



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA

Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma

**LAVORI DI ADEGUAMENTO SOTTOPASSO DEL
NAVIGLIO PAVESE DA PARTE DEL FIUME LAMBRO
MERIDIONALE IN LOCALITA' CONCA FALLATA
MILANO**

PROGETTO ESECUTIVO

ALLEGATO

Relazione di calcolo delle strutture

C.U.P. B48H22000570002	C.I.G.	SCALA:
Commessa progettista 45503722	Codice elaborato 45503722-PE-R-STR-001	File 45503722-PE-R-STR-001_00.PDF
		-

PROGETTAZIONE



PROGETTISTA:





APPROVATO

IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO



RUP

REDATTO F.CHILLE'	VERIFICATO E.DE MATTIA
SETTEMBRE 2025	00
DATA	REVISIONE
	PRIMA EMISSIONE
	NOTA



 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione di calcolo strutturale

INDICE



1	PREMESSA	4
2	OGGETTO E SCOPO	5
2.1	Descrizione generale dell'opera	5
2.2	Carroponte per benna	6
2.3	Carroponte per ragno	6
2.4	Rampe di accesso al fondo alveo	7
2.5	Principali caratteristiche geotecniche del terreno fondazionale	8
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	9
3.1	Normative	9
3.2	Documenti di riferimento	9
4	CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA	10
4.1	Valutazione della sicurezza	10
4.2	Verifica di sezioni in C.A.	10
4.2.1	Ipotesi di base	11
4.3	Analisi sismica	11
4.3.1	Vita nominale di progetto	11
4.3.2	Classe d'uso	12
4.3.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	12
4.3.4	Tipo di analisi svolte	12
4.3.5	Spettro di progetto	12
5	MATERIALI	14
5.1	Strutture in calcestruzzo	14
5.1.1	Magrone	14
5.1.2	Calcestruzzo per fondazioni	14
5.1.3	Calcestruzzo per opere in elevazione	14
5.1.4	Acciaio di armatura	15
5.1.5	Note sul copriferro	15
5.2	Strutture in acciaio	15
5.2.1	Acciaio per carpenteria metallica	15
5.2.2	Elementi di connessione	16
6	CARICHI DI PROGETTO	17
6.1	Carriponte	17
6.1.1	Carichi statici e permanenti	17
6.1.2	Azioni dinamiche di sollevamento (QL)	17

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano
	Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione di calcolo strutturale

6.1.3	Forze trasversali (Q_T)	18
6.1.4	Azioni dinamiche di rilascio del carico di servizio (Q_U).....	18
6.1.5	Azione sismica (E).....	19
6.2	Manufatto di sostegno con rampa di accesso.....	19
6.2.1	Carichi permanenti e antropici	19
6.2.2	Azione sismica (E).....	20
7	CARROPONTE PER BENNA – ANALISI E VERIFICHE	22
7.1	Modello ad elementi finiti.....	22
7.1.1	Vista del modello	22
7.1.2	Condizioni di vincolo.....	22
7.1.3	Svincoli	23
7.2	Condizioni di carico statiche.....	24
7.3	Analisi modale	26
7.3.1	Combinazioni di carico	28
7.4	Risultati e verifiche	29
7.4.1	Reazioni vincolari	29
7.5	Diagrammi azioni interne.....	31
7.6	Deformate modali	34
7.7	Deformazioni in esercizio	36
7.8	Verifiche elementi strutturali.....	38
7.8.1	Verifica profili in acciaio.....	38
7.9	Verifica di capacità portante - Plinto di fondazione lato sponda	41
8	CARROPONTE PER RAGNO – ANALISI E VERIFICHE	44
8.1	Modello ad elementi finiti.....	44
8.1.1	Vista del modello	44
8.1.2	Condizioni di vincolo.....	44
8.1.3	Svincoli	45
8.2	Condizioni di carico statiche.....	46
8.3	Analisi modale	49
8.3.1	Combinazioni di carico	51
8.4	Risultati e verifiche	52
8.4.1	Reazioni vincolari	52
8.5	Diagrammi azioni interne.....	54
8.6	Deformate modali	56
8.7	Deformazioni in esercizio	59
8.8	Verifiche elementi strutturali.....	61
8.8.1	Verifica profili in acciaio.....	61
8.9	Verifica di capacità portante - Plinto di fondazione lato sponda	64

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano
	Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione di calcolo strutturale

9	OPERA DI DISCESA IN ALVEO DEFINITIVA	65
9.1	Modello ad elementi finiti	65
9.1.1	Condizioni di vincolo	67
9.2	Pressioni in fondazione	68
9.3	Azioni sollecitanti	68
9.4	Verifiche strutturali	70
9.4.1	Armatura disposta	70
9.5	Platea di fondazione - Verifiche	72
9.5.1	Verifiche a flessione	74
9.5.2	Verifiche a taglio	75
9.6	Pareti – Verifiche	77
9.6.1	Verifiche a flessione	79
9.6.2	Verifiche a taglio	80
9.6.3	Verifiche tensionali	85
10	DEFLETTORE PER MATERIALI GALLEGGIANTI	87

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale



1 PREMESSA

La presente relazione definisce il dimensionamento e le verifiche degli elementi strutturali necessari ad affrontare il problema dell'accumulo di materiali galleggianti che si determina nel Fiume Lambro Meridionale in corrispondenza del sottopasso del Naviglio Pavese poco a valle della Conca Fallata, in Comune di Milano.

I manufatti oggetto della presente progettazione si inseriscono nel contesto del complessivo sistema di difesa idraulica della Città di Milano, basato sul Canale Scolmatore delle Piene di Nord-Ovest (C.S.N.O.) e su una serie di altre opere idrauliche volte ad alleggerire tale struttura e a ridurre l'impatto ambientale con il ricettore finale (Fiume Ticino).

I manufatti oggetto di progettazione sono:

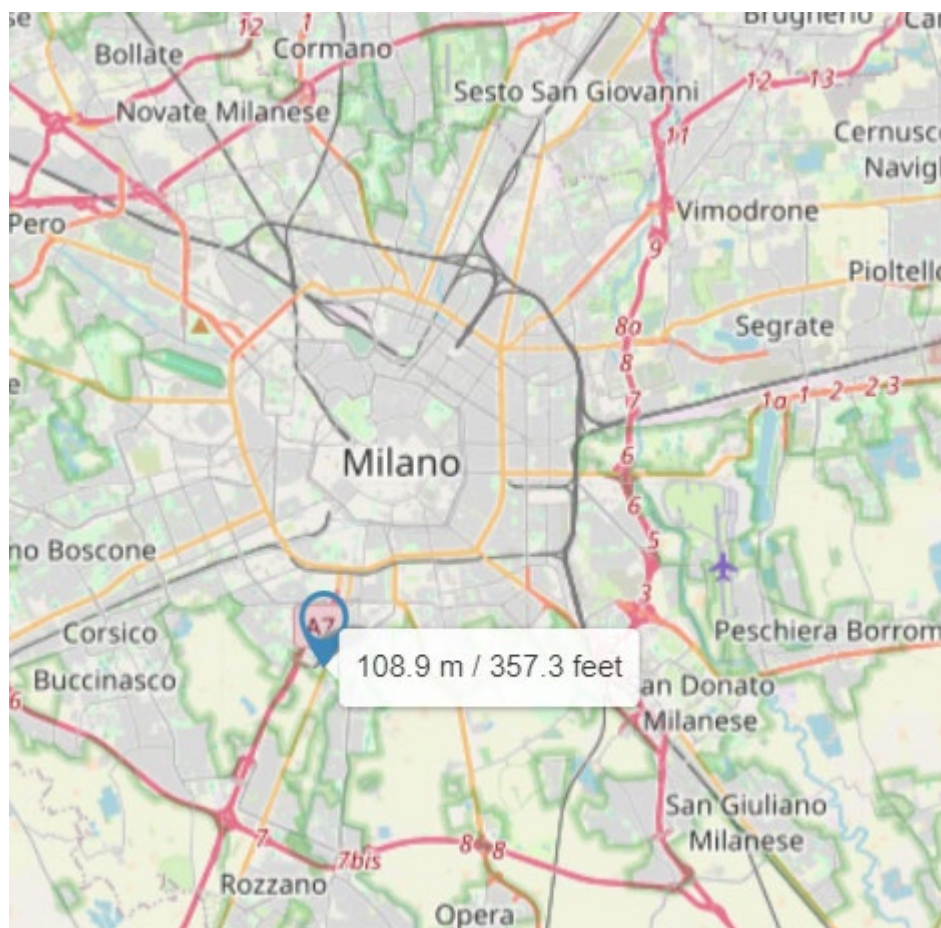
- Un carroponte in acciaio per benna, da realizzarsi in prossimità del sottopasso tra il Fiume Lambro Meridionale e il Naviglio Pavese
- Un carroponte in acciaio per ragno da realizzarsi sullo sgrigliatore posto poco più a monte sul Deviatore Fiume Olona.
- Le opere provvisorie necessarie a realizzare le rampe di accesso all'alveo fluviale.
- Le opere definitive, che costituiscono opera di sostegno dell'argine e le rampe di discesa.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

2 OGGETTO E SCOPO

2.1 Descrizione generale dell'opera

Il sito di progetto è collocato in prossimità della località Conca Fallata in Milano.





Il sito di progetto è collocato alle seguenti coordinate

Latitudine 45.424550°

Longitudine 9.168063°

L'altitudine del sito è pari a circa 109 m s.l.m..

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale



2.2 Carro ponte per benna

È previsto di realizzare una struttura in acciaio che funga da via di corsa monodirezionale per una benna necessaria alla rimozione di rifiuti galleggianti.

La struttura è da realizzarsi mediante un telaio in acciaio, vincolato a terra da una parte da un telaio in acciaio e dall'altro da un montante verticale.

I profili da impiegarsi per la realizzazione del carro ponte sono HEA200, ad eccezione del profilo utilizzato per la trave che funge da via di corsa per il carrello che consente il movimento della benna lungo la stessa, da realizzarsi con profilo HEB300.



La luce complessiva da coprire è di circa 15m pari alla porzione di alveo che prima dell'ingresso del fiume nel sifone sotto al Naviglio Pavese si trova in prossimità della sponda destra; dal lato del telaio la via di corsa corre a sbalzo per una lunghezza di circa 3m.

L'altezza libera che si viene a creare al di sotto della via di corsa è di circa 4m, necessaria allo spazio occupato dal carrello e dalla benna ad esso collegata e all'alloggiamento di un cassone scarrabile che servirà all'allontanamento dei rifiuti rimossi tramite la benna.

2.3 Carro ponte per ragno

È previsto di realizzare una struttura in acciaio che funga da via di corsa monodirezionale per una benna necessaria alla rimozione di rifiuti di grossa pezzatura in corrispondenza della avangriglia dello sgrigliatore esistente sul Deviatore del Fiume Olona

La struttura è da realizzarsi mediante un telaio in acciaio, vincolato a terra da una parte da un telaio in acciaio e dall'altro da un montante verticale.

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

I profili da impiegarsi per la realizzazione del carroponte sono HEA200, ad accezione del profilo utilizzato per la trave che funge da via di corsa per il carrello che consente il movimento della benna lungo la stessa, da realizzarsi con profilo HEB300.

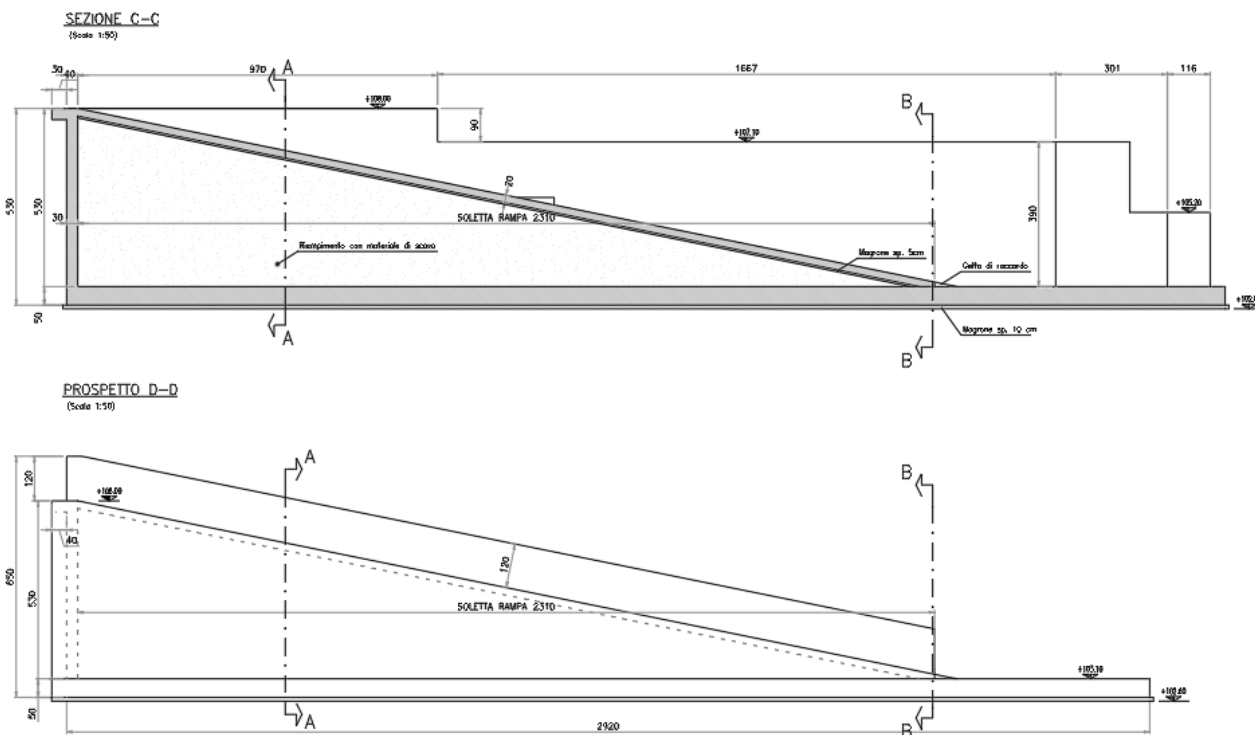
La luce complessiva da coprire è di circa 10 m pari alla larghezza dell'alveo artificiale nel quale è inserita la avangriglia da proteggere; dal lato del telaio la via di corsa corre a sbalzo per una lunghezza di circa 3m.

L'altezza libera che si viene a creare al di sotto della via di corsa è di circa 4m, necessaria allo spazio occupato dal carrello e dalla benna ad esso collegata e all'alloggiamento di un cassone scarrabile che servirà all'allontanamento dei rifiuti rimossi tramite la benna.



2.4 Rampe di accesso al fondo alveo

A monte dei manufatti sopra citati sono introdotte rampe di accesso, entrambe in sponda destra, al fine di poter permettere l'ingresso in alveo dei mezzi di manutenzione. Le rampe sono costituite da due manufatti a U con soletta in c.a. per formazione della rampa realizzati nello scavo sostenuto oltre la linea d'argine da un opera provvisoria realizzata con berlinesi di micropali.

L'opera ha uno sviluppo longitudinale complessivo di 29.20m e larghezza lorda di circa 3.50m. La rampa permette di superare un dislivello di circa 5m.





Le opere definitive sono realizzate con muri e platee in calcestruzzo armato gettato in opera.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

2.5 Principali caratteristiche geotecniche del terreno fondazionale

Il terreno di fondazione è riscontrato come essere costituito da depositi di sabbie e limi sabbiosi, vista la presenza del corso d'acqua in adiacenza e da riporti di materiale sulle superfici maggiormente antropizzate.

