLU_32
123	IPE160	Beam	0.125003	PMM	SLU_32
124	IPE160	Beam	0.125378	PMM	SLU_32
127	IPE160	Beam	0.192936	PMM	SLU_35
128	IPE160	Beam	0.135185	PMM	SLU_32
129	IPE160	Beam	0.122974	PMM	SLU_32
130	IPE160	Beam	0.123078	PMM	SLU_32
133	IPE160	Beam	0.191056	PMM	SLU_35
134	IPE160	Beam	0.134457	PMM	SLU_46
135	IPE160	Beam	0.120354	PMM	SLU_38
136	IPE160	Beam	0.120054	PMM	SLU_38
139	IPE160	Beam	0.166303	PMM	SLU_48
140	IPE160	Beam	0.175851	PMM	SLU_48
141	IPE160	Beam	0.157489	PMM	SLU_35
142	IPE160	Beam	0.15373	PMM	SLU_35
143	IPE160	Beam	0.166997	PMM	SLU_32
144	IPE160	Beam	0.172172	PMM	SLU_32
145	IPE160	Beam	0.149683	PMM	SLU_32
146	IPE160	Beam	0.153025	PMM	SLU_32
147	IPE160	Beam	0.144745	PMM	SLU_25
148	IPE160	Beam	0.146971	PMM	SLU_46
149	IPE160	Beam	0.188156	PMM	SLU_48
150	IPE160	Beam	0.195163	PMM	SLU_36
151	IPE160	Beam	0.150401	PMM	SLU_35
152	IPE160	Beam	0.163821	PMM	SLU_33
153	IPE160	Beam	0.182791	PMM	SLU_32
154	IPE160	Beam	0.239077	PMM	SLU_44
155	IPE160	Beam	0.151518	PMM	SLU_32
156	IPE160	Beam	0.222579	PMM	SLU_29
157	IPE160	Beam	0.145506	PMM	SLU_46
158	IPE160	Beam	0.21191	PMM	SLU_33
159	IPE160	Beam	0.165013	PMM	SLU_35
160	IPE160	Beam	0.189102	PMM	SLU_33
161	IPE160	Beam	0.165461	PMM	SLU_35
162	IPE160	Beam	0.133757	PMM	SLU_48
163	IPE160	Beam	0.120355	PMM	SLU_44
164	IPE160	Beam	0.120435	PMM	SLU_44
165	IPE160	Beam	0.144745	PMM	SLU_25
166	IPE160	Beam	0.144745	PMM	SLU_25
167	IPE160	Beam	0.144745	PMM	SLU_25
168	IPE160	Beam	0.186828	PMM	SLU_33

10 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

10.1 Verifiche di spostamenti verticali

Gli spostamenti attesi in copertura dati dalla combinazione SLE rara governante e dai carichi permanenti risultano pari a 15.1mm e 6.8mm:

Deformed Shape (inv_SLE_R)

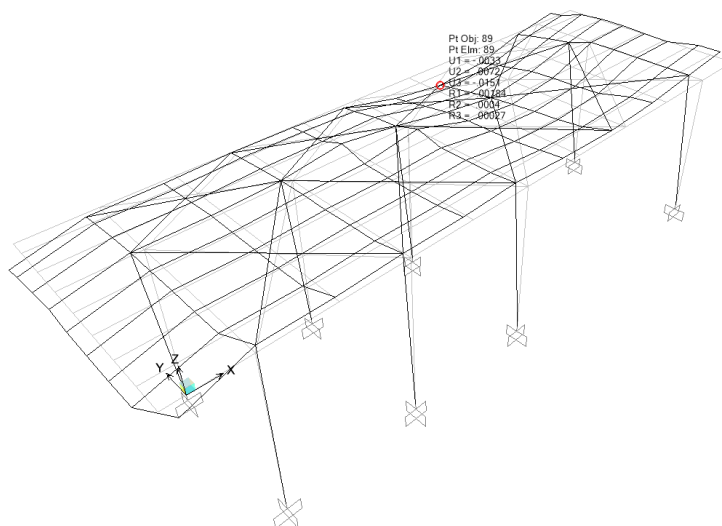


Figura 21 – Spostamenti massimi attesi

Deformed Shape (PP)

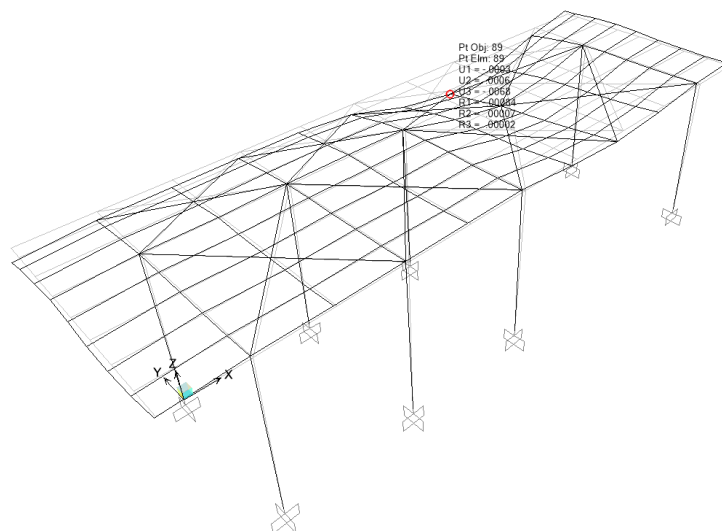


Figura 22 – Spostamenti massimi dai carichi permanenti

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

- spostamento elastico dovuto alla combinazione SLE:

$$\delta_{\max} = 15.1 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti:

$$\delta_1 = 6.8 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi variabili:

$$\delta_2 = 15.1 - 6.8 = 8.3 \text{ mm}$$

- spostamento massimo nello stato finale $\delta_{\max} = 15.1 \text{ mm}$

La deformabilità degli elementi della copertura è pertanto:

$$L / \delta_2 = 2 \times 2500 / 8.3 = 602$$

$$L / \delta_{\max} = 2 \times 2500 / 15.1 = 331$$

$$L / 602 \leq L / 250$$

$$L / 331 \leq L / 200$$

lunghezza dello sbalzo = 2.5m

Si ha dunque: $L = 2 \times 2.5 = 5.0 \text{ m}$

La verifica risulta soddisfatta.

La verifica di deformabilità degli altri elementi strutturali è sintetizzata nella tabella seguente:

	Elementi	δ_{\max} [mm]	δ_2 [mm]	δ_1 [mm]	L [mm]	Limite δ_{\max} [mm]	Limite δ_2 [mm]	Verifica
1	HEB 360- travi longitudinali- mezzeria	10.7	5.3	5.4	9610	48.1	38.4	OK
2	HEA 360- travi trasversali- mezzeria	1.9	1.4	0.5	4900	24.5	19.6	OK
3	HEA 360- travi trasversali- mensola	15.1	8.3	6.8	5000	25.0	20.0	OK
4	IPE 330- travi trasversali- mezzeria	2.9	2.5	0.4	4900	24.5	19.6	OK
5	IPE 330- travi trasversali- mensola	13	7.7	5.3	5000	25.0	20.0	OK
6	IPE 160- arcarecci- mensola	4.7	2.9	1.8	4400	22.0	17.6	OK
7	IPE 160- arcarecci- mezzeria	2.6	2.1	0.5	2225	11.1	8.9	OK

10.2 Verifiche di spostamenti laterali

Gli spostamenti laterali massimi in testa ai pilastri, in direzione Y, dovuti a forze orizzontali, risultanti dalla combinazione SLE_167, sono pari a 8.5 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	1.
Neve	Linear Static	0.5
Temperatura	Linear Static	0.6
Pali TE_2	Combination	0.8
Vento+Aero=1.5kPa_2	Combination	1.

