

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J64H17000140001

U.O. ARCHITETTURA STAZIONI E TERRITORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S. PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

FV02 – STAZIONE DI CURNO

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

Relazione di calcolo della pensilina ferroviaria

SCALA:

-

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

N B 1 R 0 2 D 4 4 C L F V 0 2 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Serrau <i>F. Serrau</i>	Marzo 2020	M. De Vita <i>M. De Vita</i>	Marzo 2020	M. Beningeri <i>M. Beningeri</i>	Marzo 2020	R. Marino Marzo 2020 <i>ITALFERR S.p.A.</i> U.O. ARCHITETTURA STAZIONI E TERRITORIO Arch. Raffaele Marino Ordine degli Architetti di Roma N° 23193

File: NB1R02D44CLFV0200001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	6
3.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	8
4	MATERIALI	9
4.1	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA (S275).....	9
4.2	TIRAFONDI.....	9
4.3	BULLONI.....	10
4.4	ALLETTAMENTO PIASTRA DI BASE	10
4.5	SALDATURE.....	10
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	11
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	11
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	12
5.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA.....	13
6	DESCRIZIONE DELL'OPERA	14
6.1	GENERALITÀ	14
6.2	UNITÀ DI MISURA	18
6.3	MODELO DI CALCOLO.....	18
6.3.1	<i>Codice di calcolo.....</i>	18
6.3.2	<i>Affidabilità dei codici di calcolo</i>	18
6.3.3	<i>Informazioni generali sull'elaborazione.....</i>	18
6.3.4	<i>Tipo di analisi svolta</i>	18
6.4	ANALISI DEI CARICHI.....	23

6.4.1	<i>Peso proprio della struttura</i>	23
6.4.2	<i>Carichi permanenti non strutturali</i>	23
6.4.3	<i>Carichi variabili</i>	23
6.4.4	<i>Azione termica</i>	23
6.4.5	<i>Carico della neve sulla copertura</i>	23
6.4.6	<i>Azione del vento</i>	25
6.4.7	<i>Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni</i>	31
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	40
7	RISULTATI ANALISI.....	54
7.1	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE	54
7.2	STATI LIMITE ULTIMO (SLU).....	57
7.2.1	<i>Inviluppo diagrammi delle sollecitazioni di progetto</i>	57
7.3	STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	62
8	CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....	62
9	VERIFICHE DELLE MEMBRATURE METALLICHE	63
9.1	PENSILINA TIPO 1 (ASSI STRUTTURALI 1-4 10-12)	64
9.1.1	<i>Verifiche delle colonne HEB360</i>	64
9.1.2	<i>Verifiche delle mensole (H400x300)</i>	66
9.1.3	<i>Verifiche delle travi longitudinali HEA260</i>	68
9.1.4	<i>Verifiche degli arcarecci IPE 180</i>	70
9.2	PENSILINA TIPO 2 (ASSI STRUTTURALI 5-9)	72
9.2.1	<i>Verifiche delle colonne HEB360</i>	72
9.2.2	<i>Verifiche delle travi trasversali HEA360</i>	74
9.2.3	<i>Verifiche delle travi trasversali IPE330</i>	76

9.2.4	Verifiche delle travi longitudinali HEB360.....	78
9.2.5	Verifiche degli arcarecci IPE 160.....	80
9.3	VERIFICHE DEI CONTROVENTI 2X L70X7.....	82
9.4	VERIFICHE TABELLE OUTPUT COMPLETE.....	84
10	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ.....	86
10.1	VERIFICHE DI SPOSTAMENTI VERTICALI.....	86
10.1.1	Pensilina TIPO 1 (Assi strutturali 1-4 10-12).....	86
10.1.2	Pensilina TIPO 2 (Assi strutturali 5-9).....	88
10.2	VERIFICHE DI SPOSTAMENTI LATERALI.....	91
10.3	VERIFICHE DI RIGIDEZZA.....	92
10.4	VERIFICHE DEL GIUNTO STRUTTURALE.....	93
11	VERIFICA DELLE CONNESSIONI.....	95
11.1	CALCOLO BASE COLONNA. GIUNTO AD INCASTRO.....	95

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D.44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del Raddoppio ponte S.Pietro – Bergamo – Montello, Appalto 2: Progetto ponte S.Pietro/Raddoppio della linea da Curno a Bergamo. Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento alle pensiline previste in corrispondenza della fermata "Curno".

La descrizione degli interventi che segue e da leggersi congiuntamente all' anal20 isi 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 "Curno".

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

- Pensilina metallica disposta a protezione di una parte della banchina lato binario sud per una lunghezza complessiva di 65 metri circa
- Pensilina metallica disposta a protezione di una parte della banchina lato binario nord per una lunghezza complessiva di 65 metri circa

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha per oggetto il calcolo strutturale delle pensiline da realizzarsi nell'ambito dell'intervento Progetto della stazione ferroviaria di Curno.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	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 con 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;*

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	7 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

- *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																					
Pensiline – Relazione di calcolo della pensilina ferroviaria	-	N	B	1	R	0	2	D	4	4	C	L	F	V	0	2	0	0	0	0	1	A
Pensiline – Relazione di calcolo delle fondazioni	-	N	B	1	R	0	2	D	2	6	C	L	F	V	0	2	0	0	0	0	1	A
Pensiline – Pianta delle fondazioni	1:100	N	B	1	R	0	2	D	2	6	P	A	F	V	0	2	0	0	0	0	1	A
Pensiline – Pianta piano terra	1:100	N	B	1	R	0	2	D	4	4	P	A	F	V	0	2	0	0	0	0	6	A
Pensiline – Pianta copertura	1:100	N	B	1	R	0	2	D	4	4	P	A	F	V	0	2	0	0	0	0	7	A
Pensiline – Carpenteria metallica – copertura	1:50	N	B	1	R	0	2	D	4	4	P	B	F	V	0	2	0	0	0	0	1	A
Pensiline – Carpenteria metallica – sezioni	1:50	N	B	1	R	0	2	D	4	4	P	B	F	V	0	2	0	0	0	0	2	A
Pensiline – Carpenteria fondazioni	1:50	N	B	1	R	0	2	D	2	6	P	B	F	V	0	2	0	0	0	0	3	A
Pensiline – Dettagli	-	N	B	1	R	0	2	D	4	4	P	Z	F	V	0	2	0	0	0	0	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 _f =	<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 PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p>					
	<p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NB1R</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 44</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV0200001A</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.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

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°41'26"N

9°36'37"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 (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1.5$.

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO				
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A

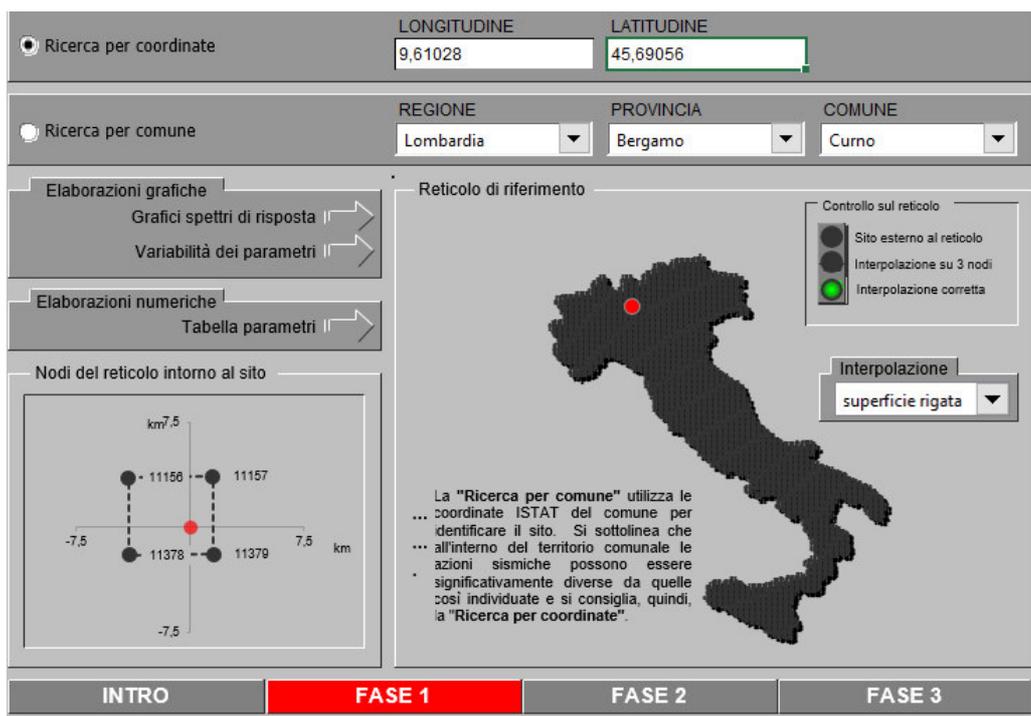
$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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:



Controllo sul reticolo

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

Interpolazione
superficie rigata

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".

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	45	0,034	2,479	0,209
SLD	75	0,044	2,463	0,229
SLV	712	0,119	2,442	0,275
SLC	1462	0,154	2,477	0,282

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica

	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p>												
<p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NB1R</td> <td>02</td> <td>D 44</td> <td>CLFV0200001A</td> <td>A</td> <td>13 di 111</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	13 di 111
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	13 di 111								

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 B e una classe

Topografica T1.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

6 DESCRIZIONE DELL'OPERA

6.1 Generalità

La presente relazione ha per scopo il dimensionamento delle pensiline in corrispondenza del binario sud. Le analisi svolte per le suddette strutture sono valide anche per la pensilina in corrispondenza della banchina in corrispondenza del binario nord, a quale è simmetrica, rispetto alla struttura considerata nella presente relazione. La struttura metallica è composta da una struttura intelaiata, che si estende per 12 assi strutturali, disposte ad un interasse di 5.0 m tra di loro. In corrispondenza al sottopasso di progetto, l'interasse è pari a 10m. La lunghezza totale della struttura è pari a circa 65m, di cui si possono distinguere due tipologie strutturali distinte, le cui sezioni trasversali sono esposte nelle figure seguenti.

La prima tipologia (**TIPO 1**) consiste di una struttura intelaiata a mensola asimmetrica (circa 3.0m sul lato binario, e circa 1.5m su quello opposto), che si estende tra le assi strutturali 1-4 e 10-12. 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 2.6x2.2x0.6m. In direzione longitudinale, i pilastri sono uniti a testa tramite una trave secondaria HEA260. Il nodo strutturale di unione trave secondaria e pilastro è del tipo rigido in direzione longitudinale. Sulle travi principali, longitudinalmente appoggiano arcarecci IPE180-IPE200 ogni 1.0-1.3m circa. La connessione è incernierata su tutti gli arcarecci, tramite quelli bordo, per i quali è stata adottata una connessione rigida.

La seconda tipologia (**TIPO 2**) si estende tra le assi strutturali 5 - 9. In direzione trasversale la struttura è composta da due pilastri HEB360 per asse, che sono connessi alla struttura del sottopasso esistente tramite tirafondi di ancoraggio. Su i pilastri appoggiano travi principali HEA360. La connessione trave pilastro è stata effettuata tramite una semplice bullonatura della flangia inferiore del HEA. Nel modello strutturale è considerata come incernierata. In direzione longitudinale, i telai sono uniti a testa tramite una trave HEB360 lato binario, e HEA360 lato stazione. La connessione delle travi secondarie HEB ed HEA ai pilastri della struttura è rigida. Longitudinalmente lo sviluppo è stato effettuato sempre tramite arcarecci IPE160 il cui interasse e connessione alle travi trasversali segue lo stesso filo logico alla precedente tipologia strutturale.

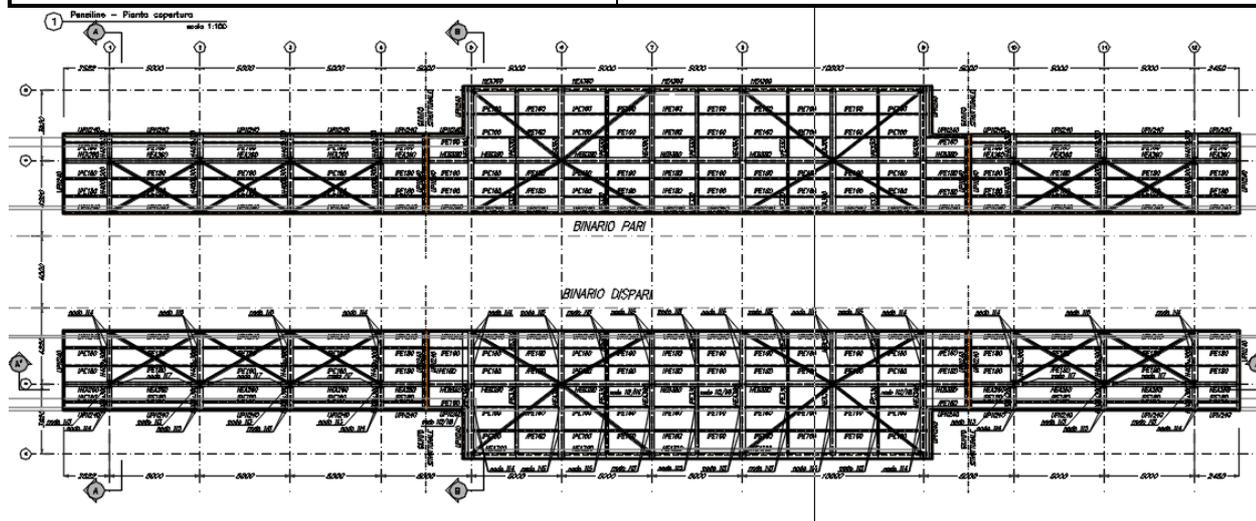


Figura 2 – Inquadramento planimetrico

1 Pensiline – Carpenteria metallica – Sezioni
SEZIONE A-A
scala 1:50

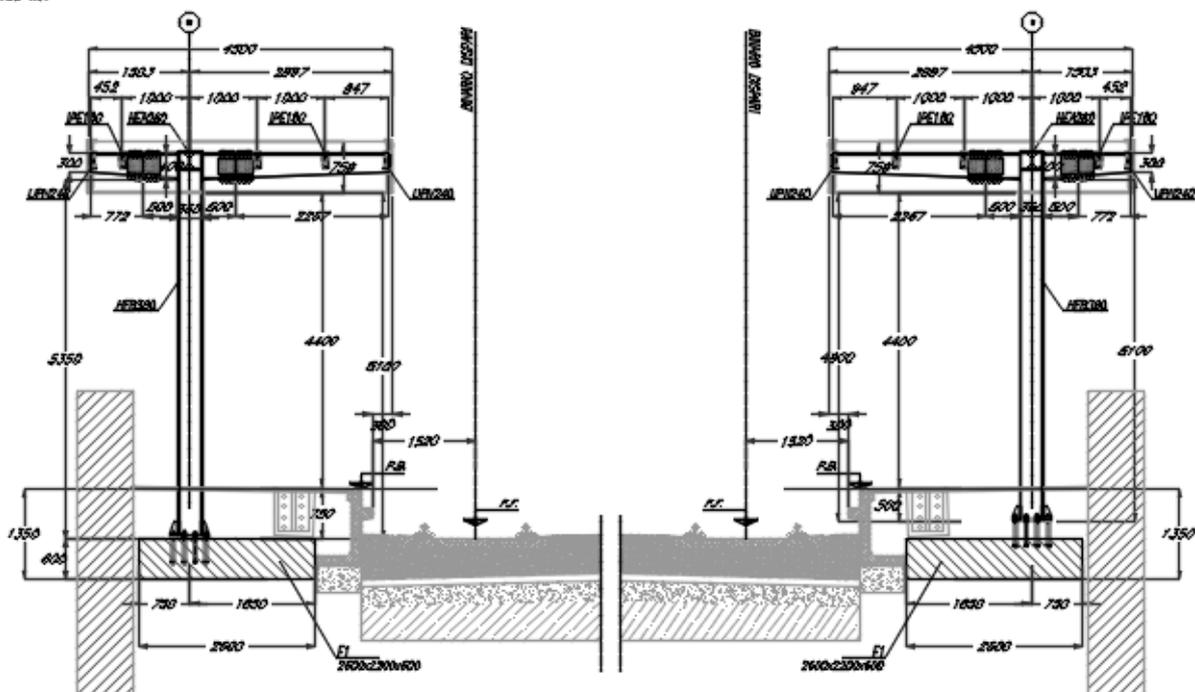


Figura 3 – Sezione trasversale TIPO 1

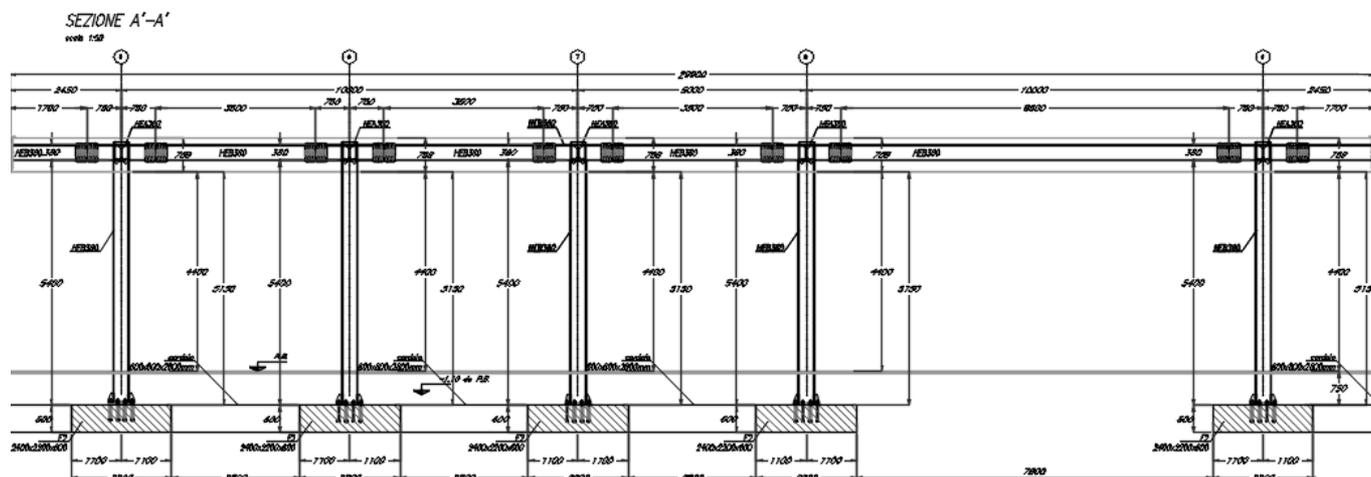


Figura 6 – Sezione longitudinale TIPO 2

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p>					
	<p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NB1R</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 44</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV0200001A</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 solo per la pensilina binario sud.

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:

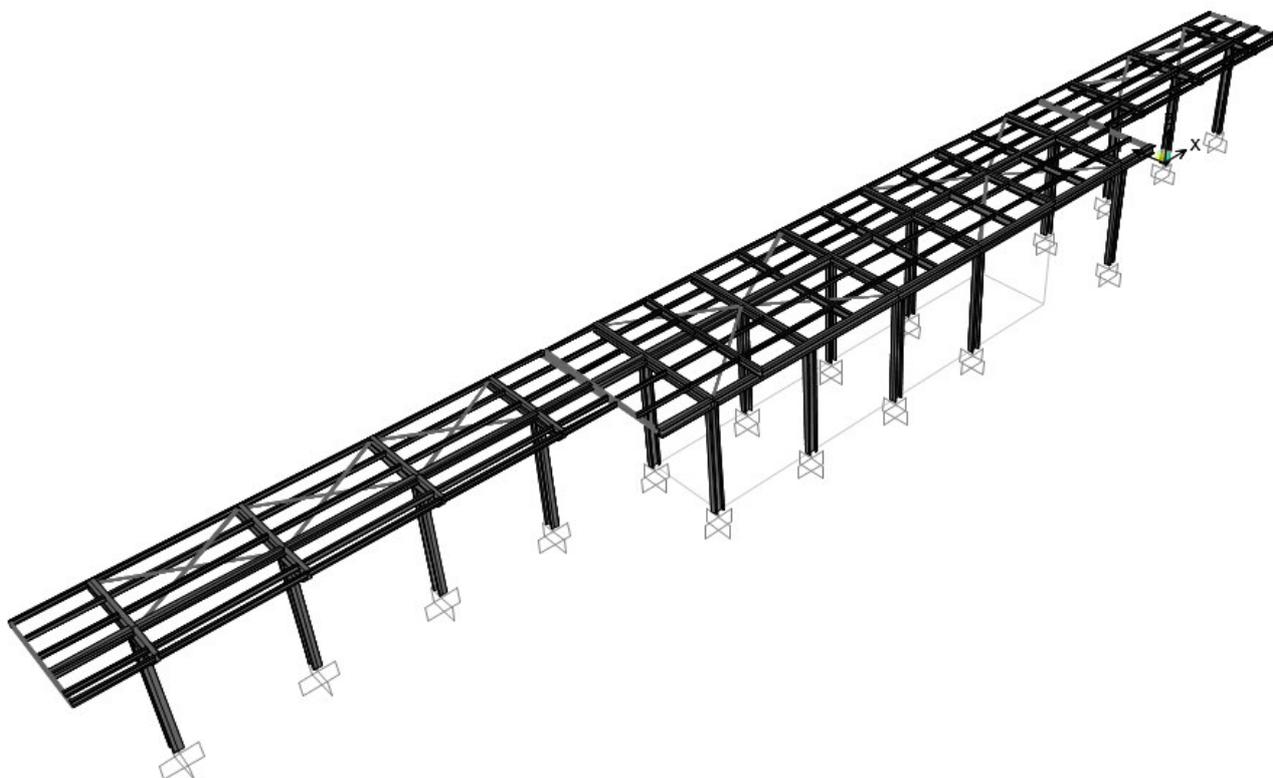


Figura 7 – Vista assonometrica

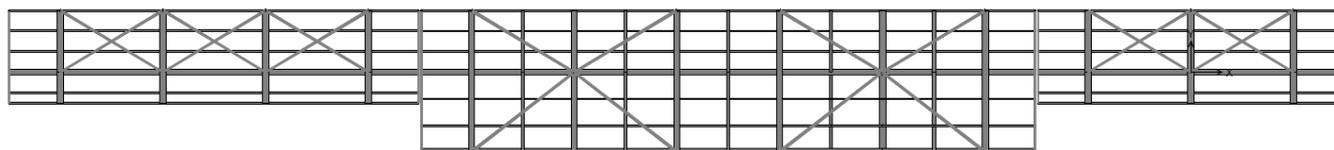


Figura 8 – Vista in pianta

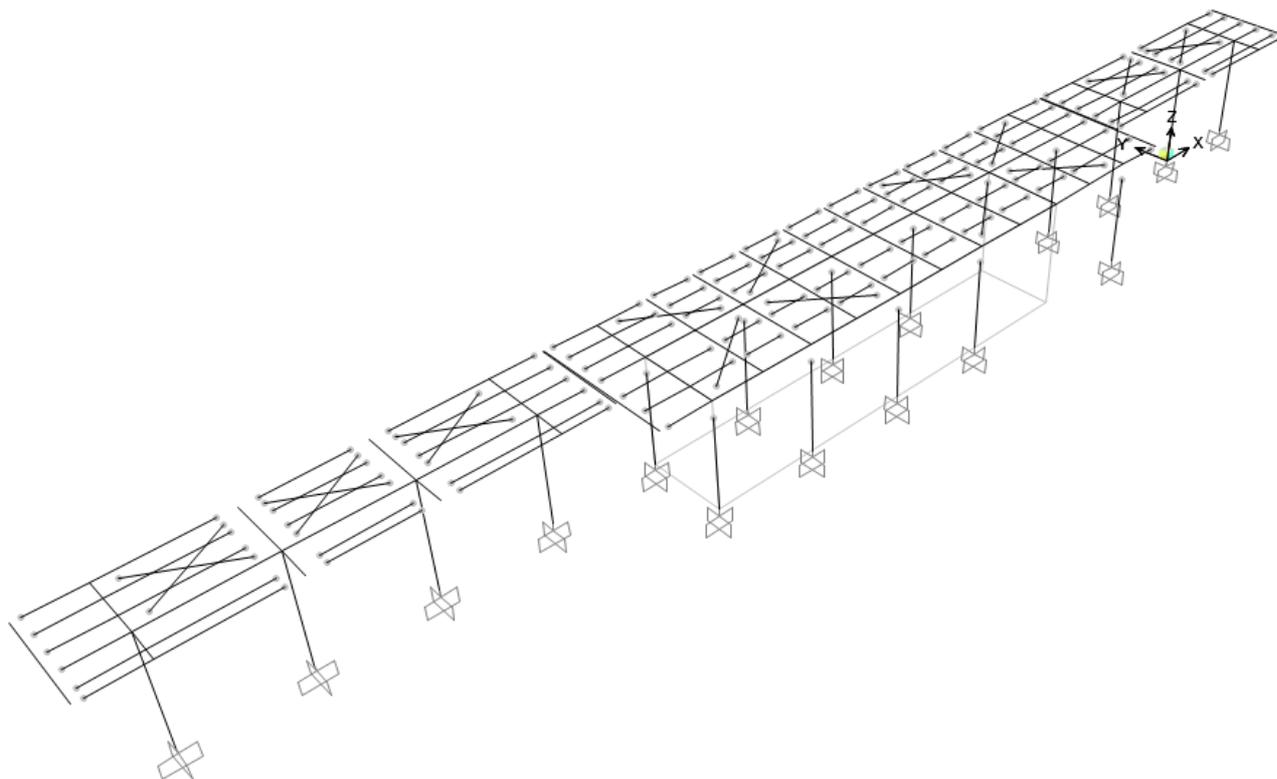


Figura 9 –Vincoli interni

93	83	85	88	90	95	239	250	243	251	240	253	241	254	255	252	242	287	284	285	286	288
227	226	228	229	224	252	271	278	277	276	275	280	279	282	283	281	273	286	294	298	296	297
221	220	222	223	127	259	258	266	264	263	262	267	266	268	270	268	260	280	289	293	291	292
49	17	29	23	26	80	14	114	242	118	10	120	6	122	2	209	194	288	28	32	35	101
233	232	234	235	230	231	61	178	177	176	132	182	138	184	218	206	196	308	305	309	307	308
237	75	77	79	81	236	64	181	180	179	133	183	139	185	219	207	197	303	300	301	302	304
						65	18	115	214	119	12	121	8	123	4	208	195				