Le caratteristiche dei terreni di fondazione sono tali da poter garantire un angolo di attrito interno Φ_k pari a 30 ° fino a profondità di circa 5 m dal piano campagna e a 32 ° oltre tale profondità e fino a circa 20 m dal piano campagna.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Normative



Di seguito sono elencati i principali riferimenti Normativi a cui si farà riferimento nella presente relazione.

- [1] D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”.
- [2] Circolare n.7 Reg. Atti Int. CONSUP del 21.01.2019 “Istruzioni per l'applicazione dello “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

3.2 Documenti di riferimento

Il presente documento è da leggersi contestualmente ai seguenti elaborati:

- 45503722-PE-R-GEN-001 Relazione Generale
- 45503722-PE-R-GEO-001 Relazione Geologica
- 45503722-PE-R-GET-001 Relazione Geotecnica
- 45503722-PE-R-GEN-002 Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti
- 45503722-PE-D-GEN-003 Carroponte avangriglia sul deviatore Olona
- 45503722-PE-D-GEN-004 Carroponte e deflettore sottopasso Naviglio Pavese
- 45503722-PE-D-STR-101 Deflettori raccordo sifone Naviglio Pavese
- 45503722-PE-D-STR-102 Rampa di accesso al Deviatore Olona
- 45503722-PE-D-STR-103 Rampa di accesso al Fiume Lambro Meridionale
- 45503722-PE-D-STR-104 Carpenteria metallica strutture pulizia alveo
- 45503722-PE-D-STR-105 Dettagli carpenteria metallica
- 45503722-PE-D-STR-106 Rampa di accesso al Deviatore Olona - armature
- 45503722-PE-D-STR-107 Rampa di accesso al Fiume Lambro Meridionale - armatura

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

4 CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto.

Vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi o di perdita di funzionalità. In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- durabilità: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile, il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

4.1 Valutazione della sicurezza

La sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d (definito anche come S_d). La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$



La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione formale:

$$C_d \geq E_d$$

4.2 Verifica di sezioni in C.A.

In riferimento ai vari stati limite, le verifiche sugli elementi strutturali vengono eseguite come segue:

- SLU: Verifica con acciaio snervato e calcestruzzo con deformazione allo 0,35%
- SLV: Verifica con acciaio in campo elastico e calcestruzzo in campo elastico

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

- SLE caratteristica: verifica tensionale sul massimo sforzo delle fibre d'acciaio $\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk}$ e sul massimosforzo del calcestruzzo $\sigma_c \leq 0.6 \cdot f_{ck}$
- SLE frequente: verifica tensionale sull'acciaio di armatura al fine di limitare la massima apertura delle fessure
- SLE quasi permanente: verifica tensionale sugli elementi tesi al fine di limitare la massima apertura delle fessure e tensionale, verifica tensionale sul massimo sforzo del calcestruzzo $\sigma_c \leq 0.45 \cdot f_{ck}$

4.2.1 Ipotesi di base

La valutazione della resistenza ultima delle sezioni di elementi monodimensionali nei confronti di sforzo normale e flessione, si adotteranno le seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane.
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo.
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla.
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione.
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura si dedurranno, a partire dalle deformazioni, utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

4.3 Analisi sismica

4.3.1 Vita nominale di progetto

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto.



In aderenza a quanto definito dalle NTC2018 al §2.4, l'opera è classificata come "Costruzioni con livello di prestazioni ordinari".

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 4-1 - Tab. 2.4.I delle NTC2018, Vita nominale per diversi tipi di costruzione

Viene assunto un valore della vita nominale pari a $V_N = 50$ anni.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

4.3.2 Classe d'uso

L'opera in progetto è inquadrata in **Classe d'uso II**: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Secondo da tabella 2.4.II delle NTC2018, a tale classe d'uso corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1,0$.

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

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

Figura 4-2 - Tab. 2.4.II delle NTC2018, Coefficiente d'uso C_U

4.3.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

4.3.4 Tipo di analisi svolte

Le analisi eseguite sono di tipo statico lineare.

La determinazione delle azioni sismiche delle opere geotecniche sono di tipo statico equivalente.

La determinazione delle azioni sismiche sulle opere in elevazione sono predisposte mediante analisi dinamica lineare, eseguendo l'analisi modale e determinando il comportamento dinamico della struttura.

4.3.5 Spettro di progetto

VR 50 **Stato Limite** SLV

ag 0.050 **Fo** 2.654 **Tc*** 0.280

Suolo D **Ss** 1.800 **Cc** 2.361

Topo T1 **h/H** 1 **ST** 1.000

Comp. ☒ Horizontal ☐ Vertical

Behaviour Factor q 1

n° of points 20 + 5

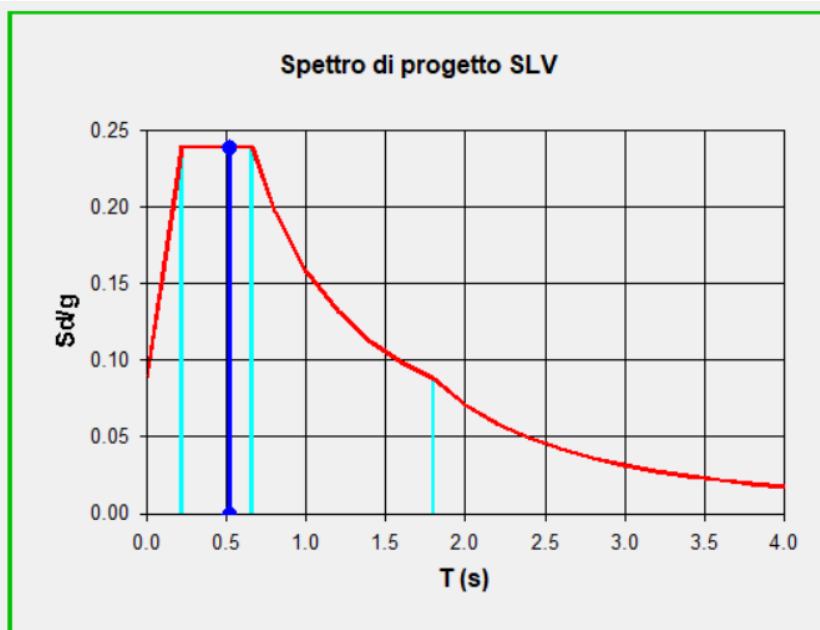
SIMQKE

T 0.52 s

f 1.923 Hz **sd** 0.239 x g

ω 12.08 rad/s

d_g 0.0263 m **v_g** 0.0935 m/s



Considerando le caratteristiche del sito, per la determinazione delle spinte sismiche del terreno verranno adottati i seguenti parametri.

DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI SISMICI

Tipologia muro

muri che possono spostare o ruotare

β_m

0.38

a_g

0.050 accelerazione orizzontale massima su suolo rigido

S_s

1.00 coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T

1.20 coefficiente di amplificazione topografica

S

$S_s \cdot S_T$

1.20 coefficiente di amplificazione del suolo

a_{max}

$S \cdot a_g$

0.060 accelerazione orizzontale massima attesa al sito

k_h



$\beta_m \cdot (a_{max}/g)$

0.023 coefficiente sismico orizzontale

k_v

$0,5 \cdot k_h$

0.011 coefficiente sismico verticale

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

5 MATERIALI

5.1 Strutture in calcestruzzo

5.1.1 Magrone

Il getto di magrone posto al fine di realizzare il piano di fondazioni, plinti, e di tutte le opere che ne necessitano è realizzato con calcestruzzo di classe di resistenza C12/15 e presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$E_{cm} = 27000 \text{ MPa};$$

$$\nu = 0.20;$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3;$$

$$f_{ck} = 12 \text{ MPa};$$

$$f_{cd} = 6.8 \text{ MPa } (0.85f_{ck}/1.5)$$

5.1.2 Calcestruzzo per fondazioni

Il calcestruzzo previsto per la realizzazione degli elementi di fondazione (platea controterra) è di classe di resistenza C25/30 e presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

$$E_{cm} = 31500 \text{ MPa};$$

$$\nu = 0.20;$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3;$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa};$$

$$f_{cd} = 14.17 \text{ MPa } (=0.85f_{ck}/1.5)$$

Classe di consistenza: S4 (slump tra 16 e 21 cm)

Classe di esposizione: XC2 (Bagnato, raramente asciutto)

Dimensione massima aggregato: 25 mm

5.1.3 Calcestruzzo per opere in elevazione

Il calcestruzzo previsto per la realizzazione degli elementi in elevazione (pareti, rampa) è di classe di resistenza C32/40 e presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:



$$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.20$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$f_{ck} = 32 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 18.13 \text{ MPa } (=0.85f_{ck}/1.5)$$

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

Classe di consistenza S4 (slump tra 16 e 21 cm)
Classe di esposizione XC4 (Ciclicamente asciutto e bagnato)
Dimensione massima aggregato 25 mm

5.1.4 Acciaio di armatura

L'acciaio impiegato per le armature di strutture in CA è di tipo B450C e presenta le seguenti caratteristiche:

$E = 210000 \text{ MPa}$

$\nu = 0.30$

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$

$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$

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

$f_{uk} = 540 \text{ MPa}$

Saldabile Sì

5.1.5 Note sul copriferro

La dimensione del copriferro è valutata considerando: vita nominale dell'opera, classe strutturale, classe di resistenza del calcestruzzo, classe di esposizione, diametro delle barre di armatura, dimensione minima dell'aggregato.

Il copriferro adottato è pari a 40 mm.

Il valore del copriferro definito è da considerarsi come netto, cioè pari alla distanza tra il filo esterno del cassero e il filo esterno della barra più vicina al bordo cassero.

5.2 Strutture in acciaio

5.2.1 Acciaio per carpenteria metallica

L'acciaio impiegato per le armature di strutture in CA deve essere di tipo S275J0 e presentare le seguenti caratteristiche:



Classe di resistenza S275

$E = 210000 \text{ MPa}$

$\nu = 0.30$

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$

$\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

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

$f_{uk} = 540 \text{ MPa}$

Classe di saldabilità Prima

Tipo di protezione alla corrosione Zincatura a caldo (Normativa di riferimento: UNI EN 10027-1 e UNI EN 10025)



Classe di esecuzione EXC2

Per le berlinesi provvisionali dovranno essere impiegati i seguenti acciai:

- per i micropali acciaio S355JR;
- per gli altri elementi in acciaio delle strutture provvisionali S275JR.

5.2.2 Elementi di connessione

La bulloneria è da prevedere in acciaio C8.8 (alta resistenza)

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

6 CARICHI DI PROGETTO

6.1 Carriponte

6.1.1 Carichi statici e permanenti

Peso proprio strutturale (G1)

Il peso proprio delle strutture da realizzarsi è determinato in base alla geometria degli elementi sono stati assunti per il calcolo i seguenti pesi nell'unità di volume:

- 25 kN/m³ per il calcestruzzo armato
- 78,65 kN/m³ per l'acciaio da carpenteria metallica.

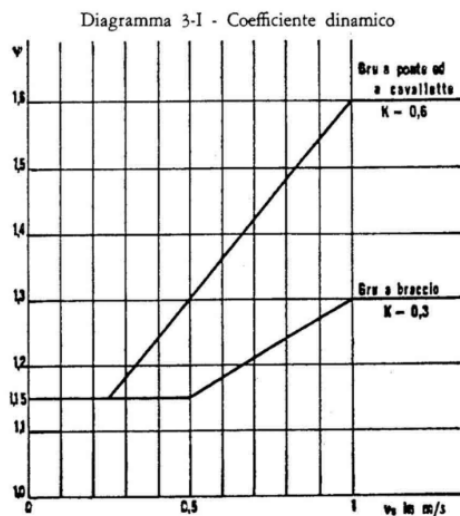
Carichi permanenti portati (G2)



I carichi portati sono quelli imputabili ai carichi permanenti del carrello motore e della benna installati sulla trave di scorrimento degli stessi.

- Peso del carrello 1,6 kN
- Peso benna 6,1 kN
- Peso ragno 8,3 kN

6.1.2 Azioni dinamiche di sollevamento (QL)

La determinazione delle azioni di sollevamento è eseguita con riferimento alle indicazioni del CNR 10021/85.



 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

Per le azioni di sollevamento, considerato che la velocità è di circa 0,1 m/s, si adotterà per i carichi in sollevamento un coefficiente amplificativo di 1,15 del carico sollevato. Il calcolo risulta comunque valido per carrelli che abbiano velocità di sollevamento fino a 0,25 m/s.

Considerata la capacità della benna 0,3 m³ si stima che il peso del carico sollevato sia pari a 4,5 kN, tale carico sarà assunto pari a 5,18 kN per tener conto dell'effetto dinamico del sollevamento.

Per il ragno (benna a polpo) il carico sollevato assunto è pari a 13,5 kN, il carico sarà assunto pari a 15,53 kN per tener conto dell'effetto dinamico del sollevamento.

6.1.3 Forze trasversali (Q_T)

Considerato che la velocità di traslazione del carrello di progetto è pari a circa 0,2 m/s, le forze di inerzia vengono determinate facendo a valori di accelerazione pari a 0,2 m/s².

Per la benna il carico totale trainato determinato in complessivi 1220 kg, considerando:

- Peso del carrello 160 kg
- Peso della benna 610 kg
- Peso del carico trasportato 450 kg

La forza che ne risulta è pari a 0,25 kN, tuttavia viene considerata la prescrizione delle norme CNR che richiedono che la forza assunta sia almeno pari a 1/30 del carico sulle ruote. Di conseguenza il carico orizzontale di calcolo che si adotta è pari a 0,41 kN.

Per il ragno il carico totale trainato determinato in complessivi 2640 kg, considerando:



- Peso del carrello 160 kg
- Peso del ragno 830 kg
- Peso del carico trasportato 1650 kg

La forza che ne risulta è pari a 0,53 kN, tuttavia viene considerata la prescrizione delle norme CNR che richiedono che la forza assunta sia almeno pari a 1/30 del carico sulle ruote. Di conseguenza il carico orizzontale di calcolo che si adotta è pari a 0,88 kN.

Il calcolo risulta comunque valido per carrelli che abbiano velocità di traslazione fino a 1 m/s.

6.1.4 Azioni dinamiche di rilascio del carico di servizio (Q_U)

Visto che il rilascio del carico può essere assunto come istantaneo, le forze che ne derivano vengono calcolate mediante la relazione che segue:

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

$$\Psi^* = 1 - (\Delta SQ/SQ) (1 + \beta)$$

nella quale:

ΔSQ è la parte del carico di servizio SQ che viene rilasciata;

β è un coefficiente da assumere uguale a:

1 se l'organo di sollevamento è un magnete o simile

0,5 se l'organo di sollevamento è un polipo o simile.

Per la benna bivalve il coefficiente dinamico, considerando che il carico venga completamente scaricato istantaneamente e che l'organo di sollevamento è assimilabile a "polipo o simile". Si ottiene un coefficiente di calcolo pari a -0,5. Gli sforzi dovuti al rilascio del carico di servizio non rappresentano dunque una condizione di carico sfavorevole per il carico, essendo

$$G - SQ * \psi = 160 + 610 - 450 * 0.5 = 360 \text{ kg}$$

Le azioni di scarico verranno trascurate nel calcolo.

Per la benna a polpo si ha invece:

$$G - SQ * \psi = 160 + 830 - 1350 * 0.5 = 315 \text{ kg}$$

Lo scarico di materiale non produce risultati negative, le azioni di scarico verranno trascurate nel calcolo.

