

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 singolo 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 1 A

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

File: NM2503D44CLFV120001A

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	SALDATEURE	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.....	17
6.3	MODELO DI CALCOLO	17
6.3.1	<i>Codice di calcolo.....</i>	<i>17</i>
6.3.2	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i>	<i>17</i>
6.3.3	<i>Informazioni generali sull'elaborazione.....</i>	<i>17</i>
6.3.4	<i>Tipo di analisi svolta</i>	<i>17</i>
6.4	ANALISI DEI CARICHI.....	22

6.4.1	<i>Peso proprio della struttura</i>	22
6.4.2	<i>Carichi permanenti non strutturali</i>	22
6.4.3	<i>Carichi variabili</i>	22
6.4.4	<i>Azione termica</i>	22
6.4.5	<i>Carico della neve sulla copertura</i>	22
6.4.6	<i>Azione del vento</i>	24
6.4.7	<i>Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni</i>	29
6.4.8	<i>Carichi di pali TE (Tensione Elettrica)</i>	35
6.4.9	<i>Azione sismica</i>	36
6.5	COMBINAZIONI DI CARICO.....	39
7	RISULTATI ANALISI.....	55
7.1	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE	55
7.2	STATI LIMITE ULTIMO (SLU).....	56
7.2.1	<i>Inviluppo diagrammi delle sollecitazioni di progetto</i>	56
7.3	STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	61
8	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....	61
9	VERIFICHE DELLE MEMBRATURE METALLICHE.....	62
9.1	VERIFICHE DELLE COLONNE HEB360.....	63
9.2	VERIFICHE DELLE MENSOLE (H400x300)	65
9.3	VERIFICHE DELLE TRAVI LONGITUDINALI HEA260	67
9.4	VERIFICHE DEGLI ARCARECCI IPE 180.....	69
9.5	VERIFICHE DEI CONTROVENTI 2xL70x70x7	71
9.6	VERIFICHE TABELLE OUTPUT COMPLETE.....	73
10	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	74
10.1	VERIFICHE DI SPOSTAMENTI VERTICALI	74

10.2	VERIFICHE DI SPOSTAMENTI LATERALI.....	76
10.3	VERIFICHE DI RIGIDEZZA.....	79
10.4	VERIFICHE DI BUCKLING SENCONDO LA CIRCOLARE APPLICATIVA C4.2.3.4.....	82
10.5	VERIFICHE DEGLI EFFETTI DELLE NON-LINEARITÀ GEOMETRICHE SECONDO NTC18 §7.3.1	84
10.6	VERIFICHE DEL GIUNTO STRUTTURALE	85
11	VERIFICA DEI TIRAFONDI.....	87
11.1	VERIFICHE DELL'ACCIAIO	87
11.2	VERIFICHE NEL CLS.....	104

	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 CLFV1200001

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 del 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”.

	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 CLFV1200001	REV. A

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 Normativa di riferimento

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni co particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n.7 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie
- RFI DTC INC PO SP IFS 003 A Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra
- RFI DTC INC PO SP IFS 002 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria
- RFI DTC INC PO SP IFS 004 A Specifica per la progettazione e l’esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo
- RFI DTC INC PO SP IFS 005 A Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*

- *Regolamento (UE) N. 1300/2014/UE Specifiche Tecniche di Interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta del 18/11/2014, modificato con il Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *Regolamento (UE) N° 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la "sicurezza nelle gallerie ferroviarie" del sistema ferroviario dell'Unione europea, rettificato dal Regolamento (UE) 2016/912 del 9 giugno 2016 e modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019*
- *Regolamento UE N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 2018/868 del 13 giugno 2018 e dal successivo Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019*
- *Regolamento (UE) N. 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea modificata con la Rettifica del 15 giugno 2016 e dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/772 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica il regolamento (UE) n. 1300/2014 per quanto riguarda l'inventario delle attività al fine di individuare le barriere all'accessibilità, fornire informazioni agli utenti e monitorare e valutare i progressi compiuti in materia di accessibilità.*
- *REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2019/776 DELLA COMMISSIONE del 16 maggio 2019 che modifica i regolamenti (UE) n. 321/2013, (UE) n. 1299/2014, (UE) n. 1301/2014, (UE) n. 1302/2014, (UE) n. 1303/2014 e (UE) 2016/919 della Commissione e la decisione di esecuzione 2011/665/UE della Commissione per quanto riguarda l'allineamento alla direttiva (UE) 2016/797 del Parlamento europeo e del Consiglio e l'attuazione di obiettivi specifici stabili nella decisione delegata (UE) 2017/1471 della Commissione.*

3.2 Elaborati di riferimento

Titolo	scala																					
Relazione di calcolo pensilina ferroviaria a singolo pilastro	-	N	M	2	5	0	3	D	4	4	C	L	F	V	1	2	0	0	0	0	1	A
Relazione di calcolo pensilina ferroviaria a doppio pilastro	-	N	M	2	5	0	3	D	4	4	C	L	F	V	1	2	0	0	0	0	2	A
Relazione di calcolo fondazioni	-	N	M	2	5	0	3	D	2	6	C	L	F	V	1	2	B	0	0	1	1	A
Carpenteria piano terra- pensilina ferroviaria	1:100	N	M	2	5	0	3	D	4	4	P	A	F	V	1	2	0	0	0	0	7	A
Carpenteria copertura- pensilina ferroviaria	1:100	N	M	2	5	0	3	D	4	4	P	A	F	V	1	2	0	0	0	0	8	A
Carpenteria – sezioni logitudinali e trasversali –pensilina ferroviaria	1:50	N	M	2	5	0	3	D	4	4	W	B	F	V	1	2	0	0	0	0	1	A
Dettagli tipologici nodi pensiline e copertura	Varie	N	M	2	5	0	3	D	4	4	B	Z	F	V	0	0	0	0	0	0	2	A
Planimetria fondazioni	1:100	N	M	2	5	0	3	D	2	6	P	A	F	V	1	2	B	0	0	1	1	A
Carpenteria fondazioni	1:50	N	M	2	5	0	3	D	2	6	P	B	F	V	1	2	B	0	0	1	2	A

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:	v=	<input type="text" value="0.3"/>	
Coefficiente di dilatazione lineare	α=	<input type="text" value="0.00001"/>	°C ⁻¹
Modulo di elasticità trasversale	G=	<input type="text" value="80769"/>	N/mm ²
Densità	γ=	<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>CLFV1200001</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>CLFV1200001</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.

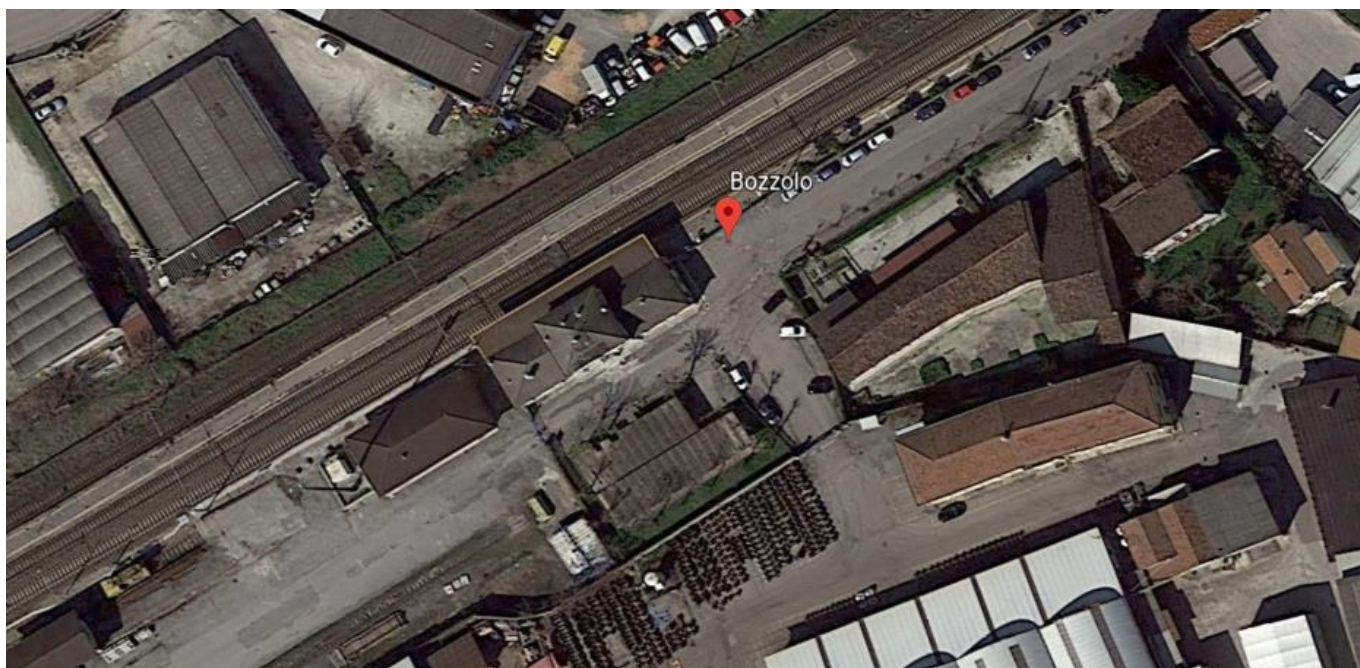


Figura 1 – Configurazione planimetrica tracciato

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): $C_u = 1.5$.

 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 CLFV1200001	REV. A

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

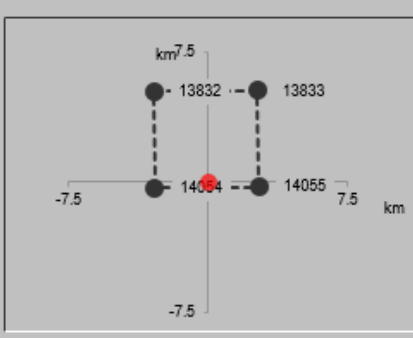
Grafici spettri di risposta || →

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 singolo 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 singolo pilastro in corrispondenza delle assi strutturali 1-3 e 12-15. Il modello di calcolo è stato sviluppato per la pensilina a mensola simmetrica, in quanto presenta le condizioni di carico più gravose essendo disposta tra due binari e la lunghezza di cui è di gran lunga superiore a quella asimmetrica (3.9m circa)

La tipologia in esame consiste di una struttura intelaiata a mensola simmetrica (circa 3.9m), che si estende tra le assi strutturali 1-3 e 12-15. In direzione trasversale la struttura è composta da un pilastro HEB360 per asse, su cui appoggiano le travi principali, incastrate nel pilastro, le cui sezioni sono del tipo composto, e sviluppano un'altezza massima pari a 400mm. I pilastri appoggiano su plinti di fondazione di dimensioni pari a 2.0x2.0x0.6m. In direzione longitudinale, i pilastri sono uniti in testa tramite una trave secondaria HEA260. Il nodo strutturale di unione tra trave secondaria e pilastro è del tipo rigido in direzione longitudinale. Sulle travi principali, longitudinalmente appoggiano arcarecci IPE180 ogni 1.0-1.3m circa. La connessione è incernierata su tutti gli arcarecci, tranne quelli bordo, per i quali è stata adottata una connessione rigida.

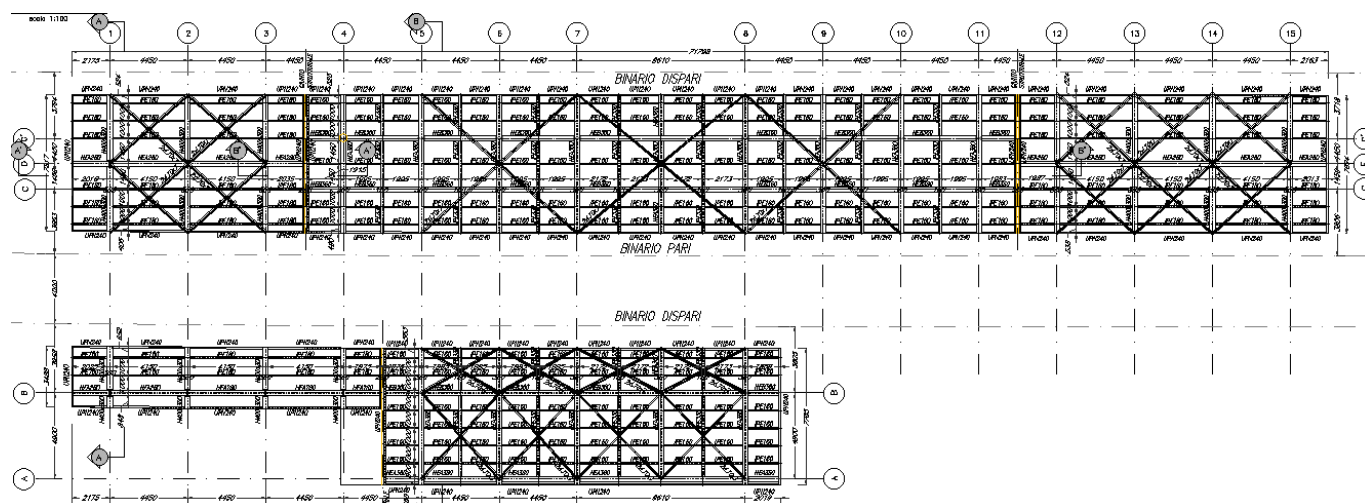


Figura 2 – Inquadramento planimetrico

SEZIONE A-A

scala 1:30

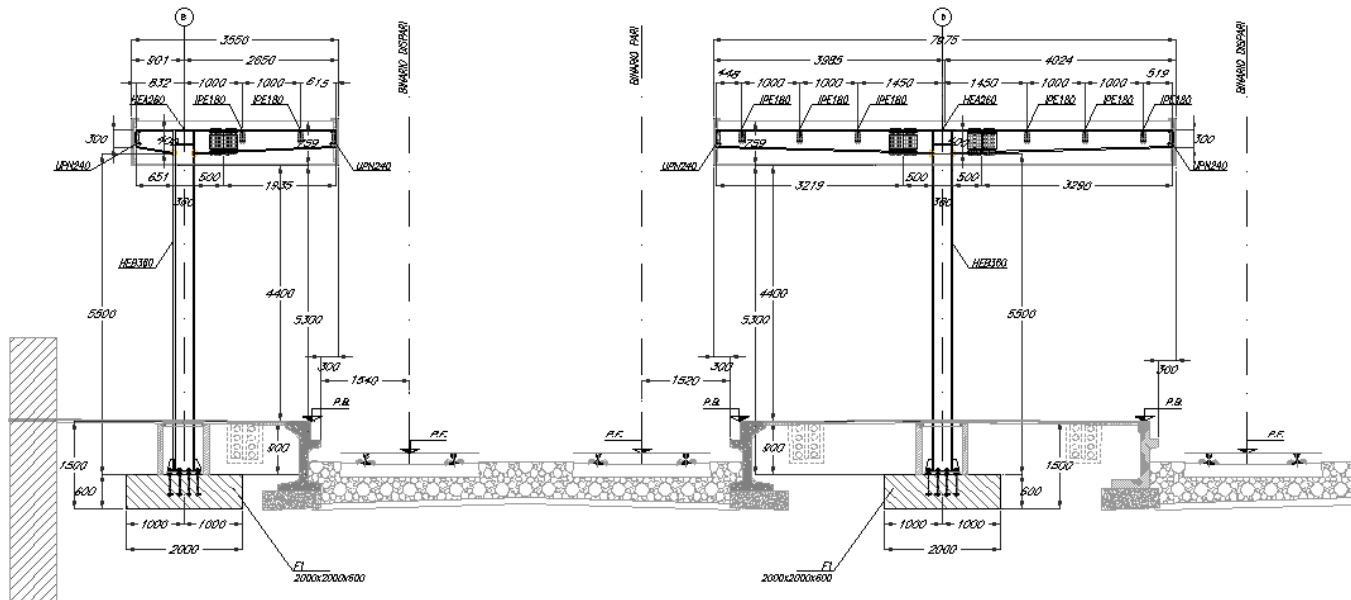


Figura 3 – Sezione trasversale

SEZIONE A'-A'

scala 1:50

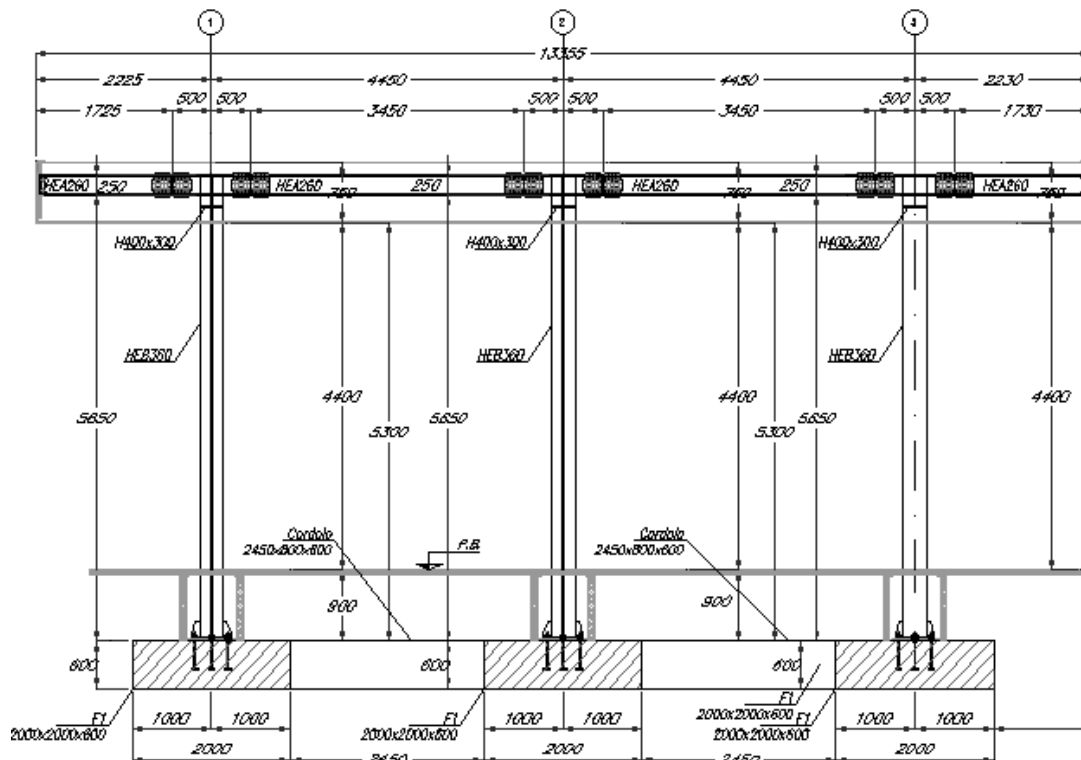


Figura 4 – Sezione longitudinale

 <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>CLFV1200001</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:

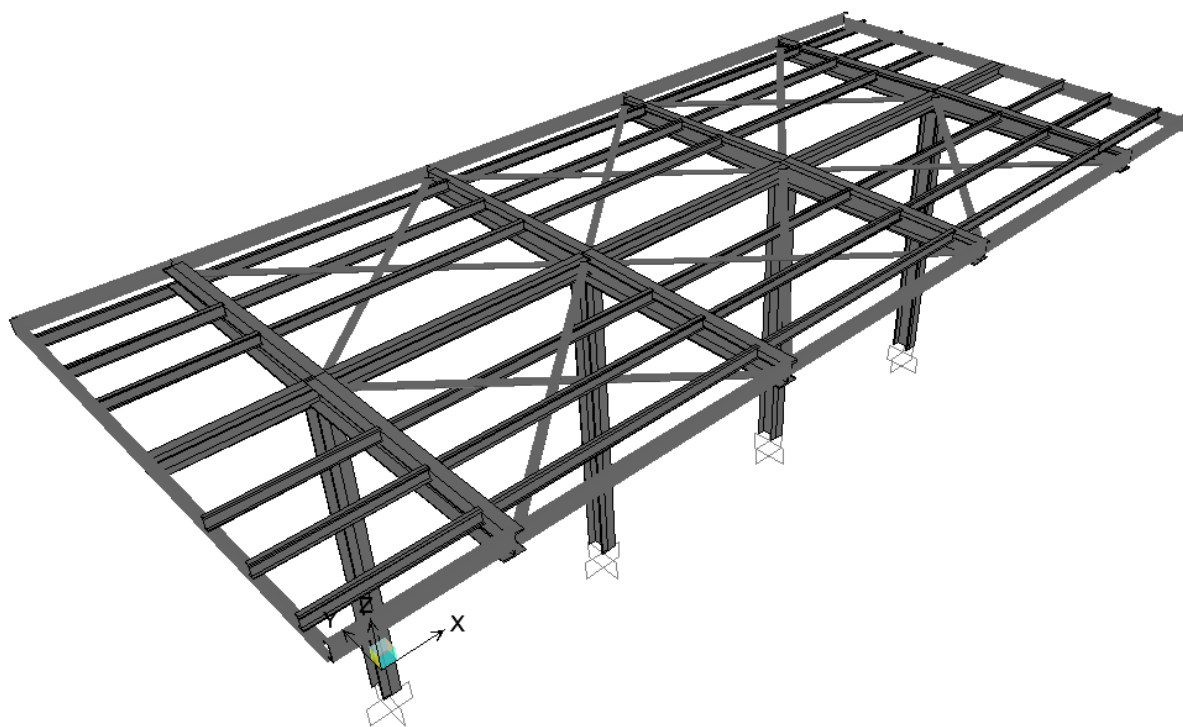


Figura 5 – Vista assonometrica

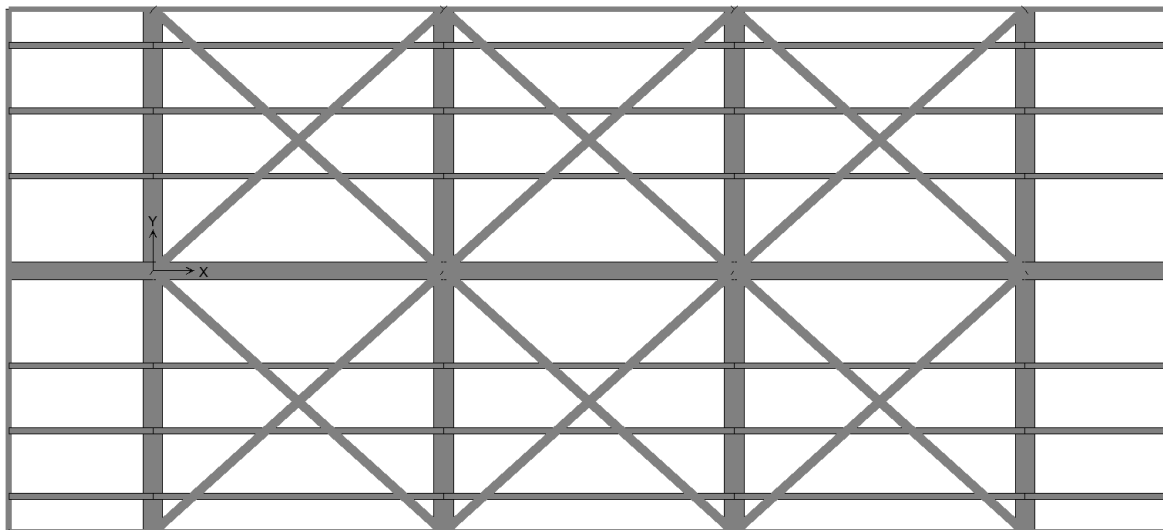


Figura 6 – Vista in pianta

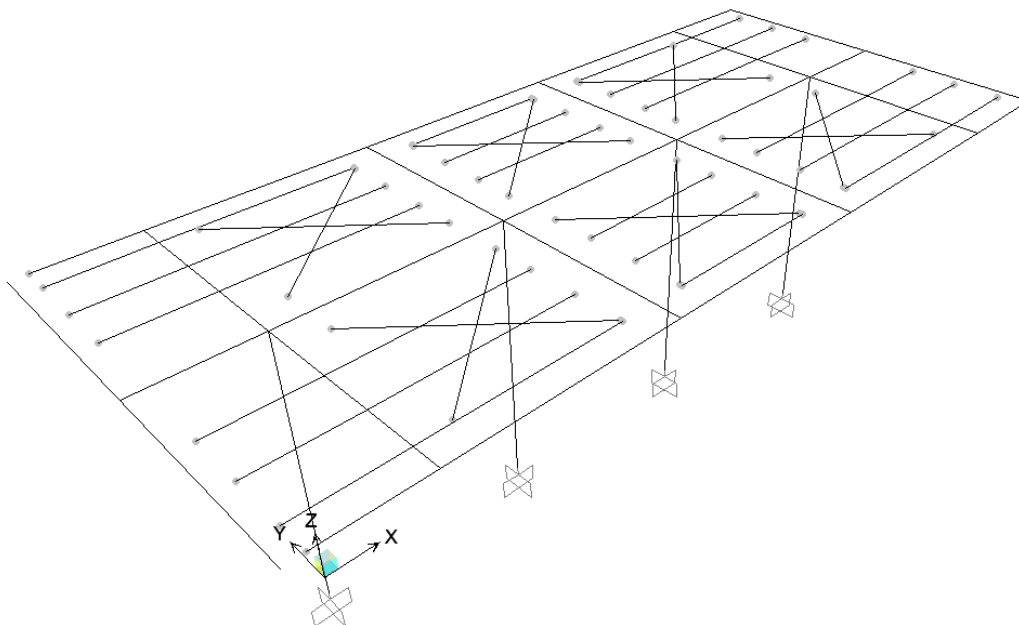


Figura 7 –Vincoli interni della pensilina

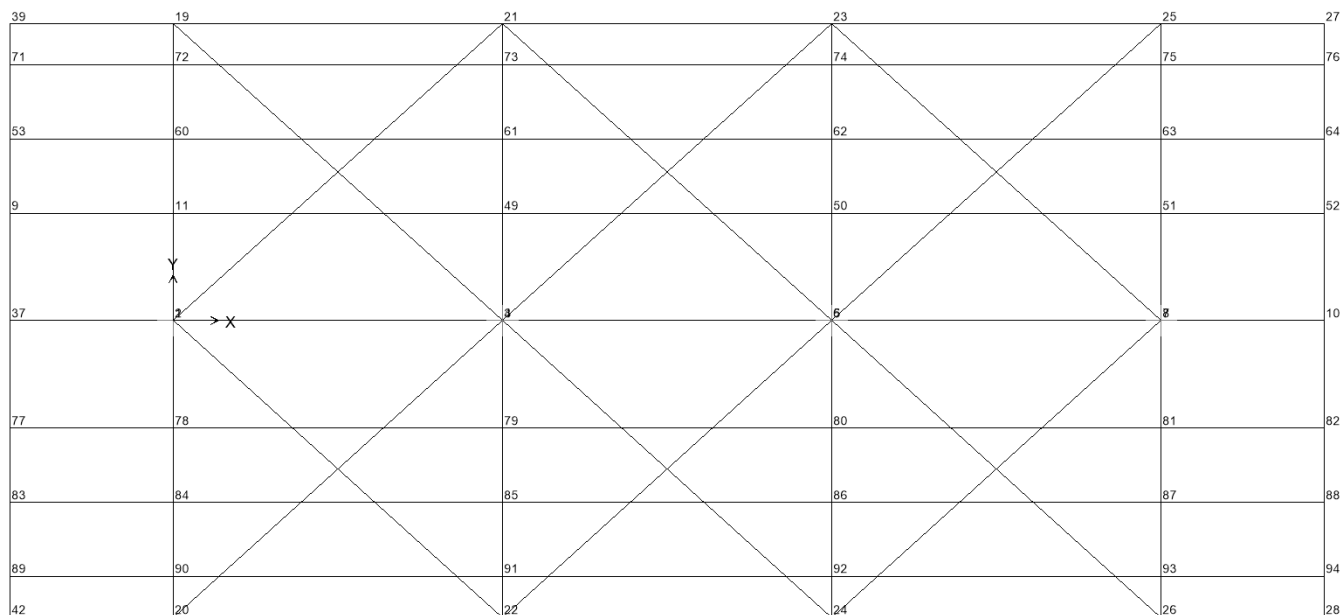


Figura 8 – Numerazione nodi di copertura

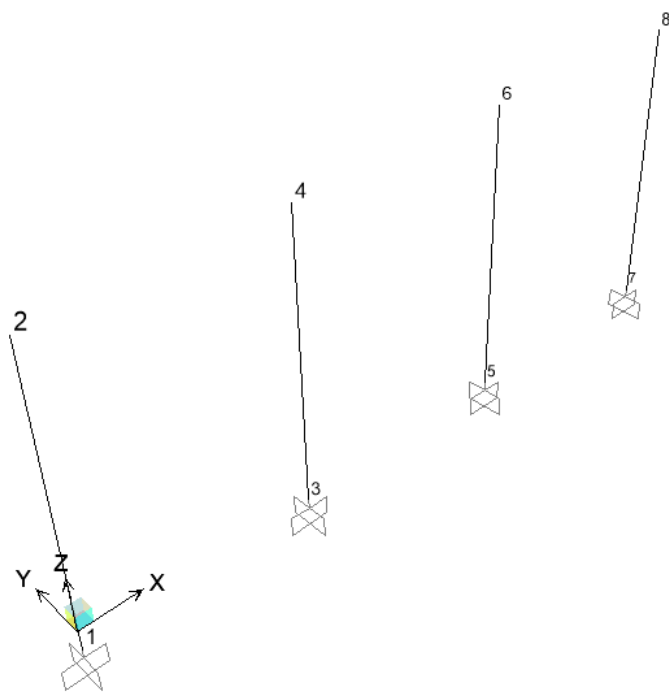


Figura 9 – Numerazione nodi di pilastri

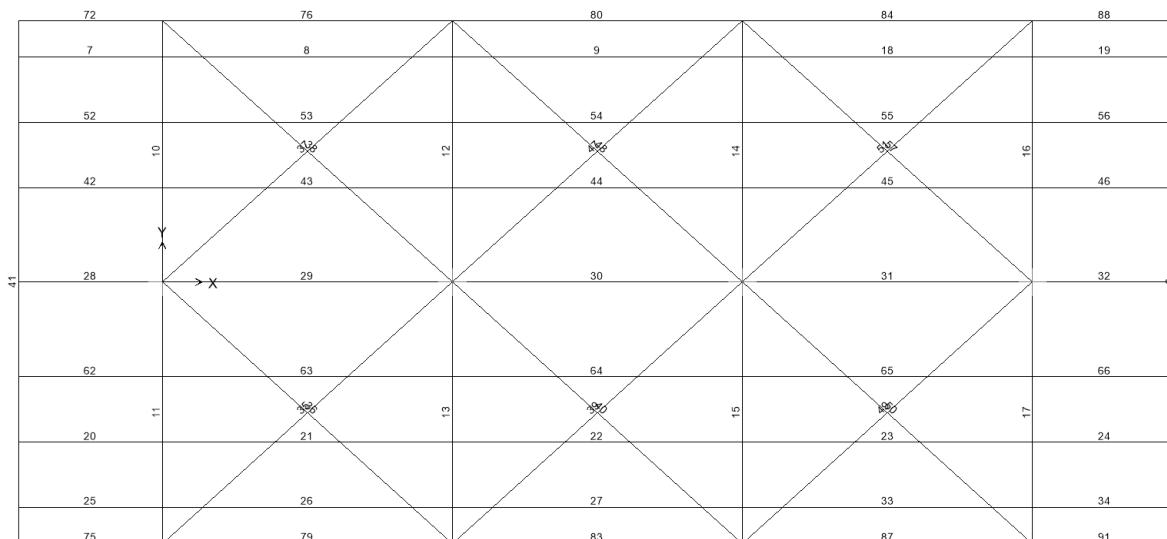


Figura 10 – Numerazione aste di copertura

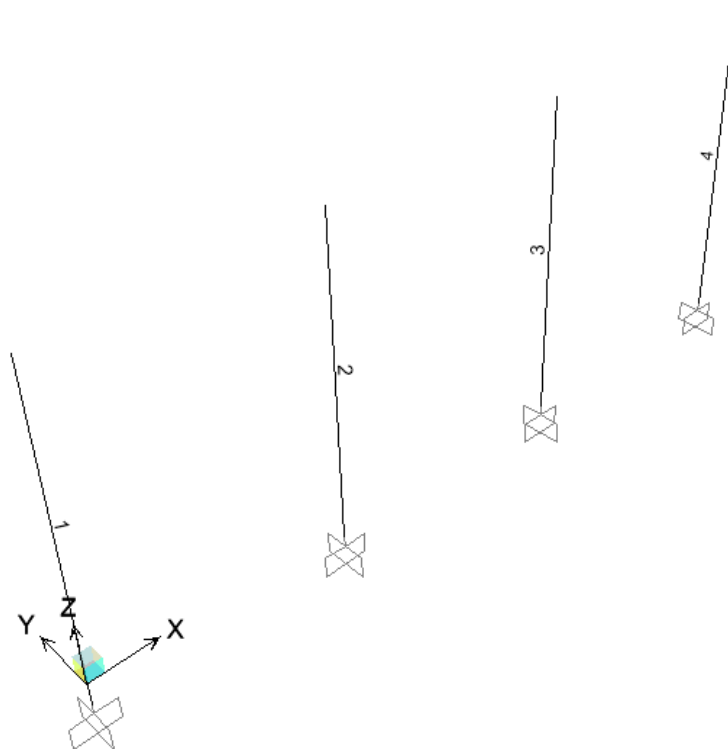


Figura 11 – Numerazione aste dei pilastri

	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 CLFV120001	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/m^3 .