Deformed Shape (SLE_R_167)

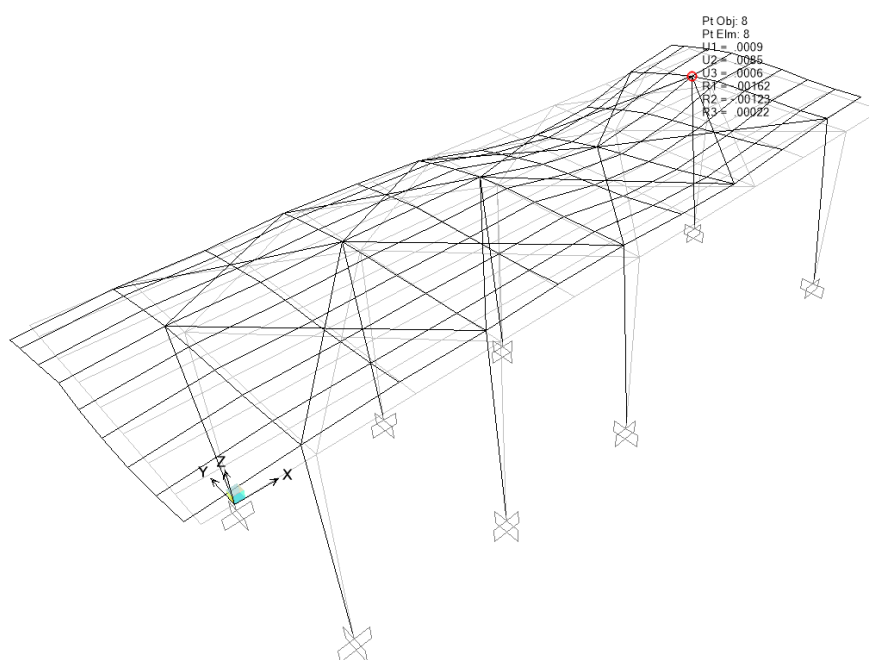


Figura 23 – Spostamenti massimi Y per il SLE_167

Gli spostamenti laterali massimi in testa ai pilastri, in direzione X in copertura, dovuti a forze orizzontali, risultanti dalla combinazione SLE64, sono pari a 4.2 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.
Neve	Linear Static	0.5
Vento_2	Combination	0.6
Temperatura	Linear Static	-1.
Pali TE_2	Combination	0.8

Deformed Shape (SLE_R_64)

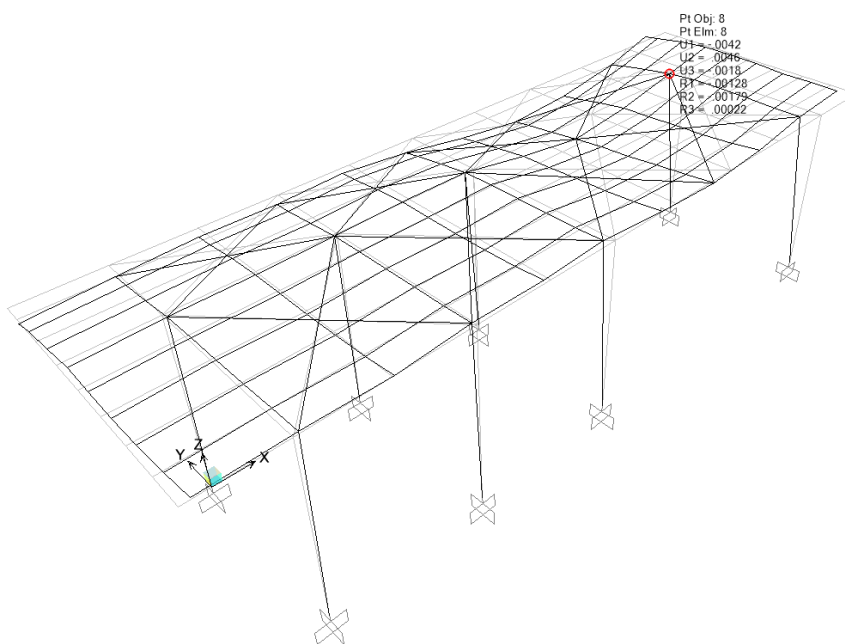



Figura 24 – Spostamenti massimi X per il SLE_64

	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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>79 di 107</p>

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

spostamento laterale dovuto ai carichi variabili $\delta=8.5$ mm

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

$$\delta=8.5 \text{ mm} \leq 5350/300=17.8 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

10.3 Verifiche di rigidezza

Gli spostamenti laterali in testa ai pilastri, in direzione Y, risultanti dalle combinazioni il SLO_9, sono pari a 8.1 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	0.3
SLO_U2	Response Spectrum	1.
SLO_U3	Response Spectrum	0.3

Deformed Shape (SLO_09)

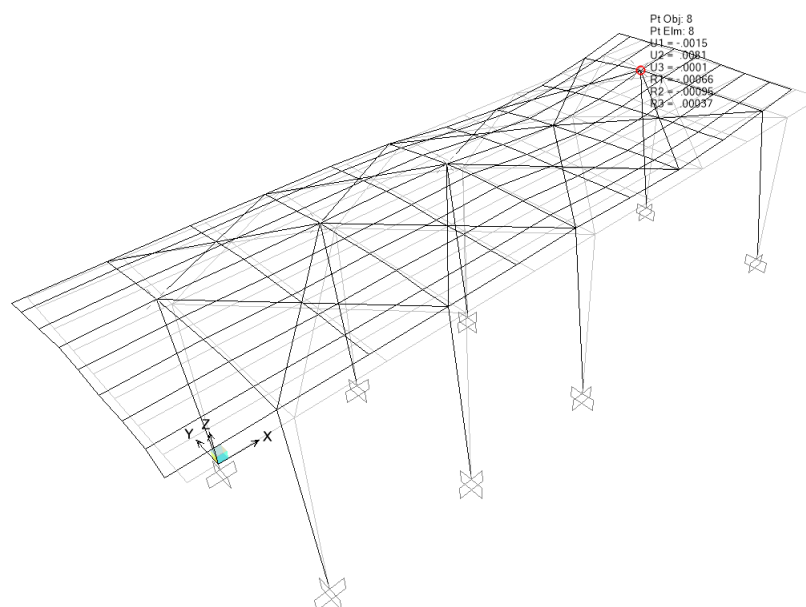


Figura 25 – Spostamenti massimi Y per il SLO_9

Gli spostamenti laterali in testa ai pilastri, in direzione X, risultanti dalle combinazioni il SLO_1, sono pari a 1.9 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)