6.1.5 Azione sismica (E)

L'azione sismica viene determinata tramite un'analisi in frequenza eseguita mediante analisi modale. Ai fini della valutazione degli effetti dell'azione sismica è stata realizzata un'analisi di tipo dinamica lineare; tale procedura consiste:



- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

6.2 Manufatto di sostegno con rampa di accesso

6.2.1 Carichi permanenti e antropici

6.2.1.1 Peso proprio strutturale (G1)

I pesi propri strutturali sono considerati in automatico dal programma di calcolo

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

6.2.1.2 Carichi permanenti portati (G2)

Il peso del terreno posto a monte delle opere provvisorie è assunto pari a $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

Ai fini della determinazione delle spinte sui manufatti viene considerata una spinta statica delle terre con una distribuzione delle pressioni orizzontali pari a:

$$\sigma_h = K_0 \gamma z = (1 - \sin \phi) \gamma z = 0.561 \cdot 18 \cdot z = 10.1 z$$

In cui z è l'affondamento in m rispetto al p.c. e $\phi=26^\circ$ è l'angolo di attrito efficace del cuneo di terreno che insiste sulle opere.

Per i carichi agenti in verticale viene distribuita una pressione pari a:



$$\sigma_h = \gamma z = 18 z$$

In cui z è l'altezza del terreno in m che preme sull'elemento.



6.2.2 Azione sismica (E)

Le azioni sismiche sono valutate come forze statiche equivalenti, relazionate alle caratteristiche dinamiche del sisma atteso, valutato secondo i parametri di cui al paragrafo 4.3.5.

Le azioni sismiche vengono determinate facendo riferimento alla teoria di MonobeOkabe, per le quali l'incremento di azione di spinta sulle pareti è determinato come segue.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

grandezza	u.m.	misura	formula		descrizione
DATI					
h	m	3.85			altezza del terreno a monte del muro
γ_d	kN/m^3	18.00			peso specifico del terreno secco
γ_{sat}	kN/m^3	22.00			peso nell'unità di volume del terreno saturo
γ_w	kN/m^3	10.00			peso nell'unità di volume dell'acqua
γ'		18.00			
ϕ_d	°	25.00	rad	0.4363	angolo di resistenza al taglio di progetto
δ	°	16.67	rad	0.2909	angolo di attrito sul piano di valutazione della spinta
β	°	0	rad	0.0000	angolo di inclinazione sulla verticale del piano di valutazione della spinta (=0 se verticale)
ι	°	0	rad	0.0000	angolo di inclinazione sull'orizzontale del terrapieno a monte (=0 se orizzontale)
k_H		0.023			coefficiente sismico orizzontale
k_V		0.011			coefficiente sismico verticale
Parametri calcolati					
θ_+	gradi	1.29	rad	$0.0338 \gamma_d / ((\gamma - \gamma_w) * k_H / (1 + k_V))$	coefficiente di spinta sismica
θ_-	gradi	0.65	rad	$0.0346 \gamma_d / ((\gamma - \gamma_w) * k_H / (1 - k_V))$	coefficiente di spinta sismica
K_A		0.361			coefficiente di spinta attiva Muller Breslau
R_{p+}		0.275			
R_{p-}		0.274			
K_{AE+}		0.385			coefficiente di spinta sismica Mononobe Okabe
K_{AE-}		0.403			coefficiente di spinta sismica Mononobe Okabe
Determinazione delle spinte					
E_A	kN/m	48.13	$0,5 \gamma' h^2 K_A$		spinta attiva in condizioni statiche
H_A	m	1.283	$h / 3$		quota di applicazione della spinta attiva statica
E_{AE+}	kN/m	51.90	$0,5 \gamma' (1 + k_V) h^2 K_{AE+}$		spinta attiva in condizioni sismiche
E_{AE-}	kN/m	53.21	$0,5 \gamma' (1 - k_V) h^2 K_{AE-}$		spinta attiva in condizioni sismiche
ΔE_E	kN/m	5.08	$E_{AE} - E_A$		incremento sismico della spinta
H_E	m	1.28	$h / 3$		quota di applicazione di ΔE_E
H_{AE}	m	1.32	$(E_A H_A + \Delta E_E H_E) / E_{AE}$		quota di applicazione di E_{AE}

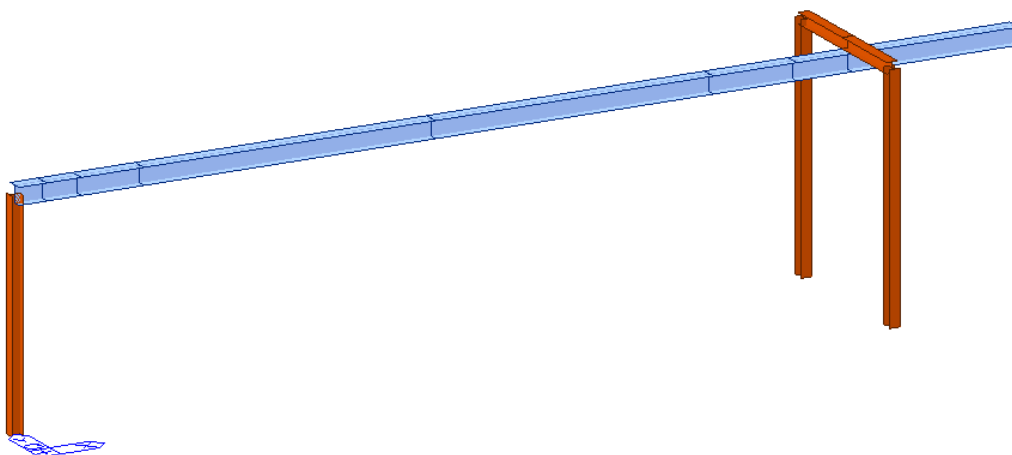
 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

7 CARROPONTE PER BENNA – ANALISI E VERIFICHE

7.1 Modello ad elementi finiti

7.1.1 Vista del modello

Il carroponte è modellato tramite elementi beam. Ogni elemento ha assegnata le caratteristiche meccaniche e geometriche effettive dei profili utilizzati.



I profili in acciaio dei montanti verticali e del traverso del telaio hanno sezione HEA200 (in arancio nell'immagine precedente). La trave che costituisce la via di corsa è un profilato HEB300 (in azzurro).

7.1.2 Condizioni di vincolo

Il modello è incastrato al suolo sui montanti.

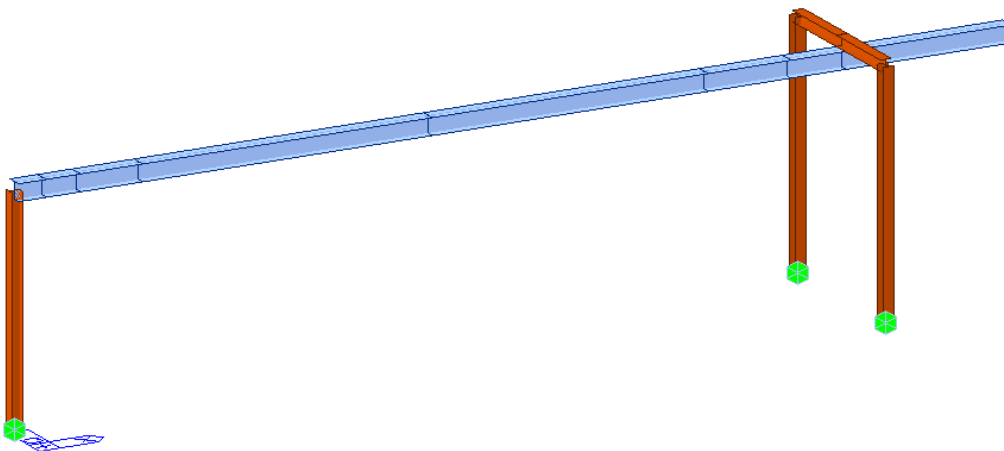


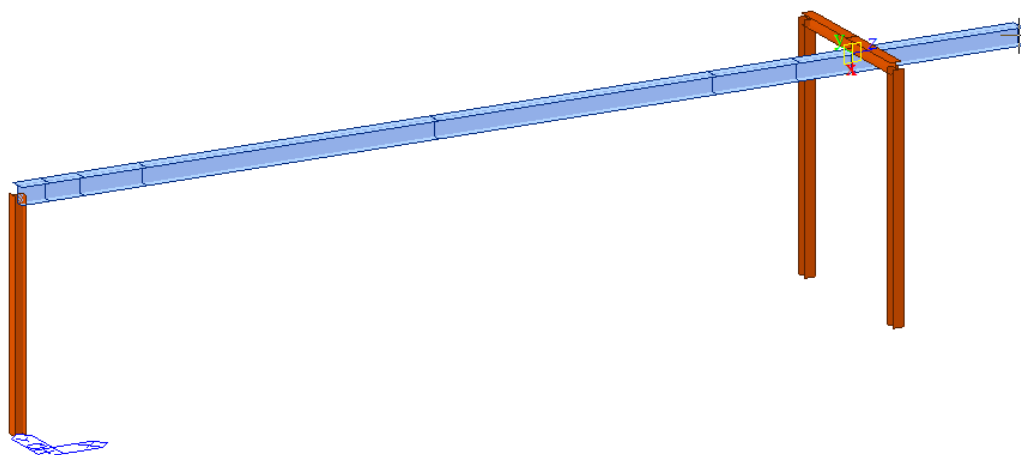


Figura 7-1 - Vincoli a terra

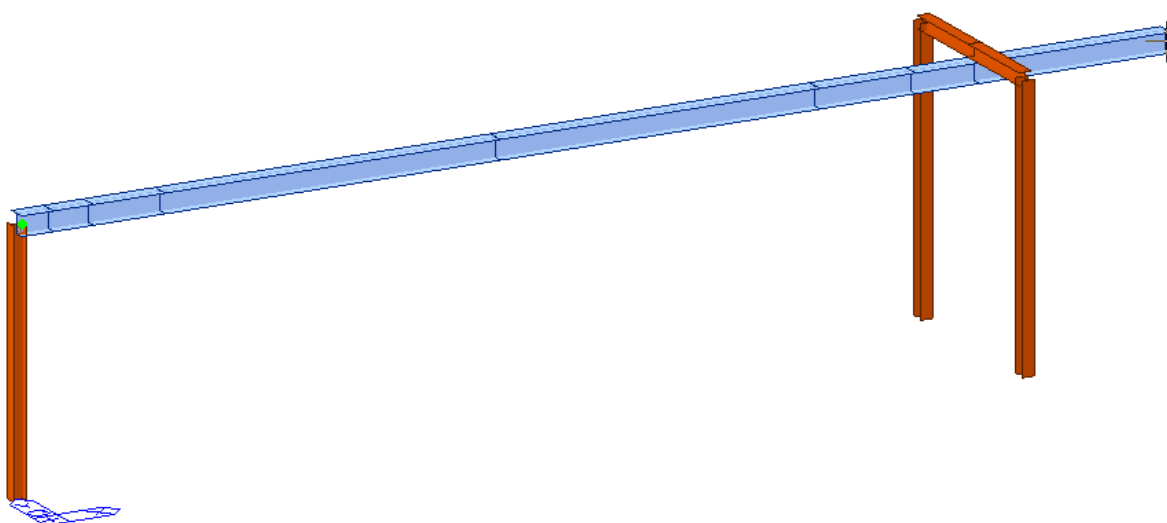
L'appensione della trave-via di corsa è modellata mediante un link rigido al telaio in acciaio.



 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>



7.1.3 Svincoli

La sezione terminale del carro ponte è svincolata a momento rispetto al montante posto su sponda destra.



 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

7.2 Condizioni di carico statiche

I carichi dovuti al peso proprio delle strutture vengono determinati automaticamente dal software. Per i carichi imputabili alle azioni permanenti portate e ai sovraccarichi viene applicato un carico combinato delle due tipologie di azioni pari a 12,9 kN e azioni trasversali pari a 0,41 kN. In favore di sicurezza, questi carichi vengono applicati nello stesso caso di carico. Si definiscono 6 casi di carico, in modo da posizionare il carico applicato su differenti posizioni della struttura per ottenere le massime azioni sollecitanti.