(CONDIZIONE PESO-PROPRIO)

6.4.2 *Carichi permanenti non strutturali*

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

(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 CLFV1200001	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

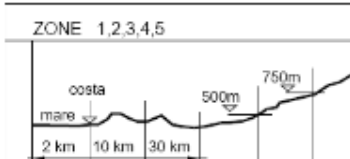
29	[m]
150	[km]
50	[anni]
II	

Distanza dalla costa

T_r (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5

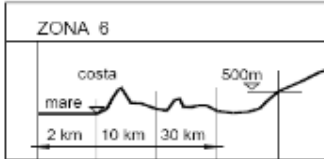


	2 km	10 km	30 km	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

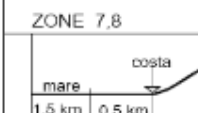
** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

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

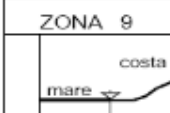
ZONE 7,8



	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 $a_s > a_0$, $a_s \leq 1500$ 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]

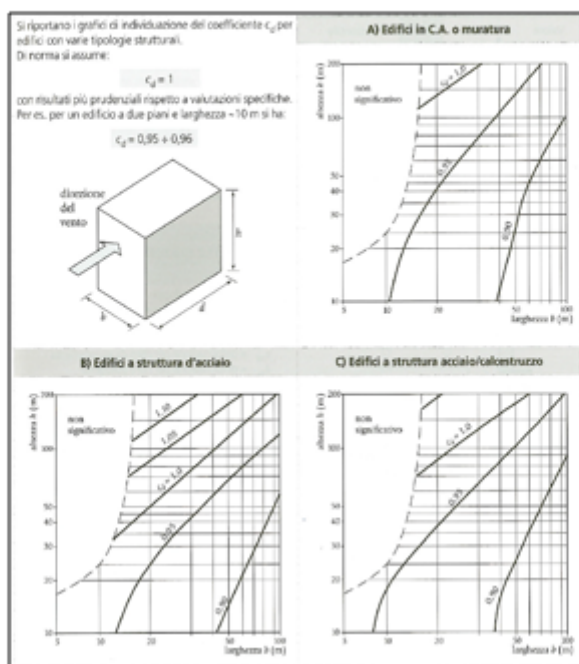
CALCOLO DEI COEFFICIENTI

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	$z = 5.50$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	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 CLFV1200001	REV. A	FOGLIO 27 di 106

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. sott	0.391	1.00	1.00	1.985	0.00	0.00



Nel caso specifico si ha:

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

$$p + q_{3k} = 0.96 + 0.41 = 1.37 \text{ kN/m}^2$$

La pressione sulle superfici orizzontali dovuta al carico del vento è stata ulteriormente incrementata a **p = 1.09 kN/m²** 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 CLFV1200001	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:

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

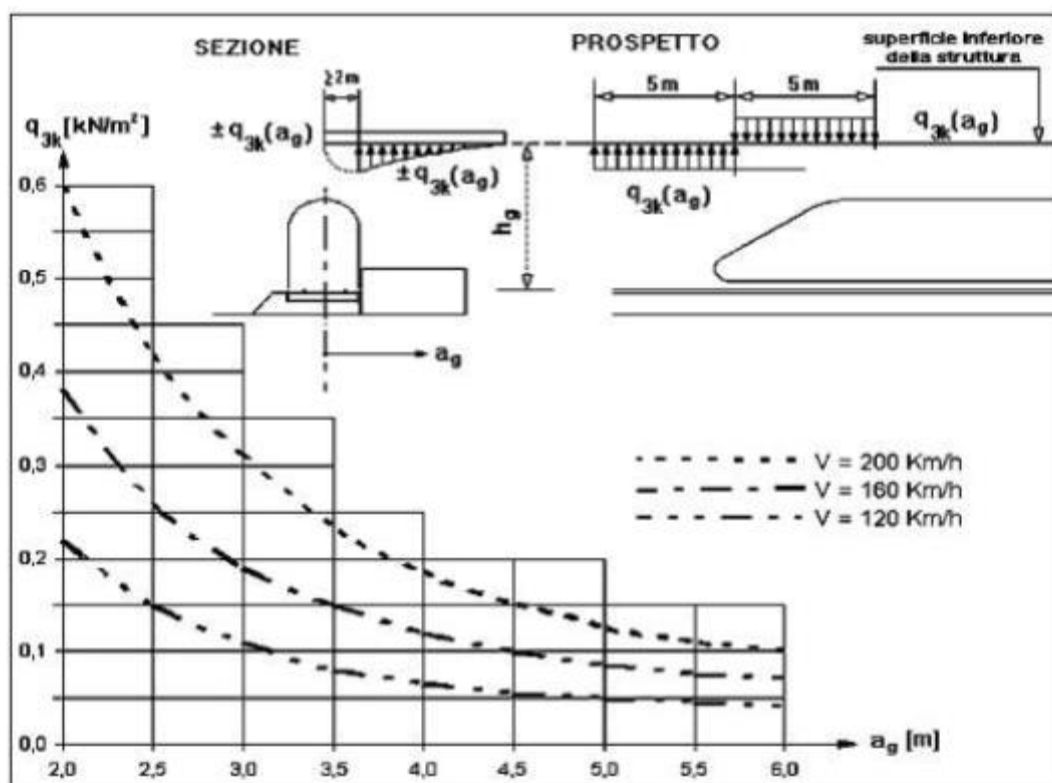
Nello specifico si ha:

$$p_2 = p \times b_{\text{HEB360}} = 1.09 \times 0.30 = 0.33 \text{ kN/m}$$

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 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.

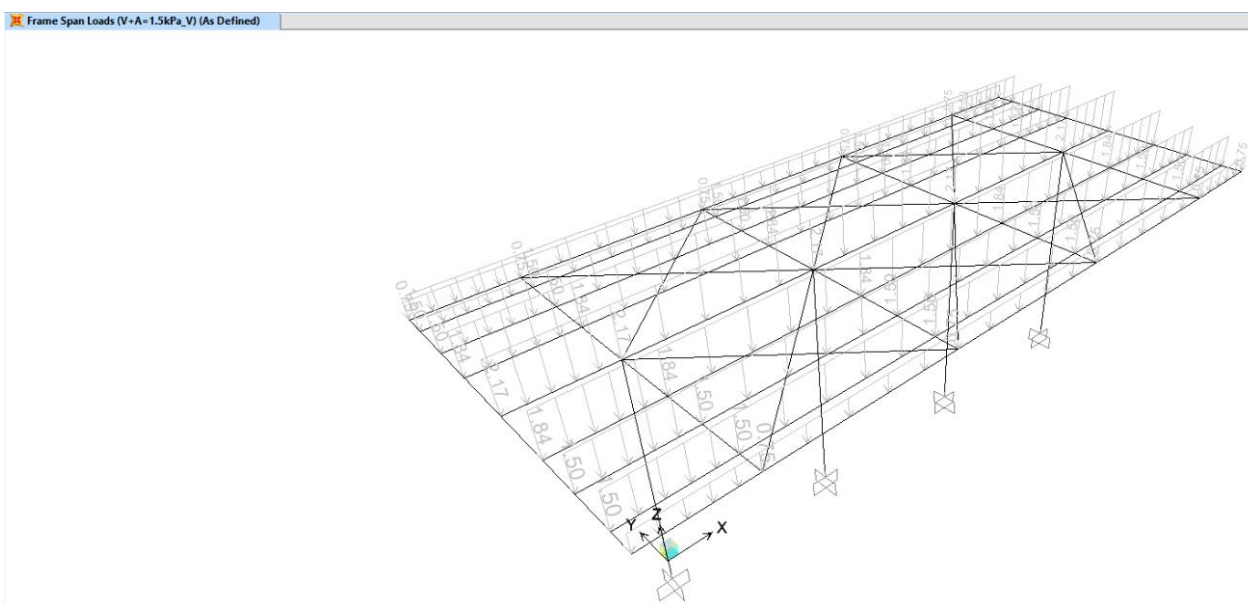
Tali pressioni sono state considerate nel modello come carichi lineari applicati ai telai, coerentemente con le aree di influenza di ciascun telaio.

Sono state considerate differenti distribuzioni di pressione aerodinamica sugli elementi strutturali, ciascuna corrispondente ad una particolare configurazione del traffico ferroviario ai lati della pensilina.

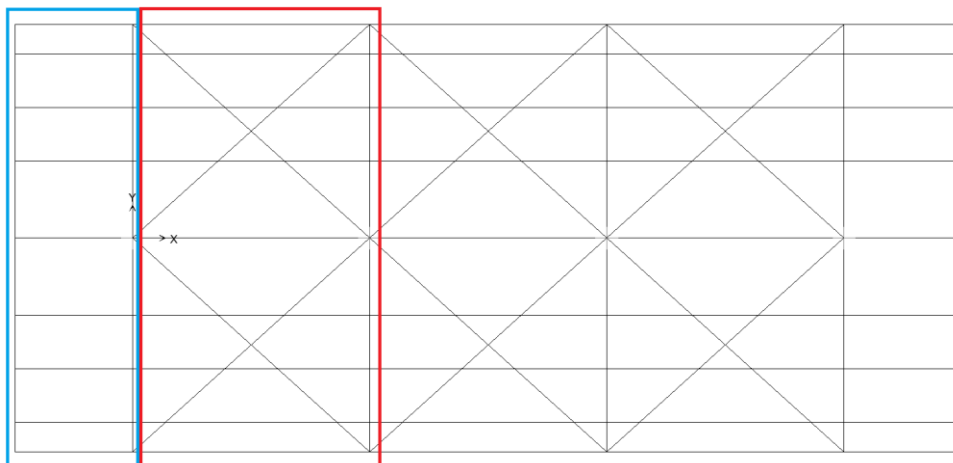
Nello specifico, sono stati individuati n° 2 casi (depressione, pressione):

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

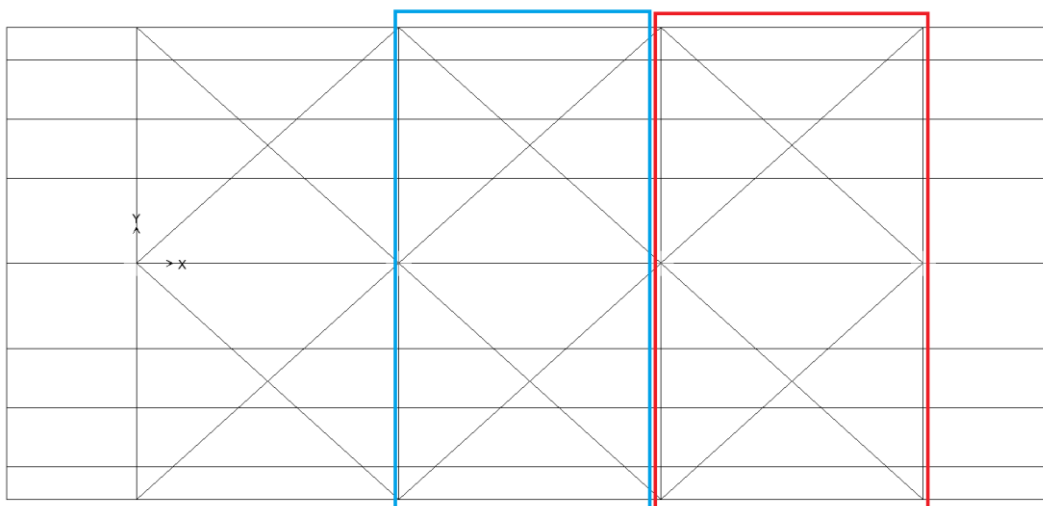
- Condizione di carico 1: ($V+A=1.5kPa$) – Pressione applicata lungo tutto lo sviluppo della pensilina cautelativamente.



- Condizione di carico 1: (EFFETTI AERODINAMICI _1)



- Condizione di carico 2: (EFFETTI AERODINAMICI _2)



	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO- CREMONA- MANTOVA TRATTA PIADENA- MANTOVA					
OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV1200001	REV. A	FOGLIO 32 di 106

NOTA: Per quanto riguarda le pensiline che disposte tra due binari, si fa riferimento al §5.2.2.6.2 del NTC2018

5.2.2.6.2 Superfici orizzontali al di sopra del binario

I valori caratteristici dell'azione $\pm q_{2k}$, relativi a superfici orizzontali al di sopra del binario, sono forniti in Fig. 5.2.9 in funzione della distanza h_g della superficie inferiore della struttura dal PF.

La larghezza d'applicazione del carico per gli elementi strutturali da considerare si estende sino a 10 m da ciascun lato a partire dalla mezzeria del binario.

Per convogli transitanti in due direzioni opposte le azioni saranno sommate. Nel caso di presenza di più binari andranno considerati solo due binari.

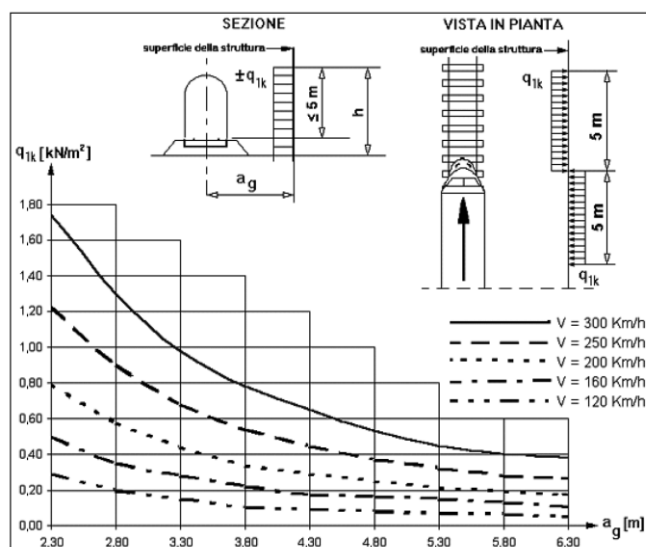
Anche l'azione q_{2k} andrà ridotta del fattore k_1 , in accordo a quanto previsto nel precedente § 5.2.2.6.1.

Le azioni agenti sul bordo di elementi nastriformi che attraversano i binari, come ad esempio le passerelle, possono essere ridotte con un fattore pari a 0,75 per una larghezza fino a 1,50 m.

Nel caso specifico, i valori dei carichi delle condizioni effetti aerodinamici_1/2 sono stati raddoppiati

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 verrà essere incrementata del fattore k_2 .

Complessivamente si ottiene quindi:

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO- CREMONA- MANTOVA TRATTA PIADENA- MANTOVA					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV1200001	REV. A

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:

$$q_1'' = q_1 \times b_{\text{HEB}} = 0.95 \times 0.3 = 0.29 \text{ kN/m}$$

	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 CLFV1200001	REV. A	FOGLIO 35 di 106

6.4.8 Carichi di pali TE (Tensione Elettrica)

I carichi sono stati ubicati a testa del pilastro maggiormente sollecitato, della tipologia a due colonne, in quanto presenta le caratteristiche geometriche più sfavorevoli (luce di circa 10m). Elab. di rif NM2503D44CLFV1200002A.

6.4.8.1 Rottura della catenaria

I carichi sono stati ubicati a testa del pilastro maggiormente sollecitato, della tipologia a due colonne, in quanto presenta le caratteristiche geometriche più sfavorevoli (luce di circa 10m). Elab. di rif NM2503D44CLFV1200002A.