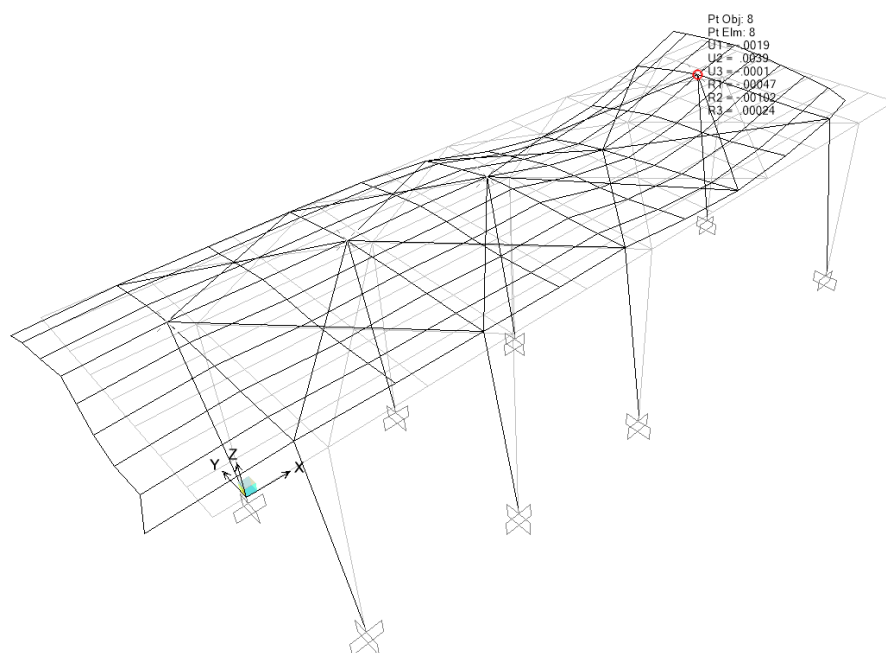


Figura 26 – Spostamenti massimi X per il SLO_1



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	CLFV1200002	A	82 di 107

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

$$q.dr \leq 0,005 \times 2/3 \times h$$

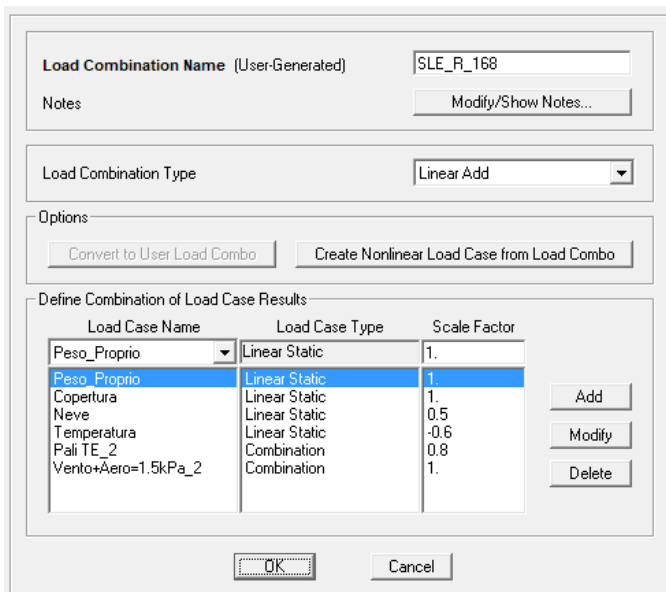
$$dr = 8.1 \text{ mm} < 0.005 \times 2/3 \times 5350 = 17.8 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

10.4 Verifiche di buckling secondo la Circolare Applicativa C4.2.3.4

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_168, che include le seguenti condizioni di carico:

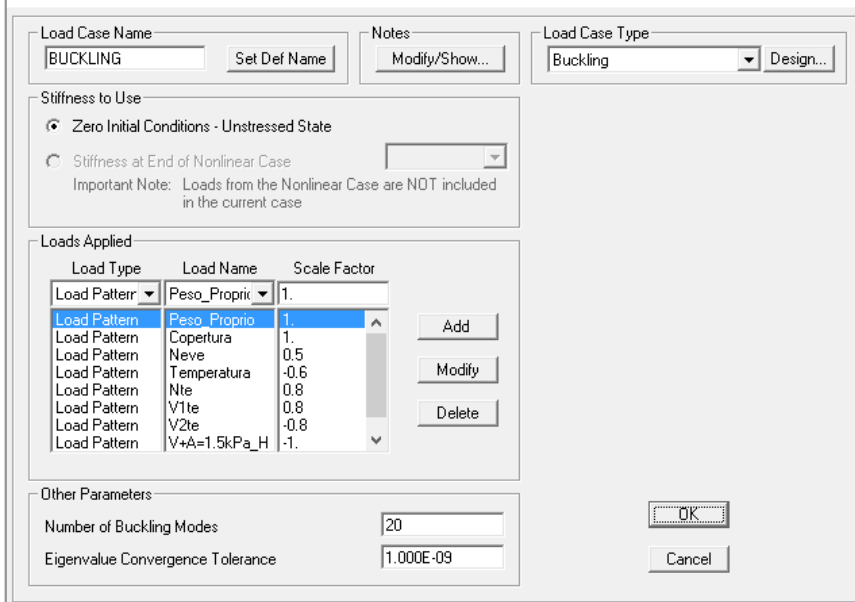
Load Combination Data



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
Pali TE_2	Combination	0.8
Vento+Aero=1.5kPa_2	Combination	1.

La combinazione buckling è stata determinata nel modo seguente:

Load Case Data - Buckling

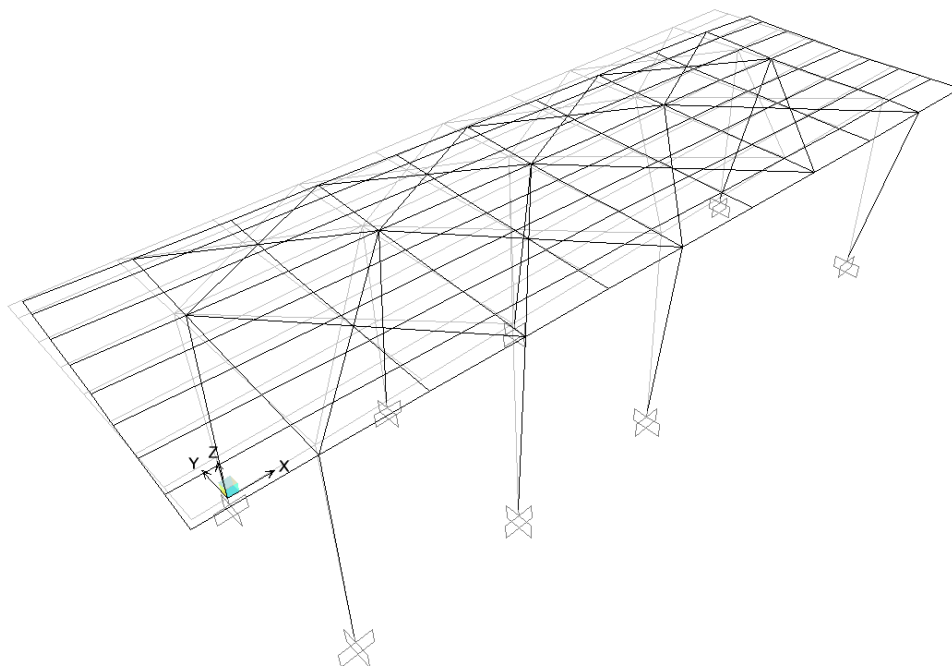


Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Peso_Proprio	1.
Load Pattern	Peso_Proprio	1.
Load Pattern	Copertura	1.
Load Pattern	Neve	0.5
Load Pattern	Temperatura	-0.6
Load Pattern	Nte	0.8
Load Pattern	V1te	0.8
Load Pattern	V2te	-0.8
Load Pattern	V+A=1.5kPa_H	-1.