Figura 10 – Numerazione nodi di copertura

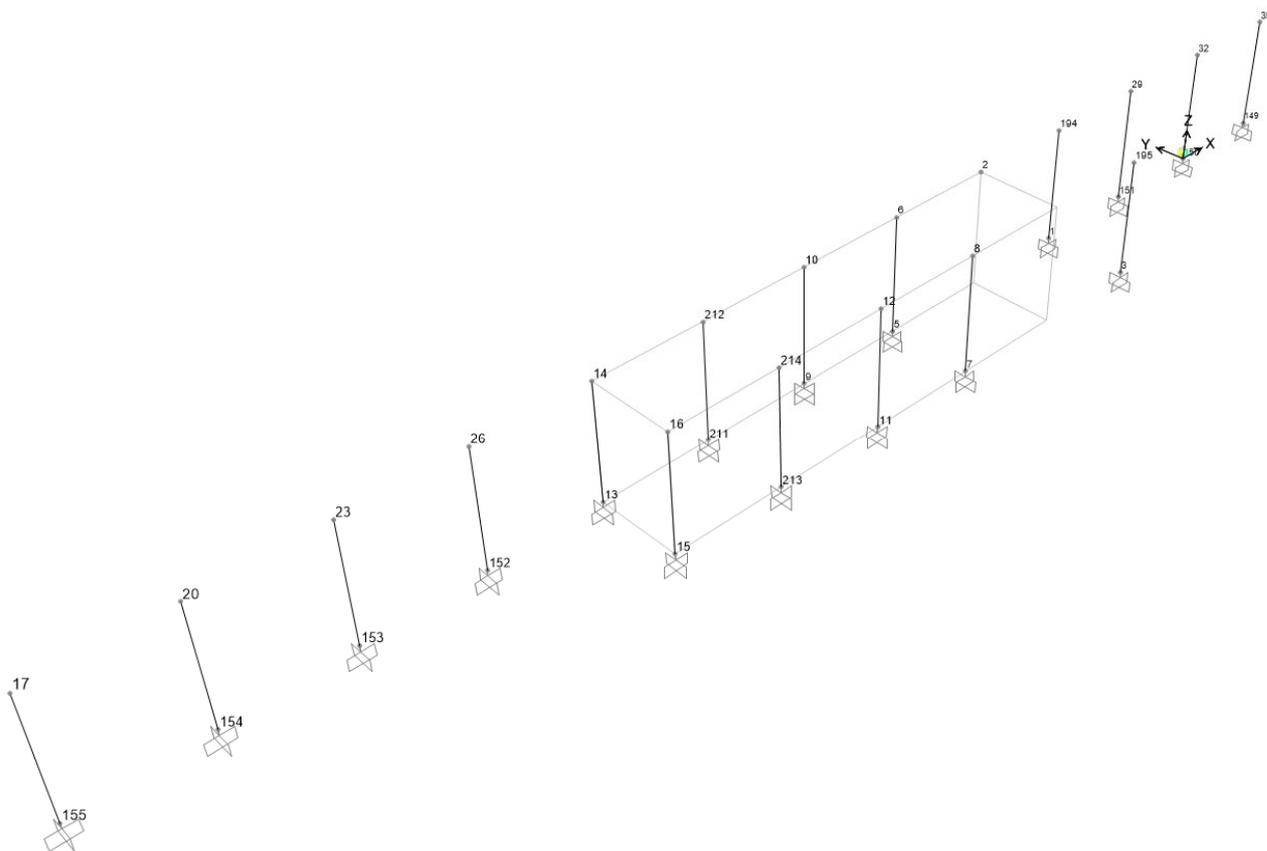


Figura 11 – Numerazione nodi di pilastri

34	95	101	107	27	44	195	194	193	192	203	202	211	178	165	210	51	60	132	139	68
32	83	99	105	25	42	187	185	185	184	199	198	207	176	120	206	49	58	130	137	66
31	82	98	104	24	41	183	182	181	180	197	196	205	175	115	204	48	57	129	136	65
30	87	86	85	23	37	182	181	180	179	196	195	204	174	114	203	47	56	128	135	61
35	90	96	102	28	38	113	112	111	110	123	122	212	188	147	180	45	54	126	133	62
36	91	97	103	29	39	119	118	117	116	125	124	214	174	146	179	46	55	128	135	64
					40		181			182		114		183		52				

Figura 12 – Numerazione aste di copertura

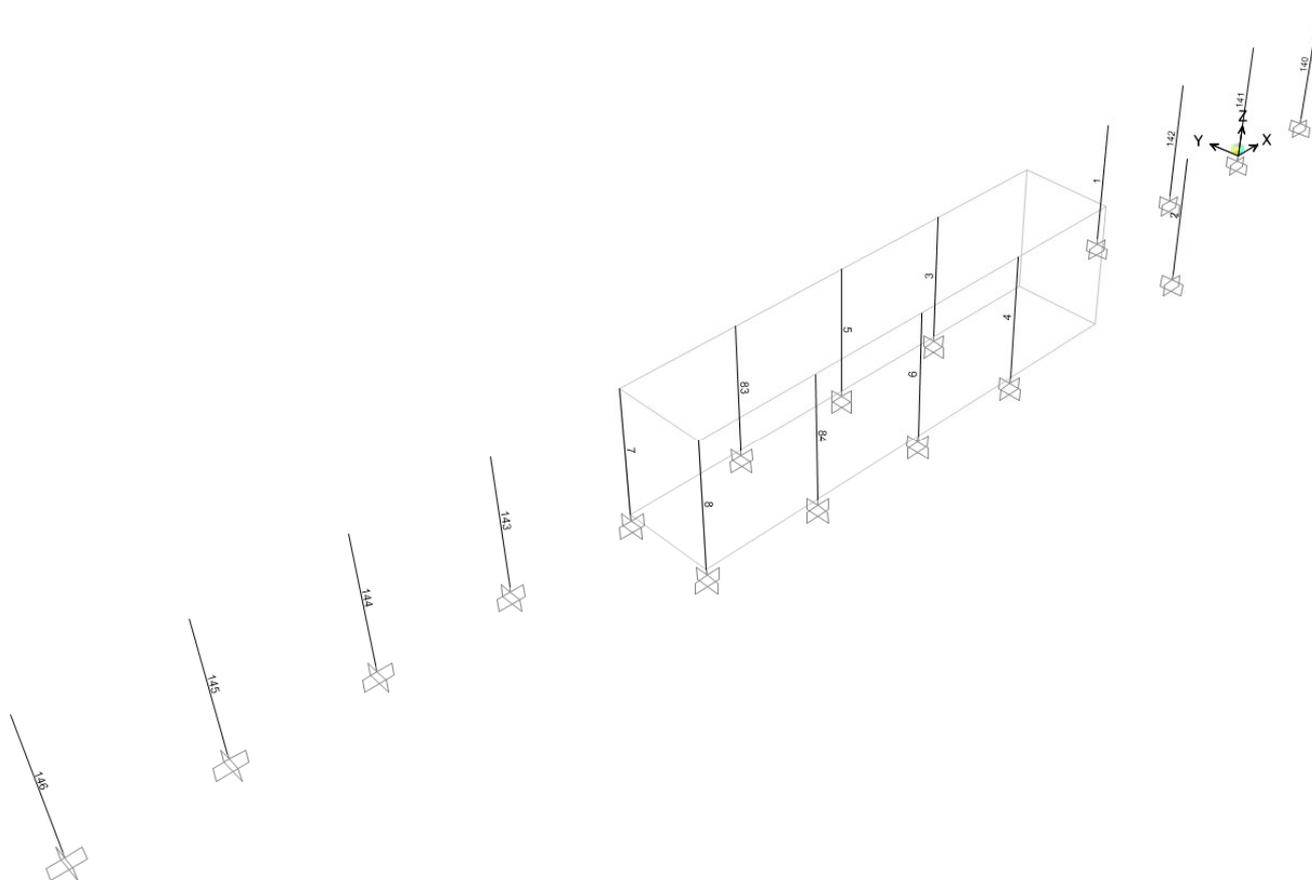


Figura 13 – Numerazione aste dei pilastri

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

6.4 Analisi dei carichi

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

6.4.1 *Peso proprio della struttura*

Le sollecitazioni indotte dal peso della struttura sono valutate automaticamente dal programma a partire dal peso specifico dell'acciaio assunto pari a 7850 kg/m³.

(CONDIZIONE PESO-PROPRIO)

6.4.2 *Carichi permanenti non strutturali*

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

(CONDIZIONE COPERTURA)

6.4.3 *Carichi variabili*

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

(CONDIZIONE CARICHI_VARIABILI)

6.4.4 *Azione termica*

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

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

(CONDIZIONE TEMPERATURA)

6.4.5 *Carico della neve sulla copertura*

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

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

dove:

μ_i - Coefficiente di forma della copertura;



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	24 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

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 240 m s.l.m., si ottiene q_{sk} uguale a 1.54 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:

$$q_s = 0.8 \times 1.54 \times 1 \times 1 = 1.23 \text{ kN/m}^2$$

(CONDIZIONE NEVE)

6.4.6 Azione del vento

6.4.6.1 Carico di vento agente sulla copertura della pensilina

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. Affinché 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 costruzione)	240	[m]
Distanza dalla costa	150	[km]
T _r (Tempo di ritorno):	50	[anni]
Categoria di esposizione	II	

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

ZONE 7,8	
	costa
	mare
	1.5 km
	0.5 km
A	-- -- IV
B	-- -- IV
C	-- -- III
D	I II *

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

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

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

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

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

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

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

v_b (velocità base di riferimento) 25.00 m/s

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

c_r coefficiente di ritorno 1.00

v_r (velocità di riferimento) 25.02 m/s

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

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

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

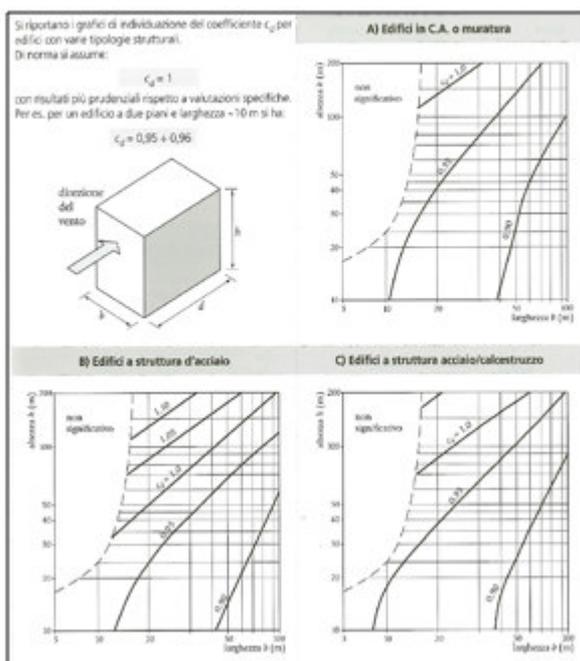
Pressione cinetica di riferimento q_r 391.20 [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

Coefficiente dinamico [§3.3.8]

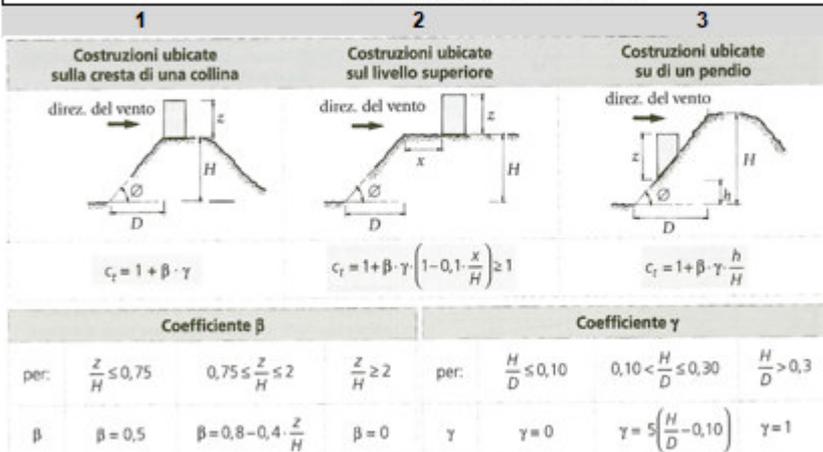
c_d 1.00

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



Coefficiente Topografico (Orografico)

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



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

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

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

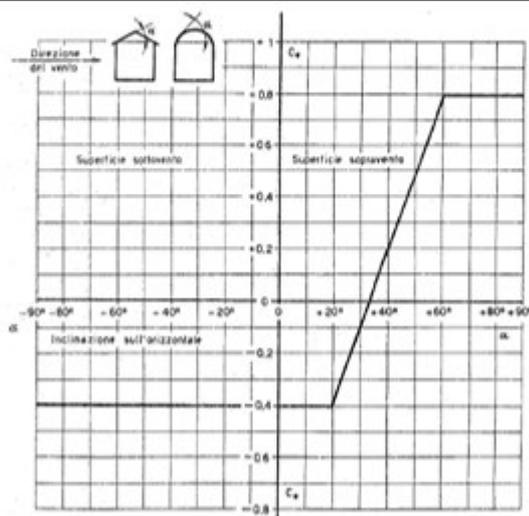
k_e	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0.19	0.05	4.00

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	$z = 5.50$

Coefficiente di forma

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve

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

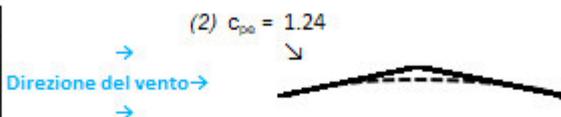


Tettoia ad uno spiovente

Configurazione più svantaggiosa

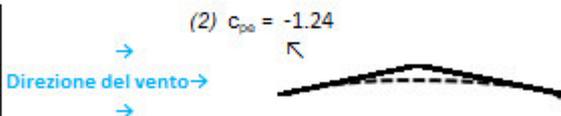
Configurazione A

(1) parete sopravvento	C_p	0.00
(2) copertura sopravvento	C_p	1.24
(3) copertura sottovento	C_p	0.00
(4) parete sottovento	C_p	0.00



Configurazione A

(1) parete sopravvento	C_p	0.00
(2) copertura sopravvento	C_p	-1.24
(3) copertura sottovento	C_p	0.00
(4) parete sottovento	C_p	0.00



Configurazione B

PRESSIONI DEL VENTO

Combinazione più sfavorevole per pareti e copertura:

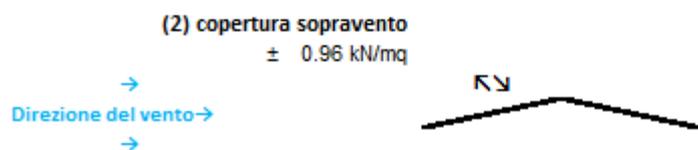
Valori massimi della pressione per ogni elemento

$$p \text{ (pressione del vento)} = q_s \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p$$

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

c_p (coefficiente di forma)

	p [kN/m ²]	c _d	c _t	c _e	c _p	P [kN/m ²]
(1) par. sopra	0.391	1.00	1.00	1.985	0.00	0.00
(2) cop. sopr	0.391	1.00	1.00	1.985	1.24	0.96
(3) cop. Sott	0.391	1.00	1.00	1.985	0.00	0.00
(4) par. sotto	0.391	1.00	1.00	1.985	0.00	0.00



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.

Nello specifico si ha:

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

La pressione sulle superfici orizzontali dovuta al carico del vento è stata incrementata a **p = 1.1 kN/m²**

6.4.6.2 Carico di vento agente sugli elementi verticali

6.4.6.2.1 Carico di vento agente sulla fascia perimetrale

Il vento si calcola come nel caso precedente 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 del vento sulla fascia perimetrale di copertura vale dunque:

$$p = 0.39 \times 2.13 \times 1.4 \times 1 = 1.17 \text{ kN/m}^2$$

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

$$p_1 = p \times h_{\text{fascia perimetrale}} = 1.17 \times 0.8 \approx 0.95 \text{ kN/m}$$

6.4.6.2.2 Carico di vento agente sui pilastri HEB

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:

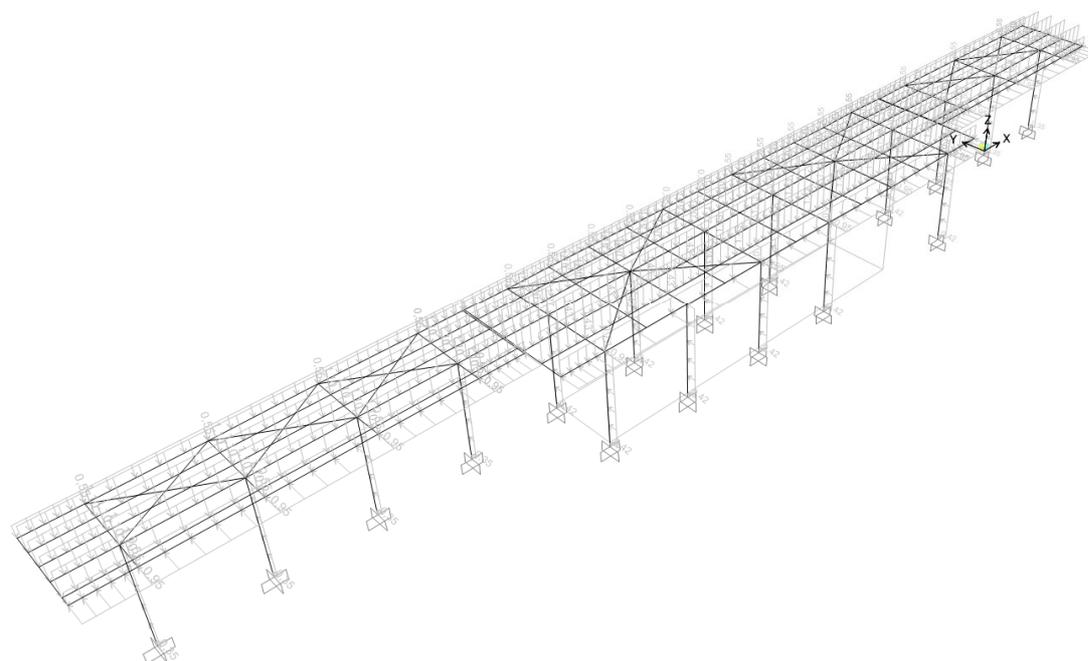
$$p = 0.39 \times 2.13 \times 1.4 \times 1 = 1.17 \text{ kN/m}^2$$

Nello sporcifico si ha:

$$p_2 = p \times h_{\text{HEB360}} = 1.17 \times 0.36 = 0.42 \text{ kN/m}$$

$$p_2 = p \times b_{\text{HEB360/400}} = 1.17 \times 0.30 = 0.35 \text{ kN/m}$$

Frame Span Loads (VENTO) (As Defined)

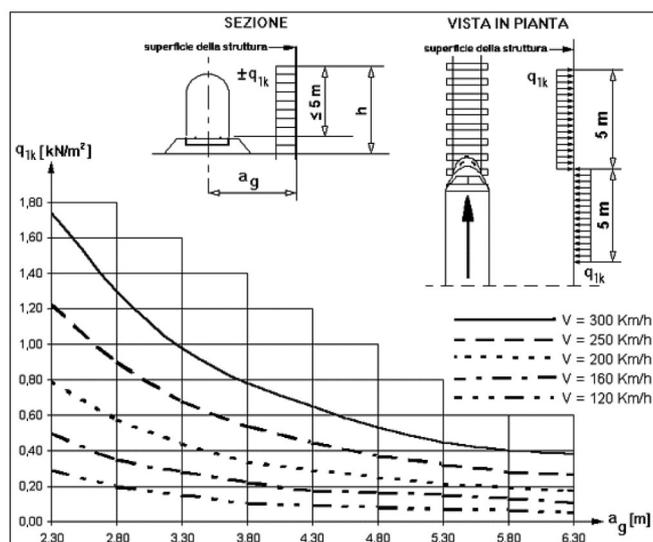


(CONDIZIONE VENTO)

6.4.7 Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni

6.4.7.1 Superfici verticali parallele al binario

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



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

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

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

$k_1 = 0,85$ per convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata;

$k_1 = 0,60$ per treni aerodinamici.

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

Se l'altezza di un elemento strutturale (o parte della sua superficie di influenza) è $\leq 1,0$ m o se la larghezza è $\leq 2,50$ m, l'azione q_{1k} deve essere incrementata del fattore $k_2 = 1.3$.

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

Complessivamente si ottiene quindi:

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

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

6.4.7.1.1 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:

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

6.4.7.1.2 Carico di vento agente sui pilastri HEB

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.

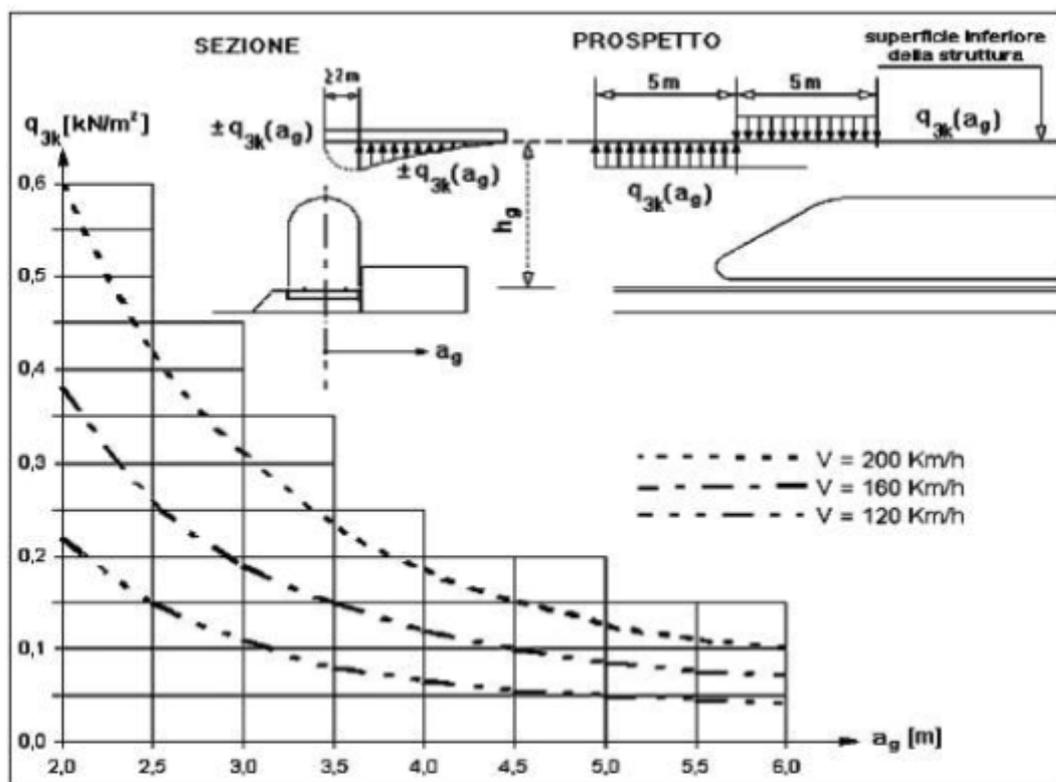
$$\phi = S_p/S = 1 \rightarrow c_p = 2.4 - 1 = 1.4$$

La pressione aerodinamica sui pilastri è dunque pari a:

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

6.4.7.2 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.