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_s	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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

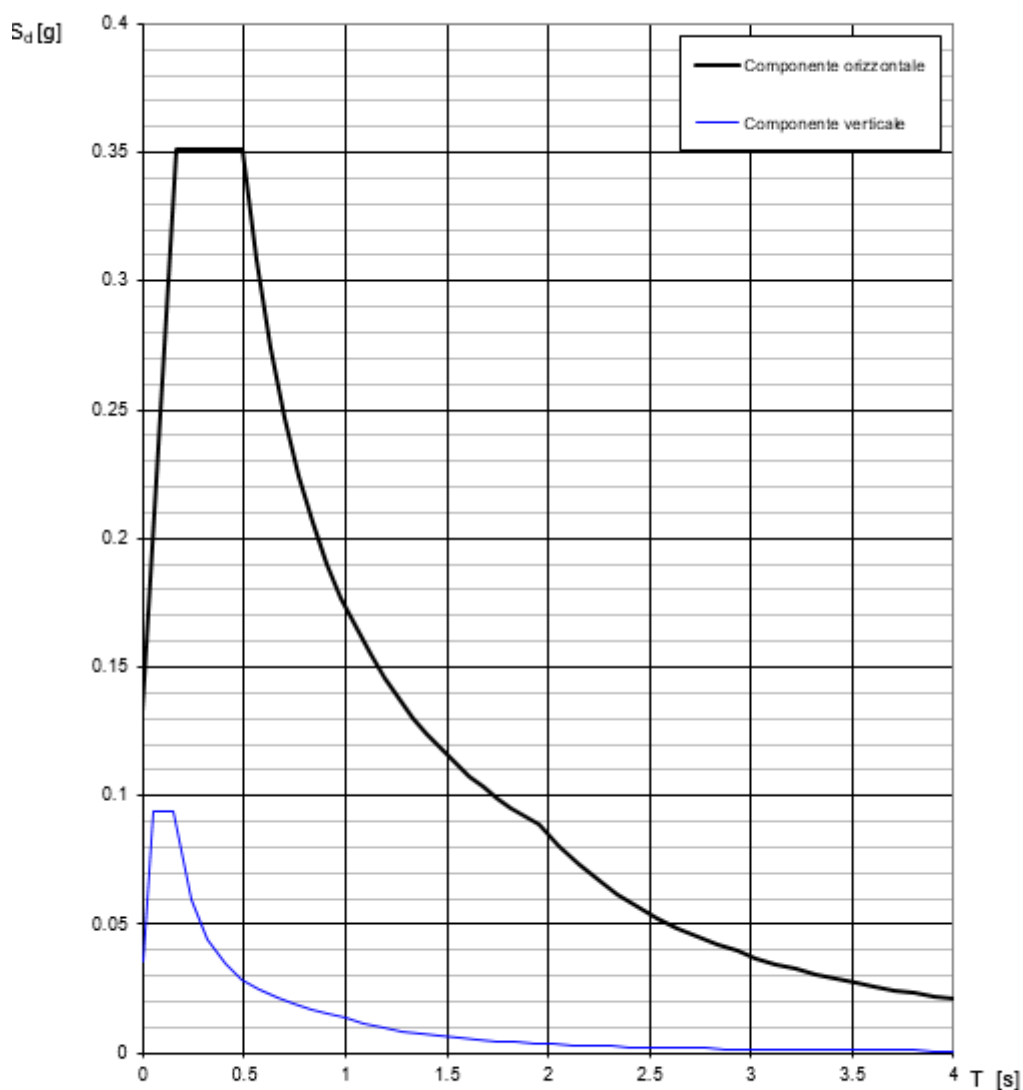
$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T} \right)$$

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

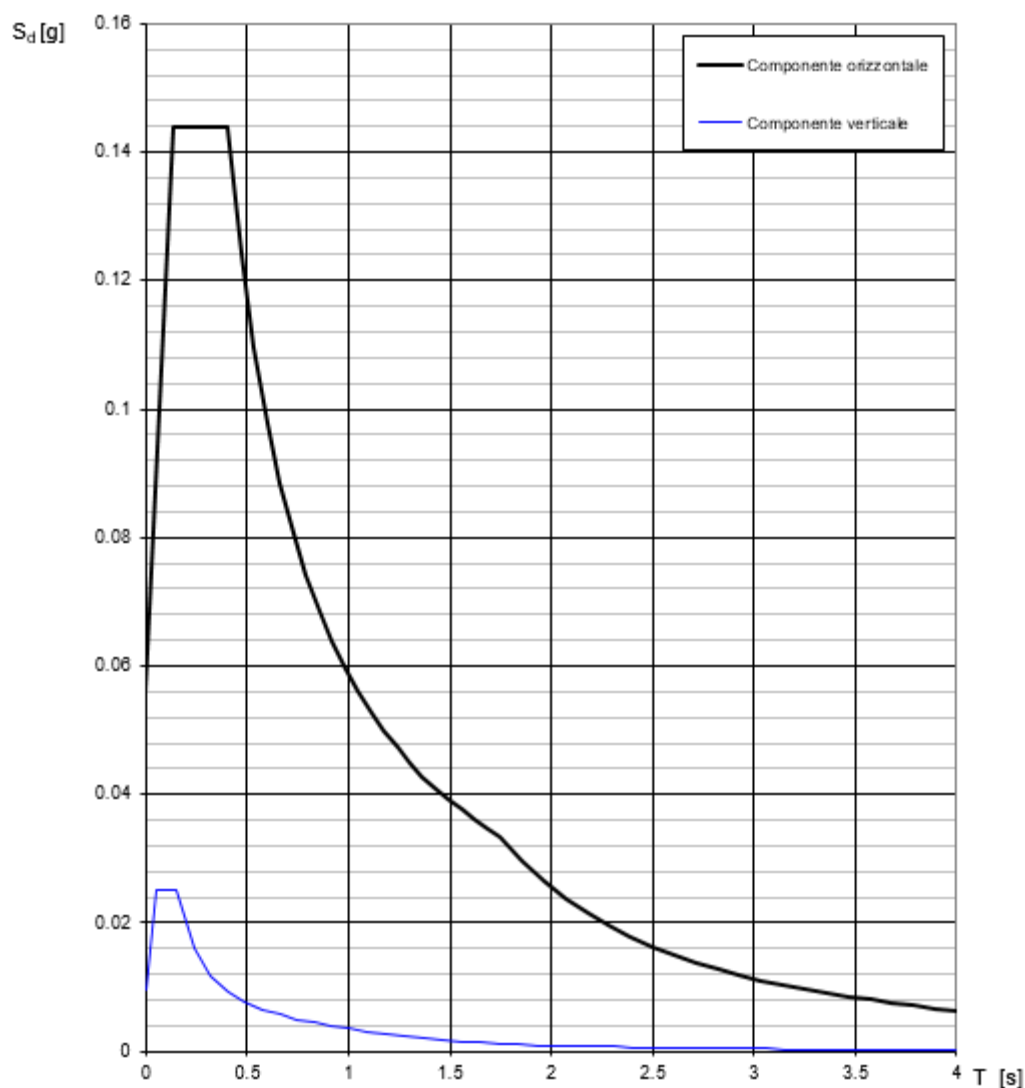
	T [s]	Se [g]
	0.000	0.133
T_B	0.164	0.352
T_C	0.493	0.352
	0.563	0.308
	0.632	0.274
	0.702	0.247
	0.771	0.225
	0.841	0.206
	0.911	0.190
	0.980	0.177
	1.050	0.165
	1.119	0.155
	1.189	0.146
	1.258	0.138
	1.328	0.131
	1.398	0.124
	1.467	0.118
	1.537	0.113
	1.606	0.108
	1.676	0.103
	1.746	0.099
	1.815	0.096
	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.

 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 CLFV1200001	REV. A

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 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	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 SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Tab. 2.5.I - Valori dei coefficienti di combinazione

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

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

Nello specifico si ha:

Gruppo	Tipo	γ	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Carichi permanenti strutturali	Permanente	1.35/1.00	1	1	1
Carichi permanenti non-strutturali	Permanente	1.5/0.8*	1	1	1
Temperatura	Variabile	1.5	0.6	0.5	0.5
Neve (<1000mslm)	Variabile	1.5	0.5	0.2	0
Vento	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
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
EFFETTI_AERODINAMICI_1	LinStatic
EFFETTI_AERODINAMICI_2	LinStatic
NEVE	LinStatic
VENTO	LinStatic
SLV_U1	LinRespSpec
SLV_U2	LinRespSpec
SLV_U3	LinRespSpec
SLO_U1	LinRespSpec
SLO_U2	LinRespSpec
SLO_U3	LinRespSpec
TEMPERATURA	LinStatic

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

Vento 1 = Vento X + Vento V

Vento 2 = Vento Y + Vento V

Vento 3 = Vento X - Vento V

Vento 4 = Vento Y - Vento V

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

		Peso_Proprio	Copertura	Neve	Vento_1	Vento_2	Vento_3	Vento_4	Effetti_Aerodinamici_1	Effetti_Aerodinamici_2	Carichi_variabili	Temperatura	Vento+Aero=1.5kPa_1	Vento+Aero=1.5kPa_2	Vento+Aero=1.5kPa_3	Vento+Aero=1.5kPa_4
SLU_01	γ	1.35	1.5	1.5	1.5							1.5				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6				
SLU_02	γ	1.35	1.5	1.5	1.5							-1.5				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6				
SLU_03	γ	1.35	1.5	1.5	1.5							1.5				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6				
SLU_04	γ	1.35	1.5	1.5	1.5							-1.5				
	ψ	1	1	1	0.6							0.6				
SLU_05	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6				
SLU_06	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			-1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6				
SLU_07	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6				
SLU_08	γ	1.35	1.5	1.5	1.5				1.45			-1.5				
	ψ	1	1	1	0.6				0.8			0.6				
SLU_09	γ	1.35	1.5	1.5	1.5					1.45		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6					0.8		0.6				
SLU_10	γ	1.35	1.5	1.5	1.5					1.45		-1.5				
	ψ	1	1	1	0.6					0.8		0.6				
SLU_11	γ	1.35	1.5	1.5	1.5					1.45		1.5				
	ψ	1	1	1	0.6					0.8		0.6				
SLU_12	γ	1.35	1.5	1.5	1.5					1.45		-1.5				
	ψ	1	1	1	0.6					0.8		0.6				
SLU_13	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						1.5				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6				
SLU_14	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						-1.5				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6				
SLU_15	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						1.5				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6				
SLU_16	γ	1.35	1.5	1.5		1.5						-1.5				
	ψ	1	1	1		0.6						0.6				
SLU_17	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6				
SLU_18	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			-1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6				
SLU_19	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6				
SLU_20	γ	1.35	1.5	1.5		1.5			1.45			-1.5				
	ψ	1	1	1		0.6			0.8			0.6				
SLU_21	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.45		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6				0.8		0.6				
SLU_22	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.45		-1.5				
	ψ	1	1	1		0.6				0.8		0.6				
SLU_23	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.45		1.5				
	ψ	1	1	1		0.6				0.8		0.6				
SLU_24	γ	1.35	1.5	1.5		1.5				1.45		-1.5				
	ψ	1	1	1		0.6				0.8		0.6				
SLU_25	γ	1.35	1.5		1.5						1.5	1.5				
	ψ	1	1	0.5	0.6						1	0.6				

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

NM25

03

D 44

CLFV1200001

A

44 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200001	A	45 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200001	A	46 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NM25 03 D 44 CLFV120001 A 49 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200001	A	50 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

SLE_R_26	Y	1	1	1	1					1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_27	Y	1	1	1	1					1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_28	Y	1	1	1	1					1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_29	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_30	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_31	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_32	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_33	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_34	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_35	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_36	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_37	Y	1	1	1		1				1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_38	Y	1	1	1	1					1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_39	Y	1	1	1	1					1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_40	Y	1	1	1	1					1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_41	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_42	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_43	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_44	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_45	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_46	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_47	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_48	Y	1	1	1	1		1			1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_49	Y	1	1	1	1					1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_50	Y	1	1	1	1					-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_51	Y	1	1	1	1					1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_52	Y	1	1	1	1					-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6					1	0.6
SLE_R_53	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_54	Y	1	1	1	1		1			-1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6
SLE_R_55	Y	1	1	1	1		1			1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6		0.8			1	0.6

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200001	A	51 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200001	A	53 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

SLE_R_114	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	1	0.8	0.6
SLE_R_115	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	1	0.8	0.6
SLE_R_116	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	1	0.8	0.6
SLE_R_117	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	1	0.8	0.6
SLE_R_118	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	1	0.8	0.6
SLE_R_119	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	1	0.8	0.6
SLE_R_120	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	1	0.8	0.6
SLE_R_121	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_122	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_123	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_124	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_125	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_126	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_127	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_128	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_129	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_130	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_131	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_132	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_133	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_134	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_135	Y	1	1	1	1	1	1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_136	Y	1	1	1	1	1	-1
	ψ	1	1	0.5	0.6	1	0.6
SLE_R_137	Y	1	1		1		1
	ψ	1	1		1		0.6
SLE_R_138	Y	1	1		1		-1
	ψ	1	1		1		0.6
SLE_R_139	Y	1	1		1	1	1
	ψ	1	1		1	0.8	0.6
SLE_R_140	Y	1	1		1	1	-1
	ψ	1	1		1	0.8	0.6
SLE_R_141	Y	1	1		1	1	1
	ψ	1	1		1	0.8	0.6
SLE_R_142	Y	1	1		1	1	-1
	ψ	1	1		1	0.8	0.6

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	0.657953	0	0.000002162	0	0	0.000002162	0	0.000004568	0	0.3122	0.000004568	0	0.3122
MODAL	Mode	2	0.567814	0	0.6517	1.503E-19	0	0.65171	1.545E-19	0.96054	1.451E-20	0.3617	0.96054	1.472E-20	0.6739
MODAL	Mode	3	0.540353	0.99826	0	2.427E-08	0.99826	0.65171	2.427E-08	0	0.29212	1.273E-20	0.96054	0.29212	0.6739
MODAL	Mode	4	0.240305	6.495E-18	0.03319	1.125E-18	0.99826	0.6849	2.427E-08	0.00591	4.552E-16	0.02148	0.96646	0.29212	0.69538
MODAL	Mode	5	0.210849	1.655E-20	0.00004109	0	0.99826	0.68494	2.427E-08	0.000004129	1.479E-18	0.11342	0.96646	0.29212	0.8088
MODAL	Mode	6	0.173432	4.103E-20	0.29516	1.016E-17	0.99826	0.9801	2.427E-08	0.03055	7.762E-19	0.16592	0.99701	0.29212	0.97472
MODAL	Mode	7	0.148201	0	0.00003231	2.15E-18	0.99826	0.98013	2.427E-08	0.000003386	8.819E-19	0.00959	0.99702	0.29212	0.98431
MODAL	Mode	8	0.145921	0	0.00217	2.597E-18	0.99826	0.9823	2.427E-08	0.00031	1.151E-18	0.00212	0.99732	0.29212	0.98643
MODAL	Mode	9	0.141461	0.00024	2.475E-20	0.00696	0.9985	0.9823	0.00696	0	0.00004349	4.514E-20	0.99732	0.29216	0.98643
MODAL	Mode	10	0.131053	0.00032	4.883E-19	0.11016	0.99882	0.9823	0.11712	4.833E-20	0.18857	2.02E-19	0.99732	0.48074	0.98643
MODAL	Mode	11	0.128373	0.00048	0	0.05163	0.99929	0.9823	0.16876	0	0.022	0	0.99732	0.50273	0.98643
MODAL	Mode	12	0.123805	1.067E-20	0.01516	9.527E-18	0.99929	0.99746	0.16876	0.00246	7.096E-19	0.00502	0.99978	0.50273	0.99145
MODAL	Mode	13	0.113044	0	0.00042	2.394E-19	0.99929	0.99787	0.16876	0.00007221	4.934E-19	0.00624	0.99986	0.50273	0.99769
MODAL	Mode	14	0.104405	3.146E-08	1.467E-19	0.44699	0.99929	0.99787	0.61574	0	0.19393	1.492E-19	0.99986	0.69667	0.99769
MODAL	Mode	15	0.094699	0.00002818	6.8E-20	0.00004053	0.99932	0.99787	0.61578	0	0.04187	8.425E-20	0.99986	0.73854	0.99769

TABLE: Modal Load Participation Ratios

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9988	99.9319
MODAL	Acceleration	UY	99.9956	99.7873
MODAL	Acceleration	UZ	97.5026	61.5782

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0.65795; f = 1.51986

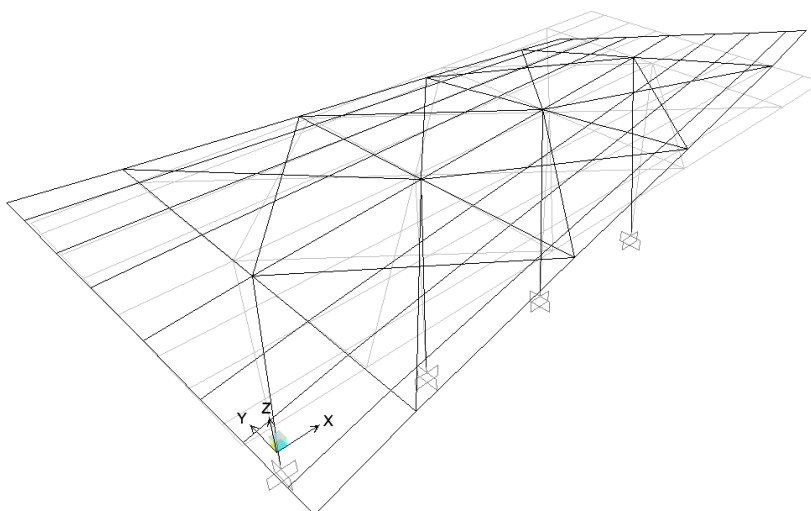
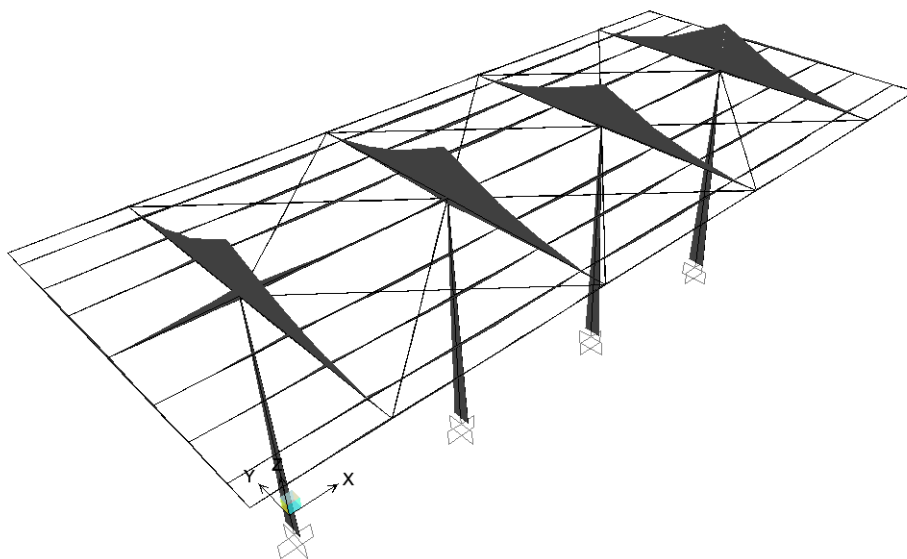