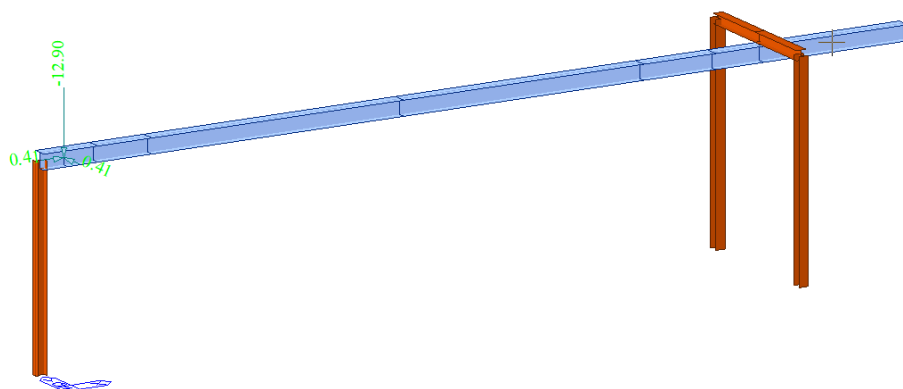


Figura 7-2 - Condizione di carico QL1

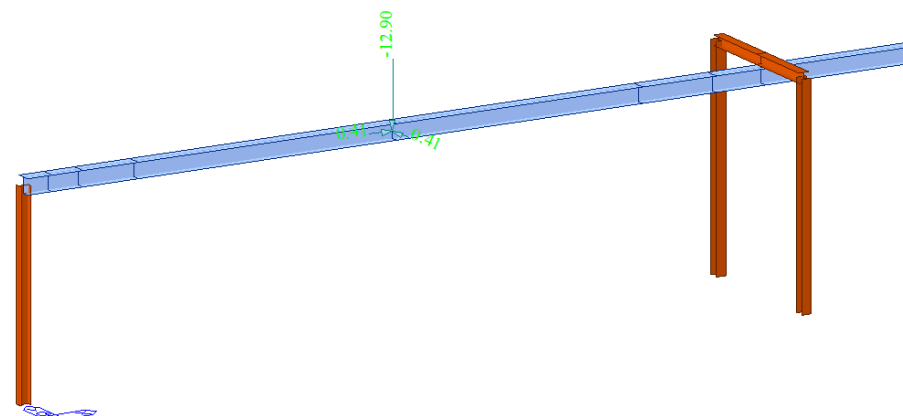




Figura 7-3 - Condizione di carico QL2

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

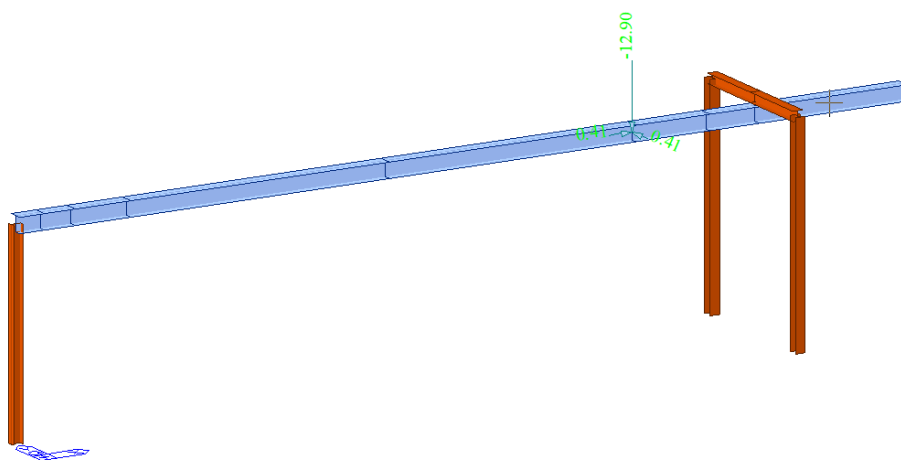


Figura 7-4 - Condizione di carico QL3

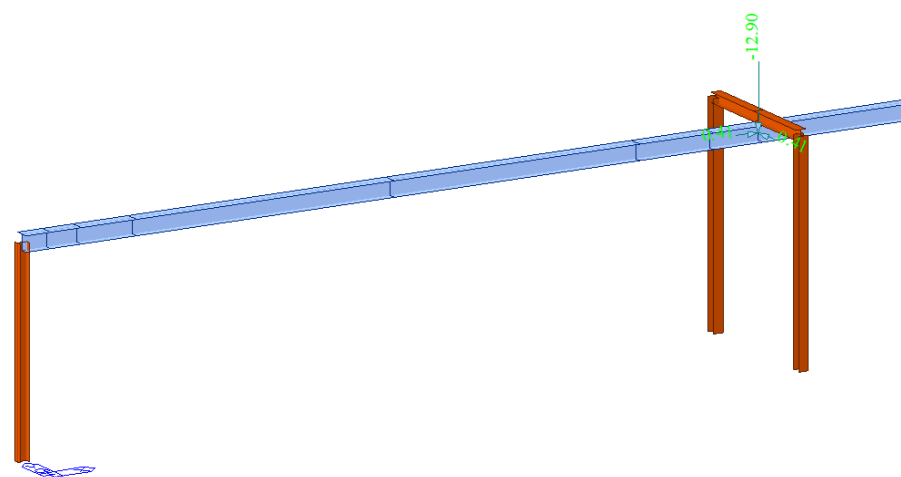


Figura 7-5 - Condizione di carico QL4

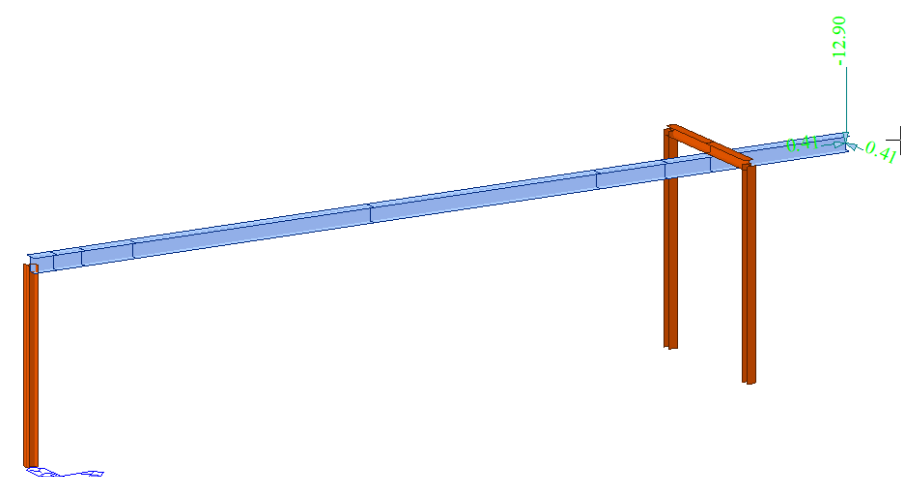


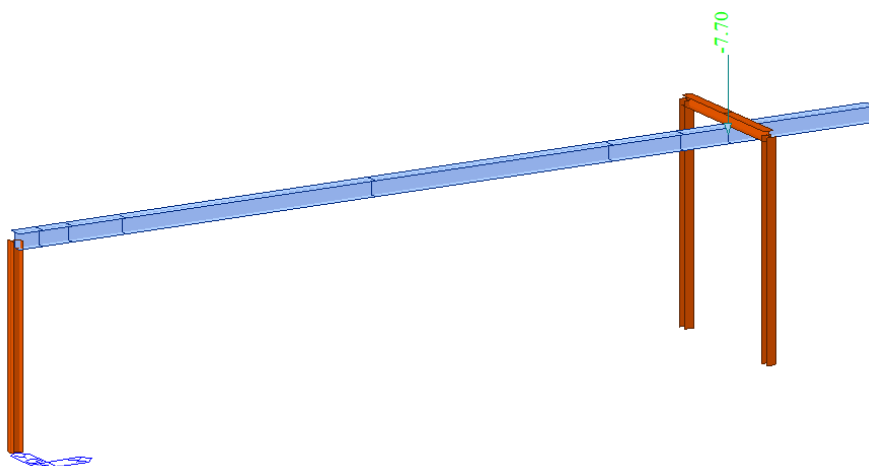


Figura 7-6 - Condizione di carico QL5



Alle precedenti condizioni viene applicato un carico anche in condizioni di riposo (R). Tale carico è convertito in massa per la determinazione dell'azione sismica.

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>





7.3 Analisi modale

Sono stati considerati tutti i modi con massa partecipante significativa, tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore allo 85%.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale



	Node	Mode	UX		UY		UZ		RX		RY		RZ	
	EIGENVALUE ANALYSIS													
		Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
			(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)									
		1	11.9913		1.9085		0.5240		0.0000e+00					
		2	13.1482		2.0926		0.4779		0.0000e+00					
		3	26.0288		4.1426		0.2414		0.0000e+00					
		4	29.7632		4.7370		0.2111		0.0000e+00					
		5	29.8541		4.7514		0.2105		0.0000e+00					
		6	62.0558		9.8765		0.1013		0.0000e+00					
		7	92.1427		14.6650		0.0682		0.0000e+00					
		8	150.2711		23.9164		0.0418		0.0000e+00					
	MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
		Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
			MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
		1	0.0000	0.0000	45.1053	45.1053	0.0000	0.0000	0.3001	0.3001	0.0000	0.0000	48.4998	48.4998
		2	99.9860	99.9860	0.0000	45.1053	0.0017	0.0017	0.0000	0.3001	0.0029	0.0029	0.0000	48.4998
		3	0.0000	99.9860	15.3335	60.4388	0.0000	0.0017	0.0150	0.3151	0.0000	0.0029	38.7154	87.2152
		4	0.0000	99.9860	39.0130	99.4518	0.0000	0.0017	0.0176	0.3327	0.0000	0.0029	12.7150	99.9302
		5	0.0059	99.9919	0.0000	99.4518	38.6950	38.6967	0.0000	0.3327	22.1391	22.1419	0.0000	99.9302
		6	0.0000	99.9919	0.5310	99.9828	0.0000	38.6967	0.0707	0.4033	0.0000	22.1419	0.0260	99.9562
		7	0.0004	99.9924	0.0000	99.9828	20.0313	58.7280	0.0000	0.4033	0.0029	22.1448	0.0000	99.9562
		8	0.0076	100.0000	0.0000	99.9828	0.1305	58.8585	0.0000	0.4033	0.0171	22.1618	0.0000	99.9562
		Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
			MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM
		1	0.0000	0.0000	1.4763	1.4763	0.0000	0.0000	0.0017	0.0017	0.0000	0.0000	47.4720	47.4720
		2	3.2725	3.2725	0.0000	1.4763	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0024	0.0024	0.0000	47.4720
		3	0.0000	3.2725	0.5019	1.9781	0.0000	0.0000	0.0001	0.0018	0.0000	0.0024	37.8950	85.3671
		4	0.0000	3.2725	1.2769	3.2550	0.0000	0.0000	0.0001	0.0019	0.0000	0.0024	12.4456	97.8127
		5	0.0002	3.2727	0.0000	3.2550	0.9626	0.9627	0.0000	0.0019	18.4921	18.4945	0.0000	97.8127
		6	0.0000	3.2727	0.0174	3.2724	0.0000	0.9627	0.0004	0.0023	0.0000	18.4945	0.0255	97.8381
		7	0.0000	3.2727	0.0000	3.2724	0.4983	1.4610	0.0000	0.0023	0.0024	18.4969	0.0000	97.8381
		8	0.0002	3.2729	0.0000	3.2724	0.0032	1.4642	0.0000	0.0023	0.0143	18.5111	0.0000	97.8381

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

7.3.1 Combinazioni di carico

No	Name	Active	Type	G1(ST)	R(ST)	QL_1(ST)	QL_2(ST)	QL_3(ST)	QL_4(ST)	QL_5(ST)	SLV_Ex(RS)	SLV_Ey(RS)
1	SLU1	Stre	Add	1.3000		1.5000						
2	SLU2	Stre	Add	1.3000			1.5000					
3	SLU3	Stre	Add	1.3000				1.5000				
4	SLU4	Stre	Add	1.3000					1.5000			
5	SLU5	Stre	Add	1.3000						1.5000		
6	SLE1	Servi	Add	1.0000		1.0000						
7	SLE2	Servi	Add	1.0000			1.0000					
8	SLE3	Servi	Add	1.0000				1.0000				
9	SLE4	Servi	Add	1.0000					1.0000			
10	SLE5	Stre	Add	1.0000						1.0000		
11	SLV1	Stre	Add	1.0000	1.000						1.0000	0.3000
12	SLV2	Stre	Add	1.0000	1.000						1.0000	-0.3000
13	SLV3	Stre	Add	1.0000	1.000						0.3000	1.0000
14	SLV4	Stre	Add	1.0000	1.000						0.3000	-1.0000
15	SLV5	Stre	Add	1.0000	1.000						-1.0000	0.3000
16	SLV6	Stre	Add	1.0000	1.000						-1.0000	-0.3000
17	SLV7	Stre	Add	1.0000	1.000						-0.3000	1.0000
18	SLV8	Stre	Add	1.0000	1.000						-0.3000	-1.0000

Oltre alle combinazioni sopra riportate è stata aggiunta una combinazione di inviluppo degli SLU e degli SLV.

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

7.4 Risultati e verifiche

7.4.1 Reazioni vincolari

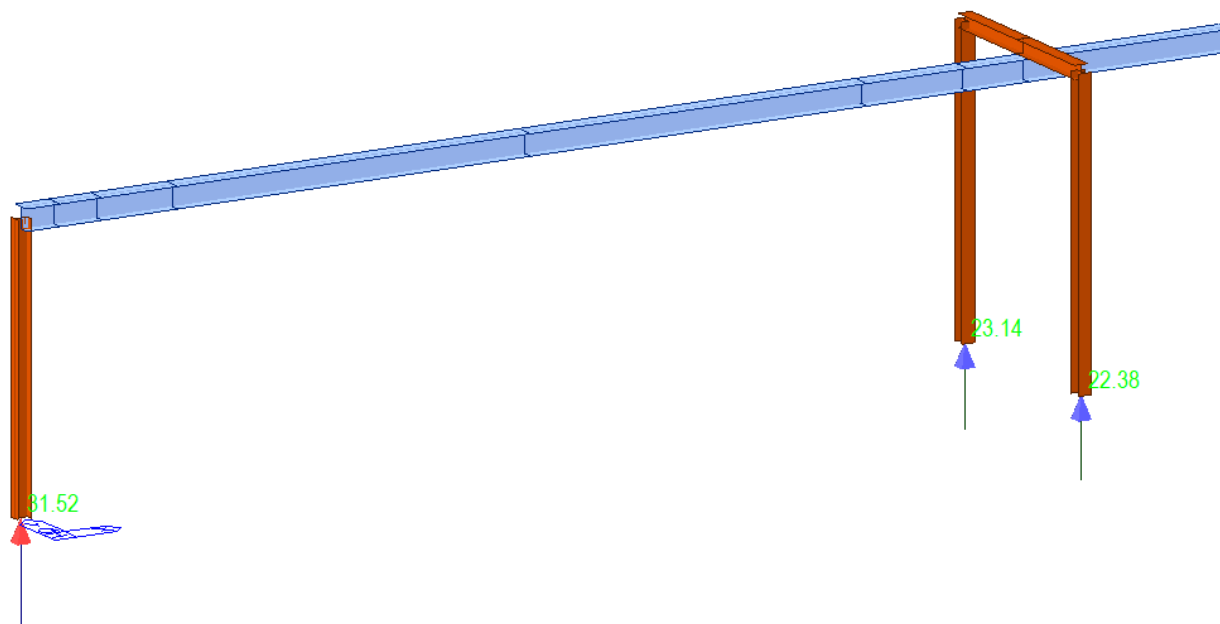




Figura 7-7 - Reazioni vincolari all'involuppo SLU+SLV

	Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
▶	16	SLU1	-0.521795	-0.585047	31.518636	2.326854	-2.087181	0.000000
	19	SLU1	-0.092446	-1.330398	11.488489	1.872301	-0.365921	0.000734
	20	SLU1	-0.000759	1.300445	11.447533	-1.800589	0.025935	0.000839
	16	SLU2	-0.685668	-0.288781	22.426205	1.148460	-2.742670	0.000000
	19	SLU2	-0.047527	-2.151695	16.189313	3.169383	-0.137305	0.001462
	20	SLU2	0.118194	1.825476	15.839140	-2.383101	0.570955	0.001382
	16	SLU3	-0.623566	-0.090000	15.940268	0.357809	-2.494264	0.000000
	19	SLU3	-0.041939	-2.731277	19.536017	4.079494	-0.127267	0.000798
	20	SLU3	0.050505	2.206277	18.978373	-2.813767	0.267824	0.000788
	16	SLU4	-0.502829	-0.000694	12.818435	0.002594	-2.011316	0.000000
	19	SLU4	-0.052677	-3.007057	21.143538	4.509867	-0.200108	-0.000121
	20	SLU4	-0.059494	2.392751	20.492685	-3.028741	-0.229244	0.000005
	16	SLU5	-0.307525	0.107278	8.934512	-0.426862	-1.230100	0.000000
	19	SLU5	-0.072835	-3.348592	23.141845	5.041520	-0.329877	-0.001561
	20	SLU5	-0.234640	2.626314	22.378301	-3.299975	-1.021406	-0.001216
	16	SLE1	-0.359575	-0.390031	22.326702	1.551236	-1.438299	0.000000
	19	SLE1	-0.055775	-1.016945	8.802093	1.429710	-0.216306	0.000496
	20	SLE1	0.005350	0.996976	8.774788	-1.381902	0.044931	0.000553
	16	SLE2	-0.468823	-0.192521	16.265082	0.765640	-1.875292	0.000000
	19	SLE2	-0.025829	-1.564477	11.935975	2.294431	-0.063895	0.000981
	20	SLE2	0.084652	1.346997	11.702527	-1.770243	0.408278	0.000915
	16	SLE3	-0.427422	-0.060000	11.941124	0.238539	-1.709687	0.000000
	19	SLE3	-0.022104	-1.950864	14.167111	2.901172	-0.057203	0.000539
	20	SLE3	0.039526	1.600864	13.795349	-2.057354	0.206191	0.000519
	16	SLE4	-0.346931	-0.000462	9.859902	0.001729	-1.387722	0.000000
	19	SLE4	-0.029262	-2.134718	15.238792	3.188088	-0.105764	-0.000074
	20	SLE4	-0.033807	1.725180	14.804890	-2.200670	-0.125188	-0.000004
	16	SLE5	-0.216728	0.071519	7.270620	-0.284575	-0.866912	0.000000
	19	SLE5	-0.042701	-2.362407	16.570997	3.542523	-0.192276	-0.001034
	20	SLE5	-0.150571	1.880889	16.061967	-2.381493	-0.653296	-0.000817