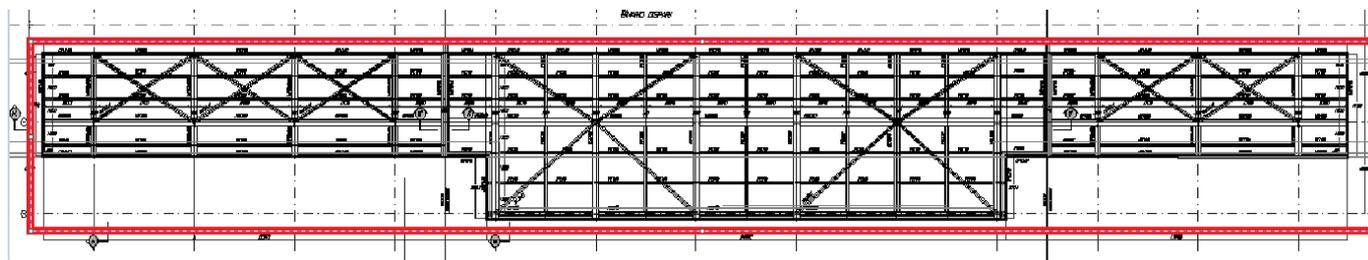
Sono state considerate differenti distribuzioni di pressione aerodinamica sugli elementi strutturali, ciascuna corrispondente ad una particolare configurazione del traffico ferroviario ai lati della pensilina.

Nello specifico, sono stati individuati n° 4 casi (depressione, pressione):

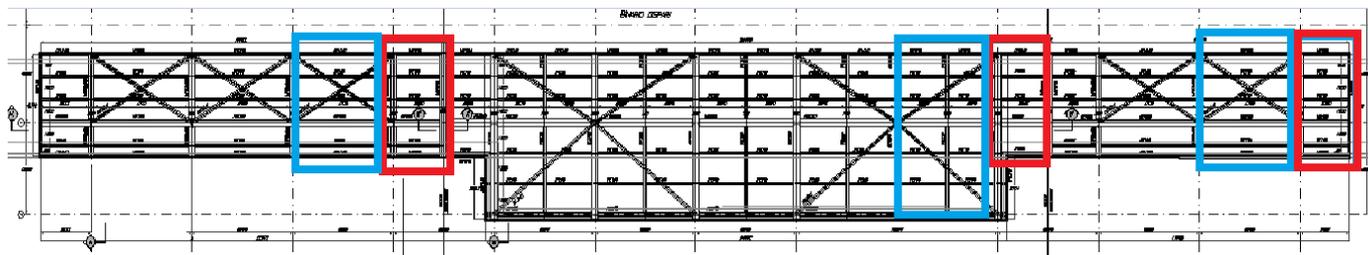
Cautelativamente, sono state considerate due condizioni di carico (EFFETTI AERODINAMICI 1 e 3), nelle quali, la pensilina è stata caricata lungo tutto lo sviluppo dalla pressione aerodinamica dovuta al traffico ferroviario, sia in condizione di pressione, che depressione.

Questo consente lo sviluppo di tali combinazioni di carico, nelle quali la pressione del vento e quella dovuta agli effetti aerodinamici agiscono insieme con valori $>1.5\text{kN/m}^2$ lungo tutto lo sviluppo della struttura metallica.

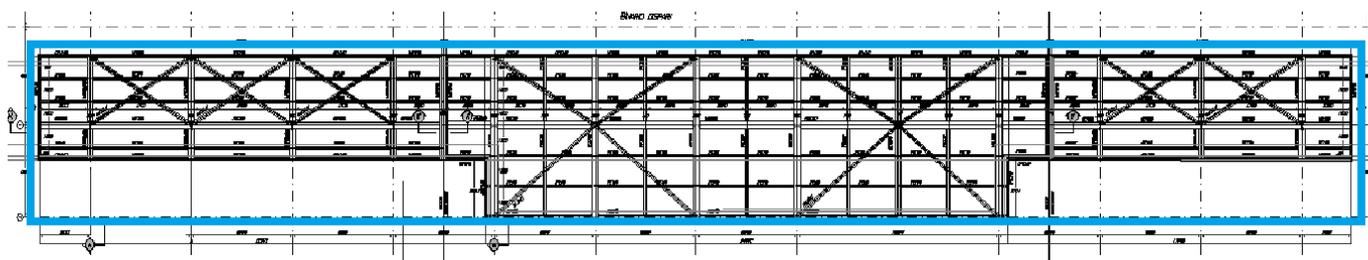
- Condizione di carico 1: (EFFETTI AERODINAMICI 1)



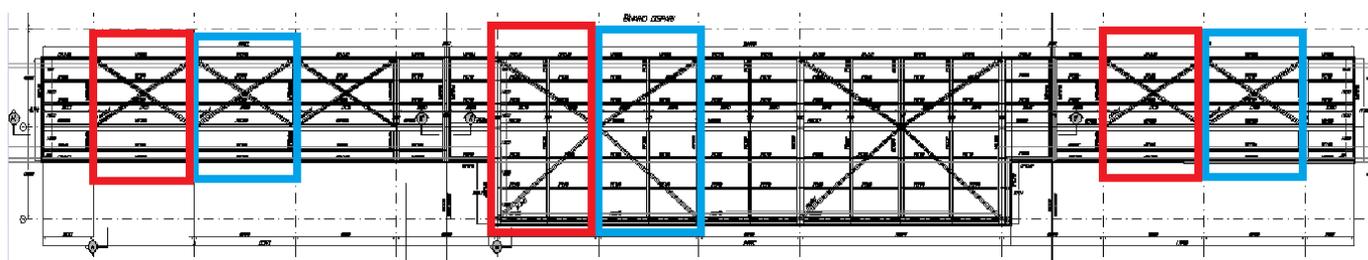
- Condizione di carico 2: (EFFETTI AERODINAMICI 2)



- Condizione di carico 3: (EFFETTI AERODINAMICI 3)



- Condizione di carico 4: (EFFETTI AERODINAMICI 4)



6.4.8 Carichi di pali TE (Tensione Elettrica)

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

$$N_{TE} = 8.5 \text{ kN (CONDIZIONE Nte)}$$

$$V_{TE,tras} = 10 \text{ kN}; M_{TE,tras} = 48.5 \text{ kN.m (CONDIZIONE V1te)}$$

$$V_{TE,long} = 2 \text{ kN}; M_{TE,long} = 3.5 \text{ kN.m (CONDIZIONE V2te)}$$

Le forze sono ubicate nei punti superiori, dei pilastri maggiormente sollecitati in corrispondenza della zona adiacente al sottopasso (a favore di sicurezza).

6.4.8.2 Rottura della catenaria

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

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

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

(ROTTURA_CATENARIA)

6.4.9 Azione sismica

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

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,119 g
F_0	2,442
T_c	0,275 s
S_a	1,200
C_c	1,424
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,131 s
T_C	0,392 s
T_D	2,077 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

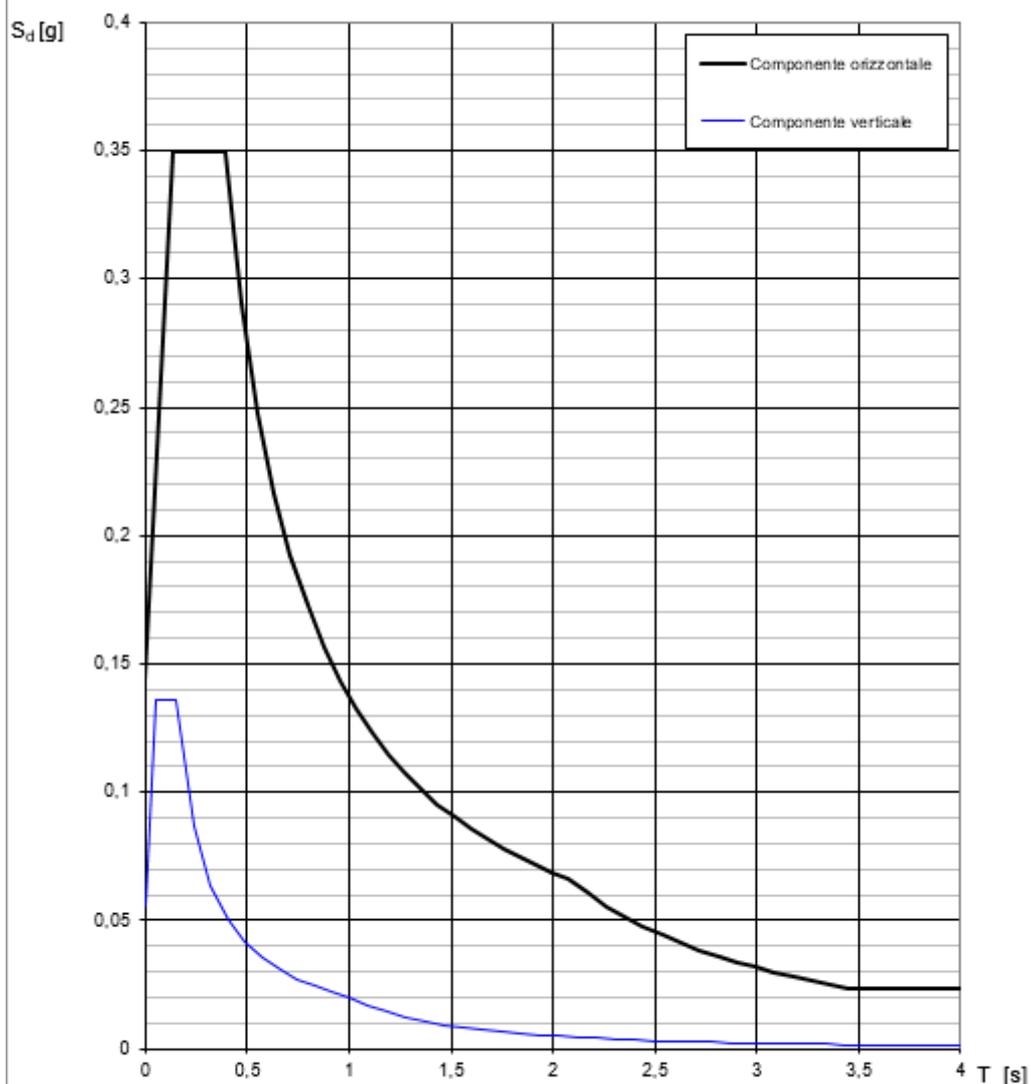
$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

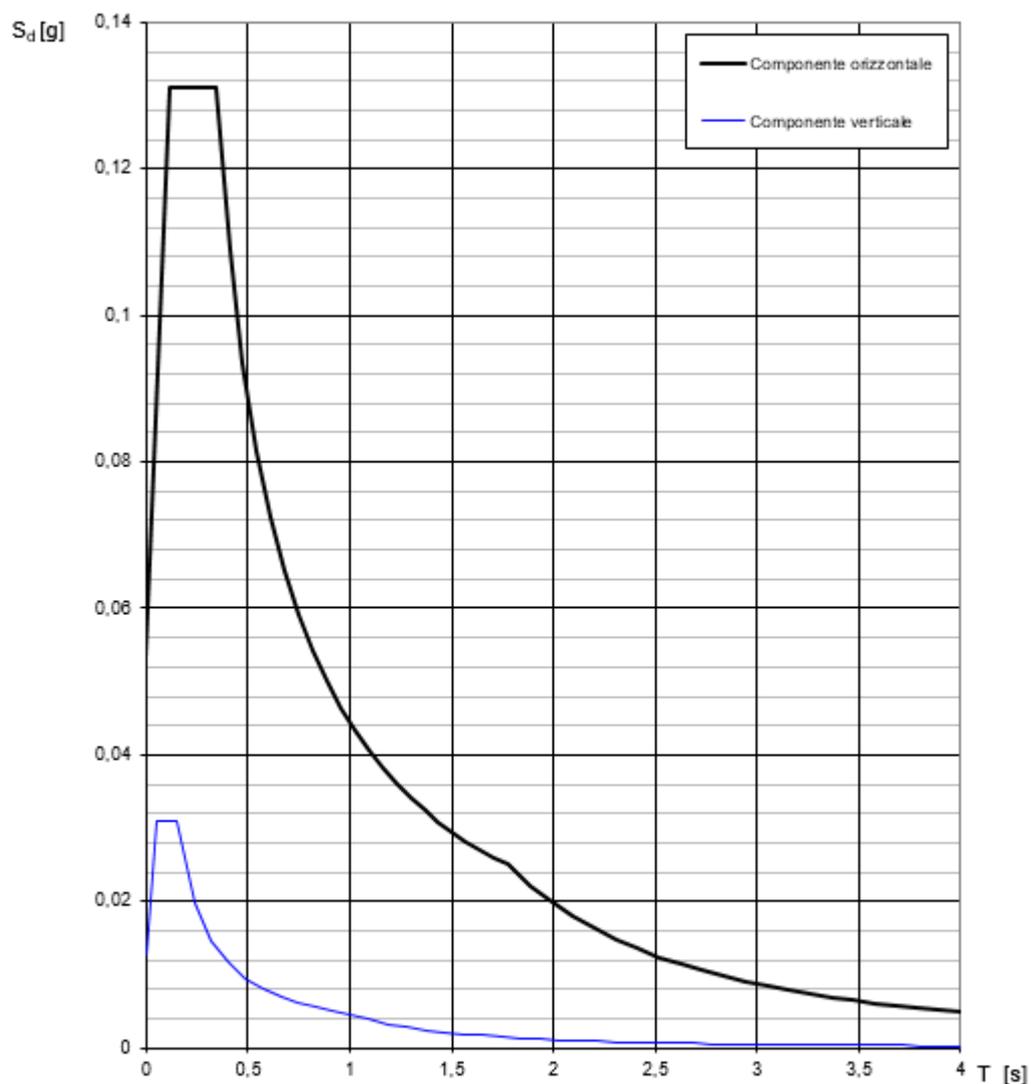
	T [s]	Se [g]
	0,000	0,143
T_B	0,131	0,350
T_C	0,392	0,350
	0,472	0,290
	0,552	0,248
	0,633	0,217
	0,713	0,192
	0,793	0,173
	0,873	0,157
	0,954	0,144
	1,034	0,133
	1,114	0,123
	1,194	0,115
	1,275	0,107
	1,355	0,101
	1,435	0,095
	1,516	0,090
	1,596	0,086
	1,676	0,082
	1,756	0,078
	1,837	0,075
	1,917	0,071
	1,997	0,069
T_D	2,077	0,068
	2,169	0,061
	2,260	0,056
	2,352	0,051
	2,444	0,048
	2,535	0,044
	2,627	0,041
	2,718	0,039
	2,810	0,036
	2,901	0,034
	2,993	0,032
	3,084	0,030
	3,176	0,028
	3,268	0,027
	3,359	0,025
	3,451	0,024
	3,542	0,024
	3,634	0,024
	3,725	0,024
	3,817	0,024
	3,908	0,024
	4,000	0,024

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



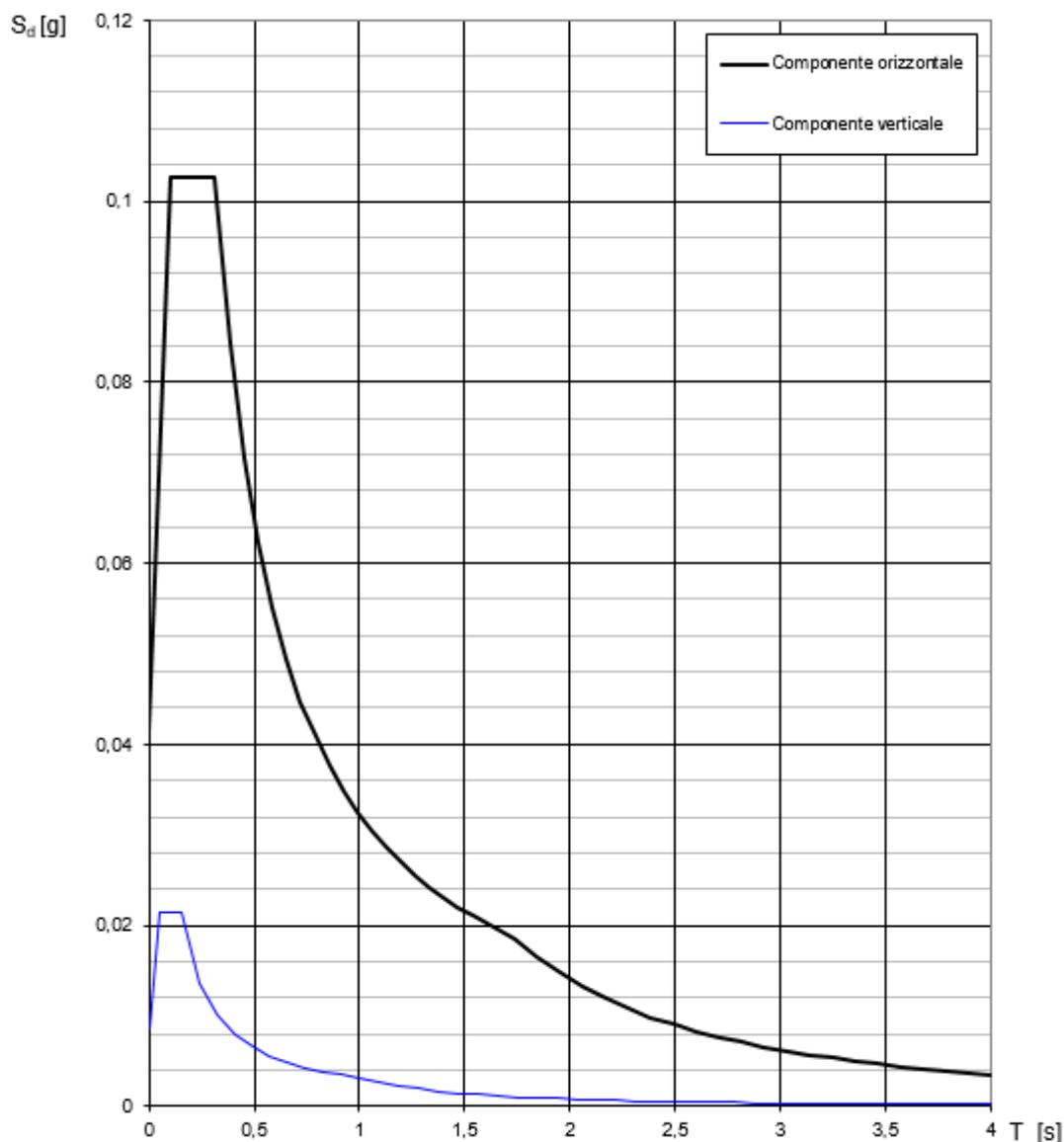
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

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



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 limiti 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.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	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	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Tab. 2.5.I - Valori dei coefficienti di combinazione

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

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

Nello specifico si ha:

Gruppo	Tipo	γ	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Carichi permanenti strutturali	Permanente	1.35/1.00	1	1	1
Carichi permanenti non-strutturali	Permanente	1.5/0.8*	1	1	1
Temperatura	Accidentale	1.5	0.6	0.5	0.5
Neve (<1000mslm)	Accidentale	1.5	0.5	0.2	0
Vento	Accidentale/mobile	1.5	0.6	0.5	0
Variabili-copertura (cat. H1) - Carico distribuito	Accidentale	1.5	0	0	0
Variabili-Pressione aerodinamica	Accidentale	1.5	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.