Figura 12 – Deformazione modale (Modo 1, T=0,658 s)

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)

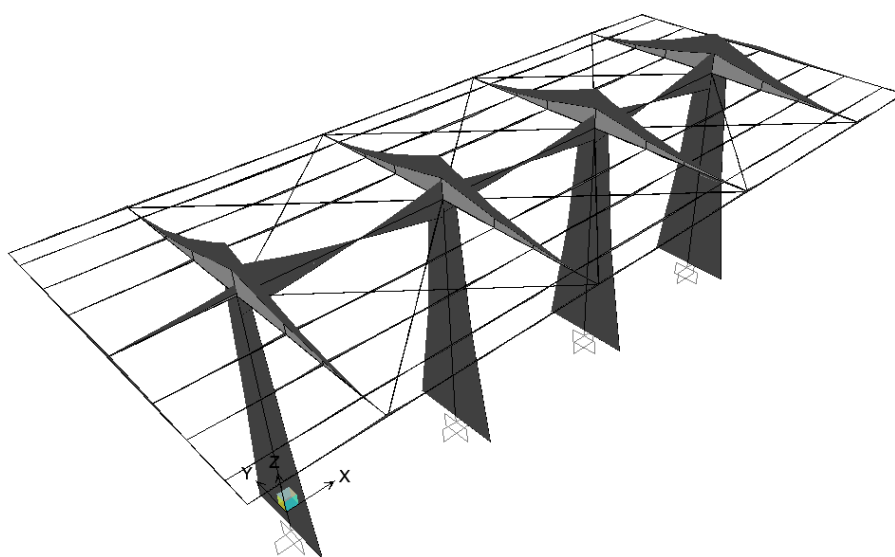
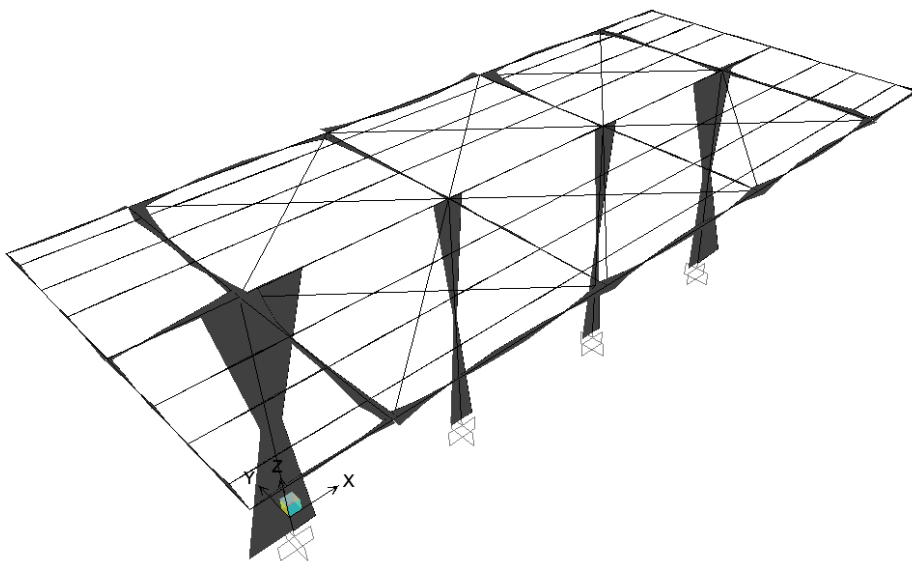


Figura 13 – Momenti flettenti (asse maggiore) da INV_SLU-SLV [kN.m]

Moment 2-2 Diagram (inv_SLU)



Moment 2-2 Diagram (inv_SLV)

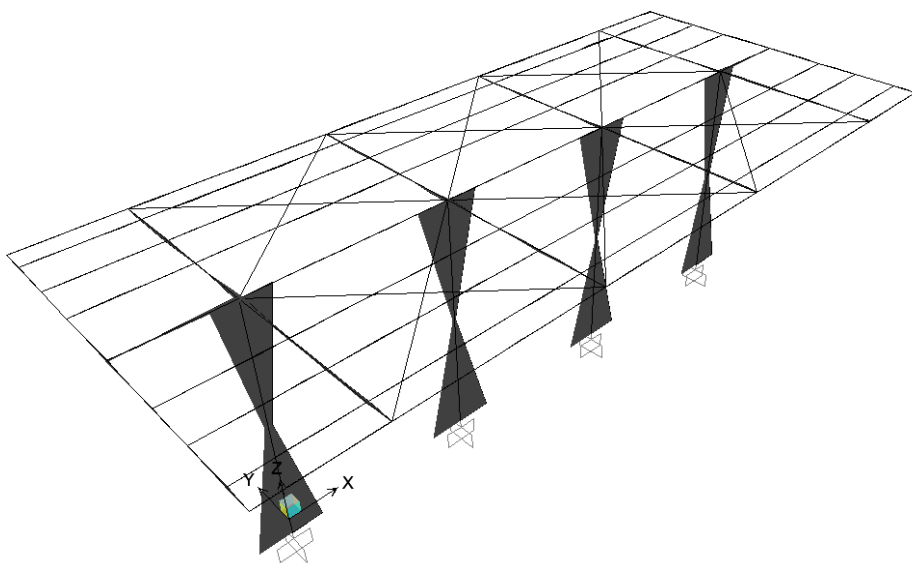
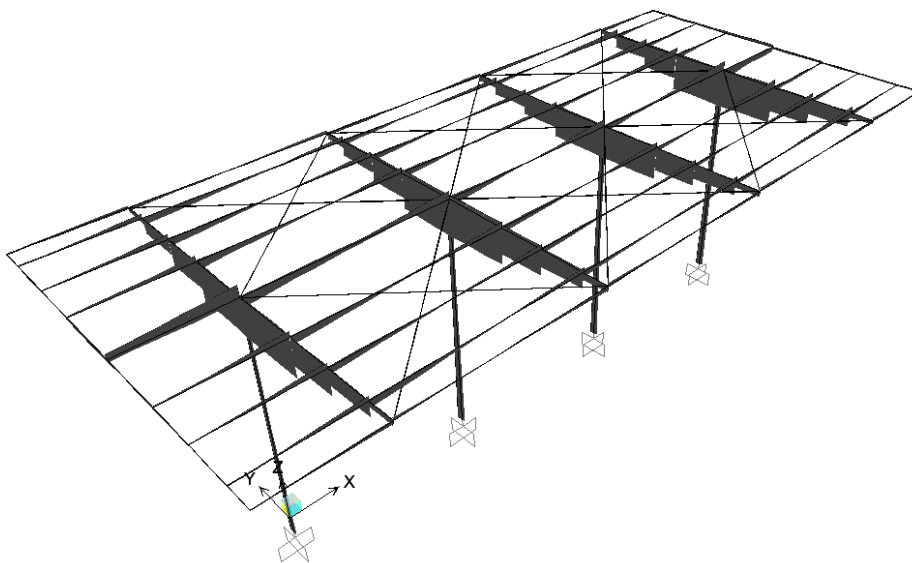


Figura 14 – Momenti flettenti (asse minore) da INV_SLU-SLV [kN.m]

Shear Force 2-2 Diagram (inv_SLU)



Shear Force 2-2 Diagram (inv_SLV)

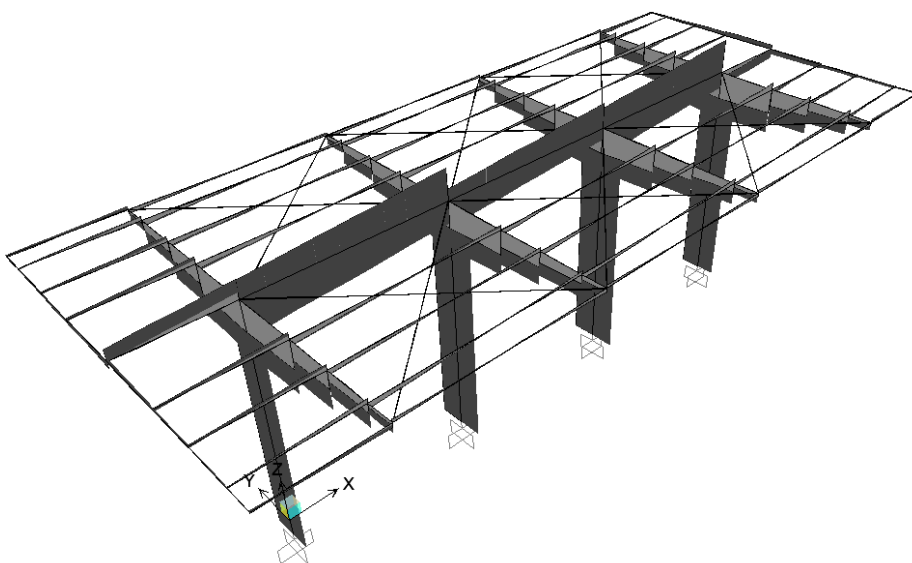
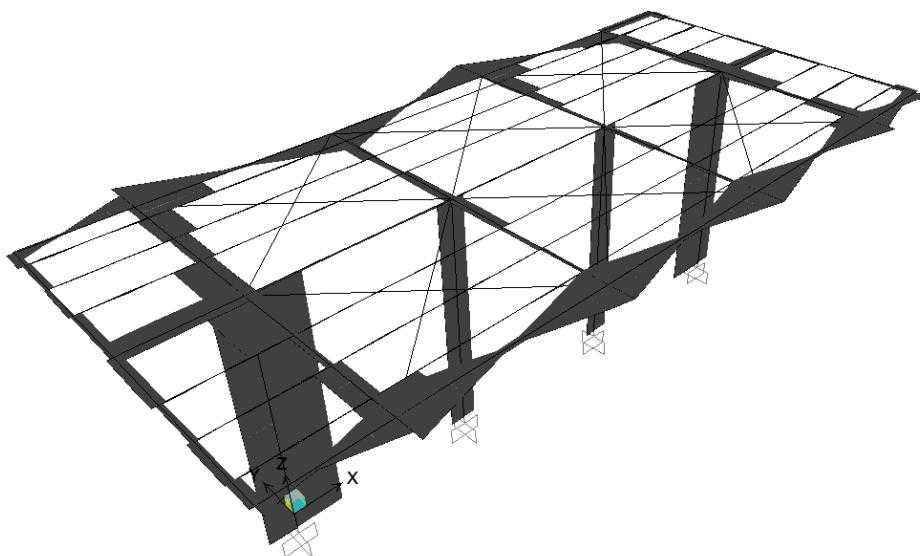


Figura 15 – Taglio (asse maggiore) da INV_SLU-SLV [kN]

Shear Force 3-3 Diagram (inv_SLU)



Shear Force 3-3 Diagram (inv_SLV)

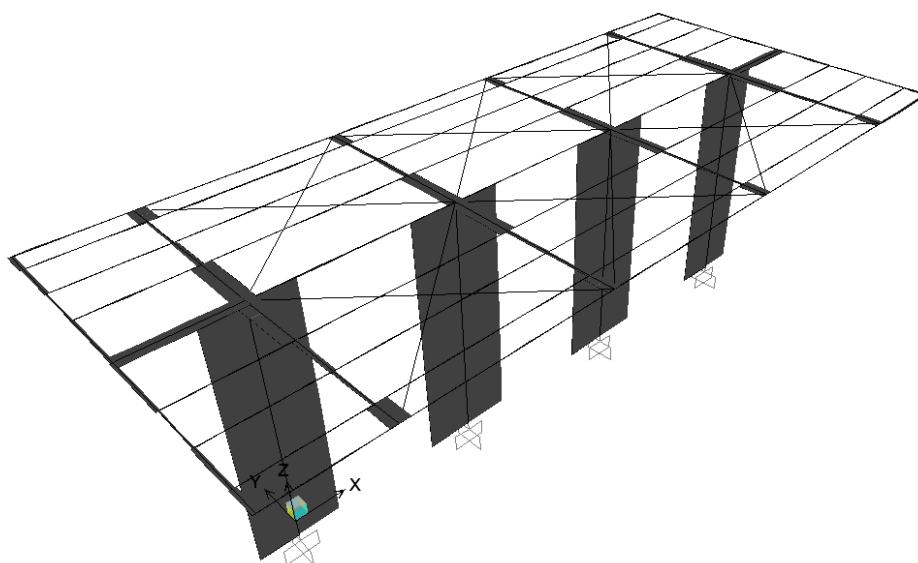
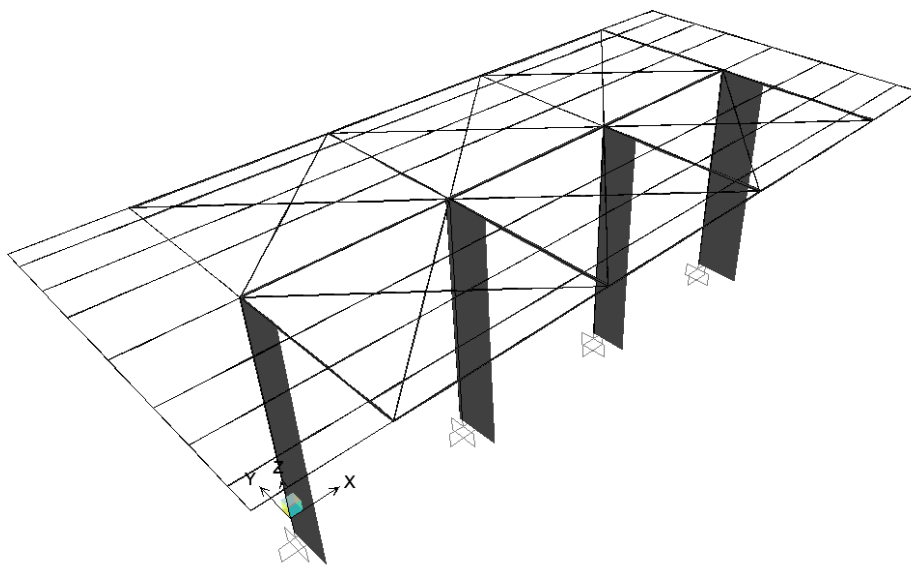


Figura 16 – Taglio (asse minore) da INV_SLU-SLV [kN]

Axial Force Diagram (inv_SLU)



Axial Force Diagram (inv_SLV)

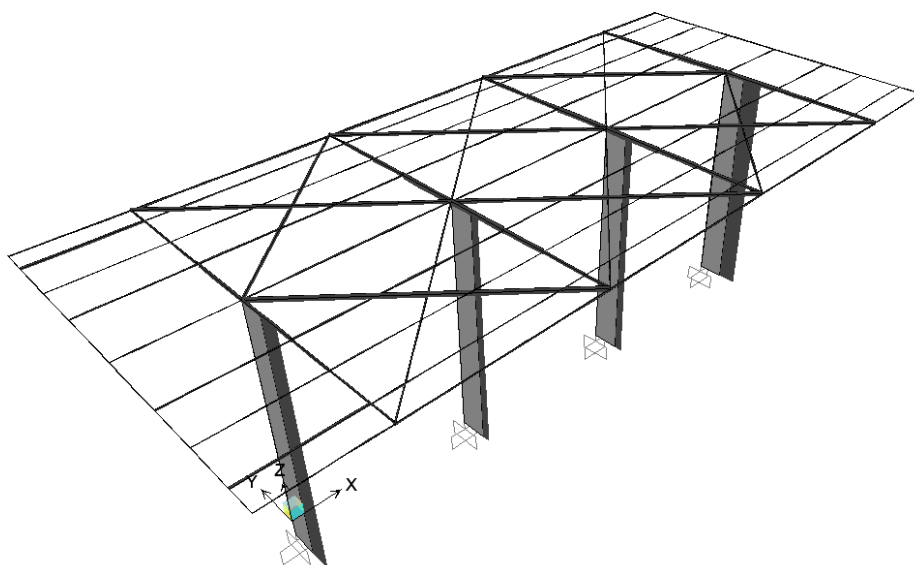


Figura 17 – Sforzi normali da INV_SLU-SLV [kN]

 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 CLFV1200001	REV. A

7.3 Stati Limite di Esercizio (SLE)

Deformed Shape (inv_SLE_R)

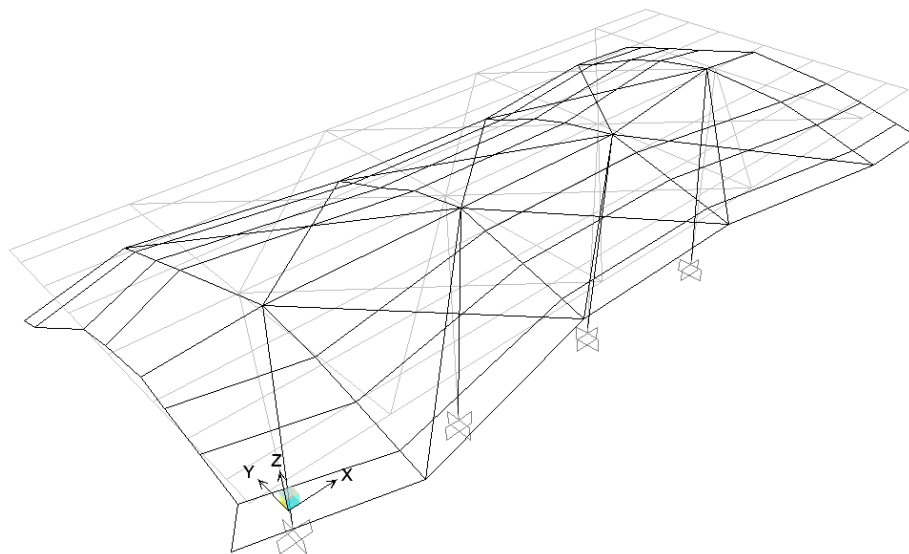


Figura 18 – Deformazioni verticali da INV_SLE_Rara [mm]

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.