Other Parameters:
 Number of Buckling Modes: 20
 Eigenvalue Convergence Tolerance: 1.000E-09

La struttura presenta il seguente comportamento:

Deformed Shape (BUCKLING) - Mode 1 - Factor 61.97645



Dalla figura si evince, che $\alpha_{cr} = 62 > 10$.

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

 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 CLFV1200002	REV. A

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

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:

$h = 5.35\text{m}$ – l'altezza del piano in esame

$d_{Er} = 0.019\text{m}$ – spostamento orizzontale del piano agli SLV

Joint Displacements								
OutputCa	CaseType	StepTy	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
SLV_09	Combination	Max	0.002909	0.018846	-0.000089	0.000491	-0.000201	0.000907

$P = 601 \text{ kN}$ è il carico verticale totale

$V = 143 \text{ kN}$ è il carico orizzontale totale in direzione dello spostamento del piano

TABLE: Joint Reactions						
Joint	OutputCa	CaseType	StepTy	F1	F2	F3
1	SLV_09	Combination	Max	14.50	14.07	88.63
3	SLV_09	Combination	Max	17.72	14.84	65.69
5	SLV_09	Combination	Max	26.46	18.23	126.92
49	SLV_09	Combination	Max	10.80	13.26	45.41
51	SLV_09	Combination	Max	13.93	14.01	36.60
53	SLV_09	Combination	Max	17.07	16.29	55.83
63	SLV_09	Combination	Max	0.76	26.81	121.46
78	SLV_09	Combination	Max	4.40	25.35	60.87
					V	P
					142.86	601.42

Si ha, dunque:

$\theta = 601 \times 0.019 / 143 \times 5.35 = 0.015 < 0.1$ – Gli effetti delle non linearità geometriche possono essere trascurate.

10.6 Verifiche del giunto strutturale

Gli spostamenti laterali in copertura della pensilina, dovuti alle combinazioni SLV sono pari a 10.7 mm.

Deformed Shape (inv_SLV)

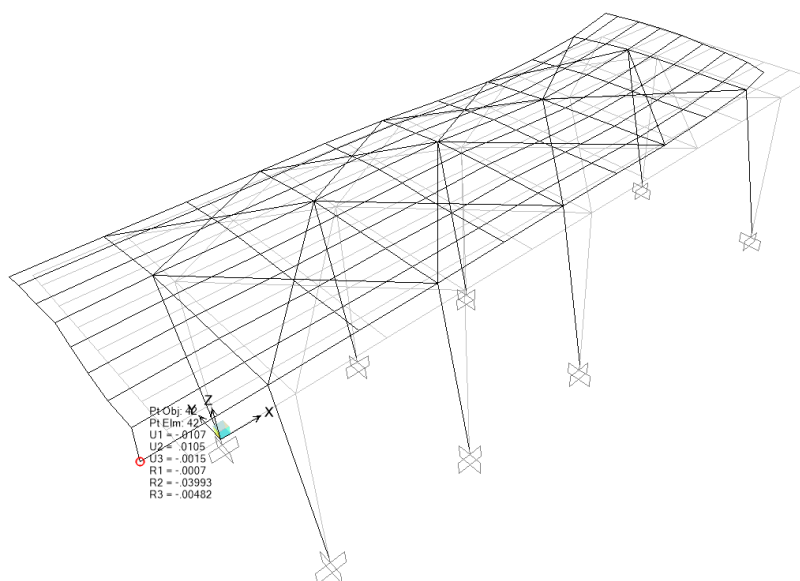


Figura 27 – Spostamenti massimi per il SLV

Gli spostamenti laterali in copertura della pensilina ,dovuti allo carico Temperatura sono pari a 2.9 mm.

Deformed Shape (Temperatura)

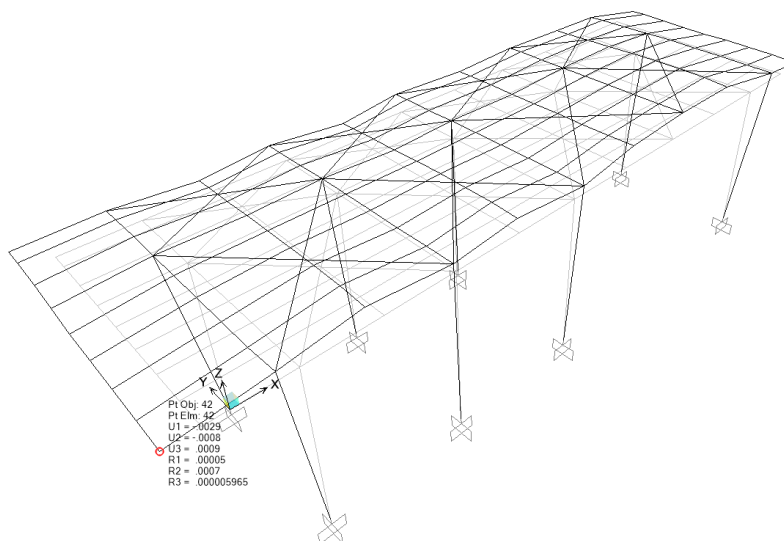


Figura 28 – Spostamenti massimi per il Temperatura



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	CLFV1200002	A	87 di 107

Il giunto tra i moduli della pensilina è di 100 mm.

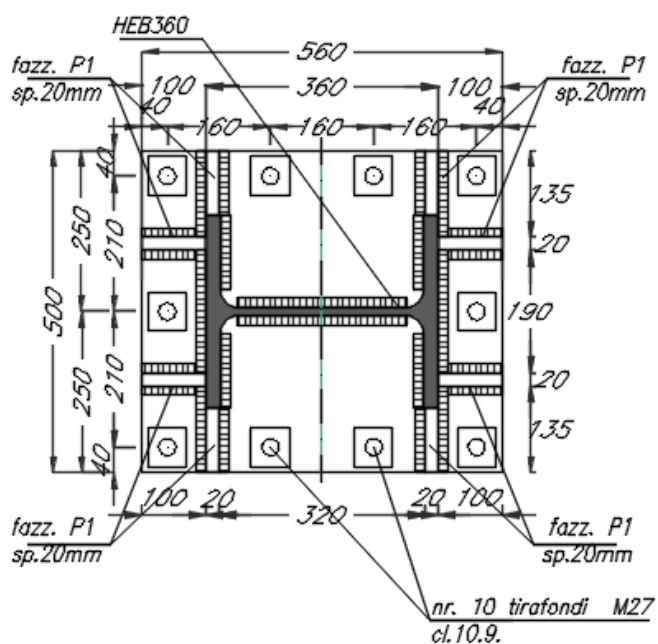
$$2x(d_{SLV} + d_T) = 27.2 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

11 VERIFICA DEI TIRAFONDI

11.1 Verifiche dell'acciaio

Le verifiche della connessione è stata effettuata tramite il programma Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020.