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	43 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

Nello specifico si ha:

Condizione di carico	Tipo
MODAL	LinModal
PESO_PROPRIO	LinStatic
COPERTURA	LinStatic
CARICHI_VARIABILI	LinStatic
NTE	LinStatic
V1TE	LinStatic
V2TE	LinStatic
ROTTURA_CATENARIA	LinStatic
EFFETTI_AERODINAMICI_1	LinStatic
EFFETTI_AERODINAMICI_2	LinStatic
EFFETTI_AERODINAMICI_3	LinStatic
EFFETTI_AERODINAMICI_4	LinStatic
NEVE	LinStatic
VENTO	LinStatic
SLV_U1	LinRespSpec
SLV_U2	LinRespSpec
SLV_U3	LinRespSpec
SLD_U1	LinRespSpec
SLD_U2	LinRespSpec
SLD_U3	LinRespSpec
TEMPERATURA	LinStatic

		Peso_Proprio	Copertura	Neve	Vento	Effetti_Aerodinamici_1	Effetti_Aerodinamici_2	Effetti_Aerodinamici_3	Effetti_Aerodinamici_4	Carichi_variabili	Temperatura	SLV_U1	SLV_U2	SLV_U3	SLD_U1	SLD_U2	SLD_U3	Nte	V1te	V2te	Rottura_catenaria
SLU_63	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						0.6							1	1	1	
SLU_64	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						-0.6							1	1	1	
SLU_65	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						0.6							1	-1	1	
SLU_66	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						-0.6							1	-1	1	
SLU_67	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						0.6							1	1	-1	
SLU_68	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						-0.6							1	1	-1	
SLU_69	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						0.6							1	-1	-1	
SLU_70	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	0.5	0.6						-0.6							1	-1	-1	
SLU_71	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						0.6							0.6	0.6	0.6	
SLU_72	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						-0.6							0.6	0.6	0.6	
SLU_73	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						0.6							0.6	-0.6	0.6	
SLU_74	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						-0.6							0.6	-0.6	0.6	
SLU_75	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						0.6							0.6	0.6	-0.6	
SLU_76	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						-0.6							0.6	0.6	-0.6	
SLU_77	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						0.6							0.6	-0.6	-0.6	
SLU_78	Y	1.4	1.5	1.5	1.5						1.5							1.5	1.5	1.5	
	ψ	1	1	1	0.6						-0.6							0.6	-0.6	-0.6	

		Peso_Proprio	Copertura	Neve	Vento	Effetti_Aerodinamici_1	Effetti_Aerodinamici_2	Effetti_Aerodinamici_3	Effetti_Aerodinamici_4	Carichi_variabili	Temperatura	SLV_U1	SLV_U2	SLV_U3	SLD_U1	SLD_U2	SLD_U3	Me	V1te	V2te	Rottura_catenaria
SLE_R_61	Y	1	0.8		1				1		1										
	ψ	1	1		-0.6				0.8		-1										
SLE_R_62	Y	1	0.8		1				1		1										
	ψ	1	1		-0.6				0.8		1										
SLD_01	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												1	0.3	0.3				
SLD_02	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-1	0.3	0.3				
SLD_03	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												1	-0.3	0.3				
SLD_04	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												1	0.3	-0.3				
SLD_05	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												1	-0.3	-0.3				
SLD_06	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-1	-0.3	-0.3				
SLD_07	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-1	-0.3	0.3				
SLD_08	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-1	0.3	-0.3				
SLD_09	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												0.3	1	0.3				
SLD_10	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-0.3	1	0.3				
SLD_11	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												0.3	-1	0.3				
SLD_12	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												0.3	1	-0.3				
SLD_13	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												0.3	-1	-0.3				
SLD_14	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-0.3	-1	-0.3				
SLD_15	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-0.3	-1	0.3				
SLD_16	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-0.3	1	-0.3				
SLD_17	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												0.3	0.3	1				
SLD_18	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												-0.3	0.3	1				
SLD_19	Y	1	1												1	1	1				
	ψ	1	1												0.3	-0.3	1				



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	54 di 111

7 RISULTATI ANALISI

7.1 Risultati dell'analisi modale

7.1.1 Pensilina TIPO 1 (Assi strutturali 1-4 10-12)

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	0.449977	0.17621	0.00002327	2.309E-07	0.17621	0.00002327	2.309E-07	0.0000249	0.05897	0.77385	0.0000249	0.05897	0.77385
MODAL	Mode	2	0.39336	0.81733	0.00014	0.000002715	0.99354	0.00016	0.00002946	0.00016	0.56256	0.07969	0.00018	0.62153	0.85354
MODAL	Mode	3	0.371157	0.00008939	0.83567	0.0221	0.99363	0.83584	0.0221	0.97549	0.00007648	0.00006086	0.97567	0.6216	0.8536
MODAL	Mode	4	0.177497	5.423E-07	0.03882	0.02531	0.99363	0.87465	0.04741	0.00765	0.00044	0.00091	0.98333	0.62204	0.85451
MODAL	Mode	5	0.174386	0.00013	0.00066	0.00027	0.99376	0.87531	0.04768	0.00021	0.03009	0.07515	0.98353	0.65213	0.92966
MODAL	Mode	6	0.13184	0.00006053	0.00012	0.00288	0.99383	0.87543	0.05056	0.00087	0.00002066	0.00137	0.9844	0.65215	0.93103
MODAL	Mode	7	0.117407	0.00023	0.00032	0.00076	0.99406	0.87575	0.05132	0.0000119	0.0000403	0.00123	0.98442	0.65219	0.93225
MODAL	Mode	8	0.104565	0.0058	8.571E-07	1.166E-07	0.99986	0.87575	0.05132	0.000000021	0.08677	0.00009995	0.98442	0.73896	0.93235
MODAL	Mode	9	0.103574	7.378E-08	9.145E-07	0.11854	0.99986	0.87575	0.16986	6.347E-10	0.000002223	6.962E-09	0.98442	0.73896	0.93235
MODAL	Mode	10	0.087013	1.132E-08	0.05321	0.0542	0.99986	0.92896	0.22406	0.00696	0.0000144	0.00001822	0.99137	0.73897	0.93237
MODAL	Mode	11	0.080952	8.065E-09	0.06836	0.08003	0.99986	0.99732	0.30409	0.00836	0.00002359	0.00004122	0.99974	0.739	0.93241
MODAL	Mode	12	0.079404	0.000003565	0.00008279	0.00008014	0.99987	0.9974	0.30417	0.00001165	0.03485	0.06462	0.99975	0.77385	0.99703

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9998	99.9866
MODAL	Acceleration	UY	99.9982	99.7401
MODAL	Acceleration	UZ	94.6951	30.417

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0.44998; f = 2.22233

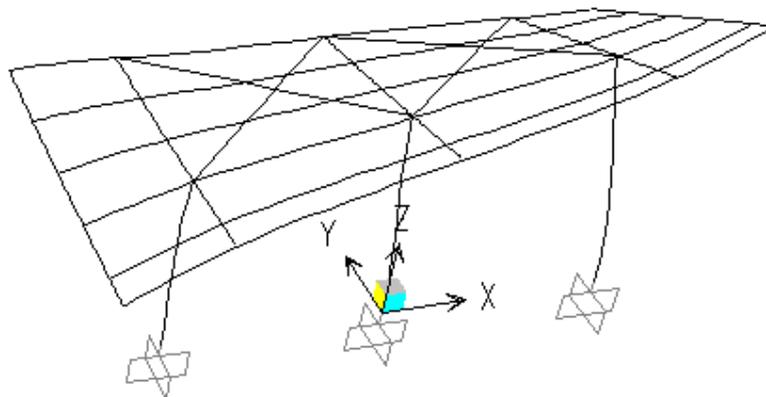


Figura 14 – Deformazione modale pensilina TIPO 1 (Modo 1, T=0.45 s)

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO				
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A

7.1.2 Pensilina TIPO 2 (Assi strutturali 5-9)

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	0.705822	0.00851	0.66504	7.011E-09	0.00851	0.66504	7.011E-09	0.56595	0.0004	0.30321	0.56595	0.0004	0.30321
MODAL	Mode	2	0.603862	0.02239	0.33467	7.821E-10	0.03089	0.99971	7.793E-09	0.28478	0.00104	0.68582	0.85074	0.00144	0.98903
MODAL	Mode	3	0.327606	0.9592	0.00016	6.426E-09	0.99009	0.99987	1.422E-08	0.00014	0.0446	0.01088	0.85087	0.04603	0.99991
MODAL	Mode	4	0.233002	7.718E-09	1.554E-07	0.05336	0.99009	0.99987	0.05336	0.00327	0.0227	1.762E-08	0.85414	0.06874	0.99991
MODAL	Mode	5	0.182938	0.00957	0.00009963	0.00006324	0.99966	0.99997	0.05337	0.0001	0.00039	0.00003204	0.85424	0.06913	0.99994
MODAL	Mode	6	0.143443	0.00002004	3.049E-08	0.00162	0.99966	0.99997	0.05499	0.00025	0.00399	1.048E-07	0.85449	0.07311	0.99994
MODAL	Mode	7	0.136908	8.465E-07	4.449E-09	0.0594	0.99966	0.99997	0.11439	0.00018	0.02004	6.898E-10	0.85467	0.09315	0.99994
MODAL	Mode	8	0.133989	1.757E-07	3.022E-08	0.0142	0.99966	0.99997	0.12859	0.01166	0.00784	5.93E-11	0.86633	0.10099	0.99994
MODAL	Mode	9	0.125814	4.537E-14	2.609E-08	0.00072	0.99966	0.99997	0.1293	0.00053	0.000008113	2.824E-08	0.86685	0.101	0.99994
MODAL	Mode	10	0.122769	1.043E-08	4.832E-09	0.02945	0.99966	0.99997	0.15876	0.0093	0.02539	6.101E-09	0.87616	0.12639	0.99994
MODAL	Mode	11	0.121387	3.699E-07	0.00000948	0.00004191	0.99966	0.99998	0.1588	0.000006138	0.00002829	0.000008938	0.87616	0.12642	0.99995
MODAL	Mode	12	0.112709	6.182E-08	2.383E-08	0.0105	0.99966	0.99998	0.1693	0.0061	0.00086	3.096E-08	0.88227	0.12727	0.99995

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99.9985	99.9664
MODAL	Acceleration	UY	100	99.9982
MODAL	Acceleration	UZ	75.9173	16.9299

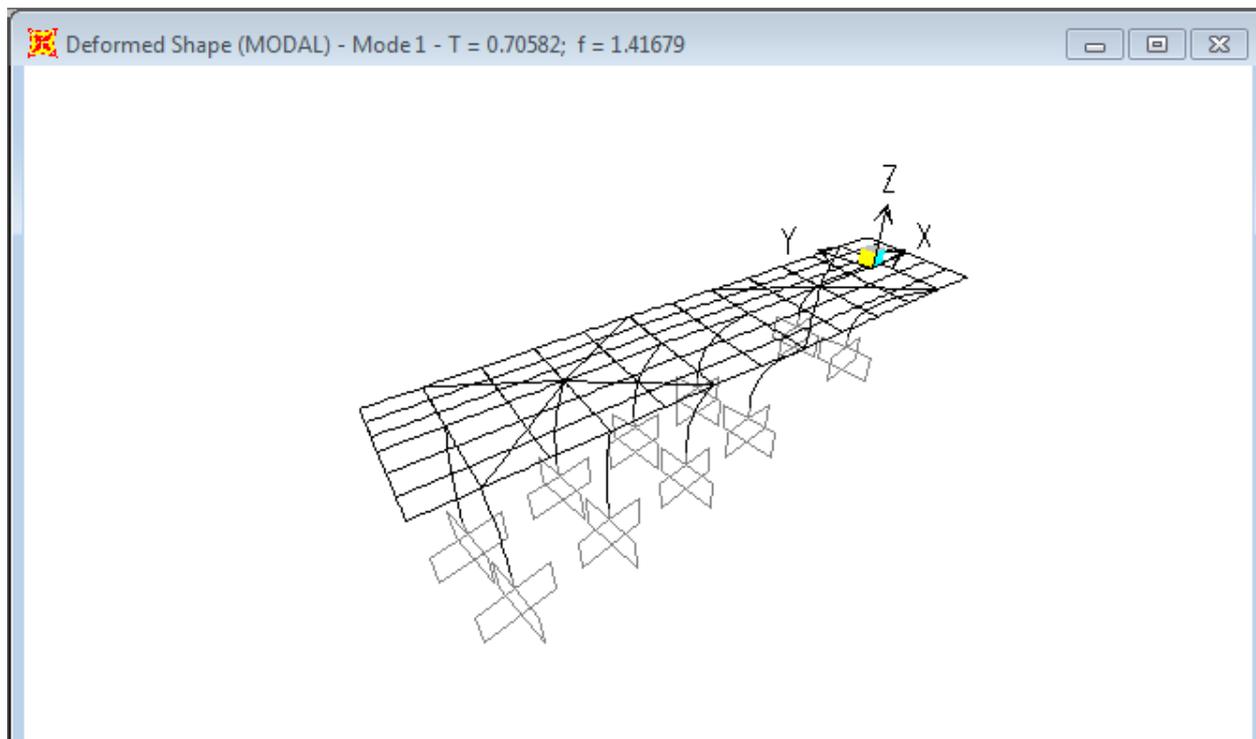
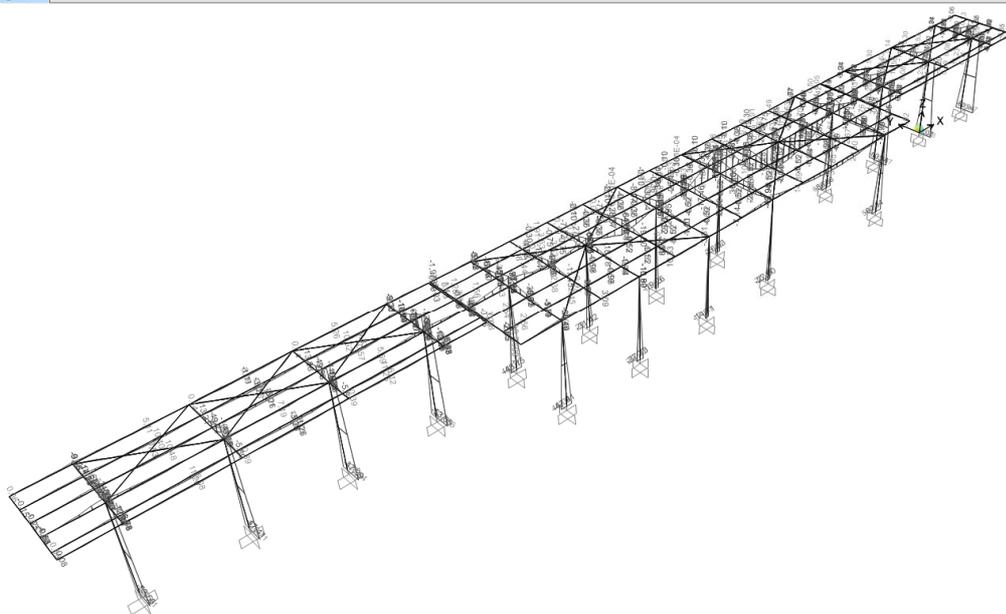


Figura 15 – Deformazione modale pensilina TIPO 2 (Modo 1, T=0.705 s)

7.2 Stati Limite Ultimo (SLU)

7.2.1 Involuppo diagrammi delle sollecitazioni di progetto

Moment 3-3 Diagram (INV_SLU)



Moment 3-3 Diagram (INV_SLV)

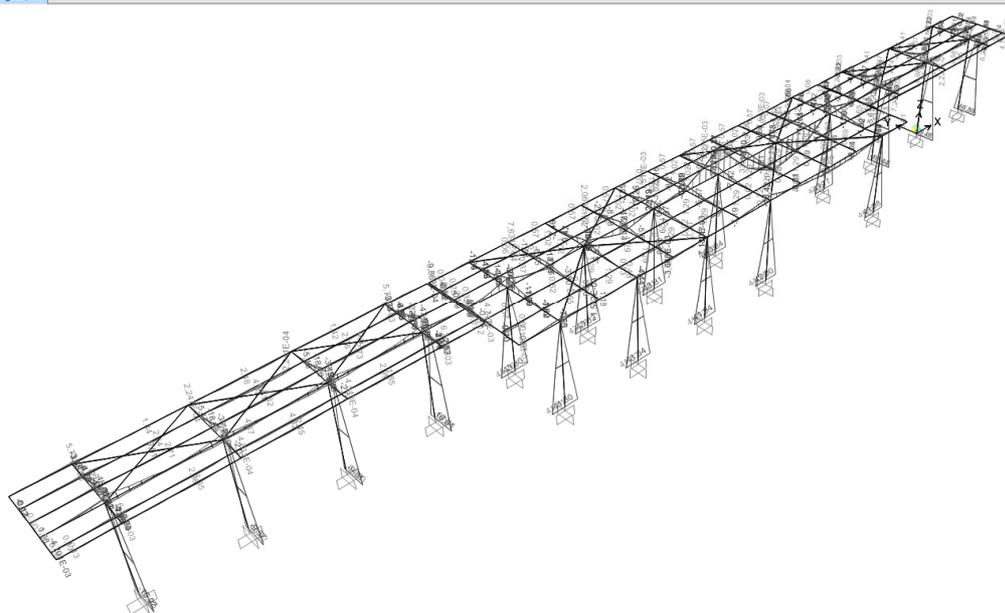


Figura 16 – Momenti flettenti (asse maggiore) da INV_SLU-SLV [KN]

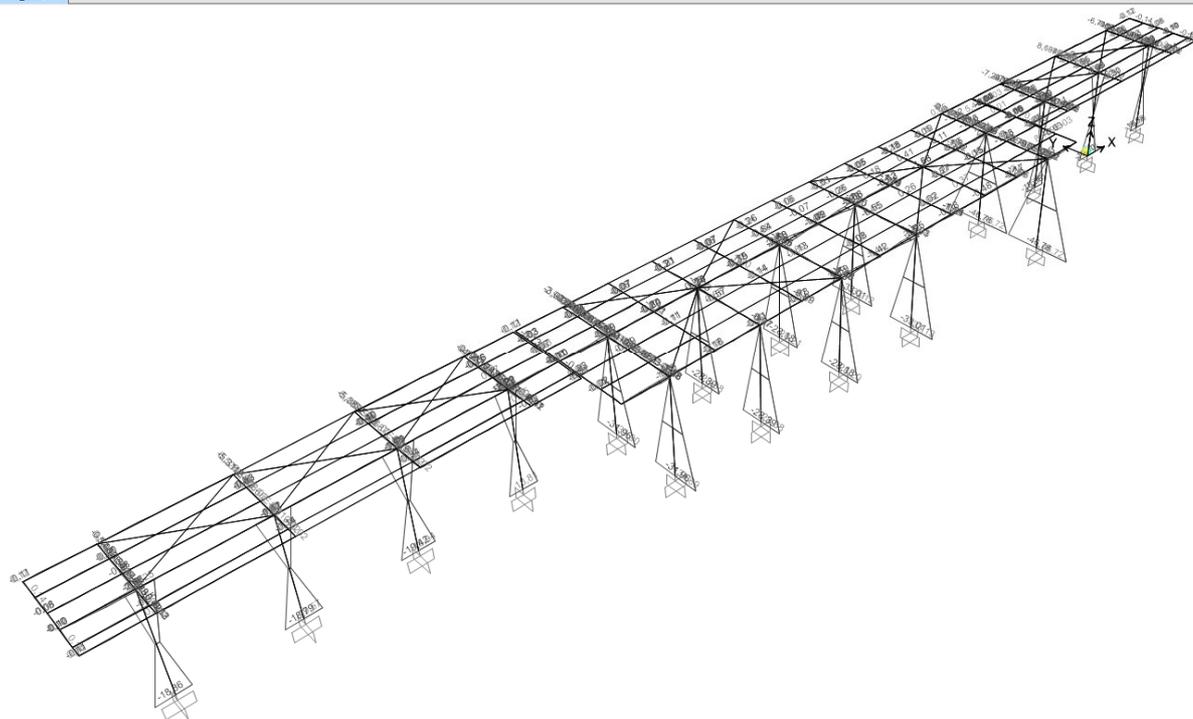
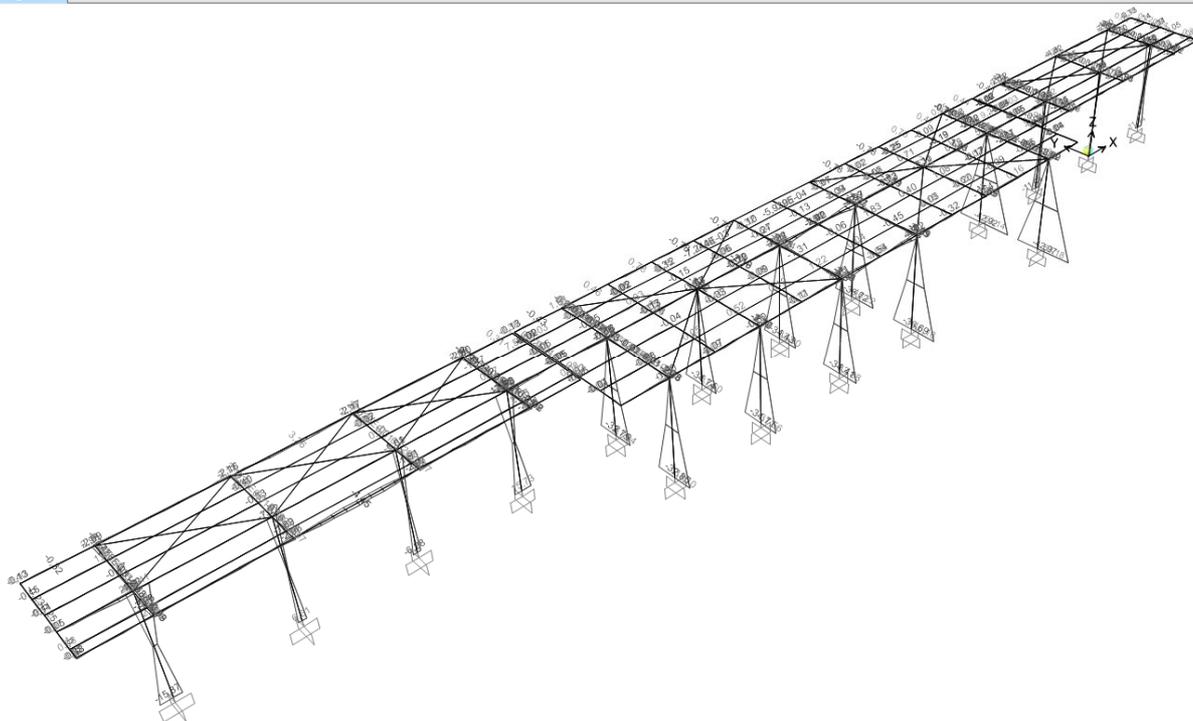
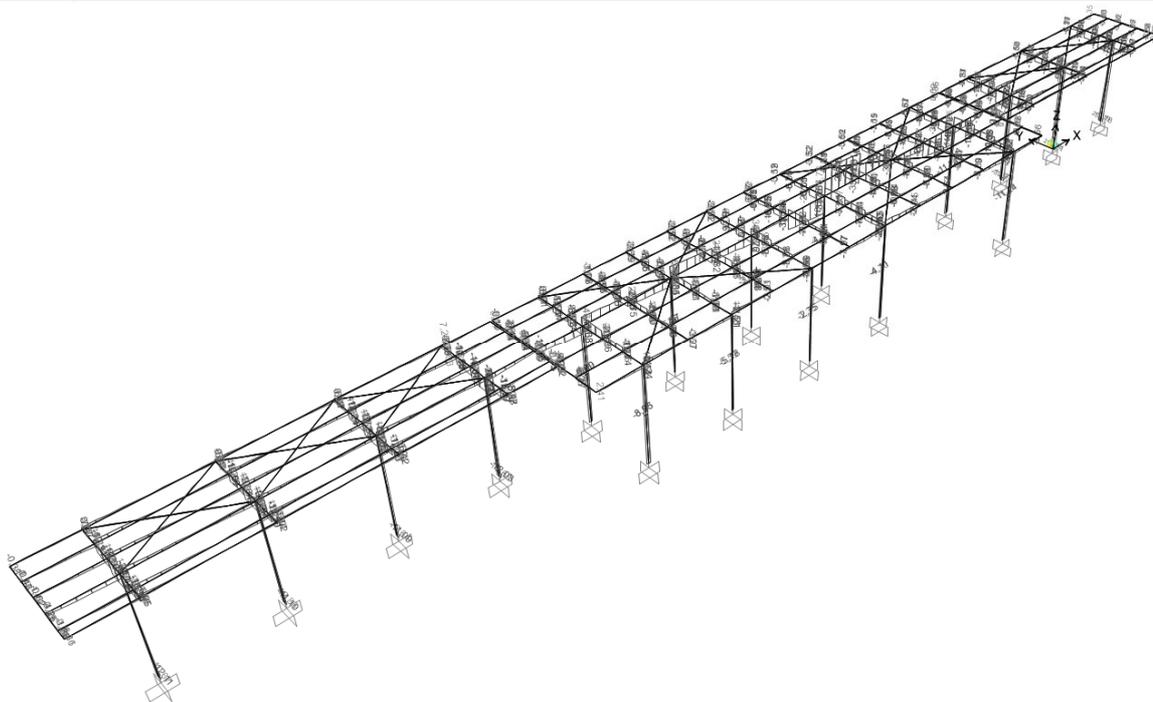


Figura 17 – Momenti flettenti (asse minore) da INV_SLU-SLV [KN]

Shear Force 2-2 Diagram (INV_SLU)



Shear Force 2-2 Diagram (INV_SLV)