 <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>CLFV1200001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

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

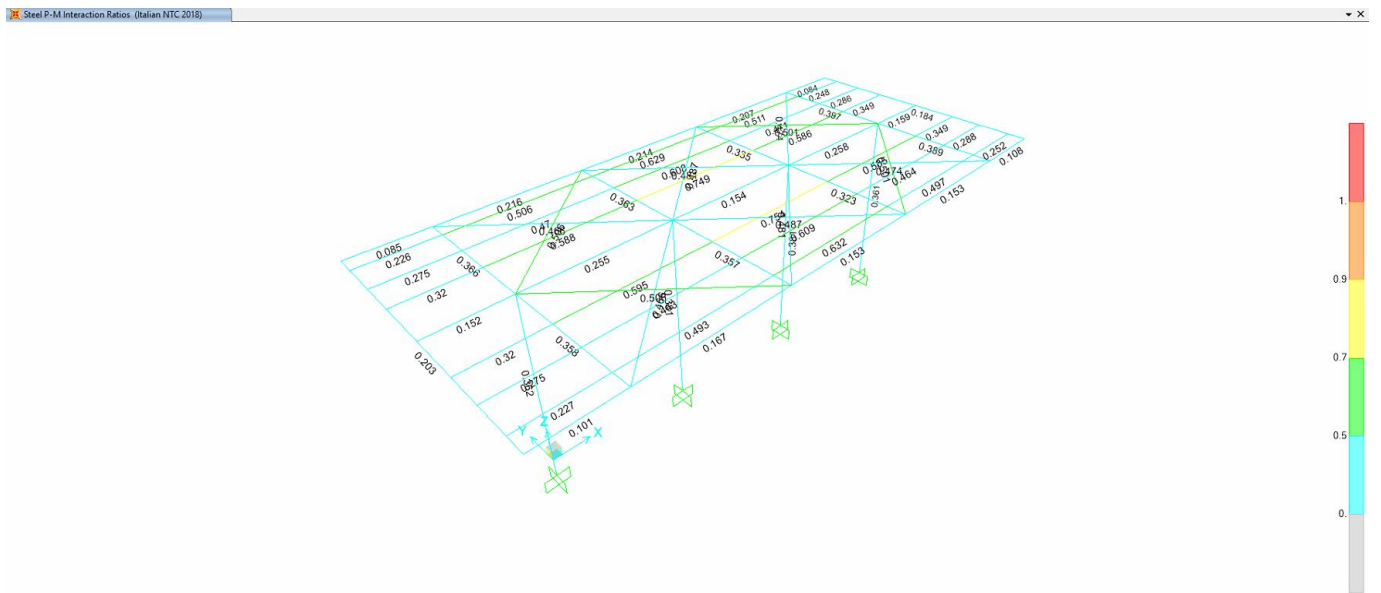
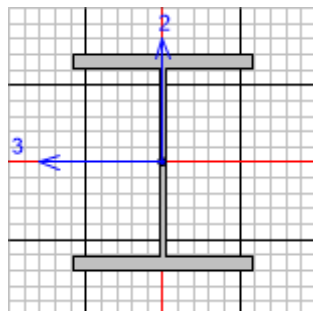


Figura 19 – Tasso di sfruttamento delle membrature

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 : 3	X Mid: 8.9	Combo: SLV_08	Design Type: Column
Length: 5.75	Y Mid: 0.	Shape: HE360B	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 2.475	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.	-82.529	35.626	79.73	5.7	26.16	-1.516E-04

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

D/C Ratio: 0.381 = 0.035 + 0.057 + 0.289 < 1. OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-82.529	4740.476	4740.476

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	4740.476	5603.76	12300.35	12300.35	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	27074.881	0.429	0.631	4335.138
MajorB(y-y)	b	0.34	27074.881	0.429	0.631	4335.138
Minor (z-z)	c	0.49	4274.614	1.079	1.298	2348.83
MinorB(z-z)	c	0.49	12584.067	0.629	0.803	3641.224
Torsional TF	c	0.49	12300.35	0.636	0.809	3620.621

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	35.626	35.626	23.882	26.231
Minor (z-z)	79.73	79.73	76.159	76.873

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	702.69	702.69	702.69	625.217
Minor (z-z)	270.286	270.286	270.286	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.645	0.783	0.89	1.427	1776.235

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.739	0.587	0.997	0.979

SHEAR DESIGN

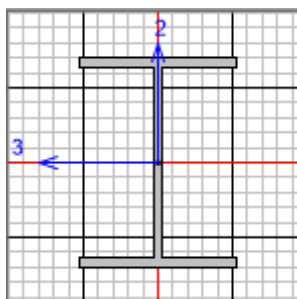
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	5.7	1.516E-04	921.818	0.006	OK
Minor (y)	26.664	1.516E-04	2141.522	0.012	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	921.818	1.	0.309

La verifica ha esito positivo!

9.2 Verifiche delle mensole (H400x300)

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



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

Frame : 16	X Mid: 13.35	Combo: SLU_35	Design Type: Beam
Length: 4.	Y Mid: 2.	Shape: Mensola 4	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.	Z Mid: 5.35	Class: Class 1	Rolled : No

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

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

Aeff=0.016	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.016	Iyy=2.576E-04	iyy=0.127	Wel, yy=0.002	Weff, yy=0.002
It=1.815E-06	Izz=9.007E-05	izz=0.075	Wel, zz=6.005E-04	Weff, zz=6.005E-04
Iw=1.765E-06	Iyz=0.	h=0.3	Wpl, yy=0.002	Av, y=0.012
E=2100000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=9.146E-04	Av, z=0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
4.	2.677	-0.675	3.195	-10.68	-5.837	0.339

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

D/C Ratio: 0.397 = 0. + 0.385 + 0.012 < 1. OK

$$= \frac{NEd}{\chi_z N_{Rk}/\Gamma_{M1}} + \alpha M_{y, Ed+NEd} / \chi_{LT} M_{y, Rk}/\Gamma_{M1} + \alpha M_{z, Ed+NEd} / \chi_z M_{z, Rk}/\Gamma_{M1}$$
(NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd		
Axial	Force	Capacity	Capacity		
	2.677	4164.286	4164.286		
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	4164.286	4922.64	86300.785	86300.785	1.

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	b	0.34	33365.246	0.362	0.593	3918.112
MajorB(y-y)	b	0.34	33365.246	0.362	0.593	3918.112
Minor (z-z)	c	0.49	88792.905	0.222	0.53	4117.816
MinorB(z-z)	c	0.49	88792.905	0.222	0.53	4117.816
Torsional TF	c	0.49	86300.785	0.225	0.531	4111.081

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-0.675	-237.176	-1.861	-77.46
Minor (z-z)	3.195	3.195	8.813	0.571

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	506.393	506.393	506.393	506.393
Minor (z-z)	239.545	239.545	239.545	

LTB	Curve c	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.49	0.166	0.505	1.	1.5	19411.124

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.435	0.524	0.822	0.873

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	10.68	0.339	589.722	0.018	OK
Minor (y)	5.837	0.339	1814.529	0.003	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	589.722	1.	0.212

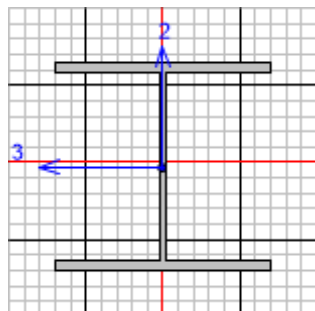
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	93.641	10.707

La verifica ha esito positivo!

9.3 Verifiche delle travi longitudinali HEA260

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 : 31	X Mid: 11.125	Combo: SLV 08	Design Type: Beam
Length: 4.45	Y Mid: 0.	Shape: HE260A	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.45	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=0.009	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.009	Iyy=1.045E-04	iyy=0.11	Wel,yy=8.360E-04	Weff,yy=8.360E-04
It=0.	Izz=3.668E-05	izz=0.065	Wel,zz=2.822E-04	Weff,zz=2.822E-04
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.25	Wpl,yy=9.200E-04	Av,y=0.007
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=4.300E-04	Av,z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4.45	0.336	-58.877	0.113	26.995	-0.034	-0.001

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

D/C Ratio: 0.258 = 0. + 0.257 + 0. < 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
	Force	Capacity	Capacity
Axial	0.336	2273.333	2273.333

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2273.333	2687.328	6019.935	6019.935	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	10937.431	0.467	0.655	0.898	2042.543
MajorB (y-y)	b	0.34	10937.431	0.467	0.655	0.898	2042.543
Minor (z-z)	c	0.49	3839.09	0.789	0.955	0.669	1521.694
MinorB (z-z)	c	0.49	3839.09	0.789	0.955	0.669	1521.694
Torsional TF	c	0.49	6019.935	0.63	0.804	0.768	1745.117

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-58.877	-58.877	-58.877	-58.877
Minor (z-z)	0.113	0.113	0.082	0.088

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	240.952	240.952	240.952	228.777
Minor (z-z)	112.619	112.619	112.619	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.417	0.624	0.949	2.373	1455.117

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.4	0.47	1.	0.784

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	26.995	0.001	434.542	0.062	OK
Minor (y)	0.034	0.001	1057.341	3.178E-05	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	434.542	1.	0.368

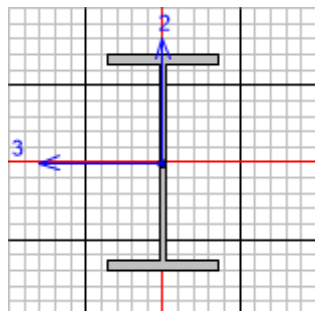
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	23.883	26.995

La verifica ha esito positivo!

9.4 Verifiche degli arcarecci IPE 180

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 : 64	X Mid: 6.675	Combo: SLU 43	Design Type: Beam
Length: 4.45	Y Mid: -1.45	Shape: IPE180	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 4.45	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=1.317E-05	iyy=0.074	Wel, yy=1.463E-04	Weff, yy=1.463E-04
It=0.	Izz=1.010E-06	izz=0.021	Wel, zz=2.220E-05	Weff, zz=2.220E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.18	Wpl, yy=1.660E-04	Av, y=0.002
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl, zz=3.460E-05	Av, z=0.001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med, yy	Med, zz	Ved, z	Ved, y	Ted
4.45	-2.328	0.	0.	11.813	0.	-1.434E-04

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

D/C Ratio: 0.754 = 0.027 + 0.728 + 0. < 1. OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-2.328	625.952	625.952				
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag		
	625.952	739.944	775.692	775.692	1.		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd	
Major (y-y)	a	0.21	1378.43	0.691	0.79	0.852	533.404
MajorB (y-y)	a	0.21	1378.43	0.691	0.79	0.852	533.404
Minor (z-z)	b	0.34	105.711	2.493	3.999	0.14	87.859
MinorB (z-z)	b	0.34	105.711	2.493	3.999	0.14	87.859

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200001	A	70 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

Torsional TF b 0.34 775.692 0.92 1.046 0.648 405.613

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	12.98	0.	9.735
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	43.476	43.476	43.476	17.764
Minor (z-z)	9.062	9.062	9.062	

LTB	Curve b	AlphaLT 0.34	LambdaBarLT 1.35	PhiLT 1.606	ChiLT 0.409	psi 1.136	Mcr 25.065
-----	------------	-----------------	---------------------	----------------	----------------	--------------	---------------

Factors	kyy 0.952	kyz 0.622	kzy 0.996	kzz 1.037
---------	--------------	--------------	--------------	--------------

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	11.813	1.434E-04	169.416	0.07	OK
Minor (y)	0.	1.434E-04	229.961	0.	OK

Reduction	Vpl, Rd 169.416	Eta 1.	LambdabarW 0.382
-----------	--------------------	-----------	---------------------

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left 11.813	VMajor Right 11.813
------------	--------------------------	---------------------------

La verifica ha esito positivo!

9.5 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_S1V)

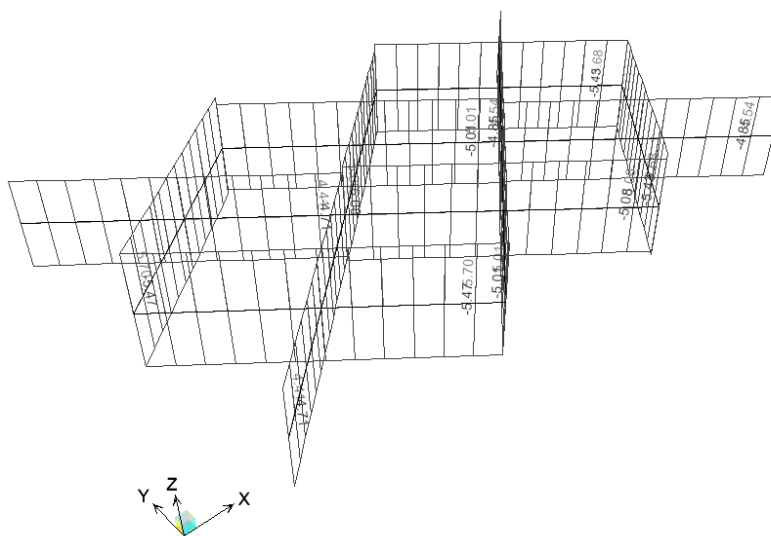
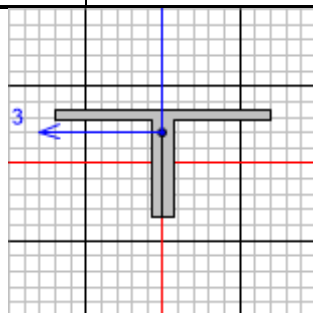


Figura 20 – Sforzi normali da INV-SLV [kN]



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: 36

Sforzo assiale massimo: N=5.70 kN (comb. inv_SLV dal modelo SAP2000)

$N_{Ed} = 2 \times N = 11.40 \text{ kN}$

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

$N_{Ed} < N_{Rd}$

La verifica ha esito positivo!