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

	Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN·m)	MY (kN·m)	MZ (kN·m)
▶	16	SLV1	6.227585	0.058413	9.930812	0.232313	24.910338	0.000000
	19	SLV1	1.871977	-1.494112	12.489477	2.278336	8.019272	0.001636
	20	SLV1	1.860777	1.596953	12.494395	-2.035029	7.971402	0.001716
	16	SLV2	3.321745	-0.058413	9.896906	-0.232313	13.286980	0.000000
	19	SLV2	1.021735	-1.591822	12.386711	2.042193	4.385779	0.000990
	20	SLV2	1.032936	1.497786	12.381793	-2.273207	4.433649	0.000715
	16	SLV3	6.214635	0.194710	9.930661	0.774376	24.858539	0.000000
	19	SLV3	1.881543	-1.381659	12.598963	2.551686	8.060155	0.001506
	20	SLV3	1.844207	1.711106	12.615356	-1.759305	7.900588	0.001998
	16	SLV4	-3.471497	-0.194710	9.817640	-0.774376	-13.885988	0.000000
	19	SLV4	-0.952599	-1.707357	12.256409	1.764540	-4.051490	-0.000649
	20	SLV4	-0.915263	1.380551	12.240016	-2.553233	-3.891923	-0.001337
	16	SLV5	-3.495547	0.058413	9.817360	0.232313	-13.982186	0.000000
	19	SLV5	-0.934834	-1.498515	12.459740	2.272190	-3.975565	-0.000892
	20	SLV5	-0.946035	1.592550	12.464658	-2.041175	-4.023435	-0.000813
	16	SLV6	-6.401386	-0.058413	9.783453	-0.232313	-25.605545	0.000000
	19	SLV6	-1.785077	-1.596224	12.356974	2.036046	-7.609058	-0.001539
	20	SLV6	-1.773876	1.493384	12.352056	-2.279354	-7.561188	-0.001814
	16	SLV7	3.297695	0.194710	9.896625	0.774376	13.190782	0.000000
	19	SLV7	1.039500	-1.382980	12.590042	2.549842	4.461704	0.000747
	20	SLV7	1.002164	1.709786	12.606435	-1.761149	4.302137	0.001239
	16	SLV8	-6.388436	-0.194710	9.783605	-0.774376	-25.553745	0.000000
	19	SLV8	-1.794642	-1.708677	12.247488	1.762697	-7.649941	-0.001408
	20	SLV8	-1.757306	1.379230	12.231095	-2.555077	-7.490374	-0.002096

7.5 Diagrammi azioni interne

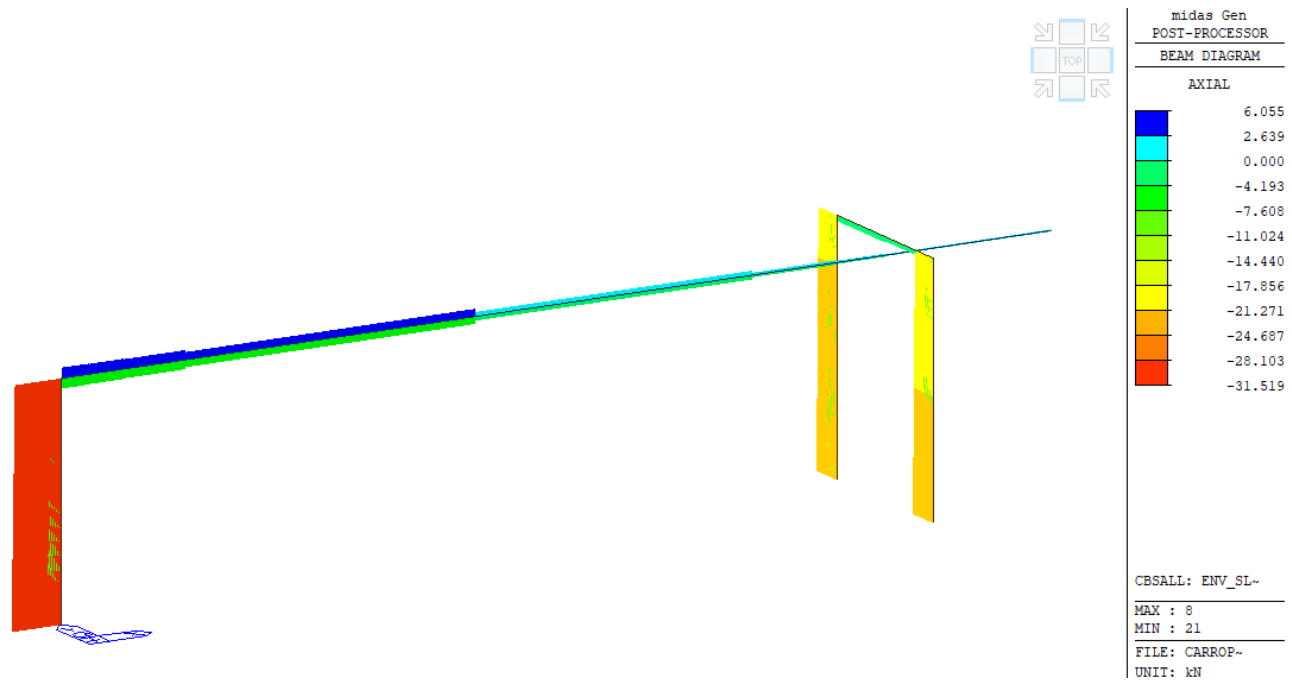


Figura 7-8 Azioni assiali sugli elementi strutturali

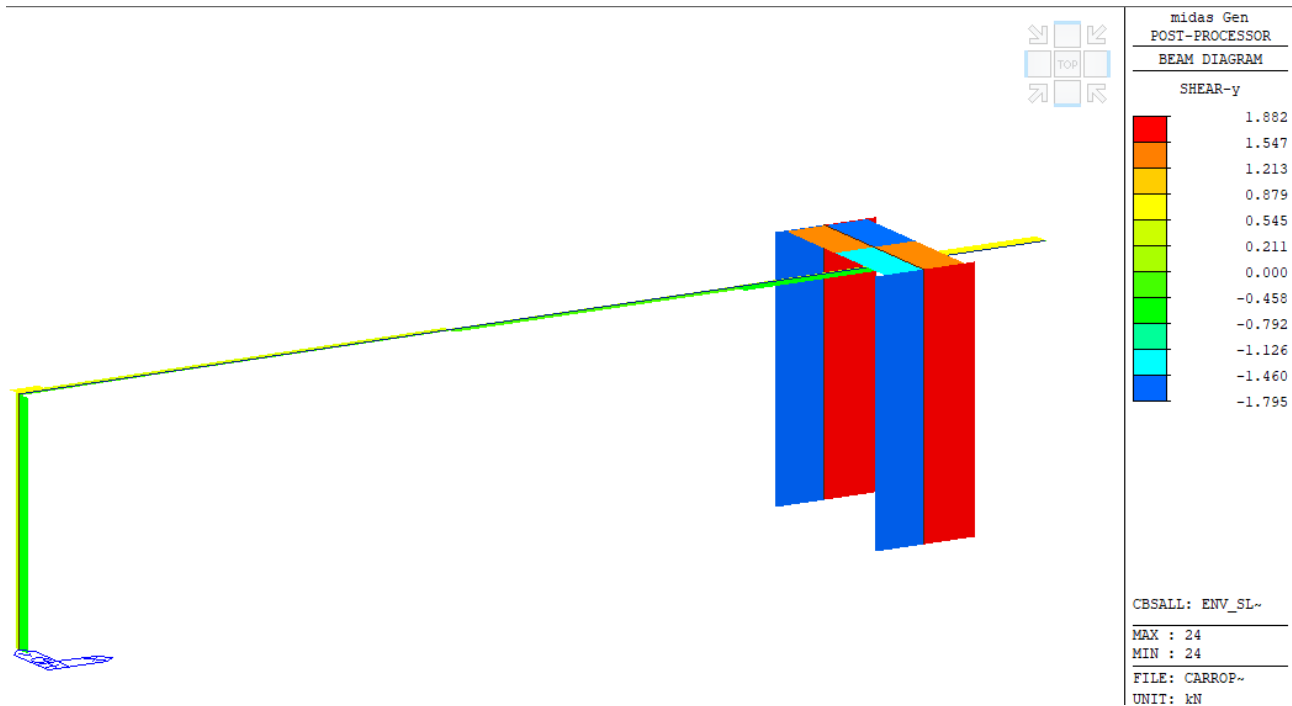


Figura 7-9 Taglio in dir. Y rispetto agli assi di riferimento locali degli elementi strutturali

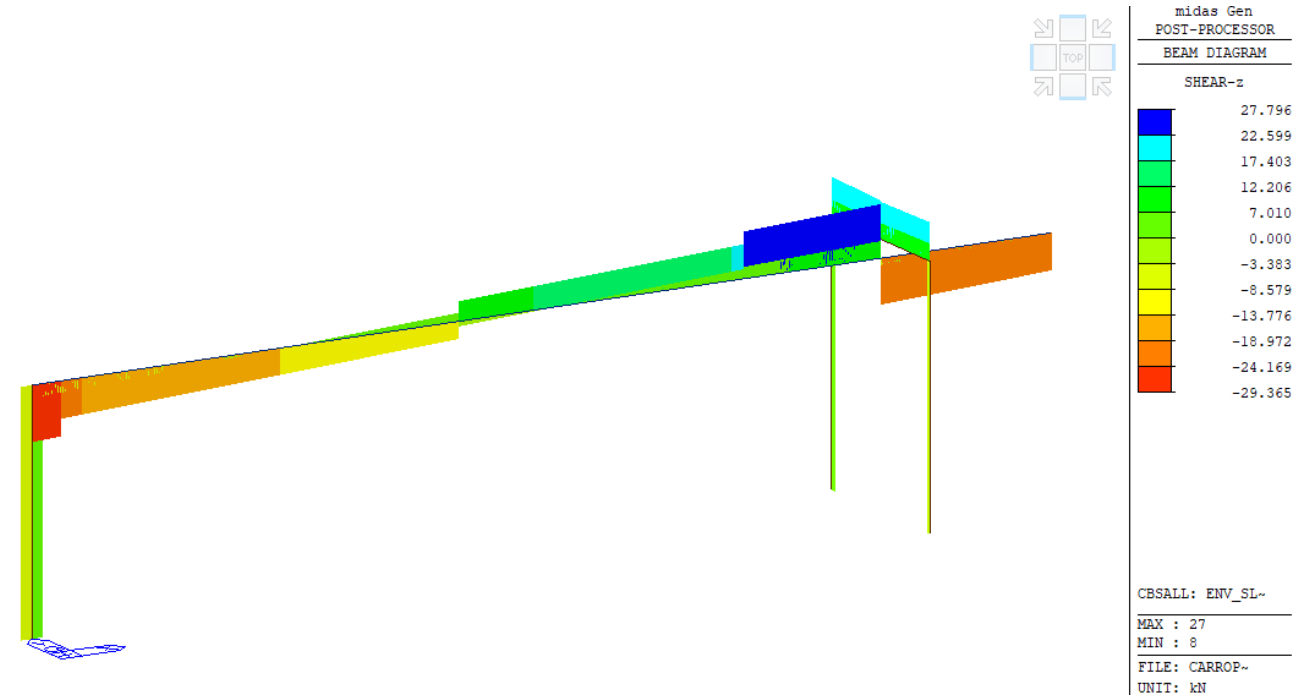


Figura 7-10 Taglio in dir. Z rispetto agli assi di riferimento locali degli elementi strutturali

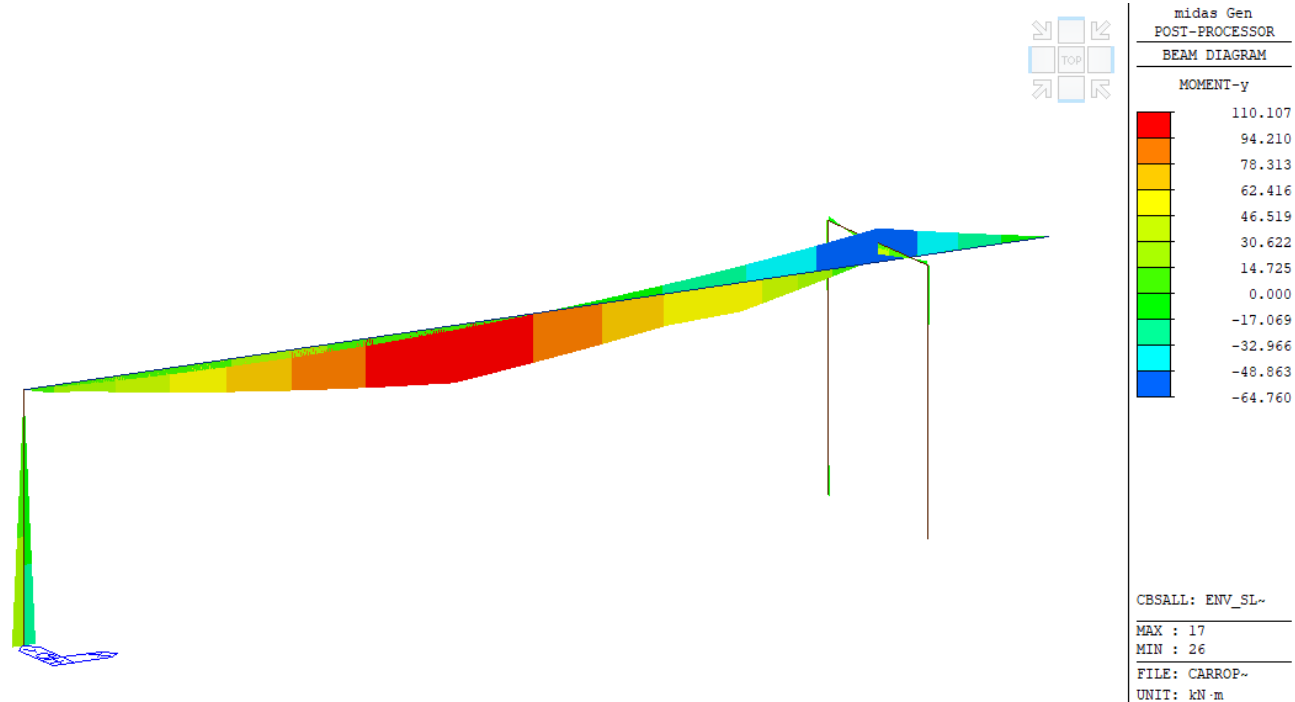


Figura 7-11 - Momento flettente rispetto agli assi Y locali degli elementi strutturali