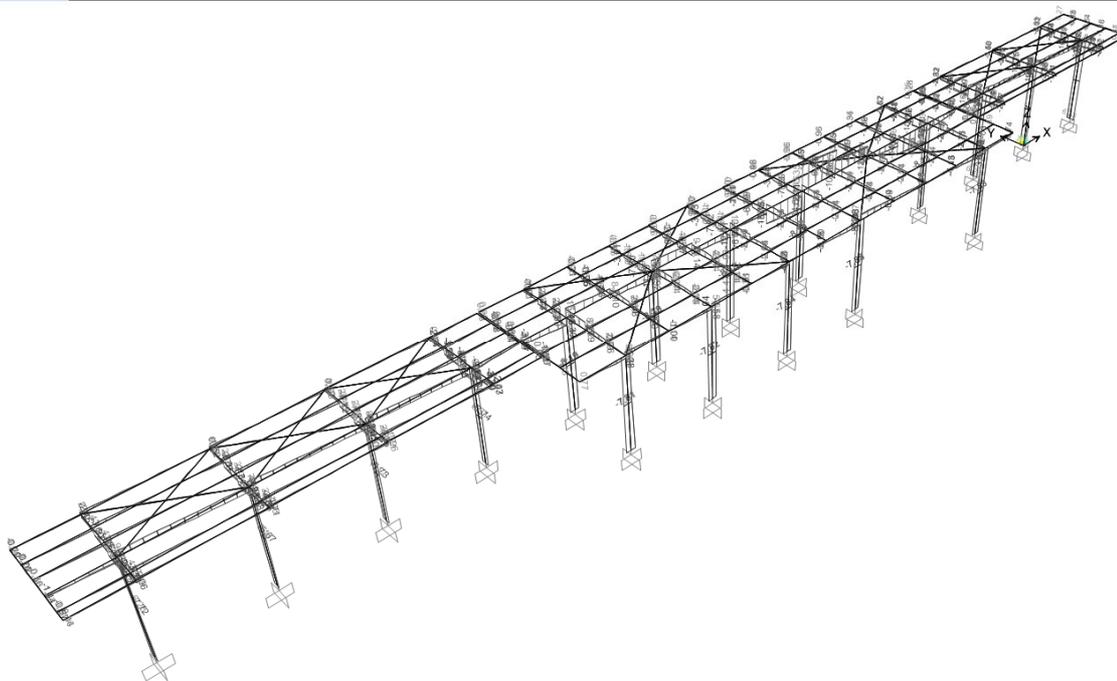
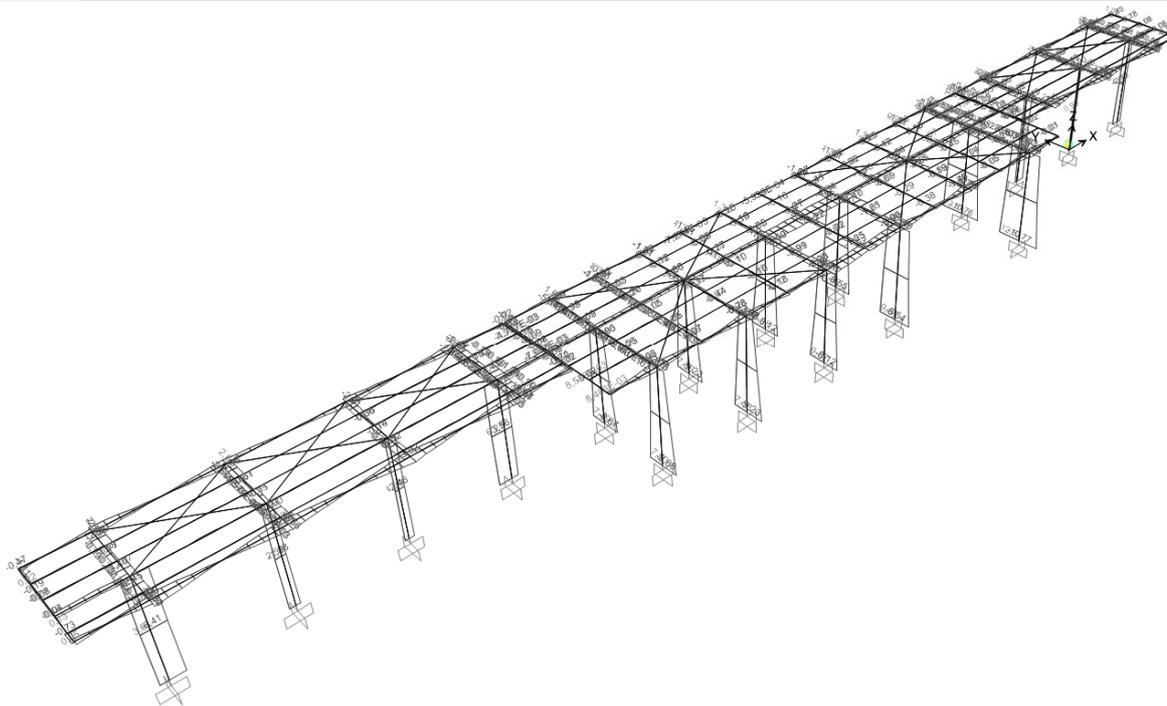


Figura 18 – Taglio (asse maggiore) da INV_SLU-SLV [kN]

Shear Force 3-3 Diagram (INV_SLU)



Shear Force 3-3 Diagram (INV_SLV)

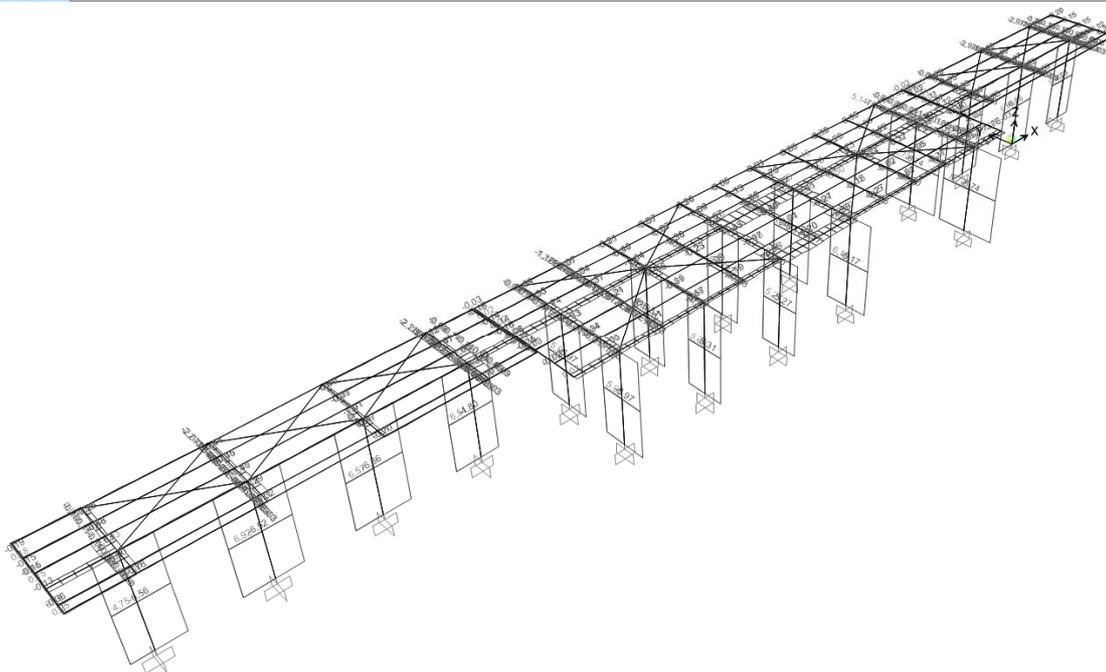
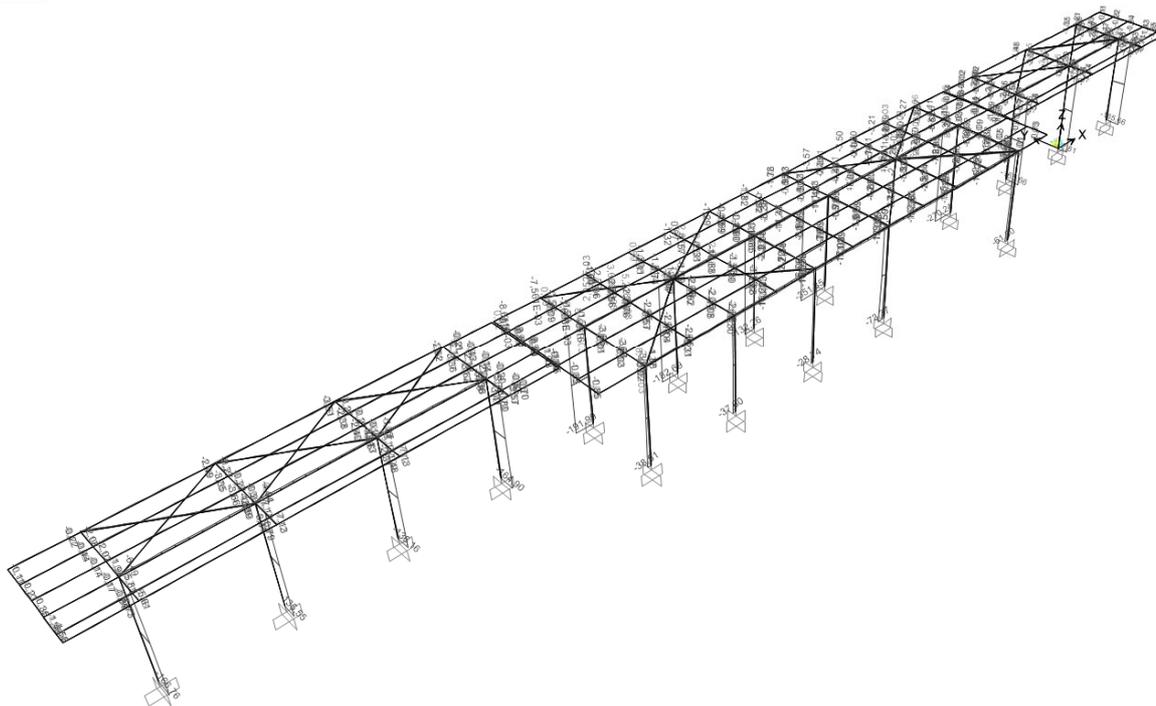


Figura 19 – Taglio (asse minore) da INV_SLU-SLV [kN]

Axial Force Diagram (INV_SLU)



Axial Force Diagram (INV_SLV)

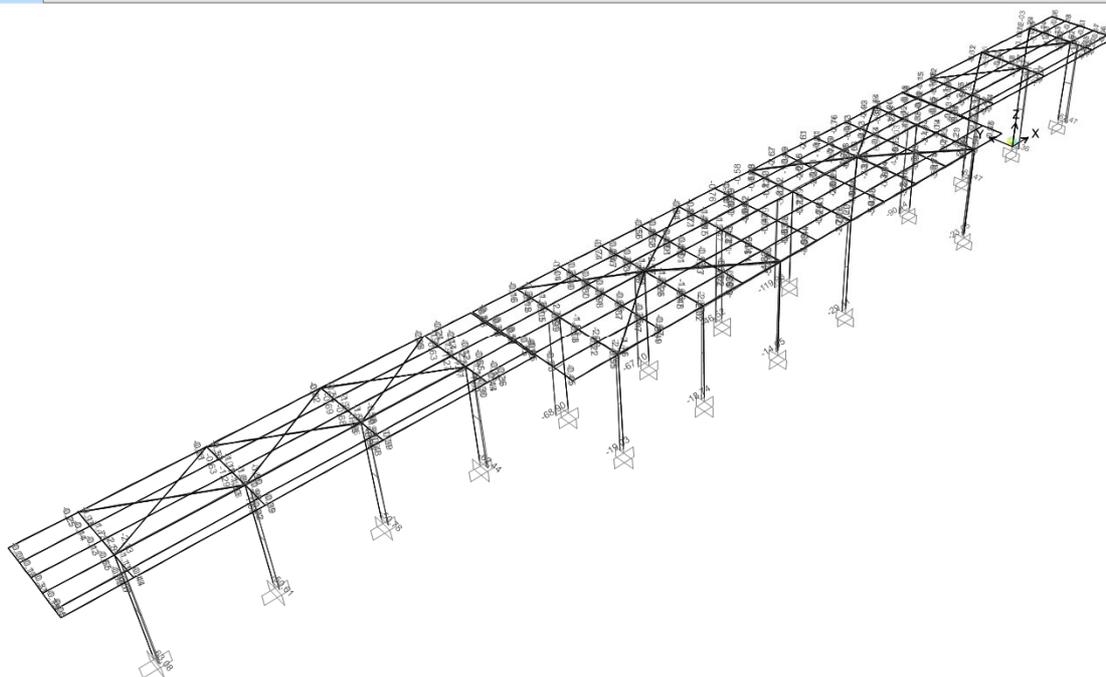


Figura 20 – Sforzi normali da INV_SLU-SLV [kN]

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

7.3 Stati Limite di Esercizio (SLE)

Deformed Shape (INV_SLE)

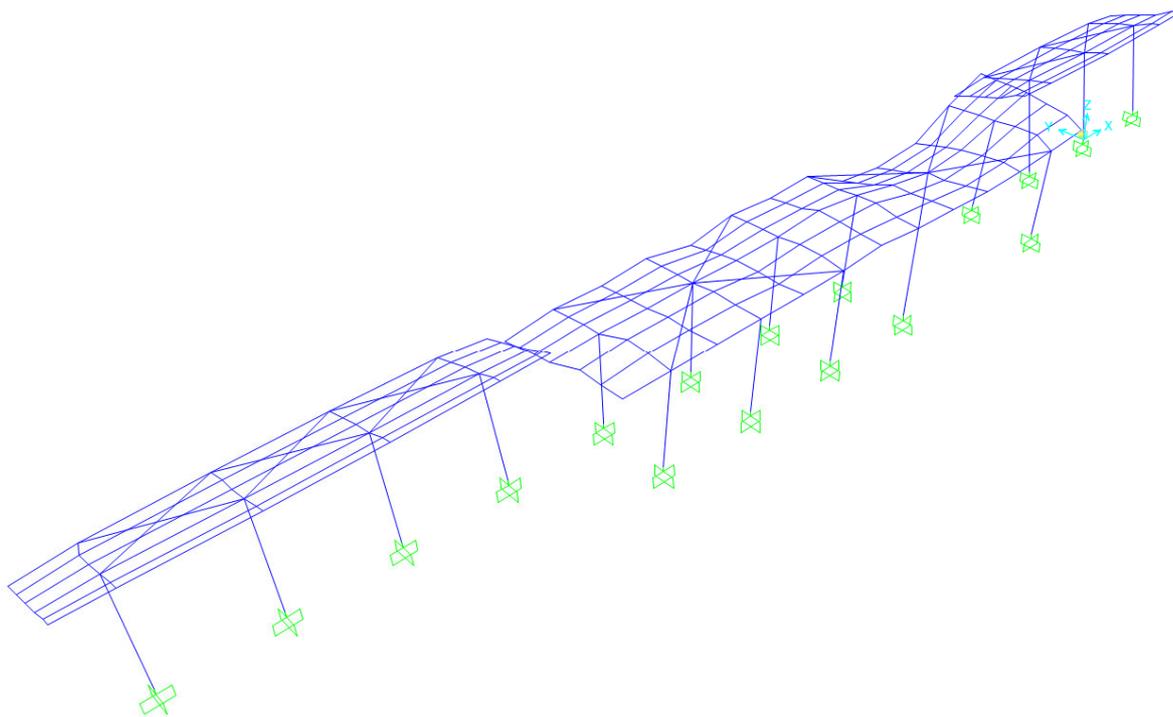


Figura 21 – Deformazioni verticali da INV_SLE_Rara [mm]

8 CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

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

9 VERIFICHE DELLE MEMBRATURE METALLICHE

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

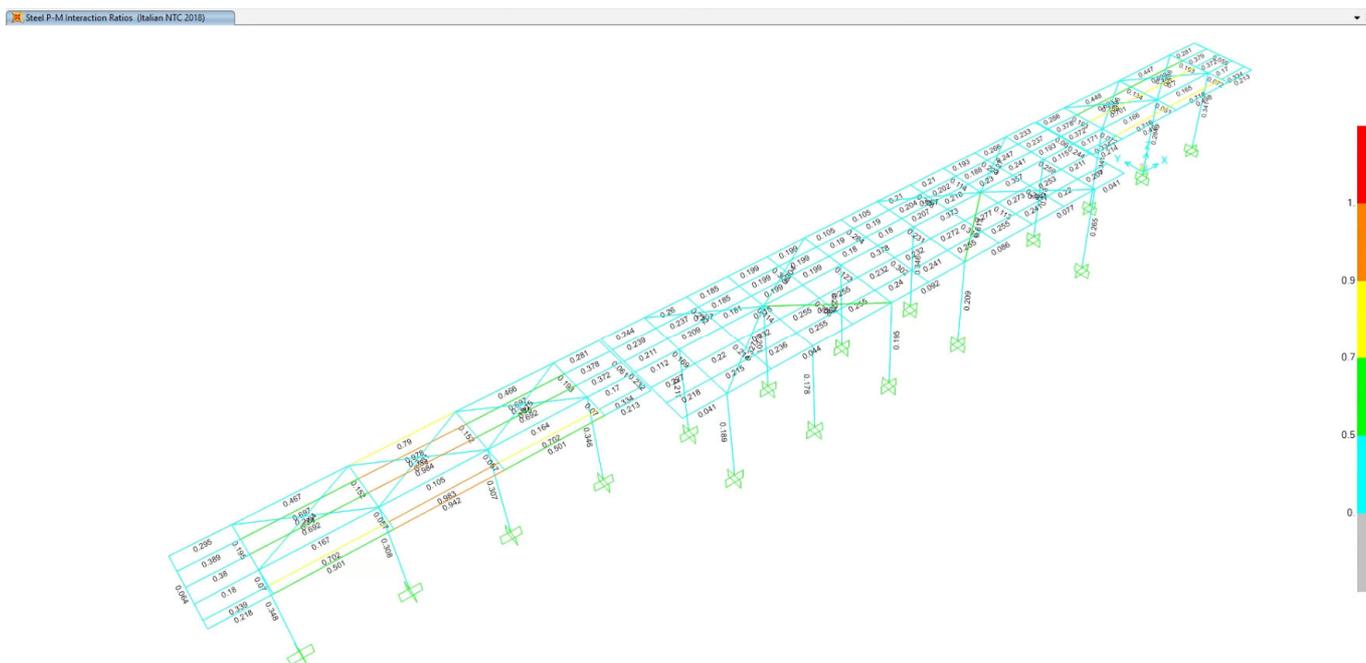
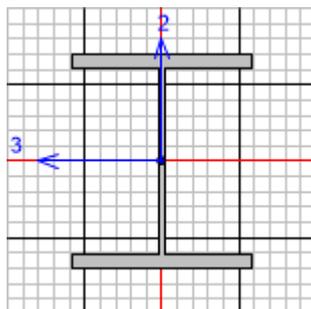


Figura 22 – Tasso di sfruttamento delle membrature

9.1 Pensilina TIPO 1 (Assi strutturali 1-4 10-12)

9.1.1 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 : 146	X Mid: -55.	Combo: SLV 8	Design Type: Column
Length: 5.35	Y Mid: 0.	Shape: HE360B	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 2.675	Class: Class 1	Rolled : Yes

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	
Aeff=0.018	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.018	Iyy=4.319E-04	iyy=0.154	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=2.980E-06	Izz=1.014E-04	izz=0.075	Wel,zz=6.760E-04	Weff,zz=6.760E-04
Iw=2.888E-06	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.003	Av,y=0.014
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=0.001	Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-71.648	106.043	41.771	12.585	13.284	-0.044

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

D/C Ratio: 0.348 = 0.03 + 0.17 + 0.148 < 1. OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-71.648	4740.476	4740.476				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	4740.476	5603.76	12346.184	12346.184	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	31274.81	0.399	0.613	0.926	4392.019
MajorB (y-y)	b	0.34	31274.81	0.399	0.613	0.926	4392.019
Minor (z-z)	c	0.49	4322.037	1.073	1.29	0.499	2364.148
MinorB (z-z)	c	0.49	12447.648	0.632	0.806	0.766	3631.414
Torsional TF	c	0.49	12346.184	0.635	0.808	0.764	3624.003



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	65 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	106.043	106.043	73.092	79.682
Minor (z-z)	41.771	41.771	38.79	39.386

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	702.69	702.69	702.69	620.666
Minor (z-z)	270.286	270.286	270.286	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.649	0.787	0.883	1.396	1749.832

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.754	0.573	0.998	0.955

SHEAR DESIGN

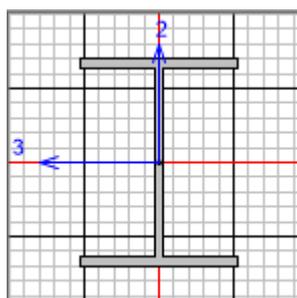
	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	14.045	0.043	921.818	0.015	OK
Minor (y)	15.095	0.043	2141.522	0.007	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
	921.818	1.	0.309

La verifica ha esito positivo!

9.1.2 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 : 224	X Mid: -55.	Combo: SLU_04	Design Type: Beam
Length: 3.	Y Mid: 1.5	Shape: Mensola 3	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	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=0.017	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.017	Iyy=4.919E-04	iy=0.168	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=1.927E-06	Izz=9.010E-05	izz=0.072	Wel,zz=6.007E-04	Weff,zz=6.007E-04
Iw=2.190E-06	Iyz=0.	h=0.4	Wpl,yy=0.003	Av,y=0.012
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=9.203E-04	Av,z=0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-0.064	-141.025	-2.842	-77.731	-3.668	0.23

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

D/C Ratio: 0.195 = 0.195 < 1. OK
= (My,Ed/Mn,y,Rd) (NTC Eq 4.2.38(y))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-0.064	4557.143	4557.143				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	4557.143	5387.04	206196.343	206196.343	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	113284.635	0.206	0.522	0.998	4548.23
MajorB (y-y)	b	0.34	113284.635	0.206	0.522	0.998	4548.23
Minor (z-z)	c	0.49	186745.376	0.16	0.503	1.	4557.143
MinorB (z-z)	c	0.49	186745.376	0.16	0.503	1.	4557.143
Torsional TF	c	0.49	206196.343	0.152	0.5	1.	4557.143

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mm,Ed	Meq,Ed
	Moment	Moment	Moment	Moment



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	67 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

Major (y-y)	-141.025	-141.025	-423.076	-64.192
Minor (z-z)	-2.842	-2.842	-8.527	-0.741

	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	724.429	724.429	724.429	724.429
Minor (z-z)	241.018	241.018	241.018	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c	0.49	0.122	0.488	1.	1.418	50896.055

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.43	0.53	0.76	0.884

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	77.731	0.23	816.538	0.095	OK
Minor (y)	3.668	0.23	1814.529	0.002	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	816.538	1.	0.288

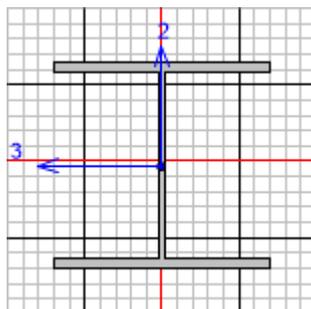
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	77.731	16.201

La verifica ha esito positivo!

9.1.3 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 : 30	X Mid: -56.25	Combo: SLU_08	Design Type: Beam
Length: 2.5	Y Mid: 0.	Shape: HE260A	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 2.5	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
2.5	-0.806	-0.028	0.	-7.619	1.761	0.044

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

D/C Ratio: 0.18 = 0. + 0.156 + 0.023 < 1. OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk / GammaM1) + kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-0.806	2273.333	2273.333				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	2273.333	2687.328	13237.347	13237.347	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	34654.155	0.262	0.545	0.978	2222.729
MajorB (y-y)	b	0.34	34654.155	0.262	0.545	0.978	2222.729
Minor (z-z)	c	0.49	12163.774	0.443	0.658	0.874	1987.659
MinorB (z-z)	c	0.49	12163.774	0.443	0.658	0.874	1987.659

Torsional TF c 0.49 13237.347 0.425 0.645 0.884 2010.099

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-0.028	-37.334	-0.028	-28.001
Minor (z-z)	0.	4.401	2.201	2.641

	Mc, Rd Capacity	Mv, Rd Capacity	Mn, Rd Capacity	Mb, Rd Capacity
Major (y-y)	240.952	240.952	240.952	238.649
Minor (z-z)	112.619	112.619	112.619	

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.285	0.555	0.99	1.921	3109.222

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0.506	0.36	1.	0.6

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	7.619	0.044	434.542	0.018	OK
Minor (y)	1.761	0.044	1057.341	0.002	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	434.542	1.	0.363

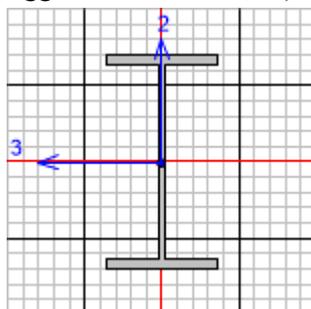
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	23.08	7.817

La verifica ha esito positivo!

9.1.4 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 : 98	X Mid: -47.5	Combo: SLU_77	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 1.	Shape: IPE180	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 5.	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	iy=0.074	Wel, yy=1.463E-04	Weff, yy=1.463E-04
It=0.	Izz=1.010E-06	iz=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
5.	-2.35	0.	0.	12.208	0.	4.347E-06

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

D/C Ratio: 0.984 = 0.033 + 0.951 + 0. < 1. OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc, Rd	Nt, Rd		
Axial	Force	Capacity	Capacity		
	-2.35	625.952	625.952		
	Npl, Rd	Nu, Rd	Ncr, T	Ncr, TF	An/Ag
	625.952	739.944	748.296	748.296	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb, Rd
Major (y-y)	a	0.21	1091.855	0.776	0.861	0.809	506.524
MajorB(y-y)	a	0.21	1091.855	0.776	0.861	0.809	506.524
Minor (z-z)	b	0.34	83.734	2.802	4.867	0.113	70.756
MinorB(z-z)	b	0.34	83.734	2.802	4.867	0.113	70.756
Torsional TF	b	0.34	748.296	0.937	1.064	0.637	398.882

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	0.	15.26	0.	11.445
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	15.976
Minor (z-z)	9.062	9.062	9.062	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	b	0.34	1.439	1.747	0.367	1.143	22.03

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.953	0.628	0.995	1.047

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	12.208	4.347E-06	169.416	0.072	OK
Minor (y)	0.	4.347E-06	229.961	0.	OK

	Vpl, Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	169.416	1.	0.382

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

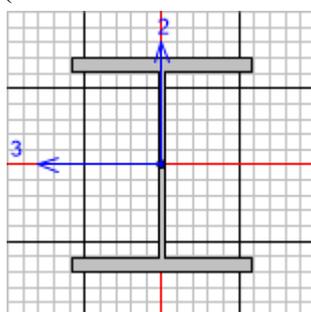
	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	12.208	12.208

La verifica ha esito positivo!