9.6 Verifiche tabelle output complete

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

Fram	DesignSe	DesignTy	Ratic	RatioTy	Comb
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
64	IPE180	Beam	0.754412	PMM	SLU_41
44	IPE180	Beam	0.748717	PMM	SLU_29
27	IPE180	Beam	0.632394	PMM	SLU_41
9	IPE180	Beam	0.629289	PMM	SLU_41
22	IPE180	Beam	0.60875	PMM	SLU_41
54	IPE180	Beam	0.607752	PMM	SLU_29
63	IPE180	Beam	0.595146	PMM	SLU_41
43	IPE180	Beam	0.587725	PMM	SLU_29
45	IPE180	Beam	0.586245	PMM	SLU_33
65	IPE180	Beam	0.585293	PMM	SLU_45
18	IPE180	Beam	0.511158	PMM	SLU_45
8	IPE180	Beam	0.505755	PMM	SLU_42
33	IPE180	Beam	0.496512	PMM	SLU_45
26	IPE180	Beam	0.49346	PMM	SLU_41
55	IPE180	Beam	0.470993	PMM	SLU_33
53	IPE180	Beam	0.470257	PMM	SLU_29
23	IPE180	Beam	0.46427	PMM	SLU_45
21	IPE180	Beam	0.462974	PMM	SLU_41
16	Mensola 4	Beam	0.396594	PMM	SLU_33
17	Mensola 4m	Beam	0.389403	PMM	SLU_45
3	HE360B	Column	0.380606	PMM	SLV_01
2	HE360B	Column	0.380512	PMM	SLV_01
10	Mensola 4	Beam	0.36598	PMM	SLU_29
12	Mensola 4	Beam	0.363343	PMM	SLU_41
1	HE360B	Column	0.361946	PMM	SLV_01
4	HE360B	Column	0.360904	PMM	SLV_01
11	Mensola 4m	Beam	0.358382	PMM	SLU_41
13	Mensola 4m	Beam	0.356687	PMM	SLU_42
66	IPE180	Beam	0.348821	PMM	SLU_33
46	IPE180	Beam	0.348708	PMM	SLU_45
14	Mensola 4	Beam	0.335302	PMM	SLU_46
15	Mensola 4m	Beam	0.323194	PMM	SLU_42
42	IPE180	Beam	0.320317	PMM	SLU_41
62	IPE180	Beam	0.320279	PMM	SLU_41
24	IPE180	Beam	0.287909	PMM	SLU_33
56	IPE180	Beam	0.28631	PMM	SLU_45
52	IPE180	Beam	0.275309	PMM	SLU_45
20	IPE180	Beam	0.275294	PMM	SLU_33
31	HE260A	Beam	0.258139	PMM	SLV_01
29	HE260A	Beam	0.254741	PMM	SLV_01
34	IPE180	Beam	0.252191	PMM	SLU_33
19	IPE180	Beam	0.248289	PMM	SLU_45
25	IPE180	Beam	0.227082	PMM	SLU_25
7	IPE180	Beam	0.226394	PMM	SLU_37
76	UPN240	Beam	0.215952	PMM	SLU_130

80	UPN240	Beam	0.214096	PMM	SLU_133
84	UPN240	Beam	0.207143	PMM	SLU_133
41	UPN240	Beam	0.203029	PMM	SLU_46
6	UPN240	Beam	0.183644	PMM	SLU_26
79	UPN240	Beam	0.167255	PMM	SLU_102
32	HE260A	Beam	0.158503	PMM	SLU_98
30	HE260A	Beam	0.154312	PMM	SLV_01
83	UPN240	Beam	0.153375	PMM	SLU_113
87	UPN240	Beam	0.15321	PMM	SLU_113
28	HE260A	Beam	0.151713	PMM	SLU_34
91	UPN240	Beam	0.107576	PMM	SLU_101
75	UPN240	Beam	0.100944	PMM	SLU_97
72	UPN240	Beam	0.085372	PMM	SLU_146
88	UPN240	Beam	0.08411	PMM	SLU_65

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 13.8mm e 4.0mm:

Deformed Shape (inv_SLE_R)

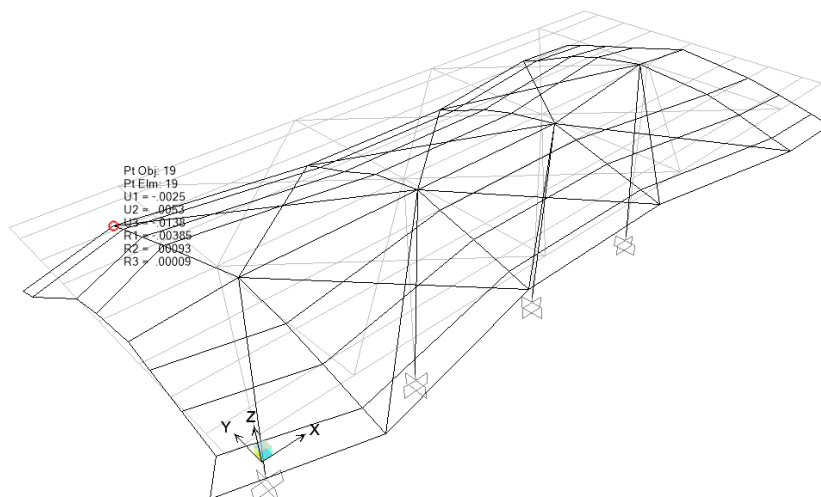


Figura 21 – Spostamenti massimi attesi

Deformed Shape (PP)

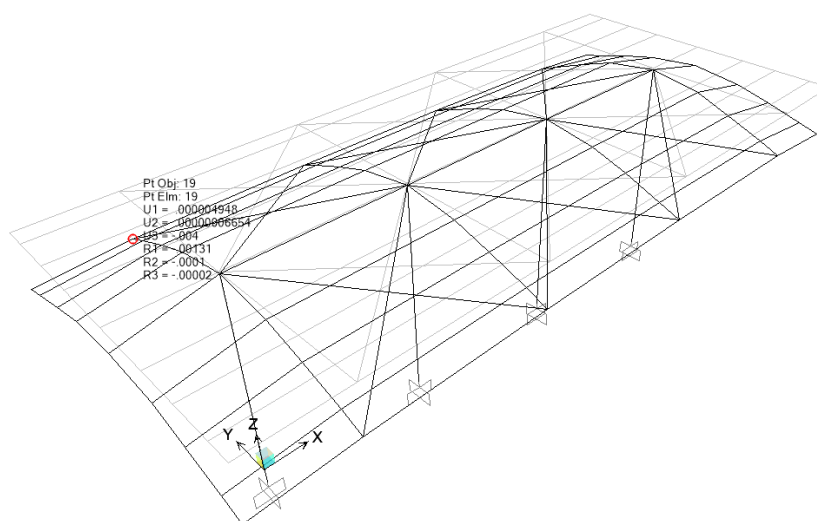


Figura 22 – Spostamenti massimi dai carichi permanenti

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

- spostamento elastico dovuto alla combinazione SLE:

$$\delta_{\max} = 13.8 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti:

$$\delta_1 = 4.0 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi variabili:

$$\delta_2 = 13.8 - 4.0 = 9.8 \text{ mm}$$

- spostamento massimo nello stato finale $\delta_{\max} = 13.8 \text{ mm}$

La deformabilità degli elementi della copertura è pertanto:

$$L / \delta_2 = 2 \times 3950 / 9.8 = 806$$

$$L / \delta_{\max} = 2 \times 3950 / 13.8 = 572$$

$$L / 806 \leq L / 250$$

$$L / 572 \leq L / 200$$

lunghezza dello sbalzo = 3.95m

Si ha dunque: $L = 2 \times 3.95 = 7.9\text{m}$

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	HEA 260- travi longitudinali- mezzeria	2.2	1.9	0.3	4450	22.3	17.8	OK
2	HEA 260- travi longitudinali- mensola	4.3	2.4	1.9	4400	22.0	17.6	OK
3	H400x300- travi trasversali- mensola	13.8	9.8	4	7900	39.5	31.6	OK
4	IPE180- arcarecci- mensola	12.9	8.9	4	4400	22.0	17.6	OK
5	IPE180- arcarecci- mezzeria	17.4	11.8	5.6	4450	22.3	17.8	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_161, sono pari a 4.6 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
Vento+Aero=1.5kPa_1	Combination	1.

Deformed Shape (SLE_R_161)

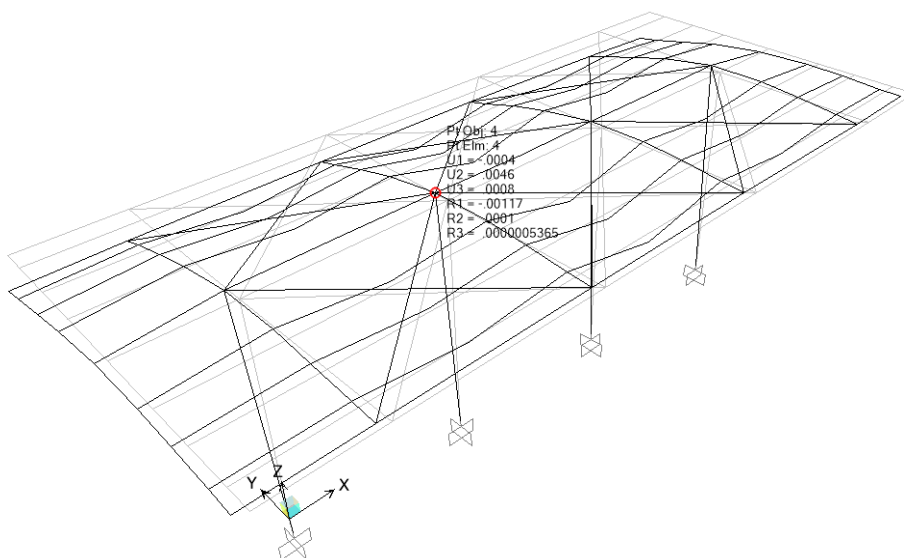


Figura 23 – Spostamenti massimi Y per il SLE_161

Gli spostamenti laterali massimi in testa ai pilastri, in direzione X in copertura, dovuti a forze orizzontali, risultanti dalla combinazione SLE53, sono pari a 2.2 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
Temperatura	Linear Static	1.
Peso_Proprio	Linear Static	1.
Copertura	Linear Static	1.
Neve	Linear Static	0.5
Vento_1	Combination	0.6
Effetti_Aerodinamici_1	Linear Static	0.8
Temperatura	Linear Static	1.

Deformed Shape (SLE_R_53)

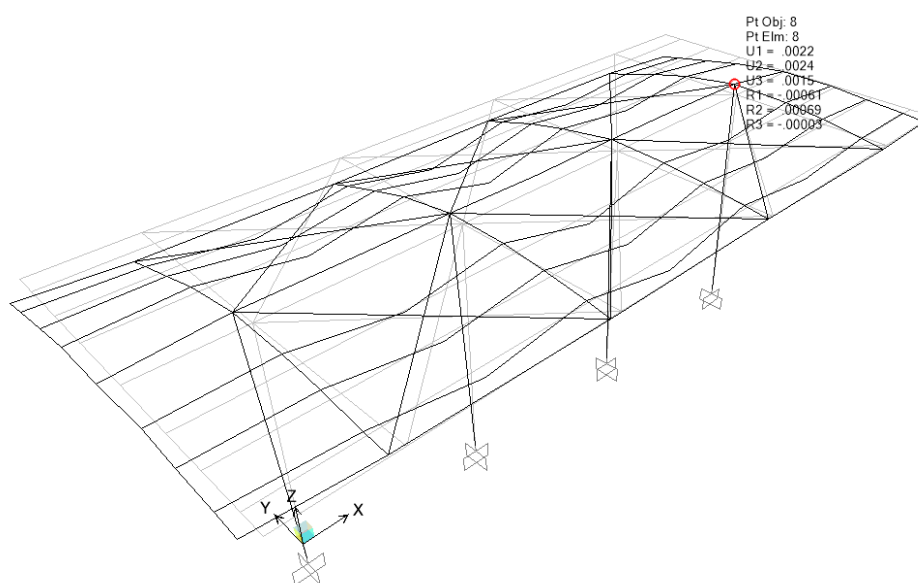


Figura 24 – Spostamenti massimi X per il SLE_53

	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 CLFV1200001	REV. A	FOGLIO 78 di 106

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

spostamento laterale dovuto ai carichi variabili $\delta=4.6$ mm

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

$$\delta=4.6 \text{ mm} \leq 5750/300=19.2 \text{ mm}$$

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 5.2 mm.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

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

Deformed Shape (SLO_09)

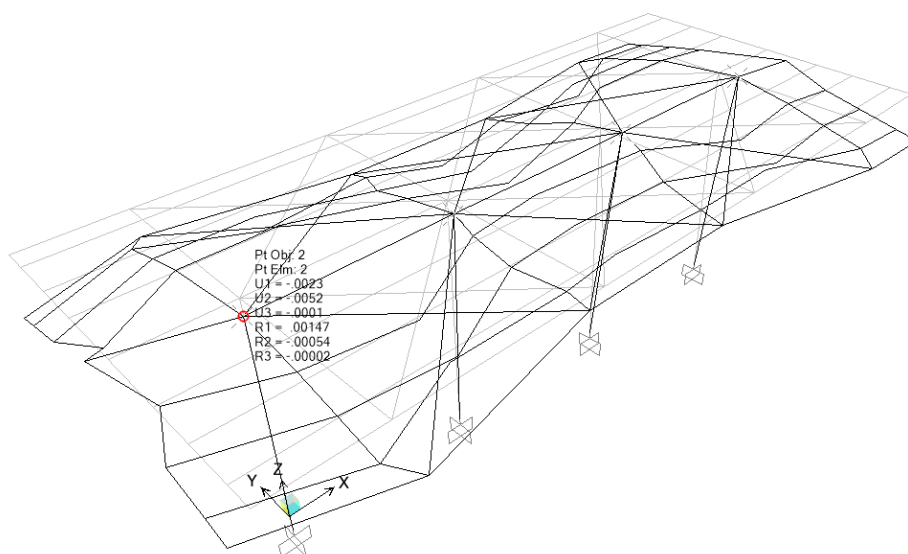


Figura 25 – Spostamenti massimi Y per il SLO_9

Gli spostamenti laterali in testa ai pilastri, in direzione X, risultanti dalle combinazioni il SLO_1, sono pari a 7.8 mm.

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

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

Deformed Shape (SLO_01)

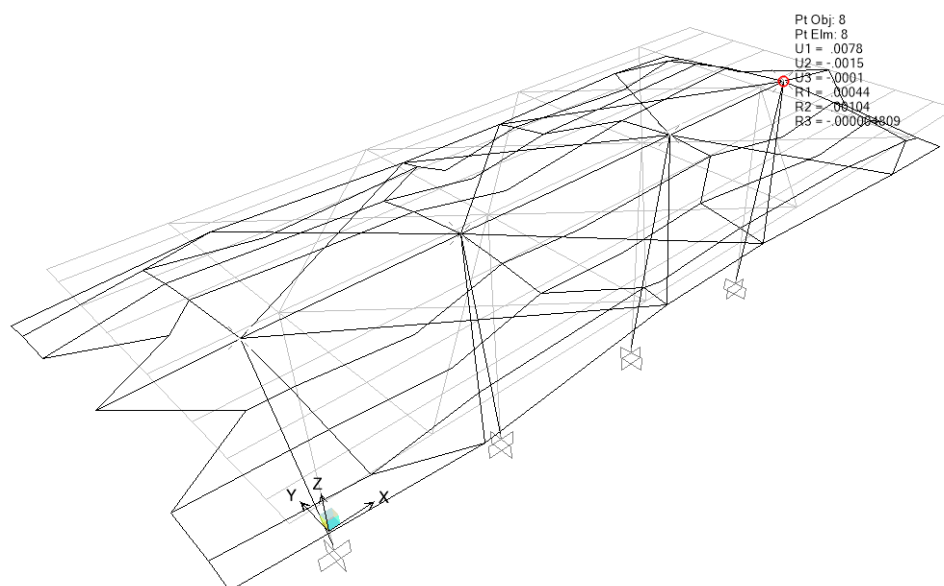


Figura 26 – Spostamenti massimi X per il SLO_1

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA CODOGNO- CREMONA- MANTOVA TRATTA PIADENA- MANTOVA					
OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NM25	LOTTO 03	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV1200001	REV. A	FOGLIO 81 di 106

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

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

$$dr = 7.8 \text{ mm} < 0.005 \times 2/3 \times 5750 = 19.2 \text{ mm}$$

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_162, che include le seguenti condizioni di carico:

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): SLE_R_162
Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

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

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
Vento+Aero=1.5kPa_1	Combination	1.
Peso_Proprio	Linear Static	1.
Copertura	Linear Static	1.
Neve	Linear Static	0.5
Temperatura	Linear Static	-0.6
Vento+Aero=1.5kPa_1	Combination	1.

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

La combinazione buckling è stata determinata nel modo seguente:

Load Case Data - Buckling

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

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

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

Loads Applied

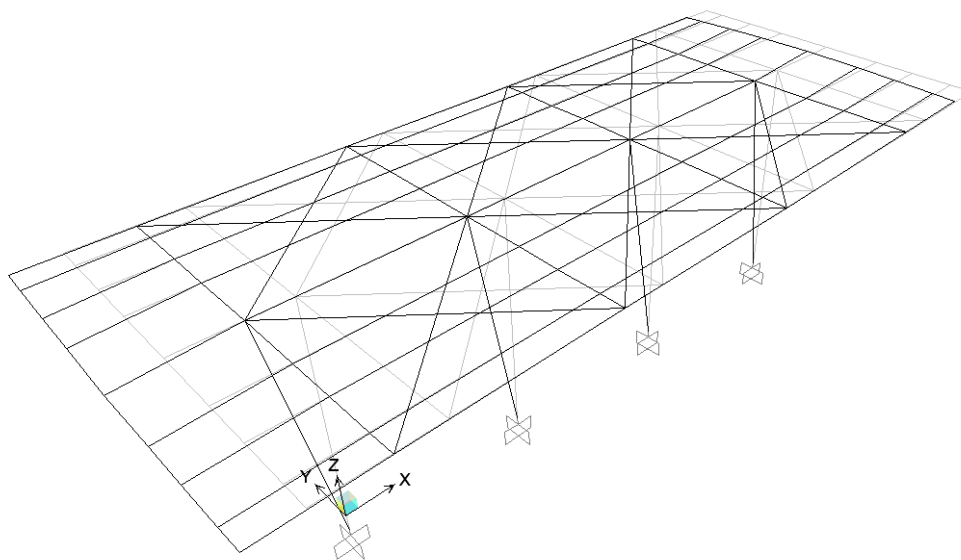
Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Peso_Proprio	1.
Load Pattern	Copertura	1.
Load Pattern	Neve	0.5
Load Pattern	V+A=1.5kPa_H	-1.
Load Pattern	V+A=1.5kPa_V	1.
Load Pattern	Temperatura	-0.6

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

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 35.39802



Dalla figura si evince, che $\alpha_{cr} = 35 > 10$.