Sollecitazioni di progetto :

TABLE: Joint Reactions

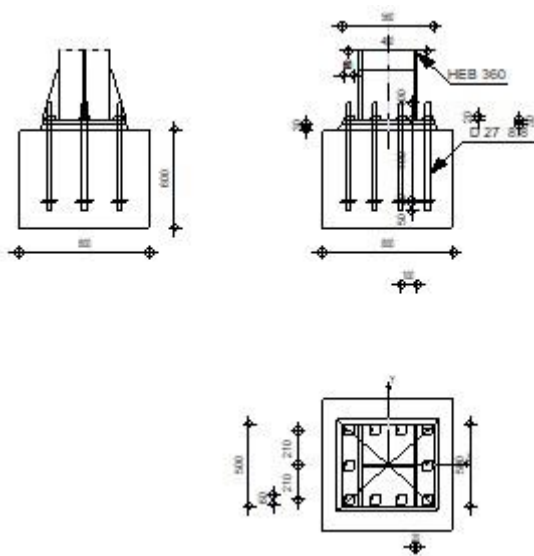
Joint	OutputCa	CaseType	StepTy	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
78	SLV_09	Combination	Max	4.404	25.35	60.874	75.1436	24.1752	0.0388



Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020
Calcolo del plinto della colonna incastrato
Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Coefficiente
0.33



Generale

N. giunto: 2

Nome del giunto Fixed column base

Geometria

Colonna

Profilato: HEB 360

$L_c = 5.00$ [m] Lunghezza della colonna

$a = 0.0$ [Deg] Angolo d'inclinazione

$h_c = 360$ [mm] Altezza della sezione della colonna

$L_c = 5.00$ [m] Lunghezza della colonna
 $b_{fc} = 300$ [mm] Larghezza della sezione della colonna
 $t_{wc} = 13$ [mm] Spessore dell'anima della sezione della colonna
 $t_{fc} = 23$ [mm] Spessore dell'ala della sezione della colonna
 $r_c = 27$ [mm] Raggio di raccordo della sezione della colonna
 $A_c = 18100$ [mm²] Area della sezione della colonna
 $I_{yc} = 431900000$ [mm⁴] Momento di inerzia della sezione della colonna

Materiale: S275

$f_{yc} = 275.00$ [MPa] Resistenza
 $f_{uc} = 430.00$ [MPa] Limite di resistenza del materiale

Plinto della colonna

$l_{pd} = 560$ [mm] Lunghezza
 $b_{pd} = 500$ [mm] Larghezza
 $t_{pd} = 30$ [mm] Spessore

Materiale: S275

$f_{ypd} = 275.00$ [MPa] Resistenza
 $f_{upd} = 430.00$ [MPa] Limite di resistenza del materiale

Ancoraggio

Il piano di taglio attraversa la parte FILETTATA del bullone.

Classe = 8.8 Classe di ancoraggi

Il piano di taglio attraversa la parte FILETTATA del bullone.

Classe = 8.8

Classe di ancoraggi

$f_{yb} = 640.00$ [MPa] Limite di plasticità del materiale del bullone

$f_{ub} = 800.00$ [MPa] Resistenza del materiale del bullone alla trazione

$d = 27$ [mm] Diametro del bullone

$A_s = 459$ [mm²] Area della sezione efficace del bullone

$A_v = 573$ [mm²] Area della sezione del bullone

$n_H = 4$ Numero di colonne dei bulloni

$n_V = 3$ Numero di file di bulloni

Distanza orizzontale $e_{Hi} = 160;160$ [mm]

Distanza verticale $e_{Vi} = 210$ [mm]

Dimensioni di ancoraggi

$L_1 = 100$ [mm]

$L_2 = 490$ [mm]

$L_3 = 50$ [mm]

Piastrina di resistenza

$l_p = 100$ [mm] Lunghezza

$b_p = 100$ [mm] Larghezza

$t_p = 20$ [mm] Spessore

Materiale: S275

$f_y = 275.00$ [MPa] Resistenza

Rondella

$l_{wd} = 60$ [mm] Lunghezza

$b_{wd} = 60$ [mm] Larghezza

$t_{wd} = 20$ [mm] Spessore

Irrigidimento

$w_s = 500$ [mm] Larghezza

$h_s = 300$ [mm] Altezza

$t_s = 20$ [mm] Spessore

$d_1 = 20$ [mm] Intaglio

$d_2 = 20$ [mm] Intaglio

Coefficienti di materiale

$g_{M0} = 1.00$ Coefficiente di sicurezza parziale

$g_{M2} = 1.25$ Coefficiente di sicurezza parziale

$g_C = 1.50$ Coefficiente di sicurezza parziale

Plinto di fondazione

$L = 800$ [mm] Lunghezza del plinto

$B = 800$ [mm] Larghezza del plinto

$H = 600$ [mm] Altezza del plinto

Calcestruzzo

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

Classe C30

$f_{ck} = 30.00$ [MPa] Resistenza caratteristica alla compressione

Getto di sigillatura

$t_g = 30$ [mm] Spessore del getto di sigillatura

$f_{ck,g} = 12.00$ [MPa] Resistenza caratteristica alla compressione

$C_{f,d} = 0.30$ Coeff. di attrito tra la piastra di base e il calcestruzzo

Saldature

$a_p = 12$ [mm] Piastra principale del plinto della colonna

$a_s = 12$ [mm] Irrigidimenti

Carichi

Condizione Calcolo manuale.

$N_{j,Ed} = -60.87$ [kN] Azione assiale

$V_{j,Ed,y} = 4.40$ [kN] Azione tagliante

$V_{j,Ed,z} = 25.35$ [kN] Azione tagliante

$M_{j,Ed,y} = 75.14$ [kN*m] Momento flettente

$M_{j,Ed,z} = 24.17$ [kN*m] Momento flettente

Risultati

Zona di compressione

COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO

$f_{cd} = 20.00$ [MPa] Resistenza di calcolo alla compressione EN 1992-1:[3.1.6.(1)]

$f_j = 20.16$ [MPa] Resistenza di calcolo del materiale del giunto sotto la piastra di base [6.2.5.(7)]

$$c = t_p \cdot \ddot{O}(f_{yp}/(3 \cdot f_j \cdot g_{M0}))$$

$c = 64$ [mm] Larghezza dell'appoggio addizionale [6.2.5.(4)]

$b_{eff} = 150$ [mm] Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$l_{eff} = 428$ [mm] Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$A_{c0} = 64384$ [mm²] Zona di contatto della piastra di base e della fondazione EN 1992-1:[6.7.(3)]

$A_{c1} = 361074$ [mm²] Area di calcolo massima della ripartizione del carico EN 1992-1:[6.7.(3)]

$$F_{rd,u} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \ddot{O}(A_{c1}/A_{c0}) \leq 3 \cdot A_{c0} \cdot f_{cd}$$

$F_{rd,u} = 3049.41$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla pressione EN 1992-1:[6.7.(3)]

$b_j = 0.67$ Coefficiente di riduzione per la compressione [6.2.5.(7)]

$$f_{jd} = b_j \cdot F_{rd,u} / (b_{eff} \cdot l_{eff})$$

$f_{jd} = 31.58$ [MPa] Resistenza di calcolo del materiale del giunto [6.2.5.(7)]

$A_{c,n} = 175719$ [mm²] Area di compressione efficace [6.2.8.2.(1)]

$A_{c,y} = 74724$ [mm²] Area di flessione My [6.2.8.3.(1)]

$A_{c,z} = 74724$ [mm²] Area di flessione Mz [6.2.8.3.(1)]

$$F_{c,Rd,i} = A_{c,i} \cdot f_{jd}$$

$F_{c,Rd,n} = 5548.39$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla compressione [6.2.8.2.(1)]