9.2 Pensilina TIPO 2 (Assi strutturali 5-9)

9.2.1 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: -20.	Combo: SLU_76	Design Type: Column
Length: 5.35	Y Mid: 0.	Shape: HE360B	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 2.675	Class: Class 1	Rolled : Yes

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	
Aeff=0.018	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.018	Iyy=4.319E-04	iyy=0.154	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=2.980E-06	Izz=1.014E-04	izz=0.075	Wel,zz=6.760E-04	Weff,zz=6.760E-04
Iw=2.888E-06	Iyz=0.	h=0.36	Wpl,yy=0.003	Av,y=0.014
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=0.001	Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0.	-328.908	-20.42	34.094	-3.817	7.384	0.027

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

D/C Ratio: $0.346 = 0.236 + 0.033 + 0.077 < 1.$ OK

$$= \frac{NEd}{(\chi_z N Rk / \Gamma M1)} + kzy \frac{(My, Ed + NEd eNy)}{(\chi_{LT} My, Rk / \Gamma M1)} + kzz \frac{(Mz, Ed + NEd eNz)}{(Mz, Rk / \Gamma M1)}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd		
	Force	Capacity	Capacity		
Axial	-328.908	4740.476	4740.476		
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	4740.476	5603.76	10128.726	10128.726	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	8636.638	0.759	0.883	0.749	3551.961
MajorB(y-y)	b	0.34	42295.482	0.343	0.583	0.948	4494.426
Minor (z-z)	c	0.49	2027.68	1.567	2.062	0.294	1392.957
MinorB(z-z)	c	0.49	9929.988	0.708	0.875	0.72	3411.875
Torsional TF	c	0.49	10128.726	0.701	0.868	0.724	3432.387

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mm, Ed	Meq, Ed
	Moment	Moment	Moment	Moment
Major (y-y)	-20.42	-20.42	-10.21	-12.252
Minor (z-z)	34.094	34.094	34.094	34.094

	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	702.69	702.69	702.69	611.286
Minor (z-z)	270.286	270.286	270.286	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	b	0.34	0.736	0.862	0.87	1.75	1361.325

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.606	0.368	0.98	0.613

SHEAR DESIGN

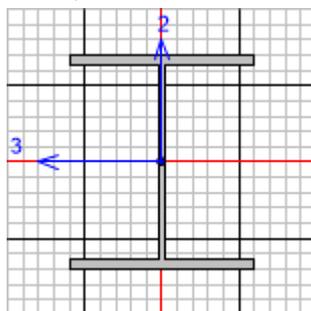
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	3.817	0.027	921.818	0.004	OK
Minor (y)	7.384	0.027	2141.522	0.003	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	921.818	1.	0.309

La verifica ha esito positivo!

9.2.2 Verifiche delle travi trasversali HEA360

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



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

Units : KN, m, C

Frame : 248	X Mid: -10.	Combo: SLU_65	Design Type: Beam
Length: 6.86	Y Mid: -0.43	Shape: HE360A	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 3.86	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=0.014	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.014	Iyy=3.309E-04	iy=0.152	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=1.530E-06	Izz=7.887E-05	iz=0.074	Wel,zz=5.258E-04	Weff,zz=5.258E-04
Iw=2.180E-06	Iyz=0.	h=0.35	Wpl,yy=0.002	Av,y=0.011
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=8.020E-04	Av,z=0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.86	-11.755	-141.649	4.884	55.9	-5.114	-0.154

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

D/C Ratio: 0.259 = 0.259 < 1. OK
= (My,Ed/Mn,y,Rd) (NTC Eq 4.2.38 (y))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
Axial	Force	Capacity	Capacity			
	-11.755	3745.238	3745.238			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	3745.238	4427.28	97608.614	97608.614	1.	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0.34	46030.024	0.292	0.558	0.967	3621.372
MajorB (y-y)	b 0.34	46030.024	0.292	0.558	0.967	3621.372
Minor (z-z)	c 0.49	96726.211	0.202	0.521	0.999	3742.116



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	75 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

MinorB(z-z)	c	0.49	96726.211	0.202	0.521	0.999	3742.116
Torsional TF	c	0.49	97608.614	0.201	0.52	1.	3743.862

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm, Ed Moment	Meq, Ed Moment
Major (y-y)	-141.649	-141.649	-747.47	-141.649
Minor (z-z)	4.884	4.884	25.773	4.884

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

LTB	Curve b	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
		0.34	0.177	0.512	1.	1.119	18399.079

Factors	kyy	kzy	kzy	kzz
	0.933	0.391	0.802	0.652

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc, Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	55.9	0.154	743.957	0.075	OK
Minor (y)	5.114	0.154	1685.999	0.003	OK

Reduction	Vpl, Rd	Eta	LambdaBarW
	743.957	1.	0.388

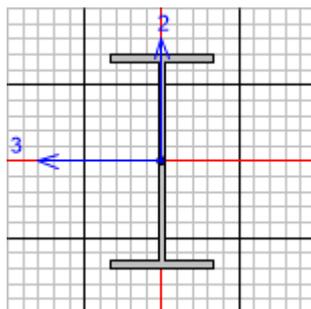
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right
	17.254	11.232

La verifica ha esito positivo!

9.2.3 Verifiche delle travi trasversali IPE330

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



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

Frame : 79	X Mid: -17.5	Combo: SLU_04	Design Type: Beam
Length: 3.86	Y Mid: -1.93	Shape: IPE330	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 3.86	Z Mid: 5.35	Class: Class 1	Rolled : Yes

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	
Aeff=0.006	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.006	Iyy=1.177E-04	iy=0.137	Wel,yy=7.133E-04	Weff,yy=7.133E-04
It=0.	Izz=7.880E-06	iz=0.035	Wel,zz=9.850E-05	Weff,zz=9.850E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.33	Wpl,yy=8.040E-04	Av,y=0.004
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=1.540E-04	Av,z=0.003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.86	-0.592	-63.98	-0.588	34.808	0.707	0.054

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

D/C Ratio: 0.315 = 0. + 0.304 + 0.011 < 1. OK

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

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	-0.592	1639.524	1639.524				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	1639.524	1938.096	13348.563	13348.563	1.		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0.21	16372.722	0.324	0.566	0.972	1593.218
MajorB (y-y)	a	0.21	16372.722	0.324	0.566	0.972	1593.218
Minor (z-z)	b	0.34	9664.036	0.422	0.627	0.917	1503.811
MinorB (z-z)	b	0.34	9664.036	0.422	0.627	0.917	1503.811
Torsional TF	b	0.34	13348.563	0.359	0.592	0.942	1544.417

MOMENT DESIGN

Med	Med, span	Mm, Ed	Meq, Ed
-----	-----------	--------	---------

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	77 di 111

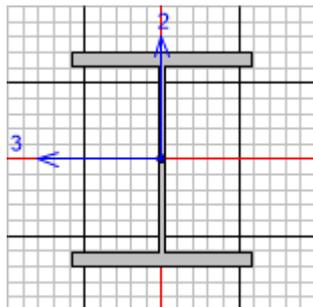
RELAZIONE DI CALCOLO

	Moment	Moment	Moment	Moment		
Major (y-y)	-63.98	-63.98	-189.972	-19.279		
Minor (z-z)	-0.588	-0.588	-1.745	-0.184		
	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd		
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity		
Major (y-y)	210.571	210.571	210.571	210.571		
Minor (z-z)	40.333	40.333	40.333			
	Curve AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	c 0.49	0.276	0.557	1.	1.802	2898.606
	kyy	kzy	kzy	kzz		
Factors	0.4	0.445	1.	0.741		
SHEAR DESIGN						
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status	
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check	
Major (z)	34.808	0.054	465.767	0.075	OK	
Minor (y)	0.707	0.054	598.416	0.001	OK	
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW			
Reduction	465.767	1.	0.498			
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS						
	VMajor	VMajor				
	Left	Right				
Major (V2)	2.031	34.808				

La verifica ha esito positivo!

9.2.4 Verifiche delle travi longitudinali HEB360

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



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

Units : KN, m, C

Frame : 159	X Mid: -22.5	Combo: SLU_73	Design Type: Beam
Length: 5.	Y Mid: 0.	Shape: HE360B	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 0.	Z Mid: 5.35	Class: Class 1	Rolled : Yes

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	
Aeff=0.018	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.018	Iyy=4.319E-04	iy=0.154	Wel,yy=0.002	Weff,yy=0.002
It=2.980E-06	Izz=1.014E-04	iz=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.	-2.843	-258.768	4.082	-99.847	2.132	-0.008

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

D/C Ratio: 0.378 = 0. + 0.363 + 0.015 < 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	-2.843	4740.476	4740.476				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	4740.476	5603.76	40668.121	40668.121	1.		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	35806.53	0.373	0.599	0.937	4440.461
MajorB (y-y)	b	0.34	35806.53	0.373	0.599	0.937	4440.461
Minor (z-z)	c	0.49	33626.137	0.385	0.619	0.905	4291.844
MinorB (z-z)	c	0.49	33626.137	0.385	0.619	0.905	4291.844
Torsional TF	c	0.49	40668.121	0.35	0.598	0.924	4378.05

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mm, Ed	Meq, Ed
	Moment	Moment	Moment	Moment



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	79 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

Major (y-y)	-258.768	-258.768	-517.536	-117.124
Minor (z-z)	4.082	4.082	8.163	0.883

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

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	b	0.34	0.23	0.532	1.	2.193	13922.103

	kyy	kzy	kzy	kzz
Factors	0.4	0.586	0.985	0.977

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	99.847	0.008	921.818	0.108	OK
Minor (y)	2.132	0.008	2141.522	0.001	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	921.818	1.	0.308

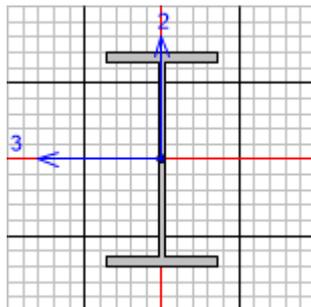
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	100.274	4.871

La verifica ha esito positivo!

9.2.5 Verifiche degli arcarecci IPE 160

Seguono le verifiche di resistenza strutturale della sezione scelta per gli arcarecci longitudinali condotte con il software SAP2000 (si considera la sezione maggiormente sollecitata).



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

Frame : 179	X Mid: -16.25	Combo: SLU_04	Design Type: Beam
Length: 2.5	Y Mid: -1.3	Shape: IPE160	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 2.5	Z Mid: 5.35	Class: Class 1	Rolled : Yes

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

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.	D/C Lim=1.	
Aeff=0.002	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.002	Iyy=8.690E-06	iy=0.066	Wel,yy=1.086E-04	Weff,yy=1.086E-04
It=0.	Izz=0.	iz=0.018	Wel,zz=1.666E-05	Weff,zz=1.666E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.16	Wpl,yy=1.240E-04	Av,y=0.001
E=210000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=2.610E-05	Av,z=9.666E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2.5	-3.902	0.	0.	8.582	0.	-0.002

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

D/C Ratio: 0.277 = 0.023 + 0.254 + 0. < 1. OK

$$= \frac{NEd}{(\chi_{z,z} N R_k / \Gamma_{M1})} + k_{zy} \frac{(M_y, Ed + NEd e_{Ny})}{(\chi_{LT} M_y, R_k / \Gamma_{M1})} + k_{zz} \frac{(M_z, Ed + NEd e_{Nz})}{(M_z, R_k / \Gamma_{M1})}$$
 (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	-3.902	526.429	526.429				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	526.429	622.296	895.915	895.915	1.		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0.21	2881.767	0.438	0.621	0.943	496.163
MajorB (y-y)	a	0.21	2881.767	0.438	0.621	0.943	496.163
Minor (z-z)	b	0.34	226.496	1.562	1.952	0.32	168.626
MinorB (z-z)	b	0.34	226.496	1.562	1.952	0.32	168.626
Torsional TF	b	0.34	895.915	0.785	0.908	0.733	386.069

MOMENT DESIGN

Med	Med, span	Mm, Ed	Meq, Ed
-----	-----------	--------	---------



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	81 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

	Moment	Moment	Moment	Moment		
Major (y-y)	0.	5.149	0.	3.862		
Minor (z-z)	0.	0.	0.	0.		
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Major (y-y)	32.476	32.476	32.476	20.207		
Minor (z-z)	6.836	6.836	6.836			
LTB	Curve AlphaLT b	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
	0.34	0.988	1.122	0.622	1.136	34.956
Factors	kyy	kzy	kzy	kzz		
	0.952	0.619	0.997	1.032		
SHEAR DESIGN						
	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	
Major (z)	8.582	0.002	146.16	0.059	OK	
Minor (y)	0.	0.002	194.155	0.	OK	
Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW			
	146.16	1.	0.356			
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS						
Major (V2)	VMajor Left	VMajor Right				
	8.582	8.582				

La verifica ha esito positivo!

9.3 Verifiche dei controventi 2x L70x7

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

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

Axial Force Diagram (INV_SLV)

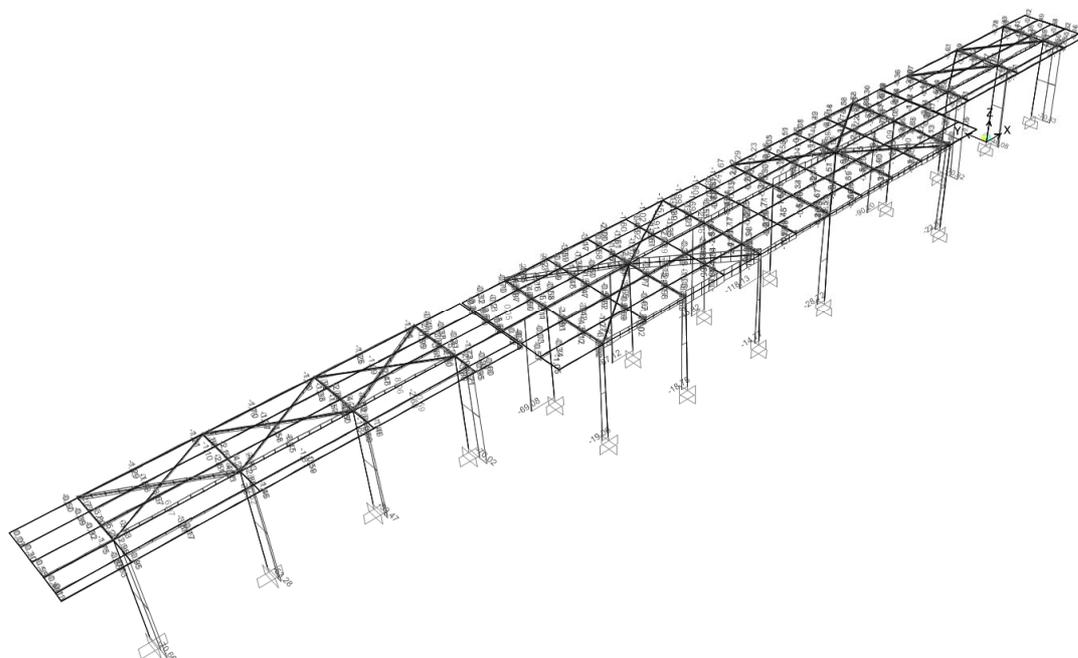
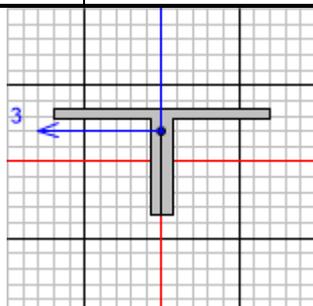


Figura 23 – Sforzi normali da INV-SLV [kN]



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

Frame : 312	X Mid: -17.5	Combo: SLV_1	Design Type: Beam
Length: 6.317	Y Mid: -1.93	Shape: 2L70X7/0/	Frame Type: Non Dissipative
Loc : 6.317	Z Mid: 5.35	Class: Class 3	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=0.	iy=0.021	Wel,yy=1.682E-05	Weff,yy=1.682E-05
It=0.	Izz=1.576E-06	izz=0.029	Wel,zz=2.251E-05	Weff,zz=2.251E-05
Iw=0.	Iyz=0.	h=0.07	Wpl,yy=3.120E-05	Av,y=8.134E-04
E=105000000.	fy=275000.	fu=430000.	Wpl,zz=3.705E-05	Av,z=9.800E-04
Iyz=0.	Imax=1.576E-06	imax=0.029	Wel,zz,maj=2.251E-05	
Rot= 90. deg	Imin=0.	imin=0.021	Wel,zz,min=1.682E-05	

Element: 312

Sforzo assiale massimo: N=18.83 kN (comb. SLV_01 dal modelo SAP2000)

$N_{Ed} = 2 \times N = 37.66 \text{ kN}$

$N_{Rd} = A \times f_y / \gamma_{M0} = 18.8 \times 27.5 / 1.05 = 492.38 \text{ kN}$

$N_{Ed} < N_{Rd}$

La verifica ha esito positivo!

9.4 Verifiche tabelle output complete

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

Frame	DesignSe	DesignTy	Ratio	RatioTy	Comb
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
98	IPE180	Beam	0,983898	PMM	SLU_71
96	IPE180	Beam	0,98284	PMM	SLU_71
99	IPE180	Beam	0,978193	PMM	SLU_71
97	IPE180	Beam	0,942332	PMM	SLU_08
101	IPE180	Beam	0,790215	PMM	SLU_03
133	IPE180	Beam	0,715948	PMM	SLU_03
126	IPE180	Beam	0,715622	PMM	SLU_04
102	IPE180	Beam	0,701896	PMM	SLU_03
90	IPE180	Beam	0,70179	PMM	SLU_04
129	IPE180	Beam	0,700654	PMM	SLU_04
136	IPE180	Beam	0,700015	PMM	SLU_03
93	IPE180	Beam	0,696817	PMM	SLU_04
105	IPE180	Beam	0,696786	PMM	SLU_03
130	IPE180	Beam	0,692839	PMM	SLU_04
137	IPE180	Beam	0,692473	PMM	SLU_03
92	IPE180	Beam	0,692366	PMM	SLU_04
104	IPE180	Beam	0,691878	PMM	SLU_03
312	2L70X7/0/	Beam	0,613318	PMM	SLV_1
310	2L70X7/0/	Beam	0,567277	PMM	SLV_1
103	IPE180	Beam	0,50148	PMM	SLU_10
91	IPE180	Beam	0,501023	PMM	SLU_11
135	IPE180	Beam	0,498147	PMM	SLU_10
128	IPE180	Beam	0,498105	PMM	SLU_11
95	IPE180	Beam	0,467248	PMM	SLU_01
107	IPE180	Beam	0,46551	PMM	SLU_03
132	IPE180	Beam	0,448115	PMM	SLU_01
139	IPE180	Beam	0,447036	PMM	SLU_02
314	2L70X7/0/	Beam	0,440524	PMM	SLU_28
316	2L70X7/0/	Beam	0,395712	PMM	SLU_34
319	2L70X7/0/	Beam	0,395026	PMM	SLU_35
302	2L70X7/0/	Beam	0,394155	PMM	SLU_34
32	IPE180	Beam	0,388671	PMM	SLU_04
307	2L70X7/0/	Beam	0,385793	PMM	SLU_35
31	IPE180	Beam	0,37971	PMM	SLU_04
66	IPE180	Beam	0,3786	PMM	SLU_03
25	IPE180	Beam	0,378469	PMM	SLU_03
58	IPE180	Beam	0,378303	PMM	SLU_04
159	HE360B	Beam	0,378043	PMM	SLU_73
109	HE360B	Beam	0,373413	PMM	SLU_04
57	IPE180	Beam	0,372248	PMM	SLU_04
24	IPE180	Beam	0,371711	PMM	SLU_03
65	IPE180	Beam	0,371708	PMM	SLU_03
160	HE360B	Beam	0,356652	PMM	SLU_78
146	HE360B	Column	0,348367	PMM	SLV_1
143	HE360B	Column	0,346382	PMM	SLV_1

3	HE360B	Column	0,346196	PMM	SLU_76
142	HE360B	Column	0,341473	PMM	SLV_1
140	HE360B	Column	0,341321	PMM	SLV_1
35	IPE180	Beam	0,338667	PMM	SLU_04
54	IPE180	Beam	0,334459	PMM	SLU_04
305	2L70X7/0/	Beam	0,33438	PMM	SLU_48
28	IPE180	Beam	0,334125	PMM	SLU_03
62	IPE180	Beam	0,333963	PMM	SLU_03
304	2L70X7/0/	Beam	0,331074	PMM	SLU_50
308	2L70X7/0/	Beam	0,32717	PMM	SLU_26
79	IPE330	Beam	0,315022	PMM	SLU_04
145	HE360B	Column	0,308	PMM	SLV_1
309	2L70X7/0/	Beam	0,307204	PMM	SLV_1
144	HE360B	Column	0,306554	PMM	SLV_1
166	IPE330	Beam	0,306385	PMM	SLU_03
266	IPE330	Beam	0,305644	PMM	SLU_03
272	IPE330	Beam	0,305637	PMM	SLU_04
311	2L70X7/0/	Beam	0,303573	PMM	SLV_1
172	IPE330	Beam	0,301932	PMM	SLU_72
34	IPE180	Beam	0,295342	PMM	SLU_01
317	2L70X7/0/	Beam	0,289009	PMM	SLU_27
318	2L70X7/0/	Beam	0,285999	PMM	SLU_58
60	IPE180	Beam	0,285976	PMM	SLU_01
270	IPE330	Beam	0,2845	PMM	SLU_72
141	HE360B	Column	0,284064	PMM	SLV_1
68	IPE180	Beam	0,28146	PMM	SLU_02
27	IPE180	Beam	0,280881	PMM	SLU_02
1	HE360B	Column	0,278483	PMM	SLU_68
179	IPE160	Beam	0,277123	PMM	SLU_04
306	2L70X7/0/	Beam	0,274868	PMM	SLU_29
303	2L70X7/0/	Beam	0,274395	PMM	SLU_27
168	IPE160	Beam	0,272584	PMM	SLU_75
212	IPE160	Beam	0,272108	PMM	SLU_04
315	2L70X7/0/	Beam	0,269556	PMM	SLV_1
313	2L70X7/0/	Beam	0,267401	PMM	SLV_1
210	IPE160	Beam	0,265624	PMM	SLU_02
2	HE360B	Column	0,264663	PMM	SLV_9
195	IPE160	Beam	0,260076	PMM	SLU_01
248	HE360A	Beam	0,259024	PMM	SLU_65
110	IPE160	Beam	0,254824	PMM	SLU_03
111	IPE160	Beam	0,254824	PMM	SLU_03
116	IPE160	Beam	0,254824	PMM	SLU_03
117	IPE160	Beam	0,254824	PMM	SLU_03
214	IPE160	Beam	0,254824	PMM	SLU_04
215	IPE160	Beam	0,254824	PMM	SLU_04