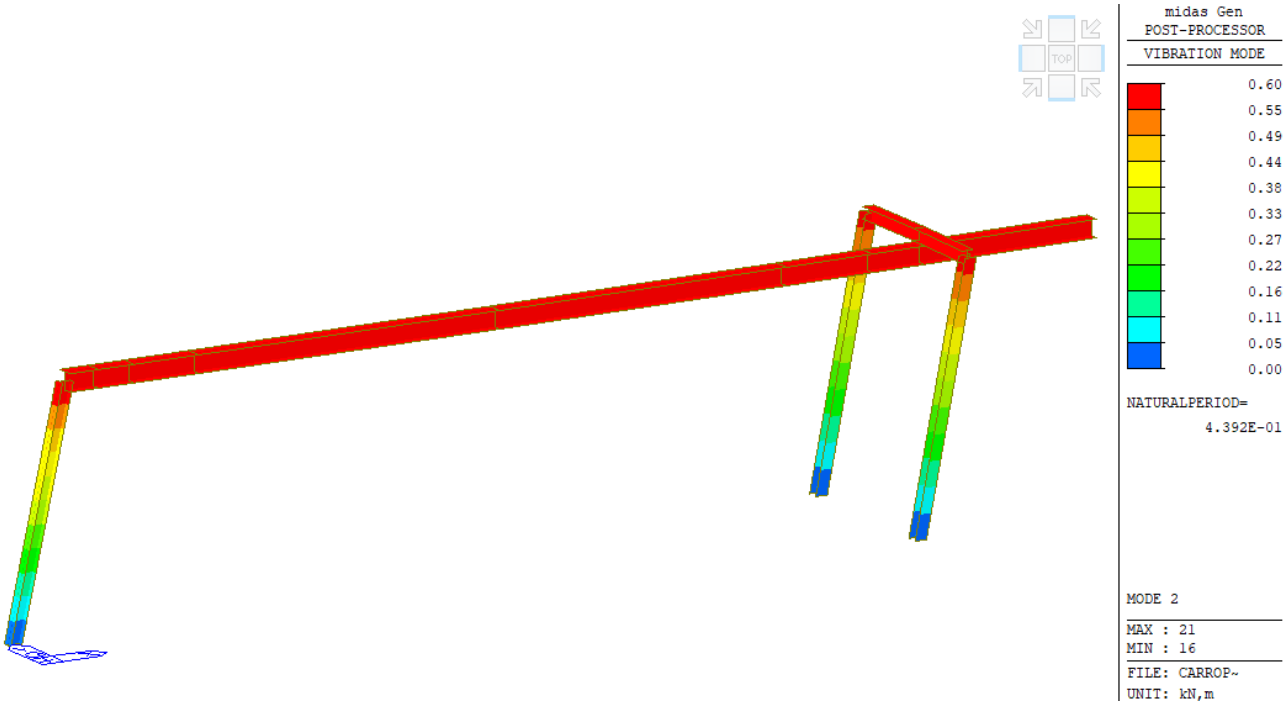


Figura 7-14 Modo di Vibrare 2

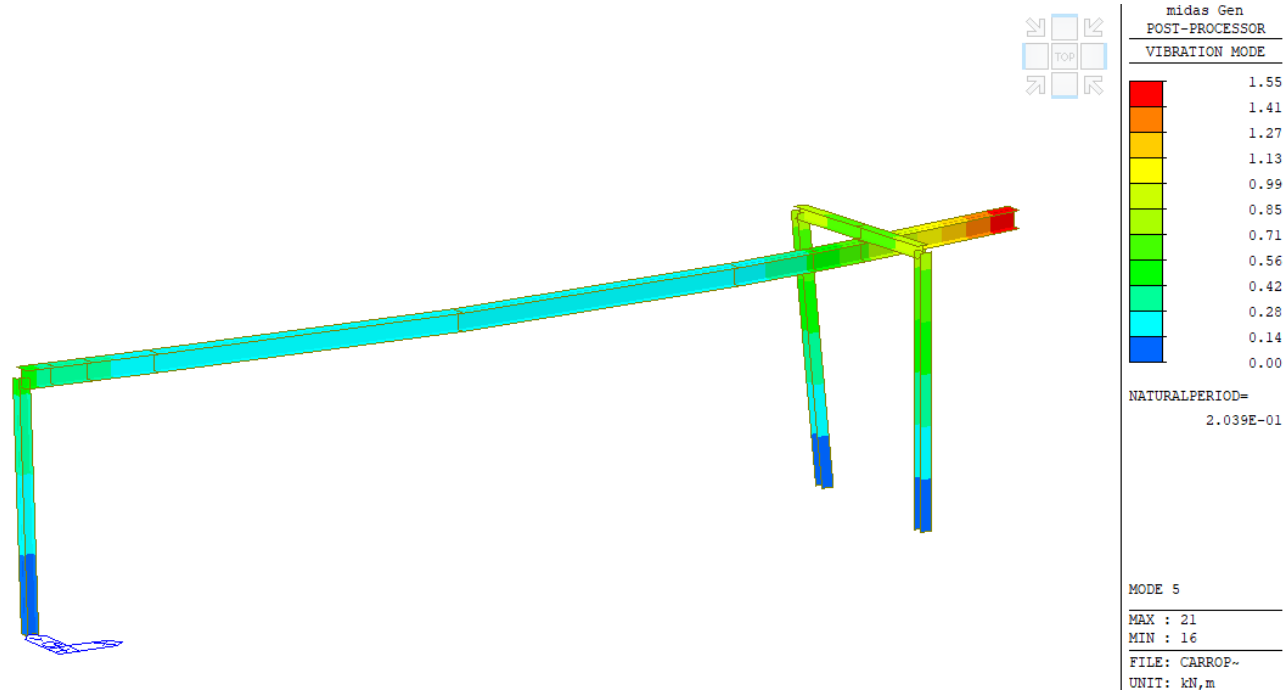

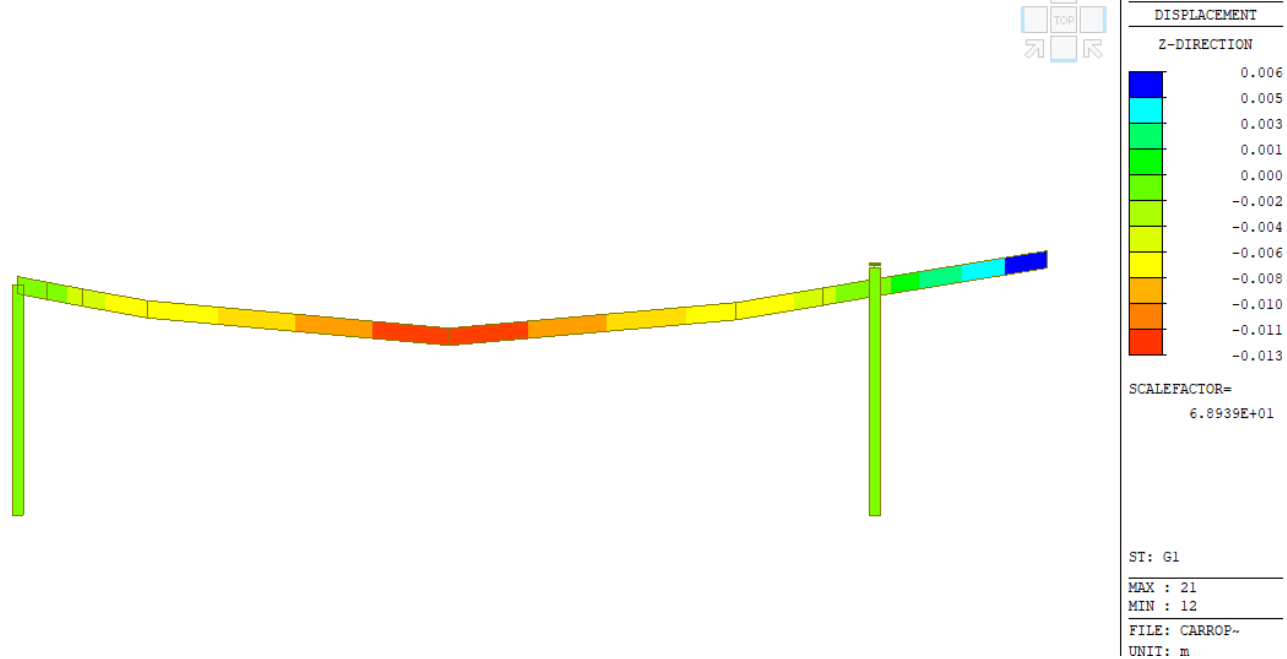


Figura 7-15 Modo di Vibrare 5

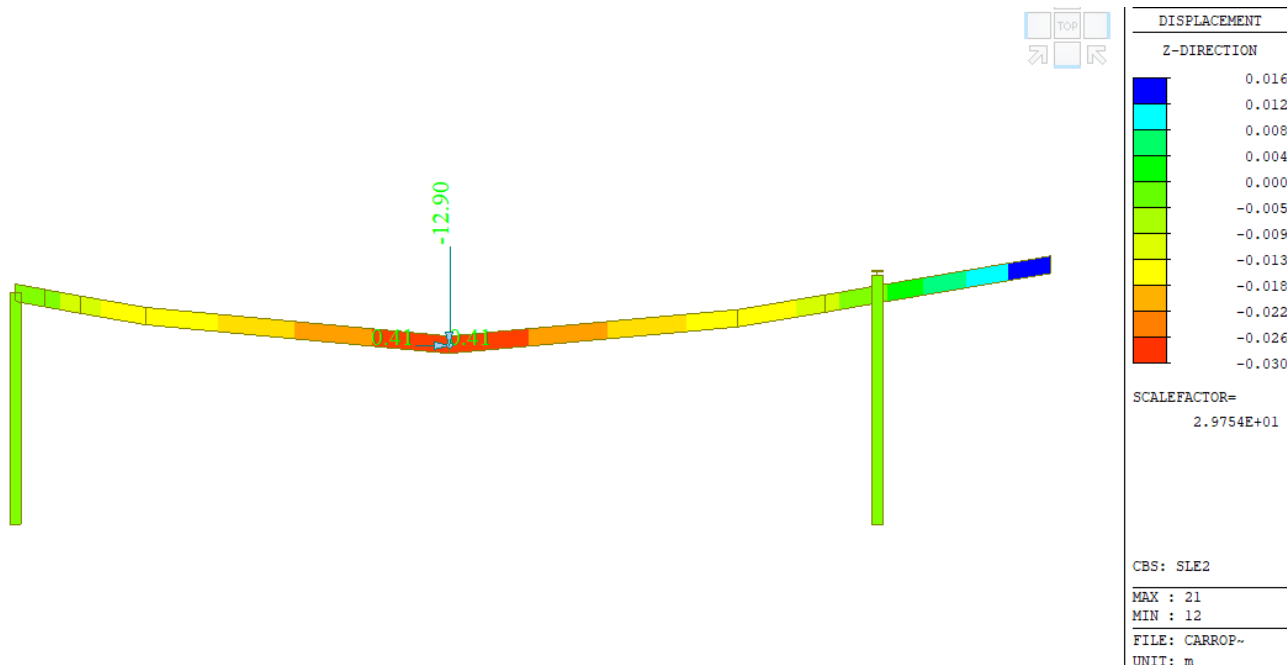
 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>



7.7 Deformazioni in esercizio

Dall’analisi delle deformate elastiche risulta una deformazione per peso proprio di 1,3 cm. Per la compensazione degli effetti del peso sulla deformata, si prescrive una contromonta di 1,2 cm sulla trave della via di corsa.



Considerando la massima deformazione in condizioni di esercizio, al netto dei carichi dinamici indotti, si determina una deformazione totale massima di 3 cm, considerando lo scomputo del carico statico per peso proprio delle strutture si ha dunque una escusione di deformazione di 1,8cm.

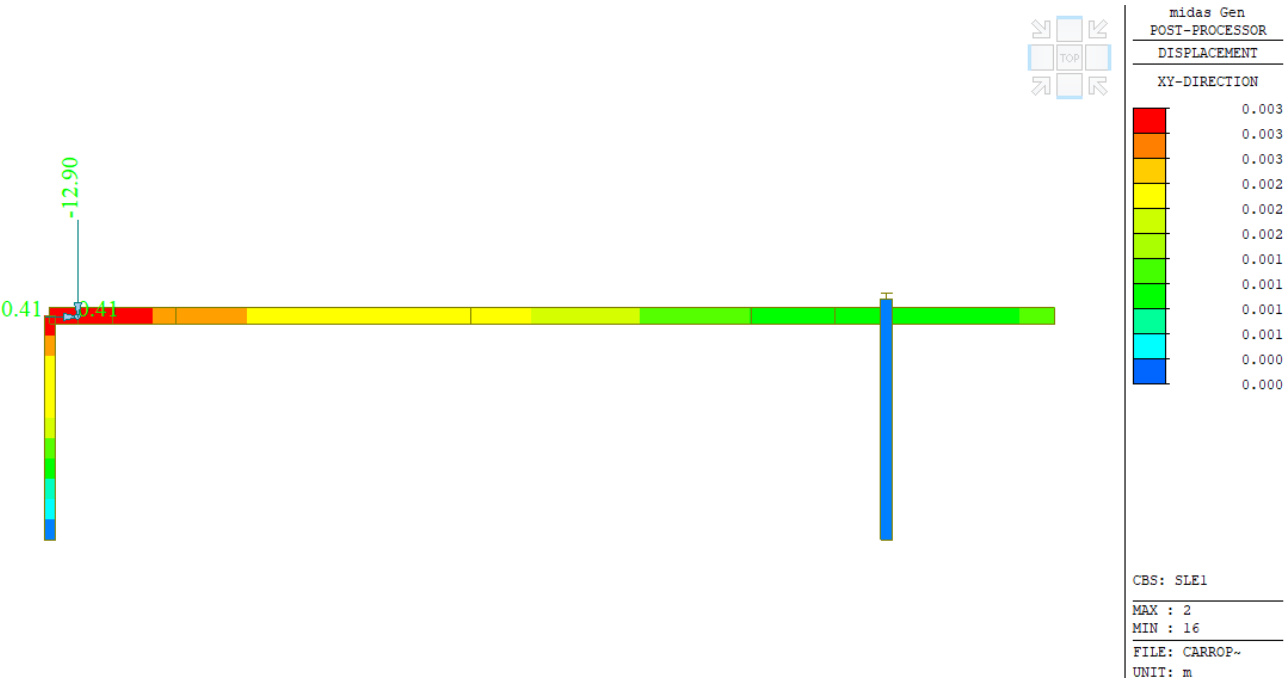


 <p>AIPO AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

Si considera che la deformazione ammissibile sul carroponete sia pari a 1/800 della luce. Considerata la luce di 14.91m, si ottiene una deformazione limite di 0,0186 m.

La deformazione massima ottenuta risulta essere inferiore a quella limite essendo



$$0,0180\text{ m} < 0,0186\text{ m}$$



Si considera che la deformazione orizzontale ammissibile sia pari a 1/300 dell'altezza della costruzione. della luce. Considerata l'altezza di 4,275. si ottiene una deformazione ammissibile di 14 mm.

La deformazione massima ottenuta risulta essere inferiore a quella limite essendo.

$$0,003\text{ m} < 0,0140\text{ m}$$



 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

7.8 Verifiche elementi strutturali

7.8.1 Verifica profili in acciaio

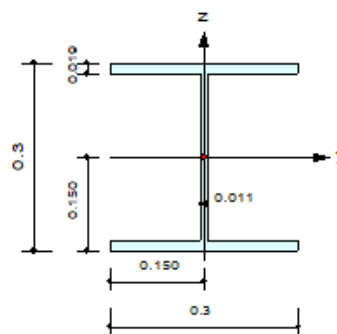
Si riporta lo schema di sintesi delle verifiche strutturali eseguite sui profili in acciaio.