$F_{c,Rd,y} = 2359.43$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla flessione My [6.2.8.3.(1)]

$F_{c,Rd,z} = 2359.43$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla flessione Mz [6.2.8.3.(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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

ALA E ANIMA DELLA COLONNA IN COMPRESSIONE

$CL = 1.00$ Classe di sezione EN 1993-1-1:[5.5.2]

$W_{pl,y} = 4043000 \text{ [mm}^3\text{]}$ Fattore plastico della sezione EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$M_{c,Rd,y} = 1111.83 \text{ [kN*m]}$ Resistenza di calcolo della sezione alla flessione EN1993-1-1:[6.2.5]

$h_{f,y} = 338 \text{ [mm]}$ Distanza tra i centri di gravità delle ali [6.2.6.7.(1)]

$$F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{f,y}$$

$F_{c,fc,Rd,y} = 3294.30 \text{ [kN]}$ Resistenza dell'ala compressa e dell'anima [6.2.6.7.(1)]

$W_{pl,z} = 2632000 \text{ [mm}^3\text{]}$ Fattore plastico della sezione EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

$M_{c,Rd,z} = 723.80 \text{ [kN*m]}$ Resistenza di calcolo della sezione alla flessione EN1993-1-1:[6.2.5]

$h_{f,z} = 249 \text{ [mm]}$ Distanza tra i centri di gravità delle ali [6.2.6.7.(1)]

$$F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{f,z}$$

$F_{c,fc,Rd,z} = 2906.87 \text{ [kN]}$ Resistenza dell'ala compressa e dell'anima [6.2.6.7.(1)]

RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA COMPRESSA

$$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$$


$N_{j,Rd} = 5548.39 \text{ [kN]}$ Resistenza del plinto alla compressione assiale [6.2.8.2.(1)]

$$F_{C,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$$

$F_{C,Rd,y} = 2359.43 \text{ [kN]}$ Resistenza del plinto nella zona compressa [6.2.8.3]

$$F_{C,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$$

$F_{C,Rd,z} = 2359.43 \text{ [kN]}$ Resistenza del plinto nella zona compressa [6.2.8.3]

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

Zona in trazione

ROTTURA DEL BULLONE D'ANCORAGGIO

$A_b = 459$ [mm²] Area efficace del bullone [Tabella 3.4]

$f_{ub} = 800.00$ [MPa] Resistenza del materiale del bullone alla trazione [Tabella 3.4]

Beta = 0.85 Coefficiente di riduzione della resistenza del bullone [3.6.1.(3)]

$$F_{t,Rd,s1} = \beta \cdot 0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_b / \gamma_{M2}$$

$F_{t,Rd,s1} = 224.73$ [kN] Resistenza del bullone alla rottura [Tabella 3.4]

$$F_{t,Rd,s} = F_{t,Rd,s1}$$

$F_{t,Rd,s} = 224.73$ [kN] Resistenza del bullone alla rottura

RESISTENZA DELL'ANCORAGGIO ALLA TRAZIONE

$$F_{t,Rd} = F_{t,Rd,s}$$

$F_{t,Rd} = 224.73$ [kN] Resistenza dell'ancoraggio alla trazione

FLESSIONE DELLA PIASTRA DI BASE

Momento flettente $M_{j,Ed,y}$

$l_{eff,1} = 223$ [mm] Lunghezza efficace per un bullone per il modo 1 [6.2.6.5]

$l_{eff,2} = 223$ [mm] Lunghezza efficace per un bullone per il modo 2 [6.2.6.5]

$m = 46$ [mm] Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento [6.2.6.5]

$M_{pl,1,Rd} = 13.79$ [kN*m] Resistenza plastica della piastra per il modo 1 [6.2.4]

$M_{pl,2,Rd} = 13.79$ [kN*m] Resistenza plastica della piastra per il modo 2 [6.2.4]

$l_{eff,1} = 223$ [mm] Lunghezza efficace per un bullone per il modo 1 [6.2.6.5]

$F_{T,1,Rd} = 1188.07$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 1 [6.2.4]

$F_{T,2,Rd} = 631.13$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 2 [6.2.4]

$F_{T,3,Rd} = 674.18$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 3 [6.2.4]

$F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$

$F_{t,pl,Rd,y} = 631.13$ [kN] Resistenza della piastra in trazione [6.2.4]

Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

$l_{eff,1} = 158$ [mm] Lunghezza efficace per un bullone per il modo 1 [6.2.6.5]

$l_{eff,2} = 158$ [mm] Lunghezza efficace per un bullone per il modo 2 [6.2.6.5]

$m = 46$ [mm] Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento [6.2.6.5]

$M_{pl,1,Rd} = 9.77$ [kN*m] Resistenza plastica della piastra per il modo 1 [6.2.4]

$M_{pl,2,Rd} = 9.77$ [kN*m] Resistenza plastica della piastra per il modo 2 [6.2.4]

$F_{T,1,Rd} = 841.54$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 1 [6.2.4]

$F_{T,2,Rd} = 642.07$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 2 [6.2.4]

$F_{T,3,Rd} = 898.91$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 3 [6.2.4]

$F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$

$F_{t,pl,Rd,z} = 642.07$ [kN] Resistenza della piastra in trazione [6.2.4]

RESISTENZA DELL'ANIMA DELLA COLONNA ALLA TRAZIONE

Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

$t_{wc} = 13$ [mm] Spessore efficace dell'anima della colonna [6.2.6.3.(8)]

Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

$t_{wc} = 13$ [mm]	Spessore efficace dell'anima della colonna	[6.2.6.3.(8)]
$b_{eff,t,wc} = 341$ [mm]	Larghezza efficace dell'anima in trazione	[6.2.6.3.(2)]
$A_{vc} = 6096$ [mm ²]	Area al taglio	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$w = 0.78$	Coefficiente di riduzione per l'interazione con il taglio	[6.2.6.3.(4)]

$$F_{t,wc,Rd,z} = w b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0}$$

$$F_{t,wc,Rd,z} = 916.07 \text{ [kN]} \quad \text{Resistenza dell'anima della colonna} \quad [6.2.6.3.(1)]$$

RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA IN TRAZIONE

$$F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$$

$$F_{T,Rd,y} = 631.13 \text{ [kN]} \quad \text{Resistenza del plinto nella zona tesa} \quad [6.2.8.3]$$

$$F_{T,Rd,z} = \min(F_{t,pl,Rd,z}, F_{t,wc,Rd,z})$$

$$F_{T,Rd,z} = 642.07 \text{ [kN]} \quad \text{Resistenza del plinto nella zona tesa} \quad [6.2.8.3]$$

Controllo della resistenza del giunto

$$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0 \text{ (6.24)} \quad 0.01 < 1.00 \quad \text{verificato (0.01)}$$

$$e_y = 1234 \text{ [mm]} \quad \text{Eccentricità dell'azione assiale} \quad [6.2.8.3]$$

$$z_{c,y} = 169 \text{ [mm]} \quad \text{Braccio di leva } F_{C,Rd,y} \quad [6.2.8.1.(2)]$$

$$z_{t,y} = 240 \text{ [mm]} \quad \text{Braccio di leva } F_{T,Rd,y} \quad [6.2.8.1.(3)]$$

$$M_{j,Rd,y} = 298.82 \text{ [kN*m]} \quad \text{Resistenza del giunto alla flessione} \quad [6.2.8.3]$$

$$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0 \text{ (6.23)} \quad 0.25 < 1.00 \quad \text{verificato (0.25)}$$

$$e_z = 397 \quad [\text{mm}] \quad \text{Eccentricità dell'azione assiale} \quad [6.2.8.3]$$

$$z_{c,z} = 124 \quad [\text{mm}] \quad \text{Braccio di leva } F_{C,Rd,z} \quad [6.2.8.1.(2)]$$

$$z_{t,z} = 210 \quad [\text{mm}] \quad \text{Braccio di leva } F_{T,Rd,z} \quad [6.2.8.1.(3)]$$

$$M_{j,Rd,z} = 312.87 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistenza del giunto alla flessione} \quad [6.2.8.3]$$

$$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad (6.23) \quad 0.08 < 1.00 \quad \text{verificato} \quad (0.08)$$

$$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.33 < 1.00 \quad \text{verificato} \quad (0.33)$$