147	IPE160	Beam	0,253064	PMM	SLU_73
206	IPE160	Beam	0,247375	PMM	SLU_71
44	IPE160	Beam	0,243957	PMM	SLU_01
278	UPN240	Beam	0,243829	PMM	SLU_02
204	IPE160	Beam	0,241195	PMM	SLU_71
174	IPE160	Beam	0,241076	PMM	SLU_77
124	IPE160	Beam	0,240519	PMM	SLU_77
125	IPE160	Beam	0,240484	PMM	SLU_75
42	IPE160	Beam	0,238699	PMM	SLU_01
187	IPE160	Beam	0,237242	PMM	SLU_01
49	IPE160	Beam	0,236877	PMM	SLU_72
118	IPE160	Beam	0,235974	PMM	SLU_71
51	IPE160	Beam	0,23307	PMM	SLU_02
122	IPE160	Beam	0,232305	PMM	SLU_75
112	IPE160	Beam	0,232006	PMM	SLU_02
123	IPE160	Beam	0,232006	PMM	SLU_01
276	UPN240	Beam	0,231988	PMM	SLU_01
170	IPE330	Beam	0,23185	PMM	SLU_77
246	HE360A	Beam	0,230979	PMM	SLU_70
115	IPE160	Beam	0,230332	PMM	SLU_77
38	IPE160	Beam	0,226506	PMM	SLU_01
5	HE360B	Column	0,224242	PMM	SLV_1
268	IPE330	Beam	0,222713	PMM	SLU_78
213	IPE160	Beam	0,219668	PMM	SLU_73
113	IPE160	Beam	0,219624	PMM	SLU_01
36	IPE180	Beam	0,217687	PMM	SLU_11
175	IPE160	Beam	0,217606	PMM	SLU_04
39	IPE160	Beam	0,21757	PMM	SLU_01
119	IPE160	Beam	0,215217	PMM	SLU_71
164	IPE330	Beam	0,214219	PMM	SLU_73
56	IPE180	Beam	0,214108	PMM	SLU_11
64	IPE180	Beam	0,213476	PMM	SLU_10
29	IPE180	Beam	0,212666	PMM	SLU_10
264	IPE330	Beam	0,212324	PMM	SLU_04
7	HE360B	Column	0,211483	PMM	SLV_1
46	IPE160	Beam	0,21136	PMM	SLU_74
41	IPE160	Beam	0,210869	PMM	SLU_01
211	IPE160	Beam	0,209934	PMM	SLU_37
178	IPE160	Beam	0,209585	PMM	SLU_37
183	IPE160	Beam	0,209052	PMM	SLU_01
4	HE360B	Column	0,208998	PMM	SLV_1
47	IPE160	Beam	0,207481	PMM	SLU_74
205	IPE160	Beam	0,207427	PMM	SLU_04
207	IPE160	Beam	0,204124	PMM	SLU_04
176	IPE160	Beam	0,202385	PMM	SLU_04
83	HE360B	Column	0,200599	PMM	SLV_1
180	IPE160	Beam	0,199158	PMM	SLU_03
181	IPE160	Beam	0,199158	PMM	SLU_03
184	IPE160	Beam	0,199158	PMM	SLU_03
185	IPE160	Beam	0,199158	PMM	SLU_03
192	IPE160	Beam	0,198541	PMM	SLU_36
193	IPE160	Beam	0,198541	PMM	SLU_36
6	HE360B	Column	0,195122	PMM	SLV_1
224	Mensola 3	Beam	0,194671	PMM	SLU_04
230	Mensola 3	Beam	0,192975	PMM	SLU_03
48	IPE160	Beam	0,192925	PMM	SLU_02
284	Mensola 3	Beam	0,192903	PMM	SLU_03
280	Mensola 3	Beam	0,19289	PMM	SLU_04
165	IPE160	Beam	0,192549	PMM	SLU_02
198	IPE160	Beam	0,190418	PMM	SLU_75
199	IPE160	Beam	0,189678	PMM	SLU_75
8	HE360B	Column	0,188548	PMM	SLV_1
120	IPE160	Beam	0,188155	PMM	SLU_77
194	IPE160	Beam	0,184525	PMM	SLU_34
186	IPE160	Beam	0,184503	PMM	SLU_75
182	IPE160	Beam	0,18056	PMM	SLU_75
30	HE260A	Beam	0,180286	PMM	SLU_08
196	IPE160	Beam	0,179784	PMM	SLU_01
197	IPE160	Beam	0,179784	PMM	SLU_01
84	HE360B	Column	0,17844	PMM	SLV_1
53	HE260A	Beam	0,171197	PMM	SLU_08
23	HE260A	Beam	0,170159	PMM	SLU_09
61	HE260A	Beam	0,169605	PMM	SLU_09
242	HE360A	Beam	0,168624	PMM	SLU_01
87	HE260A	Beam	0,166712	PMM	SLV_1
88	HE260A	Beam	0,166318	PMM	SLV_1
89	HE260A	Beam	0,165189	PMM	SLV_1
85	HE260A	Beam	0,16424	PMM	SLV_1
228	Mensola 3	Beam	0,152111	PMM	SLU_05
226	Mensola 3	Beam	0,151562	PMM	SLU_05
282	Mensola 3	Beam	0,134268	PMM	SLU_03
244	HE360A	Beam	0,122708	PMM	SLU_03
45	HE360B	Beam	0,115394	PMM	SLU_02
158	HE360B	Beam	0,114701	PMM	SLU_03
250	HE360A	Beam	0,114037	PMM	SLU_03
274	HE360A	Beam	0,113624	PMM	SLU_74
81	HE360A	Beam	0,113406	PMM	SLU_73
37	HE360B	Beam	0,112335	PMM	SLU_01
86	HE260A	Beam	0,105319	PMM	SLV_1
203	IPE160	Beam	0,105228	PMM	SLU_75
202	IPE160	Beam	0,104918	PMM	SLU_75
162	HE360A	Beam	0,092471	PMM	SLV_1
114	HE360A	Beam	0,085862	PMM	SLU_71
163	HE360A	Beam	0,076683	PMM	SLU_75
296	Mensola 1.5	Beam	0,071726	PMM	SLU_03
292	Mensola 1.5	Beam	0,071701	PMM	SLU_04
216	Mensola 1.5	Beam	0,07017	PMM	SLU_04
222	Mensola 1.5	Beam	0,069883	PMM	SLU_03
235	UPN240	Beam	0,063899	PMM	SLU_01
239	UPN240	Beam	0,060597	PMM	SLU_02
301	UPN240	Beam	0,059625	PMM	SLU_01
299	UPN240	Beam	0,059415	PMM	SLU_02
220	Mensola 1.5	Beam	0,056914	PMM	SLU_01
218	Mensola 1.5	Beam	0,056832	PMM	SLU_02
294	Mensola 1.5	Beam	0,050963	PMM	SLU_04
161	HE360A	Beam	0,04364	PMM	SLU_08
40	HE360A	Beam	0,040824	PMM	SLU_08
52	HE360A	Beam	0,040546	PMM	SLU_09

10 VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ

10.1 Verifiche di spostamenti verticali

10.1.1 Pensilina TIPO 1 (Assi strutturali 1-4 10-12)

Gli spostamenti attesi in copertura, per la prima tipologia di pensilina, dati dalla combinazione SLE rara governante e dai carichi permanenti risultano pari a 23.1mm e 9.1mm:

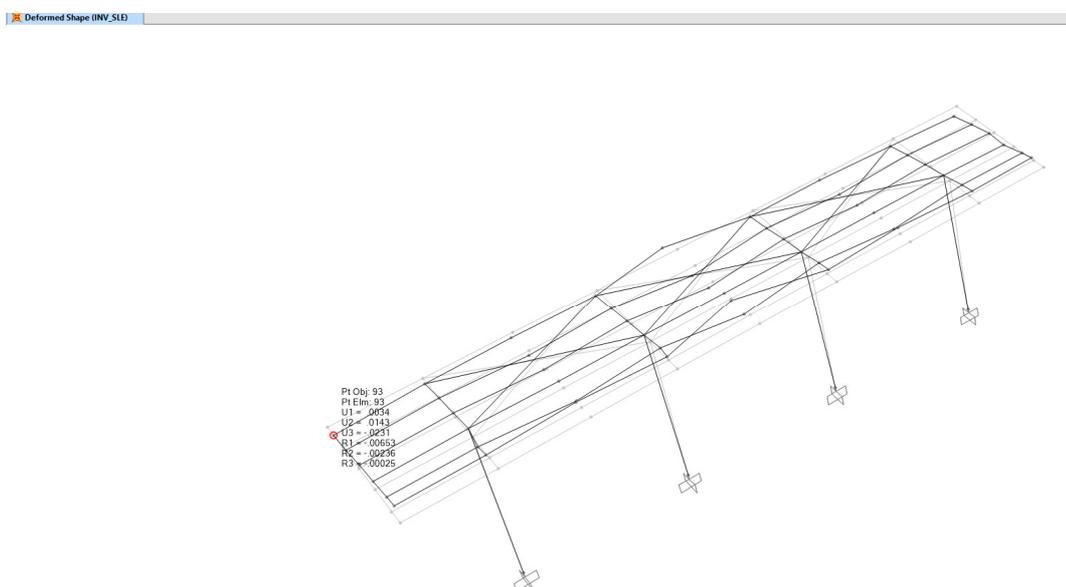


Figura 24 – Spostamenti massimi attesi

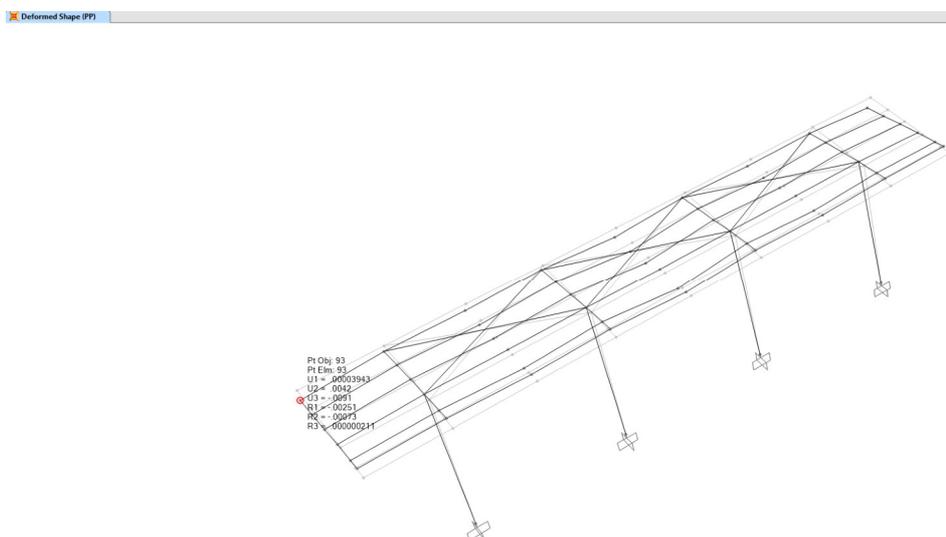


Figura 25 – Spostamenti massimi dai carichi permanenti

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

- spostamento elastico dovuto alla combinazione SLE:

$$\delta_{\max} = 23.1 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti:

$$\delta_1 = 9.1 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi variabili:

$$\delta_2 = 23.1 - 9.1 = 14 \text{ mm}$$

- spostamento massimo nello stato finale $\delta_{\max} = 23.1 \text{ mm}$

La deformabilità degli elementi della copertura è pertanto:

$$L / \delta_2 = 2 \times 2500 / 14 = 357$$

$$L / \delta_{\max} = 2 \times 2500 / 23.1 = 216$$

$$L / 357 \leq L / 250$$

$$L / 216 \leq L / 200$$

lunghezza dello sbalzo = 2.5m

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

La verifica risulta soddisfatta.

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

Tipologia pensilina intelaiata a mensola assi 1-4 (TIPO 1)							
	Elementi	δ_{\max} [mm]	δ_2 [mm]	δ_1 [mm]	L/200 [mm]	L/250 [mm]	Verifica
1	HEA 260- travi longitudinali	2	1,7	0,3	25	20	OK
2	H400x300- travi trasversali	18	11,8	6,2	30	24	OK
3	Mensole 2.5 m	23,1	14	9,1	25	20	OK
4	IPE180- arcarecci	22,2	14,2	8	25	20	OK

10.1.2 Pensilina TIPO 2 (Assi strutturali 5-9)

Gli spostamenti attesi in copertura dati dalla combinazione SLE rara governante e dai carichi permanenti risultano pari a 33.1mm e 14.6mm:

Deformed Shape (INV_SLE)

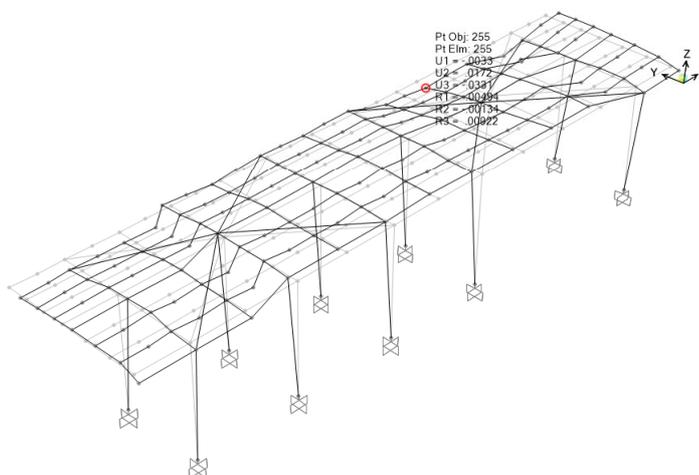


Figura 26 – Spostamenti massimi attesi

Deformed Shape (PP)

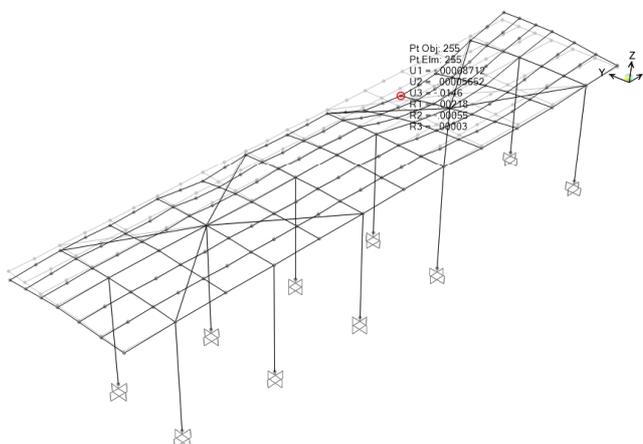


Figura 27 – Spostamenti massimi dai carichi permanenti

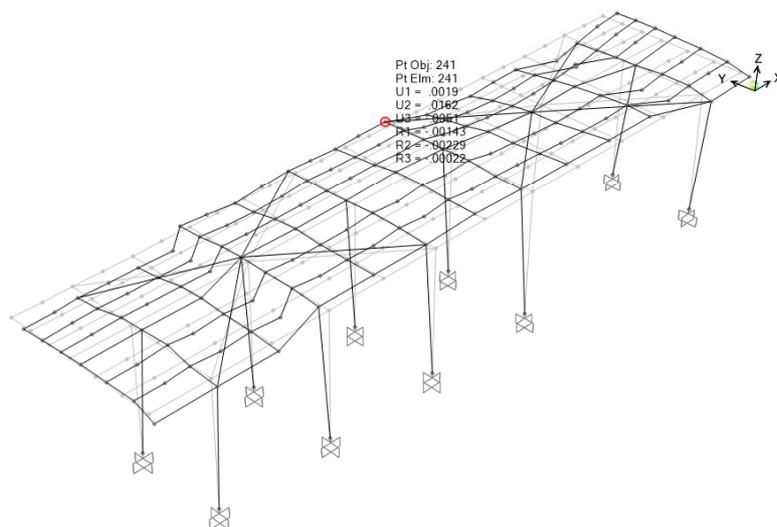


Figura 28 – Spostamento verticale massimo nella trave trasversale

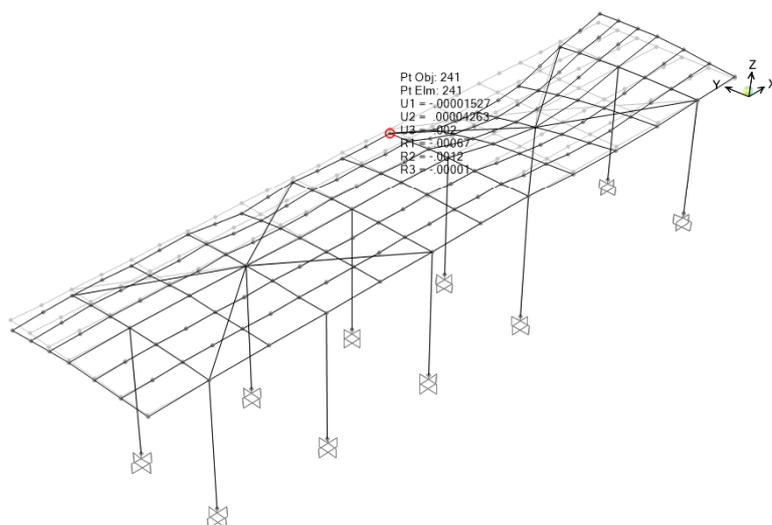


Figura 29 – Spostamento verticale dovuto ai carichi permanenti nella trave trasversale

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

- spostamento elastico dovuto alla combinazione SLE:

Essendo lo spostamento verticale nella trave trasversale HEA360 nella posizione critica uguale a 5.1mm, lo spostamento relativo nel punto critico è pari a :

$$\delta_{\max} = 33.1 - 5.1 = 28 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti:

Analogici considerazioni sono state fatte riguardo la deformazione dovuta ai carichi permanenti

$$\delta_1 = 14.6 - 2.0 = 12.6 \text{ mm}$$

- spostamento elastico dovuto ai carichi variabili:

$$\delta_2 = 28 - 12.6 = 15.4 \text{ mm}$$

- spostamento massimo nello stato finale $\delta_{\max} = 28 \text{ mm}$

La deformabilità degli elementi della copertura è pertanto:

$$L / \delta_2 = 2 \times 3000 / 15.4 = 389$$

$$L / \delta_{\max} = 2 \times 3000 / 28 = 214$$

$$L / 389 \leq L / 250$$

$$L / 214 \leq L / 200$$

lunghezza dello sbalzo = 3.0m

Si ha dunque: $L = 2 \times 3.0 = 6.0 \text{ m}$

La verifica risulta soddisfatta.

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

Tipologia pensilina con due pilastri assi 5-9 (TIPO 2)							
	Elementi	δ_{\max} [mm]	δ_2 [mm]	δ_1 [mm]	L/200 [mm]	L/250 [mm]	Verifica
1	HEB 360- travi longitudinali	18,7	10,4	8,3	50	40	OK
2	HEA 360- travi trasversali	1,6	1,6	0	19,5	15,6	OK
3	HEA 360-travi a mensola	28	15,4	12,6	30	24	OK
4	IPE 330- travi trasversali	10,1	5,8	4,3	19,5	15,6	OK
5	IPE 330- travi a mensola	21,9	12,2	9,7	30	24	OK
6	Mensole 2.5m	10,9	6,4	4,5	25	20	OK
7	IPE 160- arcarecci	6,9	4,4	2,5	12,5	10	OK

10.2 Verifiche di spostamenti laterali

Gli spostamenti laterali in copertura, dovuti a forze orizzontali, risultanti dall'involuppo delle SLE Rare, sono pari a 17.7 mm

Deformed Shape (INV_SLE)

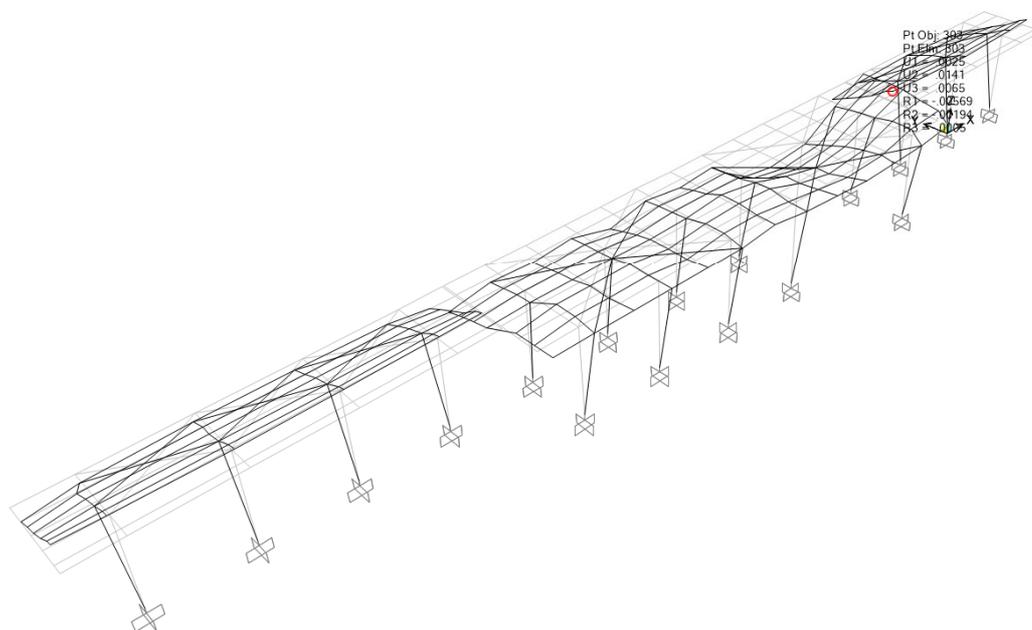


Figura 30 – Spostamenti massimi per il SLE_RR

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

spostamento laterale dovuto ai carichi variabili $\delta=17.7$ mm

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

$$\delta=17.7 \text{ mm} \leq 5350/300=17.8 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

10.3 Verifiche di rigidezza

Gli spostamenti laterali in copertura, risultanti dalle combinazioni il **SLO**, sono pari a 8.4 mm.

Deformed Shape (INV_SLO)

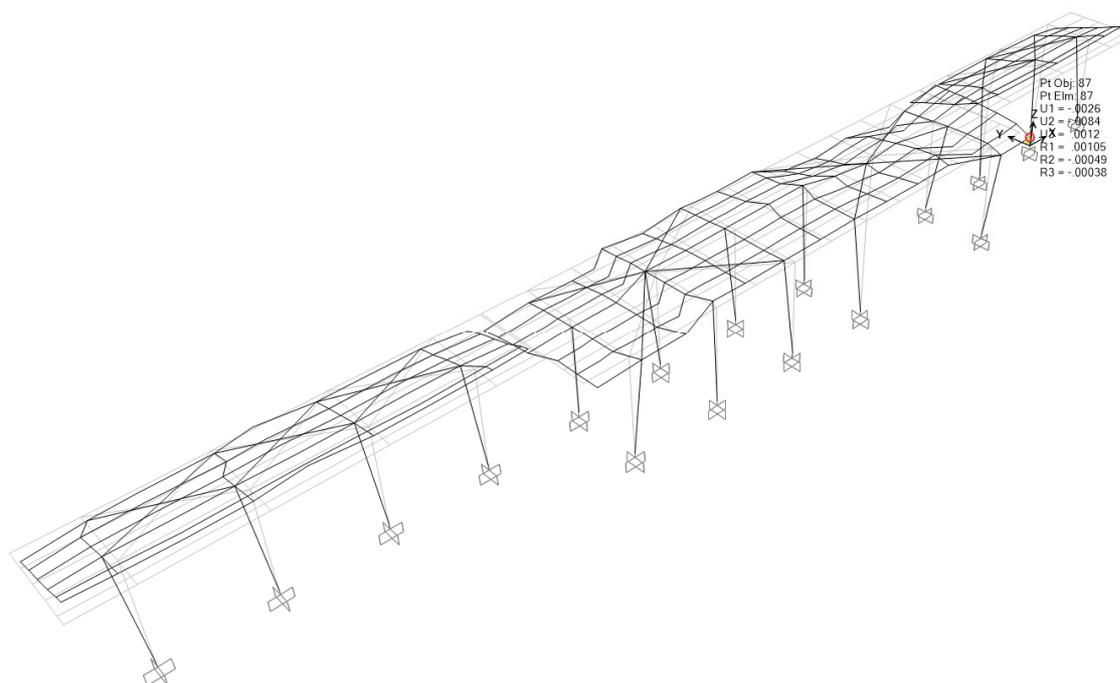


Figura 31 – Spostamenti massimi per il SLO

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

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

$$dr = 8.4 \text{ mm} < 0.005 \times 2/3 \times 5350 = 17.8 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

10.4 Verifiche del giunto strutturale

Gli spostamenti laterali in copertura dovuti alle combinazioni SLV sono pari a 5.8 mm.