CH K	MEM COM	SECT SHR	SE L	Section		LCB	Class	Len	Ly	Ky	Bmy	N,Ed	My,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def
				Material	Fy		Req.	Lb	Lz	Kz	Bmz	N,Rd	Mb,Rd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	Defa
OK	8	0.376	0.041	<input type="checkbox"/>	HEB300	2	Class1	14.910	14.910	1.000	1.000	0.6856	109.65	109.65	-2.1529	0.5850	29.365	-	-0.0297
					S275 275000		-	14.910	14.910	1.000	1.000	3902.3	291.47	489.23	226.00	1817.2	715.98	-	0.0596
OK	21	0.248	0.023	<input type="checkbox"/>	HEA200	13	Class1	4.0000	4.0000	1.000	0.850	-9.7836	-	25.553	0.7743	0.5850	6.4013	-	0.0029
					S275 275000		-	4.0000	4.0000	1.000	0.850	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0133
OK	24	0.184	0.012	<input type="checkbox"/>	HEA200	18	Class1	4.3000	4.3000	1.000	0.850	-12.599	-	-2.5517	-8.0602	1.8815	3.3485	-	0.0004
					S275 275000		-	4.3000	4.3000	1.000	0.850	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0143
OK	25	0.178	0.010	<input type="checkbox"/>	HEA200	16	Class1	4.3000	4.3000	1.000	0.850	-12.494	-	2.0350	-7.9714	1.8607	2.6263	-	0.0009
					S275 275000		-	4.3000	4.3000	1.000	0.850	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0143
OK	26	0.141	0.033	<input type="checkbox"/>	HEB300	5	Class1	3.0000	3.0000	1.000	1.000	0.6150	-	-64.760	1.8450	0.6150	23.823	-	-0.0002
					S275 275000		-	3.0000	3.0000	1.000	1.000	3902.3	-	489.23	226.00	1817.2	715.98	-	0.0120
OK	28	0.193	0.076	<input type="checkbox"/>	HEA200	5	Class1	1.5000	1.5000	1.000	1.000	-3.3486	-	21.277	0.1076	1.5184	20.826	-	-0.0002
					S275 275000		-	1.5000	1.5000	1.000	1.000	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0060
OK	29	0.199	0.074	<input type="checkbox"/>	HEA200	5	Class1	1.5000	1.5000	1.000	1.000	-2.6263	-	21.495	-0.3532	1.5009	20.063	-	-0.0002
					S275 275000		-	1.5000	1.5000	1.000	1.000	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0060

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO - PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

1. Design Information

Design Code	Eurocode3:05
Unit System	kN, m
Member No	8
Material	S275 (No:1) ($F_y = 275000$, $E_s = 210000000$)
Section Name	HEB300 (No:3) (Rolled : HEB300).
Member Length	: 14.9100



2. Member Forces

Axial Force	$F_{xx} = 0.68567$ (LCB: 2, POS:1/2)
Bending Moments	$M_y = 109.654$, $M_z = -2.1529$
End Moments	$M_{yi} = 0.00000$, $M_{yj} = -6.8609$ (for L_b) $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = -6.8609$ (for L_y) $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = 0.25142$ (for L_z)
Shear Forces	$F_{yy} = 0.58505$ (LCB: 1, POS:I) $F_{zz} = -29.365$ (LCB: 1, POS:I)

Depth	0.30000	Web Thick	0.01100
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01900
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01900
Area	0.01490	Asz	0.00330
Qyb	0.08139	Qzb	0.01125
Iyy	0.00025	Izz	0.00009
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Wely	0.00168	Welz	0.00057
ry	0.13000	rz	0.07580

3. Design Parameters

Unbraced Lengths	$L_y = 14.9100$, $L_z = 14.9100$, $L_b = 14.9100$
Effective Length Factors	$K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors	$C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$$KL/r = 196.7 < 200.0 \text{ (LCB: 1)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.69/3902.38 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 109.654/291.475 = 0.376 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 2.153/226.004 = 0.010 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$R.MNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny_Rd}, M_{Edz}/M_{nz_Rd}]$$

$$R.BiM = (M_{Edy}/M_{ny_Rd})^\alpha + (M_{Edz}/M_{nz_Rd})^\beta$$

$$R.byN = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0}), R.byM = M_{Edy}/M_{y_Rd} + M_{Edz}/M_{z_Rd}$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R.MNRd, R.BiM, (R.byN + R.byM)] = 0.234 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

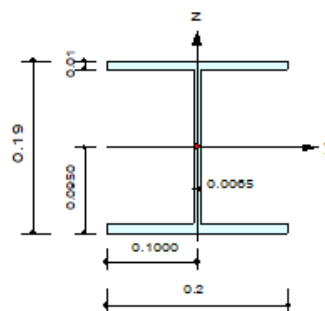
Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y_Rd} = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z_Rd} = 0.041 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 21
Material S275 (No:1)
($F_y = 275000$, $E_s = 210000000$)
Section Name HEA200 (No:2)
(Rolled : HEA200).
Member Length : 4.00000



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -9.7836$ (LCB: 13, POS:J)
Bending Moments $M_y = 25.5537$, $M_z = 0.77438$
End Moments $M_{yi} = 0.00000$, $M_{yj} = 25.5537$ (for L_b)
 $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = 25.5537$ (for L_y)
 $M_{zi} = 0.00446$, $M_{zj} = 0.77438$ (for L_z)
Shear Forces $F_{yy} = -0.5850$ (LCB: 1, POS:I)
 $F_{zz} = -6.4014$ (LCB: 16, POS:I)

Depth	0.19000	Web Thick	0.00850
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.01000
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.01000
Area	0.00538	Asz	0.00123
Q _{yp}	0.03130	Q _{zb}	0.00500
I _{yy}	0.00004	I _{zz}	0.00001
Y _{bar}	0.10000	Z _{bar}	0.00500
W _{ely}	0.00039	W _{elz}	0.00013
r _y	0.08280	r _z	0.04980

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 4.00000$, $L_z = 4.00000$, $L_b = 4.00000$
Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors $C_{my} = 0.85$, $C_{mz} = 0.85$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$KL/r = 86.3 < 200.0$ (Memb:24, LCB: 1)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/MIN[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 9.78/1409.05 = 0.007 < 1.000$ O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 25.554/112.619 = 0.227 < 1.000$ O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.7744/52.8512 = 0.015 < 1.000$ O.K

Combined Resistance

$R_{MNRd} = MAX[M_{Edy}/M_{Ny_Rd}, M_{Edz}/M_{Nz_Rd}]$

$R_{BiM} = (M_{Edy}/M_{Ny_Rd})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{Nz_Rd})^{\beta}$

$R_{byN} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{byM} = M_{Edy}/M_{y_Rd} + M_{Edz}/M_{z_Rd}$

$R_{cLT1} = N_{Ed}/(\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{bLT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy})/(\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz})/(W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{cLT2} = N_{Ed}/(\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{bLT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy})/(\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{Edz})/(W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{max} = MAX[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN} + R_{byM}), MAX(R_{cLT1} + R_{bLT1}, R_{cLT2} + R_{bLT2})] = 0.248 < 1.000$.. O.K



Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y_Rd} = 0.001 < 1.000$ O.K

$V_{Edz}/V_{z_Rd} = 0.023 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/300.0 = 0.0133 > 0.0029$ (Memb:21, LCB: 6, Dir-Y)..... O.K

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

	Elem	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN-m)	Moment-y (kN-m)	Moment-z (kN-m)
►	17	SLU1	J[11]	-0.09	-0.03	4.90	0.01	35.27	-0.01
	17	SLU2	J[11]	0.07	-0.33	13.99	0.01	79.80	-1.35
	17	SLU3	J[11]	0.68	0.19	-2.12	0.00	95.73	-1.87
	17	SLU4	J[11]	0.50	0.00	4.25	0.00	32.09	-0.01
	17	SLU5	J[11]	0.31	-0.11	8.13	-0.00	-6.75	1.07
	17	SLE1	J[11]	-0.05	-0.02	3.70	0.01	26.80	-0.01
	17	SLE2	J[11]	0.06	-0.22	9.76	0.00	56.48	-0.90
	17	SLE3	J[11]	0.47	0.12	-0.98	0.00	67.11	-1.25
	17	SLE4	J[11]	0.35	0.00	3.27	0.00	24.68	-0.00
	17	SLE5	J[11]	0.22	-0.07	5.86	-0.00	-1.21	0.72
	17	SLV1	J[11]	3.02	0.01	3.31	0.00	25.27	0.16
	17	SLV2	J[11]	1.67	-0.01	3.29	-0.00	24.99	-0.16
	17	SLV3	J[11]	3.02	0.04	3.31	0.00	25.27	0.52
	17	SLV4	J[11]	-1.49	-0.04	3.25	-0.00	24.33	-0.52
	17	SLV5	J[11]	-1.50	0.01	3.25	0.00	24.32	0.16
	17	SLV6	J[11]	-2.85	-0.01	3.22	-0.00	24.04	-0.16
	17	SLV7	J[11]	1.66	0.04	3.29	0.00	24.98	0.52
	17	SLV8	J[11]	-2.84	-0.04	3.22	-0.00	24.04	-0.52

7.9 Verifica di capacità portante - Plinto di fondazione lato sponda

Per la verifica della capacità portante viene utilizzata la teoria di Vesic. Le azioni di calcolo vengono maggiorate per tener conto del peso del plinto.

Geometria fondazione-terreno

Base [B] (m): Lunghezza [L] (m):
 Profondità [D] (m): Incl. base [a] (deg):
 Incl. pendio [b] (deg): Perm [q0] (kPa):

Dettaglio superficie rottura

Copia grafico

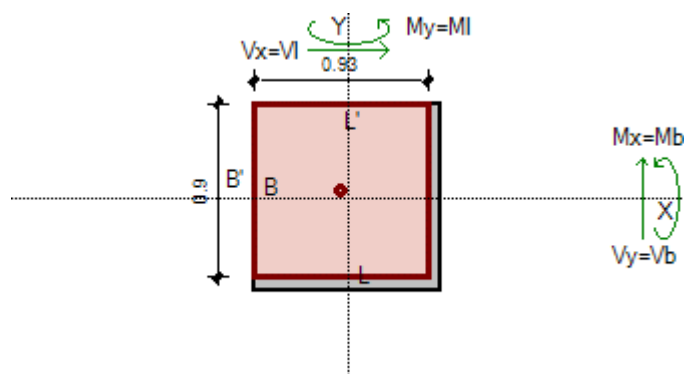
Parametri caratteristici terreno (premi INVIO per confermare i dati)

Str.	ynat (kN/m ³)	ysat (kN/m ³)	fi (deg)	c' (kPa)	cu (kPa)	Hstr (m)	Eed (kPa)	Dr
1	18.00	18.00	25.0	0.00	0.00	6.00	50000.00	0.90
2	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Parametri di calcolo dello strato equivalente (prof. 2.00-B+D=2.00+1.00 m)

Par.	y (kN/m ³)	B	fi (deg)	c' (kPa)	cu (kPa)	F	Eed (kPa)	Dr
Strato eq.	18.00		25.0	0.00			50000.00	0.90

Profondità falda (m) (dal piano di campagna)



Risultati

Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)

N=56.59 kN - MB=2.33 kNm - ML=2.10 kNm
HL=0.52 kN - HB=0.59 kN

	c	q	y
Nc, Nq, Ny	20.721	10.662	10.876
sc, sq, sy	1.510	1.462	0.604
dc, dq, dy	1.343	1.311	1.000
ic, iq, iy	0.977	0.979	0.966
bc, bq, by	1.000	1.000	1.000
gc, gq, gy	1.000	1.000	1.000
pc, pq, py			
ec, eq, ey			

Dimensioni efficaci
B' (m): 0.92
L' (m): 0.93

q' (kPa) 18.00

Avvisi

qult (kPa): 412.58 Qult (kN): 350.51 R: 6.194 > R3=2.3

Resistenza a sormonto (kN): 26.39 R: 33.554 > R3=1.1

Minimo fattore di sicurezza qult (tra tutte le combinazioni)

Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)
N=56.59 kN - MB=2.33 kNm - ML=2.10 kNm
HL=0.52 kN - HB=0.59 kN

Avvisi



qult (kPa): 412.58 Qult (kN): 350.51 R: 6.194 > R3=2.3

Minimo fattore di sicurezza a sormonto (tra tutte le combinazioni)

Combinazione 2 - Statica (proiezione alla base)
N=47.55 kN - MB=1.16 kNm - ML=2.76 kNm
HL=0.69 kN - HB=0.29 kN

Avvisi

Resistenza a sormonto (kN): 22.17 R: 29.625 > R3=1.1

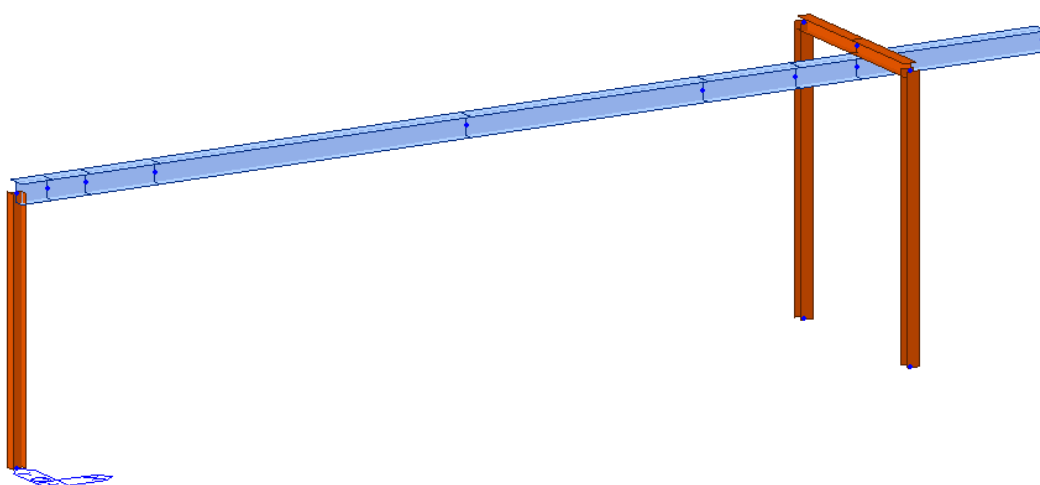
 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

8 CARROPONTE PER RAGNO – ANALISI E VERIFICHE

8.1 Modello ad elementi finiti

8.1.1 Vista del modello

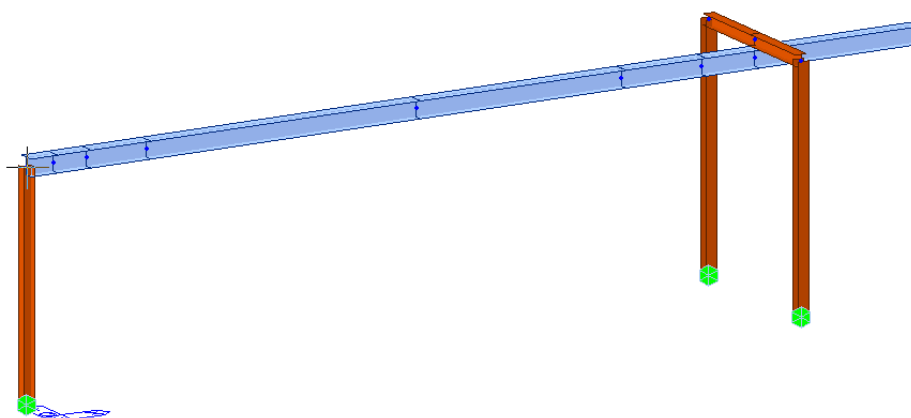
Il carroponte è modellato tramite elementi beam. Ogni elemento ha assegnata le caratteristiche meccaniche e geometriche effettive dei profili utilizzati.



I profili in acciaio dei montanti verticali e del traverso del telaio hanno sezione HEA200 (in arancio nell'immagine precedente). La trave che costituisce la via di corsa è un profilato HEB300 (in azzurro).

8.1.2 Condizioni di vincolo



Il modello è incastrato al suolo sui montanti.