Taglio

PRESSIONE DEL BULLONE D'ANCORAGGIO SULLA PIASTRA DI BASE

Taglio della forza $V_{j,Ed,y}$

$$a_{d,y} = 0.46 \quad \text{Coeff. di posizione dei bulloni: nella direzione del taglio} \quad [\text{Tabella 3.4}]$$

$$a_{b,y} = 0.46 \quad \text{Coeff. per il calcolo della resistenza } F_{1,vb,Rd} \quad [\text{Tabella 3.4}]$$

$$k_{1,y} = 2.16 \quad \text{Coeff. di posizione dei bulloni: perpendicolari alla direzione del taglio} \quad [\text{Tabella 3.4}]$$

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot a_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / g_{M2}$$

$$F_{1,vb,Rd,y} = 276.98 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza del bullone d'ancoraggio alla pressione sulla piastra di base} \quad [6.2.2.(7)]$$

Taglio della forza $V_{j,Ed,z}$

$$a_{d,z} = 0.46 \quad \text{Coeff. di posizione dei bulloni: nella direzione del taglio} \quad [\text{Tabella 3.4}]$$

$$a_{b,z} = 0.46 \quad \text{Coeff. per il calcolo della resistenza } F_{1,vb,Rd} \quad [\text{Tabella 3.4}]$$

$$k_{1,z} = 2.16 \quad \text{Coeff. di posizione dei bulloni: perpendicolari alla direzione del taglio} \quad [\text{Tabella 3.4}]$$

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot a_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / g_{M2}$$

 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 CLFV1200002	REV. A

$F_{1,vb,Rd,z} = 276.98$ [kN] Resistenza del bullone d'ancoraggio alla pressione sulla piastra di base [6.2.2.(7)]

TAGLIO DEL BULLONE D'ANCORAGGIO

$a_b = 0.25$ Coeff. per il calcolo della resistenza $F_{2,vb,Rd}$ [6.2.2.(7)]

$A_{sb} = 459$ [mm²] Area della sezione efficace del bullone [6.2.2.(7)]

$f_{ub} = 800.00$ [MPa] Resistenza del materiale del bullone alla trazione [6.2.2.(7)]

$g_{M2} = 1.25$ Coefficiente di sicurezza parziale [6.2.2.(7)]

$$F_{2,vb,Rd} = a_b * f_{ub} * A_{sb} / g_{M2}$$

$F_{2,vb,Rd} = 72.85$ [kN] Resistenza del bullone al taglio - senza effetto della leva [6.2.2.(7)]

SLITTAMENTO DEL PLINTO

$C_{f,d} = 0.30$ Coeff. di attrito tra la piastra di base e il calcestruzzo [6.2.2.(6)]

$N_{c,Ed} = 60.87$ [kN] Azione di compressione [6.2.2.(6)]

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,Ed}$$

$F_{f,Rd} = 18.26$ [kN] Resistenza allo slittamento [6.2.2.(6)]

CONTROLLO DEL TAGLIO

$$V_{j,Rd,y} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,y} = 746.79$ [kN] Resistenza del giunto al taglio $V_{j,Rd}$

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$ $0.01 < 1.00$ **verificato** (0.01)

$$V_{j,Rd,z} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}) + F_{f,Rd}$$

$V_{j,Rd,z} = 746.79$ [kN] Resistenza del giunto al taglio $V_{j,Rd}$

$$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.03 < 1.00 \quad \text{verificato (0.03)}$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} + V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.04 < 1.00 \quad \text{verificato (0.04)}$$

Controllo degli irrigidimenti

Irrigidimento perpendicolare all'anima (sul prolungamento delle ali della colonna)

$M_1 = 3.01$ [kN*m] Momento flettente dell'irrigidimento

$Q_1 = 60.22$ [kN] Azione tagliante dell'irrigidimento

$z_s = 84$ [mm] Posizione dell'asse neutro (dalla base della piastra)

$I_s = 140917500$ [mm⁴] Momento di inerzia dell'irrigidimento

$s_d = 1.15$ [MPa] Sollecitazione normale a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$s_g = 5.26$ [MPa] Sollecitazione normale nelle fibre superiori EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$t = 10.04$ [MPa] Sollecitazione tangenziale nell'irrigidimento EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$s_z = 17.42$ [MPa] Sollecitazione equivalente a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$$\max (s_g, t / (0.58), s_z) / (f_{yp}/g_{M0}) \leq 1.0 \quad (6.1) \quad 0.06 < 1.00 \quad \text{verificato (0.06)}$$

Saldature tra la colonna e la piastra della base

$s^{\wedge} = 38.25$ [MPa] Sollecitazione normale nella saldatura [4.5.3.(7)]

$t^{\wedge} = 38.25$ [MPa] Sollecitazione tangenziale perpendicolare [4.5.3.(7)]

$t_{yII} = 0.19$ [MPa] Sollecitazione tangenziale parallela a $V_{j,Ed,y}$ [4.5.3.(7)]

$t_{zII} = 3.35$ [MPa] Sollecitazione tangenziale parallela a $V_{j,Ed,z}$ [4.5.3.(7)]

$b_w = 0.85$ Coefficiente dovuto alla resistenza [4.5.3.(7)]

$$s^{\wedge} / (0.9 \cdot f_u / g_{M2}) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.12 < 1.00 \quad \text{verificato (0.12)}$$

$$s^{\wedge} / (0.9 * f_u / g_{M2}) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.12 < 1.00 \quad \text{verificato (0.12)}$$

$$\ddot{O}(s^{\wedge 2} + 3.0 (t_{yII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.19 < 1.00 \quad \text{verificato (0.19)}$$

$$\ddot{O}(s^{\wedge 2} + 3.0 (t_{zII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.06 < 1.00 \quad \text{verificato (0.06)}$$

Saldature verticali degli irrigidimenti

Irrigidimento perpendicolare all'anima (sul prolungamento delle ali della colonna)

$$s^{\wedge} = 5.91 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t^{\wedge} = 5.91 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale perpendicolare} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{II} = 8.36 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$s_z = 18.70 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione totale equivalente} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$b_w = 0.85 \quad \text{Coefficiente dovuto alla resistenza} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\max (s^{\wedge}, t_{II} * \ddot{O}3, s_z) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.05 < 1.00 \quad \text{verificato (0.05)}$$