Deformed Shape (INV_SLV)

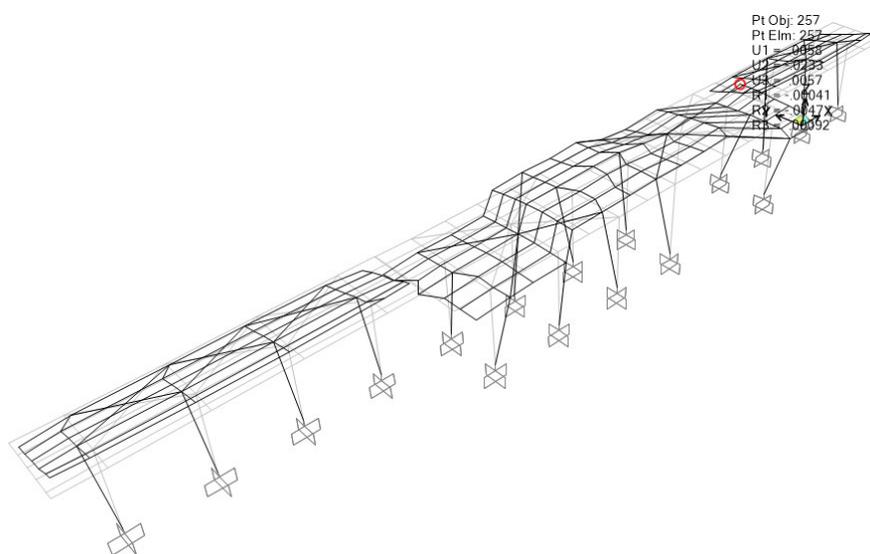


Figura 32 – Spostamenti massimi per il SLV

Gli spostamenti laterali in copertura dovuti allo carico Temperatura sono pari a 4.8 mm.

Deformed Shape (TEMPERATURA)

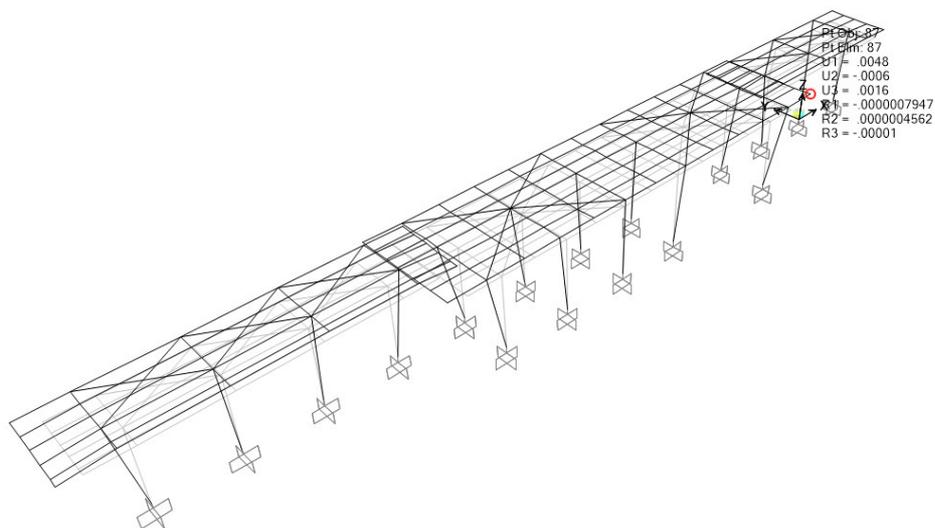


Figura 33 – Spostamenti massimi per il Temperatura

$$d_{SLV} = 5.8 \text{ mm} \quad d_T = 4.8 \text{ mm}$$

Il giunto tra i moduli della pensilina è di 50 mm.

$$2 \times (d_{SLV} + d_T) = 21.2 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta.

11 VERIFICA DELLE CONNESSIONI

Le verifiche delle connessioni sono state verificate tramite il programma Autodesk Robot 2020.

Nota: i bulloni sono stati calcolati di classe 5.6 a favore di sicurezza

11.1 Calcolo base colonna. Giunto ad incastro

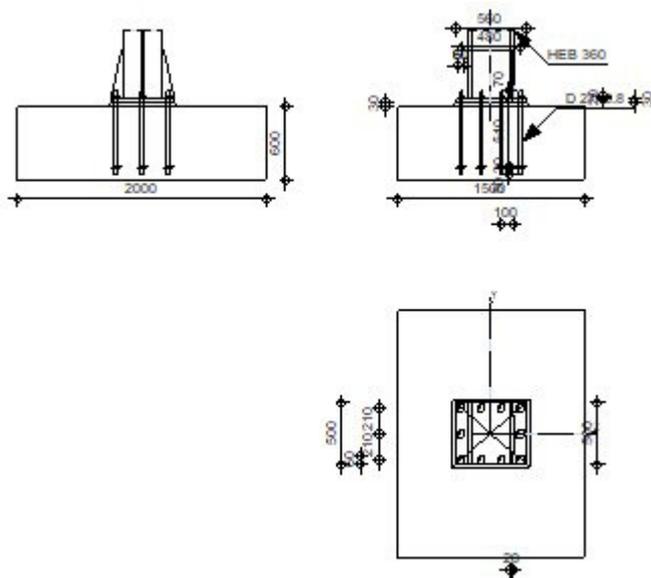


Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2020

Calcolo del plinto della colonna incastrato

Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of fastenings in concrete

Coefficiente
0,12



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
$b_{fc} =$	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

$f_{yb} = 640,00$ [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

$L_1 = 70$ [mm]

$L_2 = 540$ [mm]

$L_3 = 50$ [mm]

Piastrina di resistenza

$l_p = 80$ [mm] Lunghezza

$b_p = 80$ [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

$h_s = 400$ [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

$L = 1500$ [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

$a_s = 15$ [mm] Irrigidimenti

Carichi

Condizione Calcolo manuale.

$N_{j,Ed} = -64,00$ [kN] Azione assiale

$V_{j,Ed,y} = 18,00$ [kN] Azione tagliante

$M_{j,Ed,y} = 129,60$ [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)]

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

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

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

$$c = 54 \quad [\text{mm}] \quad \text{Larghezza dell'appoggio addizionale} \quad [6.2.5.(4)]$$

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

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

$$A_{c0} = 53069 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Zona di contatto della piastra di base e della fondazione EN 1992-1:[6.7.(3)]}$$

$$A_{c1} = 393522 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Area di calcolo massima della ripartizione del carico} \quad \text{EN 1992-1:[6.7.(3)]}$$

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

$$F_{\text{rd}u} = 2890,25 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza del calcestruzzo alla pressione} \quad \text{EN 1992-1:[6.7.(3)]}$$

$$b_j = 0,67 \quad \text{Coefficiente di riduzione per la compressione} \quad [6.2.5.(7)]$$

$$f_{\text{j}d} = b_j * F_{\text{rd}u} / (b_{\text{eff}} * l_{\text{eff}})$$

$$f_{\text{j}d} = 36,31 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Resistenza di calcolo del materiale del giunto} \quad [6.2.5.(7)]$$

$$A_{c,n} = 154090 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Area di compressione efficace} \quad [6.2.8.2.(1)]$$

$$A_{c,y} = 64587 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Area di flessione My} \quad [6.2.8.3.(1)]$$

$$F_{c,\text{Rd},i} = A_{c,i} * f_{\text{j}d}$$

$$F_{c,\text{Rd},n} = 5594,71 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza del calcestruzzo a compressione} \quad [6.2.8.2.(1)]$$

$$F_{c,\text{Rd},y} = 2345,04 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza del calcestruzzo a flessione My} \quad [6.2.8.3.(1)]$$

ALA E ANIMA DELLA COLONNA IN COMPRESSIONE

$$CL = 1,00 \quad \text{Classe di sezione} \quad \text{EN 1993-1-1:[5.5.2]}$$

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

$$M_{c,\text{Rd},y} = 1111,83 \quad [\text{kN*m}] \quad \text{Resistenza di calcolo della sezione a flessione} \quad \text{EN1993-1-1:[6.2.5]}$$

$CL = 1,00$ Classe di sezione EN 1993-1-1:[5.5.2]

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

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

$F_{c,fc,Rd,y} = 3294,30$ [kN] Resistenza dell'ala compressa e dell'anima [6.2.6.7.(1)]

RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA COMPRESSA

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

$N_{j,Rd} = 5594,71$ [kN] Resistenza del plinto a compressione assiale [6.2.8.2.(1)]

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

$F_{C,Rd,y} = 2345,04$ [kN] Resistenza del plinto nella zona compressa [6.2.8.3]

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)]

$$F_{t,Rd,s1} = \beta * 0,9 * f_{ub} * A_b / g_{M2}$$

$F_{t,Rd,s1} = 224,73$ [kN] Resistenza del bullone alla rottura [Tabella 3.4]

$g_{Ms} = 1,20$ Coefficiente di sicurezza parziale CEB [3.2.3.2]

$f_{yb} = 640,00$ [MPa] Limite di plasticità del materiale del bullone CEB [9.2.2]

$$F_{t,Rd,s2} = f_{yb} * A_b / g_{Ms}$$

$$F_{t,Rd,s2} = 244,80 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza del bullone alla rottura} \quad \text{CEB [9.2.2]}$$

$$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$$

$$F_{t,Rd,s} = 224,73 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza del bullone alla rottura}$$

STRAPPO DEL BULLONE DI ANCORAGGIO DAL CALCESTRUZZO

$$f_{ck} = 30,00 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Resistenza caratteristica del calcestruzzo a compressione EN 1992-1:[3.1.2]}$$

$$A_h = 5827 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Area di contatto della piastrina di ancoraggio} \quad \text{CEB [15.1.2.3]}$$

$$p_k = 210,00 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Resistenza caratteristica del calcestruzzo a strappo} \quad \text{CEB [15.1.2.3]}$$

$$g_{Mp} = 2,16 \quad \text{Coefficiente di sicurezza parziale} \quad \text{CEB [3.2.3.1]}$$

$$F_{t,Rd,p} = p_k * A_h / g_{Mp}$$

$$F_{t,Rd,p} = 607,03 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza di calc. per il sollevamento} \quad \text{CEB [9.2.3]}$$

STRAPPO DEL CONO DEL CALCESTRUZZO

$$h_{ef} = 510 \quad [\text{mm}] \quad \text{Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 9.0 [N^{0.5}/\text{mm}^{0.5}] * f_{ck}^{0.5} * h_{ef}^{1.5}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 567,75 \quad [\text{kN}] \quad \text{Resistenza caratteristica del bullone d'ancoraggio} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$s_{cr,N} = 1530 \quad [\text{mm}] \quad \text{Larghezza critica del cono del calcestruzzo} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$c_{cr,N} = 765 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distanza critica dal bordo della fondazione} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$A_{c,N0} = 2340900 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Area massima del cono} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$A_{c,N} = 828750 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{Area reale del cono} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

$$y_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$$

$$y_{A,N} = 0,35 \quad \text{Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo} \quad \text{CEB [9.2.4]}$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

$y_{A,N} = 0,35$ Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo CEB [9.2.4]

$c = 510$ [mm] Distanza minima dell'ancoraggio dal bordo CEB [9.2.4]

$$y_{s,N} = 0.7 + 0.3 * c / c_{cr,N} \leq 1.0$$

$y_{s,N} = 0,90$ Coeff. dipendente dalla distanza dell'ancoraggio dal bordo della fondazione CEB [9.2.4]

$y_{ec,N} = 1,00$ Coeff. dipendente dalla ripartizione delle forze di trazione negli ancoraggi CEB [9.2.4]

$$y_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[\text{mm}]/200 \leq 1.0$$

$y_{re,N} = 1,00$ Coeff. dipendente dalla densità dell'armatura della fondazione CEB [9.2.4]

$y_{ucr,N} = 1,00$ Coeff. dipendente dal grado di fessurazione del calcestruzzo CEB [9.2.4]

$g_{Mc} = 2,16$ Coefficiente di sicurezza parziale CEB [3.2.3.1]

$$F_{t,Rd,c} = N_{Rk,c}^0 * y_{A,N} * y_{s,N} * y_{ec,N} * y_{re,N} * y_{ucr,N} / g_{Mc}$$

$F_{t,Rd,c} = 83,75$ [kN] Resistenza di calcolo dell'ancoraggio a strappo del cono del EN 1992-1: calcestruzzo [8.4.2.(2)]

SPACCO DEL CALCESTRUZZO

$h_{ef} = 510$ [mm] Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio CEB [9.2.5]

$$N_{Rk,c}^0 = 9.0 [N^{0.5}/\text{mm}^{0.5}] * f_{ck}^{0.5} * h_{ef}^{1.5}$$

$N_{Rk,c}^0 = 567,75$ [kN] Resistenza di calc. per il sollevamento CEB [9.2.5]

$s_{cr,N} = 1020$ [mm] Larghezza critica del cono del calcestruzzo CEB [9.2.5]

$c_{cr,N} = 510$ [mm] Distanza critica dal bordo della fondazione CEB [9.2.5]

$A_{c,N0} = 1040400$ [mm²] Area massima del cono CEB [9.2.5]

$A_{c,N} = 489600$ [mm²] Area reale del cono CEB [9.2.5]

$$y_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
	OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A

$y_{A,N} = 0,47$ Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo CEB [9.2.5]

$c = 510$ [mm] Distanza minima dell'ancoraggio dal bordo CEB [9.2.5]

$$y_{s,N} = 0.7 + 0.3 * c / c_{cr,N} \leq 1.0$$

$y_{s,N} = 1,00$ Coeff. dipendente dalla distanza dell'ancoraggio dal bordo della fondazione CEB [9.2.5]

$y_{ec,N} = 1,00$ Coeff. dipendente dalla ripartizione delle forze di trazione negli ancoraggi CEB [9.2.5]

$$y_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$$

$y_{re,N} = 1,00$ Coeff. dipendente dalla densità dell'armatura della fondazione CEB [9.2.5]

$y_{ucr,N} = 1,00$ Coeff. dipendente dal grado di fessurazione del calcestruzzo CEB [9.2.5]

$$y_{h,N} = (h/(2 * h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$$

$y_{h,N} = 0,70$ Coeff. dipendente dall'altezza della fondazione CEB [9.2.5]

$g_{M,sp} = 2,16$ Coefficiente di sicurezza parziale CEB [3.2.3.1]

$$F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c}^{0} * y_{A,N} * y_{s,N} * y_{ec,N} * y_{re,N} * y_{ucr,N} * y_{h,N} / g_{M,sp}$$

$F_{t,Rd,sp} = 86,84$ [kN] Resistenza di calcolo dell'ancoraggio allo spacco del calcestruzzo CEB [9.2.5]

RESISTENZA DELL'ANCORAGGIO ALLA TRAZIONE

$$F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s}, F_{t,Rd,p})$$

$F_{t,Rd} = 224,73$ [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]

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

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

$F_{T,1,Rd} = 1188,07$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 1 [6.2.4]

$F_{T,2,Rd} = 435,38$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 2 [6.2.4]

$F_{T,3,Rd} = 674,19$ [kN] Resistenza della piastra per il modo 3 [6.2.4]

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

$F_{t,pl,Rd,y} = 435,38$ [kN] Resistenza della piastra in trazione [6.2.4]

RESISTENZA DEL PLINTO NELLA ZONA IN TRAZIONE

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

$F_{T,Rd,y} = 435,38$ [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) $0,01 < 1,00$ **verificato** (0,01)

$e_y = 2025$ [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)]

$M_{j,Rd,y} = 1080,01$ [kN*m] Resistenza del giunto alla flessione [6.2.8.3]

$M_{j,Ed,y} / M_{j,Rd,y} \leq 1,0$ (6.23) $0,12 < 1,00$ **verificato** (0,12)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO</p> <p>APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO</p>					
	<p>OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE</p> <p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NB1R</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 44</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>CLFV0200001A</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

Taglio

PRESSIONE DEL BULLONE D'ANCORAGGIO SULLA PIASTRA DI BASE

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

$a_{d,y} = 0,46$ Coeff. di posizione dei bulloni: nella direzione del taglio [Tabella 3.4]

$a_{b,y} = 0,46$ Coeff. per il calcolo della resistenza $F_{1,vb,Rd}$ [Tabella 3.4]

$k_{1,y} = 2,16$ Coeff. di posizione dei bulloni: perpendicolari alla direzione del taglio [Tabella 3.4]

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

$F_{1,vb,Rd,y} = 276,98$ [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)]

$a_M = 2,00$ Coeff. dipendente dal fissaggio di un ancoraggio alla fondazione CEB [9.3.2.2]

$M_{Rk,s} = 1,12$ [kN*m] Resistenza caratteristica dell'ancoraggio alla flessione CEB [9.3.2.2]

$l_{sm} = 59$ [mm] Lunghezza del braccio di leva CEB [9.3.2.2]

$g_{Ms} = 1,20$ Coefficiente di sicurezza parziale CEB [3.2.3.2]

$$F_{v,Rd,sm} = a_M * M_{Rk,s} / (l_{sm} * g_{Ms})$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO					
	RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO APPALTO 2: PRG PONTE SAN PIETRO E RADDOPPIO DELLA LINEA DA CURNO A BERGAMO					
OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NB1R	LOTTO 02	CODIFICA D 44	DOCUMENTO CLFV0200001A	REV. A	FOGLIO 107 di 111

$F_{v,Rd,sm} = 31,94$ [kN] Resistenza del bullone al taglio - con effetto della leva CEB [9.3.1]

DISTRUZIONE DEL CONO DEL CALCESTRUZZO

$N_{Rk,c} = 180,90$ [kN] Resistenza di calc. per il sollevamento CEB [9.2.4]

$k_3 = 2,00$ Coeff. dipendente dalla lunghezza dell'ancoraggio CEB [9.3.3]

$g_{Mc} = 2,16$ Coefficiente di sicurezza parziale CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 * N_{Rk,c} / g_{Mc}$$

$F_{v,Rd,cp} = 167,50$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla distruzione CEB [9.3.1]

DISTRUZIONE DEL BORDO DEL CALCESTRUZZO

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

$V_{Rk,c,y}^0 = 725,35$ [kN] Resistenza caratteristica del bullone d'ancoraggio CEB [9.3.4.(a)]

$y_{A,V,y} = 0,22$ Coeff. dipendente dall'interasse dell'ancoraggio e dalla distanza dal bordo CEB [9.3.4]

$y_{h,V,y} = 1,25$ Coeff. dipendente dallo spessore della fondazione CEB [9.3.4.(c)]

$y_{s,V,y} = 0,83$ Coeff. di influenza dei bordi paralleli all'azione tagliante CEB [9.3.4.(d)]

$y_{ec,V,y} = 1,00$ Coeff. di irregolarità della ripartizione dell'azione tagliante sui singoli ancoraggi di un gruppo CEB [9.3.4.(e)]

$y_{a,V,y} = 1,00$ Coeff. dipendente dall'angolo dell'azione tagliante CEB [9.3.4.(f)]

$y_{ucr,V,y} = 1,00$ Coeff. dipendente dal tipo di armatura dei bordi utilizzata CEB [9.3.4.(g)]

$g_{Mc} = 2,16$ Coefficiente di sicurezza parziale CEB [3.2.3.1]

$$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y}^0 * y_{A,V,y} * y_{h,V,y} * y_{s,V,y} * y_{ec,V,y} * y_{a,V,y} * y_{ucr,V,y} / g_{Mc}$$

$F_{v,Rd,c,y} = 76,12$ [kN] Resistenza del calcestruzzo alla distruzione del bordo CEB [9.3.1]

SLITTAMENTO DEL PLINTO

$C_{f,d} = 0,30$ Coeff. di attrito tra la piastra di base e il calcestruzzo [6.2.2.(6)]

$N_{c,Ed} = 64,00$ [kN] Azione di compressione [6.2.2.(6)]

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

$F_{f,Rd} = 19,20$ [kN] Resistenza allo slittamento [6.2.2.(6)]

CONTROLLO DEL TAGLIO

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

$V_{j,Rd,y} = 338,55$ [kN] Resistenza del giunto al taglio $V_{j,Rd}$ CEB [9.3.1]

$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq 1,0$ $0,05 < 1,00$ **verificato** (0,05)

Controllo degli irrigidimenti

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

$M_1 = 3,51$ [kN*m] Momento flettente dell'irrigidimento

$Q_1 = 70,10$ [kN] Azione tagliante dell'irrigidimento

$z_s = 120$ [mm] Posizione dell'asse neutro (dalla base della piastra)

$I_s = 296706423$ [mm⁴] Momento di inerzia dell'irrigidimento

$s_d = 1,06$ [MPa] Sollecitazione normale a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$s_g = 3,66$ [MPa] Sollecitazione normale nelle fibre superiori EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$t = 8,76$ [MPa] Sollecitazione tangenziale nell'irrigidimento EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$s_z = 15,22$ [MPa] Sollecitazione equivalente a contatto dell'irrigidimento e piastra EN 1993-1-1:[6.2.1.(5)]

$\max(s_g, t / (0.58), s_z) / (f_{yp} / g_{M0}) \leq 1.0$ (6.1) $0,06 < 1,00$ **verificato** (0,06)

Saldature tra la colonna e la piastra della base

$$s^{\wedge} = 22,56 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t^{\wedge} = 22,56 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale perpendicolare} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{yII} = 0,69 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela a } V_{j,Ed,y} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{zII} = 0,00 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela a } V_{j,Ed,z} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$b_w = 0,85 \quad \text{Coefficiente dovuto alla resistenza} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$s^{\wedge} / (0,9 \cdot f_u / g_{M2}) \leq 1,0 \quad (4.1) \quad 0,07 < 1,00 \quad \text{verificato} \quad (0,07)$$

$$\sqrt{(s^{\wedge 2} + 3,0 (t_{yII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w \cdot g_{M2}))} \leq 1,0 \quad (4.1) \quad 0,11 < 1,00 \quad \text{verificato} \quad (0,11)$$

$$\sqrt{(s^{\wedge 2} + 3,0 (t_{zII}^2 + t^{\wedge 2})) / (f_u / (b_w \cdot g_{M2}))} \leq 1,0 \quad (4.1) \quad 0,09 < 1,00 \quad \text{verificato} \quad (0,09)$$

Saldature verticali degli irrigidimenti

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

$$s^{\wedge} = 3,10 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t^{\wedge} = 3,10 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale perpendicolare} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{II} = 5,84 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$s_z = 11,87 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione totale equivalente} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$b_w = 0,85 \quad \text{Coefficiente dovuto alla resistenza} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\max (s^{\wedge}, t_{II} \cdot \sqrt{3}, s_z) / (f_u / (b_w \cdot g_{M2})) \leq 1,0 \quad (4.1) \quad 0,03 < 1,00 \quad \text{verificato} \quad (0,03)$$

Saldature orizzontali degli irrigidimenti

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

$$s^{\wedge} = 16,52 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

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

$$s^{\wedge} = 16,52 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione normale nella saldatura} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t^{\wedge} = 16,52 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale perpendicolare} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$t_{II} = 6,94 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione tangenziale parallela} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$s_z = 35,17 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Sollecitazione totale equivalente} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$b_w = 0,85 \quad \text{Coefficiente dovuto alla resistenza} \quad [4.5.3.(7)]$$

$$\max (s^{\wedge}, t_{II} * \ddot{O}3, s_z) / (f_u / (b_w * g_{M2})) \leq 1.0 \quad (4.1) \quad 0,09 < 1,00 \quad \text{verificato} \quad (0,09)$$

Rigidezza del giunto

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

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

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

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

$$k_{13,y} = 23 \quad [\text{mm}] \quad \text{Coefficiente di rigidezza del calcestruzzo in compressione} \quad [\text{Tabella 6.11}]$$

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

$$m = 46 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distanza del bullone dal bordo di irrigidimento} \quad [6.2.6.5]$$

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

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

$$L_b = 310 \quad [\text{mm}] \quad \text{Lunghezza efficace del bullone di ancoraggio} \quad [\text{Tabella 6.11}]$$

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

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



PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO PONTE S.PIETRO – BERGAMO – MONTELLO

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

OPERE D'ARTE MINORI - PENSILINE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NB1R	02	D 44	CLFV0200001A	A	111 di 111

RELAZIONE DI CALCOLO

$l_{0,y} = 0,38$ Snellezza della colonna [5.2.2.5.(2)]

$S_{j,ini,y} = 24333,97$ [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)]

Giunto conforme alla norma

Coefficiente

0,12