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

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

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:

$h = 5.75\text{m}$ – l'altezza del piano in esame

$d_{Er} = 0.016\text{m}$ – spostamento orizzontale del piano agli SLV

int Displacements								
OutputCa	CaseType	StepTy	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
SLV_09	Combination	Max	0.006935	0.015956	-0.000113	0.00462	0.00032	0.000126

$P = 344 \text{ kN}$ è il carico verticale totale

$V = 70 \text{ kN}$ 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	5.65	16.06	94.69
3	SLV_09	Combination	Max	8.16	19.02	77.53
5	SLV_09	Combination	Max	7.68	19.00	77.54
7	SLV_09	Combination	Max	8.12	16.07	94.69
					V	P
					70.16	344.45

Si ha, dunque:

$\theta = 344 \times 0.016 / 70 \times 5.75 = 0.014 < 0.1$ – 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 25.4 mm.

Deformed Shape (inv_SLV)

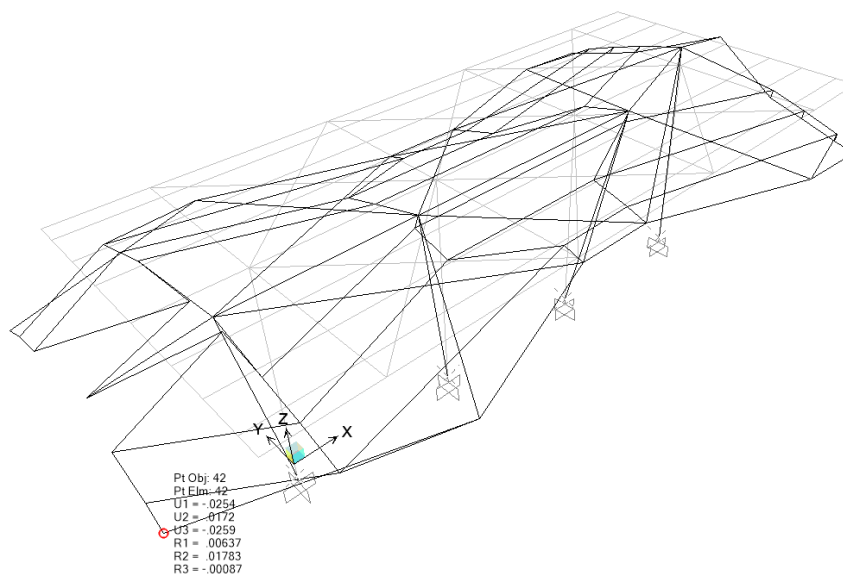


Figura 27 – Spostamenti massimi per il SLV

Gli spostamenti laterali in copertura della pensilina ,dovuti allo carico Temperatura sono pari a 2.5 mm.

Deformed Shape (Temperatura)

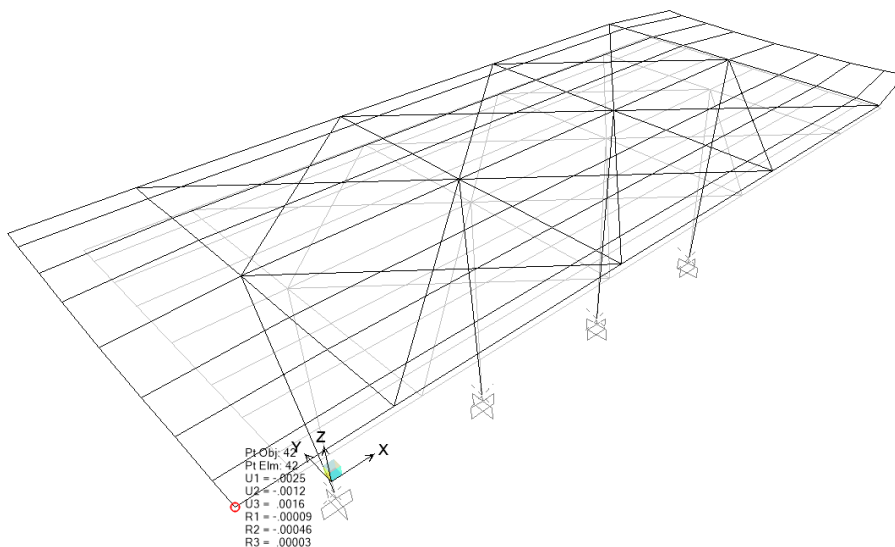


Figura 28 – Spostamenti massimi per il Temperatura



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA CODOGNO- CREMONA- MANTOVA

TRATTA PIADENA- MANTOVA

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM25	03	D 44	CLFV1200001	A	86 di 106

RELAZIONE DI CALCOLO

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

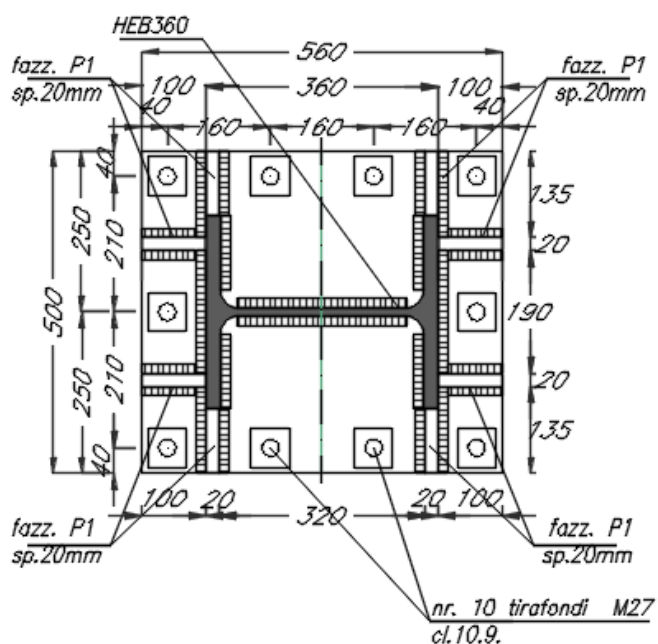
$$2x(d_{SLV} + d_T) = 55.8 \text{ mm} < 100 \text{ mm}$$

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

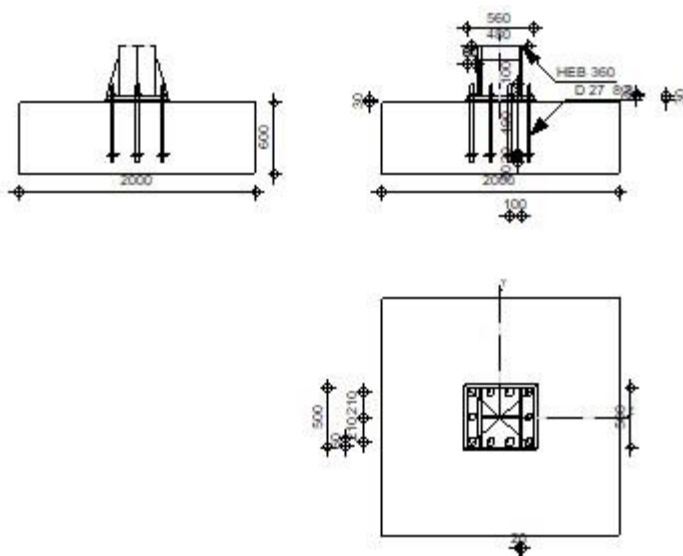
Joint	OutputCa	CaseType	StepTy	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	SLV_09	Combination	Max	5.653	16.062	94.692	114.6273	19.729	0.0053



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



Coefficiente
0.43



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	[mm ²]	Area della sezione della colonna
$I_{yc} =$	431900000	[mm ⁴]	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

$L = 2000$ [mm] Lunghezza del plinto

$B = 2000$ [mm] Larghezza del plinto

$H = 600$ [mm] Altezza del plinto

Calcestruzzo

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.

$N_{j,Ed} = -94.69$ [kN] Azione assiale

$V_{j,Ed,y} = 5.65$ [kN] Azione tagliante

$V_{j,Ed,z} = 16.06$ [kN] Azione tagliante

$M_{j,Ed,y} = 114.63$ [kN*m] Momento flettente

$M_{j,Ed,z} = 19.73$ [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)]

$f_j = 28.46$ [MPa] Resistenza di calcolo del materiale del giunto sotto la piastra di base [6.2.5.(7)]

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

$c = 54$ [mm] Larghezza dell'appoggio addizionale [6.2.5.(4)]

$b_{eff} = 130$ [mm] Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$l_{eff} = 408$ [mm] Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$A_{c0} = 53069$ [mm²] Zona di contatto della piastra di base e della fondazione EN 1992-1:[6.7.(3)]

$A_{c1} = 393522$ [mm²] Area di calcolo massima della ripartizione del carico EN 1992-1:[6.7.(3)]

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

$F_{rd,u} = 2890.25$ [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)]

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

$f_{jd} = 36.31$ [MPa] Resistenza di calcolo del materiale del giunto [6.2.5.(7)]

$A_{c,n} = 154090$ [mm²] Area di compressione efficace [6.2.8.2.(1)]

$A_{c,y} = 64587$ [mm²] Area di flessione My [6.2.8.3.(1)]

$A_{c,z} = 64587$ [mm²] Area di flessione Mz [6.2.8.3.(1)]

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

$F_{c,Rd,n} = 5594.71$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla compressione [6.2.8.2.(1)]

$F_{c,Rd,y} = 2345.04$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla flessione My [6.2.8.3.(1)]

$F_{c,Rd,z} = 2345.04$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla flessione Mz [6.2.8.3.(1)]

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)]

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

$F_{c,fc,Rd,z} = 2908.71 \text{ [kN]}$ Resistenza dell'ala compressa e dell'anima [6.2.6.7.(1)]

RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA COMPRESSA

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

$N_{j,Rd} = 5594.71 \text{ [kN]}$ Resistenza del plinto alla compressione assiale [6.2.8.2.(1)]

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

$F_{C,Rd,y} = 2345.04 \text{ [kN]}$ Resistenza del plinto nella zona compressa [6.2.8.3]

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

$F_{C,Rd,z} = 2345.04 \text{ [kN]}$ 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>CLFV120001</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)]

$A_{vc} = 6096$ [mm²] 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)]

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

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

RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA IN TRAZIONE

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

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

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

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

Controllo della resistenza del giunto

$N_{j,Ed} / N_{j,Rd} \leq 1,0$ (6.24) $0.02 < 1.00$ **verificato** (0.02)

$e_y = 1211$ [mm] Eccentricità dell'azione assiale [6.2.8.3]

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

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

$M_{j,Rd,y} = 299.76$ [kN*m] Resistenza del giunto alla flessione [6.2.8.3]

$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23) $0.38 < 1.00$ **verificato** (0.38)

$$e_z = 208 \quad [\text{mm}] \quad \text{Eccentricità dell'azione assiale} \quad [6.2.8.3]$$

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

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

$$M_{j,Rd,z} = 390.58 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistenza del giunto alla flessione} \quad [6.2.8.3]$$

$$M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad (6.23) \quad 0.05 < 1.00 \quad \text{verificato} \quad (0.05)$$

$$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} + M_{j,Ed,z} / M_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.43 < 1.00 \quad \text{verificato} \quad (0.43)$$

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 $V_{j,Ed,z}$

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

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

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

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

 <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>CLFV1200001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

$F_{1,vb,Rd,z} = 276.98$ [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)]

$N_{c,Ed} = 94.69$ [kN] Azione di compressione [6.2.2.(6)]

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

$F_{f,Rd} = 28.41$ [kN] Resistenza allo slittamento [6.2.2.(6)]

CONTROLLO DEL TAGLIO

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

$V_{j,Rd,y} = 756.93$ [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)

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

$V_{j,Rd,z} = 756.93$ [kN] Resistenza del giunto al taglio $V_{j,Rd}$

$$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq 1,0 \quad 0.02 < 1.00 \quad \text{verificato (0.02)}$$

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

Controllo degli irrigidimenti

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

$M_1 = 4.10$ [kN*m] Momento flettente dell'irrigidimento

$Q_1 = 82.00$ [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

$s_d = 1.56$ [MPa] Sollecitazione normale a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$s_g = 7.16$ [MPa] Sollecitazione normale nelle fibre superiori EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$t = 13.67$ [MPa] Sollecitazione tangenziale nell'irrigidimento EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$s_z = 23.72$ [MPa] Sollecitazione equivalente a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$$\max (s_g, t / (0.58), s_z) / (f_{yp}/g_{M0}) \leq 1.0 \quad (6.1) \quad 0.09 < 1.00 \quad \text{verificato (0.09)}$$

Saldature tra la colonna e la piastra della base

$s^{\wedge} = 41.68$ [MPa] Sollecitazione normale nella saldatura [4.5.3.(7)]

$t^{\wedge} = 41.68$ [MPa] Sollecitazione tangenziale perpendicolare [4.5.3.(7)]

$t_{yII} = 0.24$ [MPa] Sollecitazione tangenziale parallela a $V_{j,Ed,y}$ [4.5.3.(7)]

$t_{zII} = 2.12$ [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)]

$$s^{\wedge} / (0.9 \cdot f_u / g_{M2}) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.13 < 1.00 \quad \text{verificato (0.13)}$$

$$s^{\wedge} / (0.9 * f_u / g_{M2}) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.13 < 1.00 \quad \text{verificato (0.13)}$$

$$\ddot{O}(s^{\wedge 2} + 3.0 (t_{yII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.21 < 1.00 \quad \text{verificato (0.21)}$$

$$\ddot{O}(s^{\wedge 2} + 3.0 (t_{zII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.09 < 1.00 \quad \text{verificato (0.09)}$$

Saldature verticali degli irrigidimenti

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

$$s^{\wedge} = 8.05 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t^{\wedge} = 8.05 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale perpendicolare} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{II} = 11.39 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$s_z = 25.47 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione totale equivalente} \quad [4.5.3.(7)]$$

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

$$\max (s^{\wedge}, t_{II} * \ddot{O}3, s_z) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.06 < 1.00 \quad \text{verificato (0.06)}$$

Saldature orizzontali degli irrigidimenti

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

$$s^{\wedge} = 24.16 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t^{\wedge} = 24.16 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale perpendicolare} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{II} = 16.13 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$s_z = 55.81 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione totale equivalente} \quad [4.5.3.(7)]$$

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

$$\max (s^{\wedge}, t_{II} * \ddot{O}3, s_z) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0.14 < 1.00 \quad \text{verificato (0.14)}$$

Rigidezza del giunto

 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 CLFV1200001	REV. A

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

$b_{eff} = 130$ [mm] Larghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

$l_{eff} = 408$ [mm] Lunghezza efficace della zona di contatto sotto l'ala [6.2.5.(3)]

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

$k_{13,y} = 23$ [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)]

$S_{j,ini,y} = 76342.07$ [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 $M_{j,Ed,z}$

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

$k_{13,z} = 25$ [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]

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

$k_{15,z} = 18$ [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]

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

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

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

$S_{j,ini,z} = 84455.64$ [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

0.43

 <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>CLFV1200001</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:

$$N_{Ed} = M_{Ed,x} / n_x \cdot b_x + M_{Ed,y} / n_y \cdot b_y = 115 / 3 \cdot 0.46 + 20 / 4 \cdot 0.42 = \mathbf{95 \text{ kN}}$$

$b_x = 0.46 \text{ m}$ – 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.

La verifica:

Sollecitazione di progetto

$N_{Ed} = 95$ [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

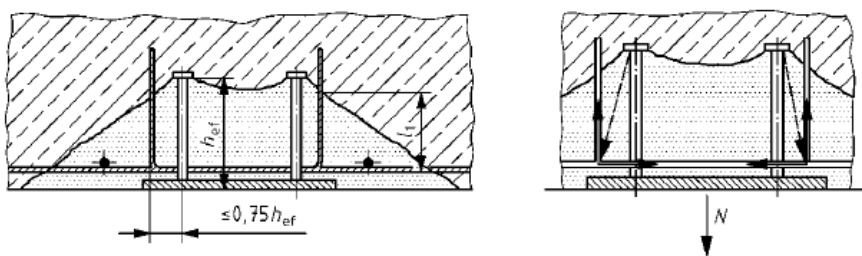
$N_{Rk,p} = 1696.94$ [kN]

La verifica

$N_{Ed} = 95 < N_{Rk,p} = 1696.94$

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 $0.75 h_{ef}$ 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]					
$N_{Ed} =$	95	<	$N_{Rd,a} =$	163.59			