Saldature orizzontali degli irrigidimenti

Irrigidimento perpendicolare all'anima (sul prolungamento delle ali della colonna)

$$s^{\wedge} = 17.74 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t^{\wedge} = 17.74 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale perpendicolare} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{II} = 13.64 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$s_z = 42.63 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione totale equivalente} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$b_w = 0.85 \quad \text{Coefficiente dovuto alla resistenza} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\max (s^{\wedge}, t_{II} * \ddot{O}3, s_z) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.11 < 1.00 \quad \text{verificato (0.11)}$$

Rigidezza del giunto

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

Momento flettente $M_{j,Ed,y}$

$b_{eff} = 150$ [mm] Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$l_{eff} = 428$ [mm] Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$$k_{13,y} = E_c * \ddot{O}(b_{eff} * l_{eff}) / (1.275 * E)$$

$k_{13,y} = 25$ [mm] Coefficiente di rigidezza del calcestruzzo in compressione [Tabella 6.11]

$l_{eff} = 223$ [mm] Lunghezza efficace per un bullone per il modo 2 [6.2.6.5]

$m = 46$ [mm] Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento [6.2.6.5]

$$k_{15,y} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,y} = 26$ [mm] Coefficiente di rigidezza della piastra di base in trazione [Tabella 6.11]

$L_b = 310$ [mm] Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio [Tabella 6.11]

$$k_{16,y} = 1.6 * A_b / L_b$$

$k_{16,y} = 2$ [mm] Coefficiente di rigidezza dell'ancoraggio in trazione [Tabella 6.11]

$l_{0,y} = 0.38$ Snellezza della colonna [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,y} = 76981.70$ [kN*m] Rigidezza di rotazione iniziale [Tabella 6.12]

$S_{j,rig,y} = 531237.00$ [kN*m] Rigidezza del giunto rigido [5.2.2.5]

$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y}$ SEMI-RIGIDO [5.2.2.5.(2)]

Momento flettente $M_{j,Ed,z}$

$$k_{13,z} = E_c * \ddot{O}(A_{c,z}) / (1.275 * E)$$

$k_{13,z} = 27$ [mm] Coefficiente di rigidezza del calcestruzzo in compressione [Tabella 6.11]

$l_{eff} = 158$ [mm] Lunghezza efficace per un bullone per il modo 2 [6.2.6.5]

$m = 46$ [mm] Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento [6.2.6.5]

$$k_{15,z} = 0.425 * l_{eff} * t_p^3 / (m^3)$$

$k_{15,z} = 18$ [mm] Coefficiente di rigidezza della piastra di base in trazione [Tabella 6.11]

$L_b = 310$ [mm] Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio [Tabella 6.11]

$$k_{16,z} = 1.6 * A_b / L_b$$

$k_{16,z} = 2$ [mm] Coefficiente di rigidezza dell'ancoraggio in trazione [Tabella 6.11]

$l_{0,z} = 0.78$ Snellezza della colonna [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,z} = 59819.58$ [kN*m] Rigidezza di rotazione iniziale [6.3.1.(4)]

$S_{j,rig,z} = 124722.00$ [kN*m] Rigidezza del giunto rigido [5.2.2.5]

$S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ SEMI-RIGIDO [5.2.2.5.(2)]

Giunto conforme alla norma

Coefficiente

0.33

 <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>CLFV1200002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

11.2 Verifiche nel cls

Per il calcolo a stappo dei tirafondi di ancoraggio e dello strappo del cono in cls si fa riferimento alla **DD_CEN_TS_1992-4-2-2009 – Design of fasteners for use in concrete – Part 4-2: Headed Fasteners.**

Il calcolo è stato effettuato tramite un foglio excel

La forza di trazione nel un singolo tirafondo, maggiormente sollecitato è stata calcolata cautelativamente pari a:

$$N_{Ed} = M_{Ed,x} / n_x \cdot b_x + M_{Ed,y} / n_y \cdot b_y = 75 / 3 \cdot 0.46 + 24 / 4 \cdot 0.42 = \mathbf{69 \text{ kN}}$$

$b_x = 0.46 \text{ m}$ – interasse x tra le file estreme di tirafondi

$b_y = 0.42 \text{ m}$ – interasse y tra le file estreme di tirafondi

$n_x = 3$ numero di tirafondi in singola fila

$n_y = 4$ numero di tirafondi in singola fila

Il contributo della forza di compressione, agente nel giunto è stato omesso, a favore di sicurezza.

Si prevedono 2 uncini Ø12 per tirafondo, con lunghezza d'ancoraggio l_1 pari a 500mm, per garantire la resistenza a strappo del cono di cls, da prevedersi in una prossima fase progettuale.

La verifica:

Sollecitazione di progetto

$N_{Ed} = 69$ [kN] forza assiale nel singolo tirafondo in zona di trazione

1. Strappo del singolo tirafondo di ancoraggio dal calcestruzzo § 6.2.3

$$N_{Rk,p} = 6 \cdot A_h \cdot f_{ck,cube} \cdot \psi_{ucr,N}$$

Classe di resistenza del calcestruzzo

C30/37

$f_{ck,cube} = 30$ [MPa]

$f_{ctd} = 1.35$ [MPa]

Tirafondi di ancoraggio

M27

$d = 27$ [mm]

Dimensioni della piastrina di resistenza

$l_p = 100$ [mm]

$b_p = 100$ [mm]

$$A_h = b_p \cdot l_p - \pi \cdot d^2 / 4$$

$A_h = 94.27$ [cm²]

$\psi_{ucr,N} = 1.00$ per calcestruzzi fessurati

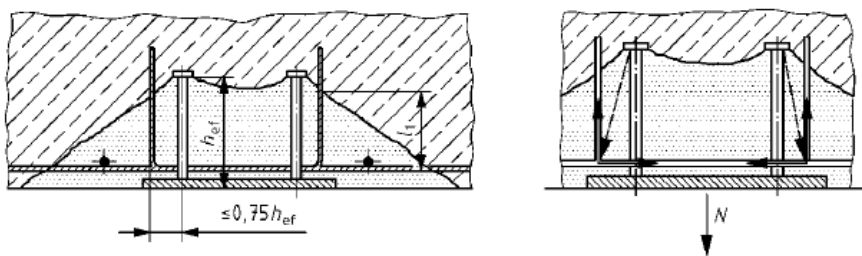
$N_{Rk,p} = 1696.94$ [kN]

La verifica

$N_{Ed} = 69 < N_{Rk,p} = 1696.94$

2. Strappo del cono di calcestruzzo

Per garantire la resistenza a strappo del cono del cls, si provvede armatura secondo il punto § 6.2.3 della DD_CEN_TS_1992-4-2-2009 – Design of fasteners for use in concrete - Part 4-2: Headed Fasteners



Solamente e staffe disposte a distanza minore di $0.75h_{ef}$ possono essere considerate effettive

La lunghezza d'ancoraggio l_1 non deve essere minore a $4d_s$ per staffe piegate, comunque non fuori dal cono di strappo

$$N_{Rd,a} = \sum_n \frac{l_1 \cdot \pi \cdot d_s \cdot f_{bd}}{\alpha}$$

$l_1 = 500$ [mm] lunghezza di ancoraggio delle staffe

$d_s = 12$ [mm] diametro delle staffe

$n = 2$ numero di staffe corrispondente ad un tirafondo

$\alpha = 0.7$ fattore d'influenza

$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$							
$\eta_1 =$	0.7						
$\eta_2 =$	1						
$f_{bd} =$	3.04	[MPa]					
$N_{Rd,a} =$	163.59	[kN]					
$N_{Ed} =$	69	<	$N_{Rd,a} =$	163.59			