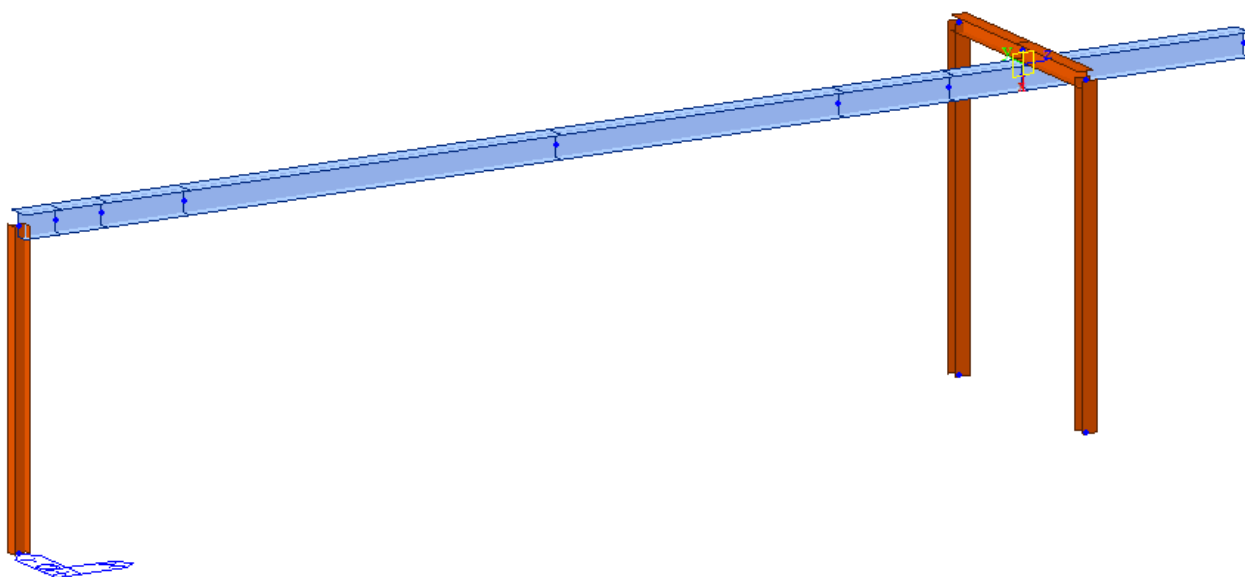


v

Figura 8-1 - Vincoli a terra

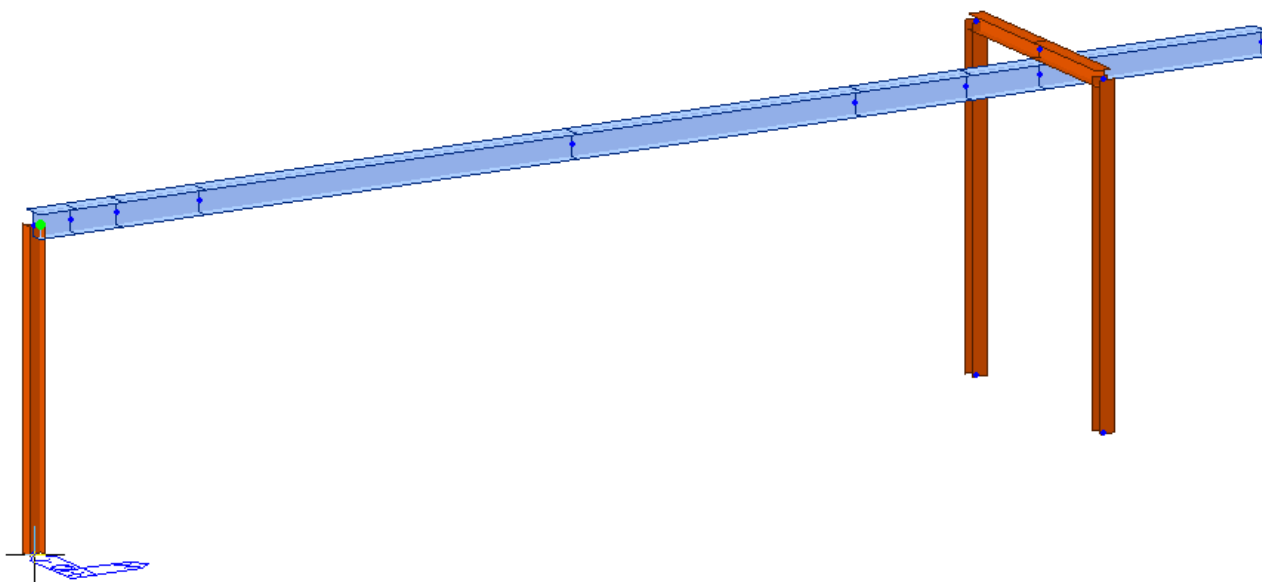
L'appensione della trave-via di corsa è modellata mediante un link rigido al telaio in acciaio.



 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>



8.1.3 Svincoli

La sezione terminale del carro ponte è svincolata a momento rispetto al montante posto su sponda destra.



 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

8.2 Condizioni di carico statiche

I carichi dovuti al peso proprio delle strutture vengono determinati automaticamente dal software. Per i carichi imputabili alle azioni permanenti portate e ai sovraccarichi viene applicato un carico combinato delle due tipologie di azioni pari a 12,9 kN e azioni trasversali pari a 0,41 kN. In favore di sicurezza, questi carichi vengono applicati nello stesso caso di carico. Si definiscono 6 casi di carico, in modo da posizionare il carico applicato su differenti posizioni della struttura per ottenere le massime azioni sollecitanti.

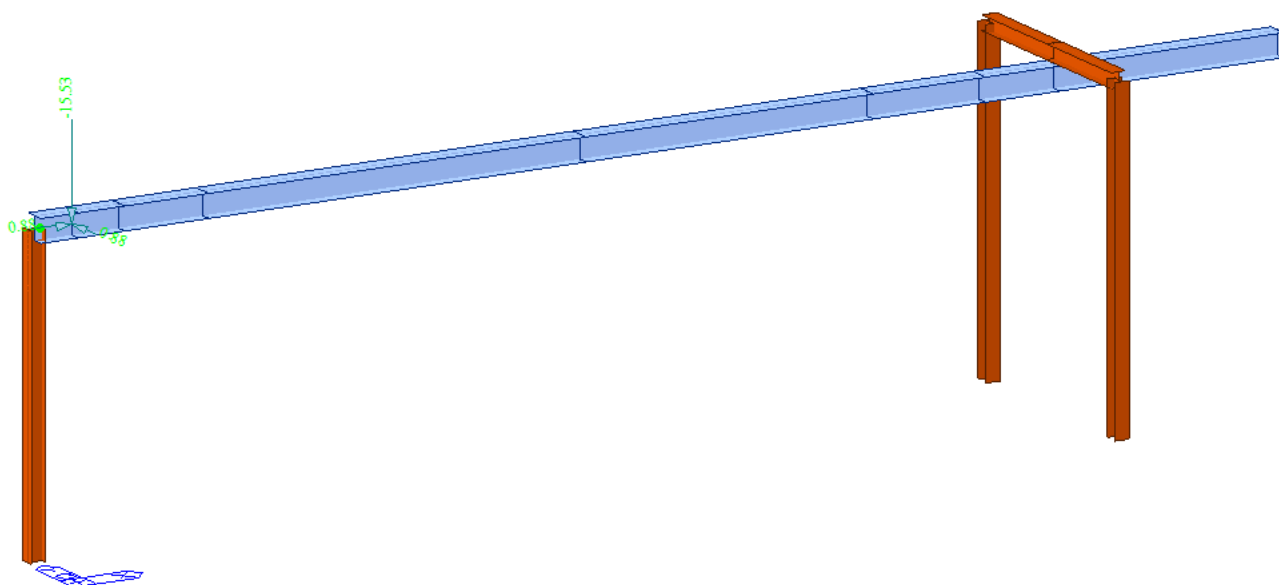




Figura 8-2 - Condizione di carico QL1

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

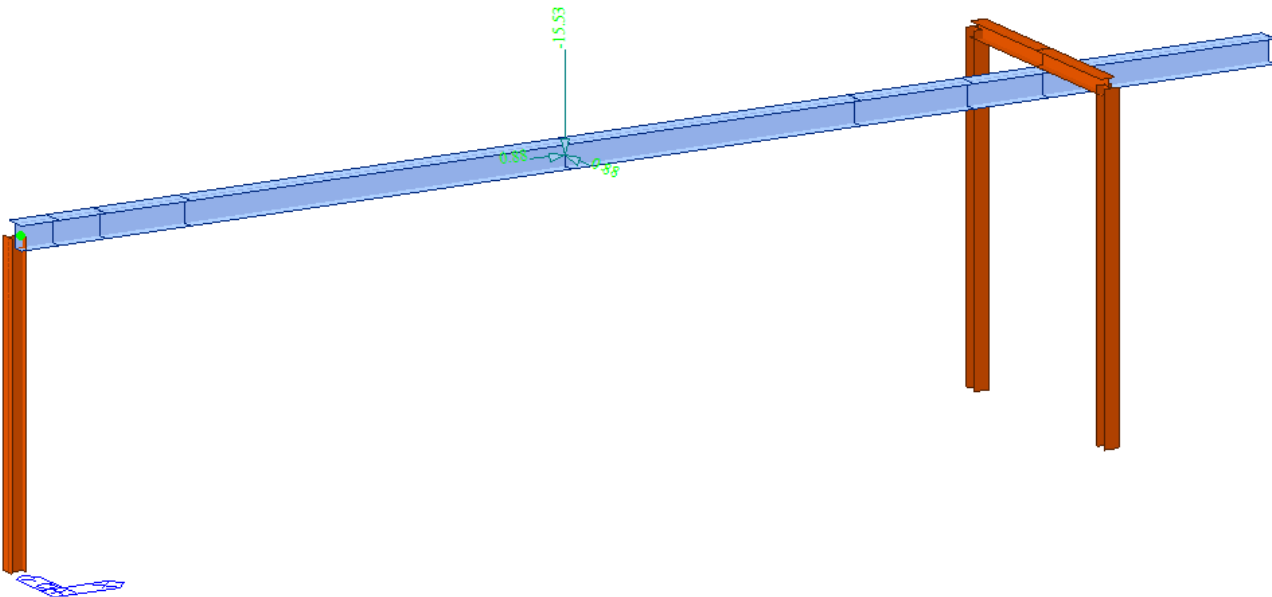


Figura 8-3 - Condizione di carico QL2

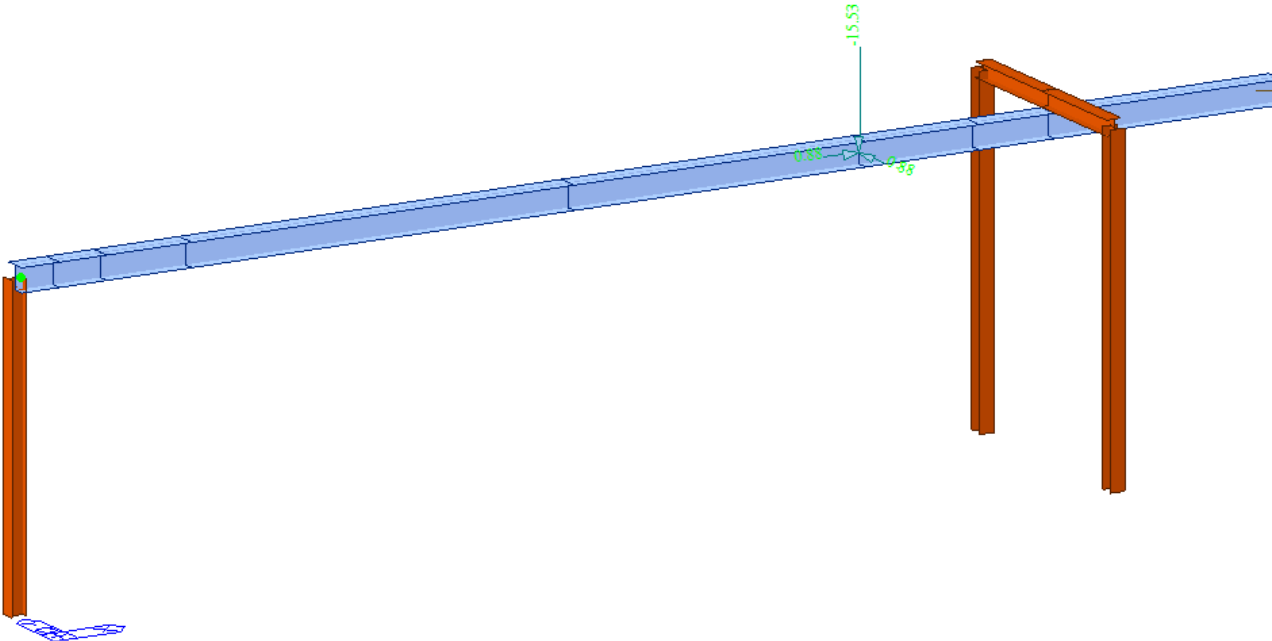




Figura 8-4 - Condizione di carico QL3

 <p> AIPO <small>Agencia Interregionale per il fiume Po</small> AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small> </p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

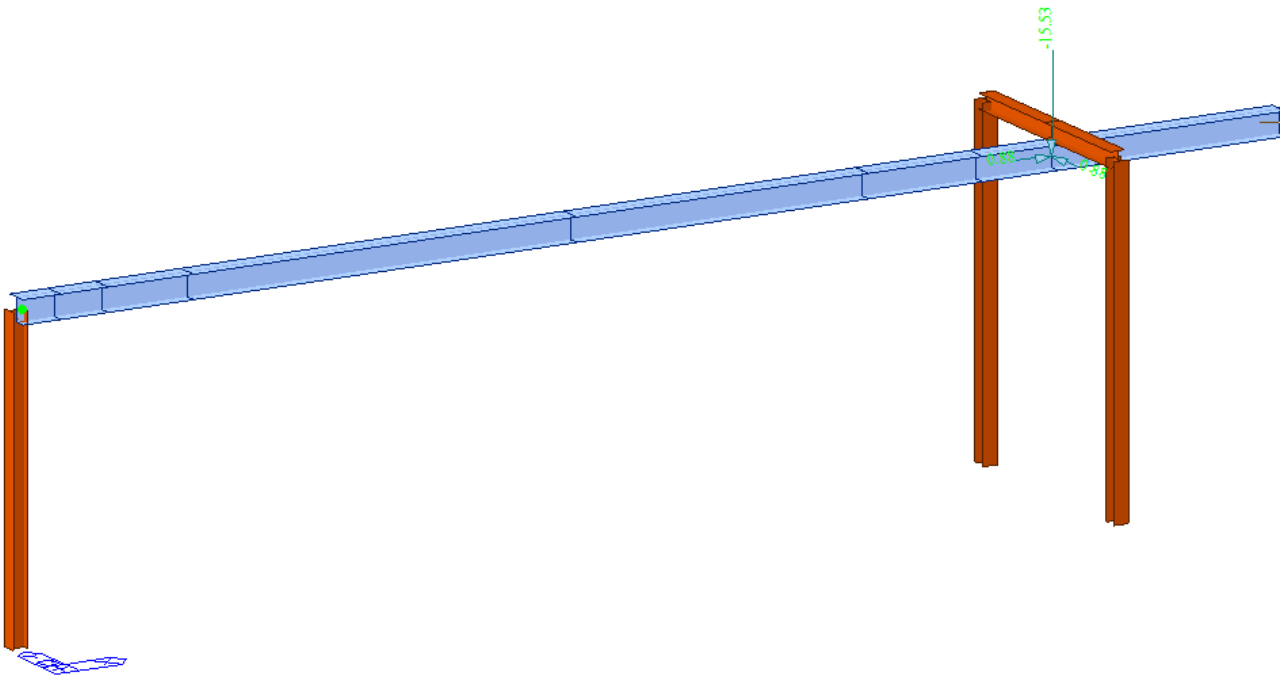


Figura 8-5 - Condizione di carico QL4

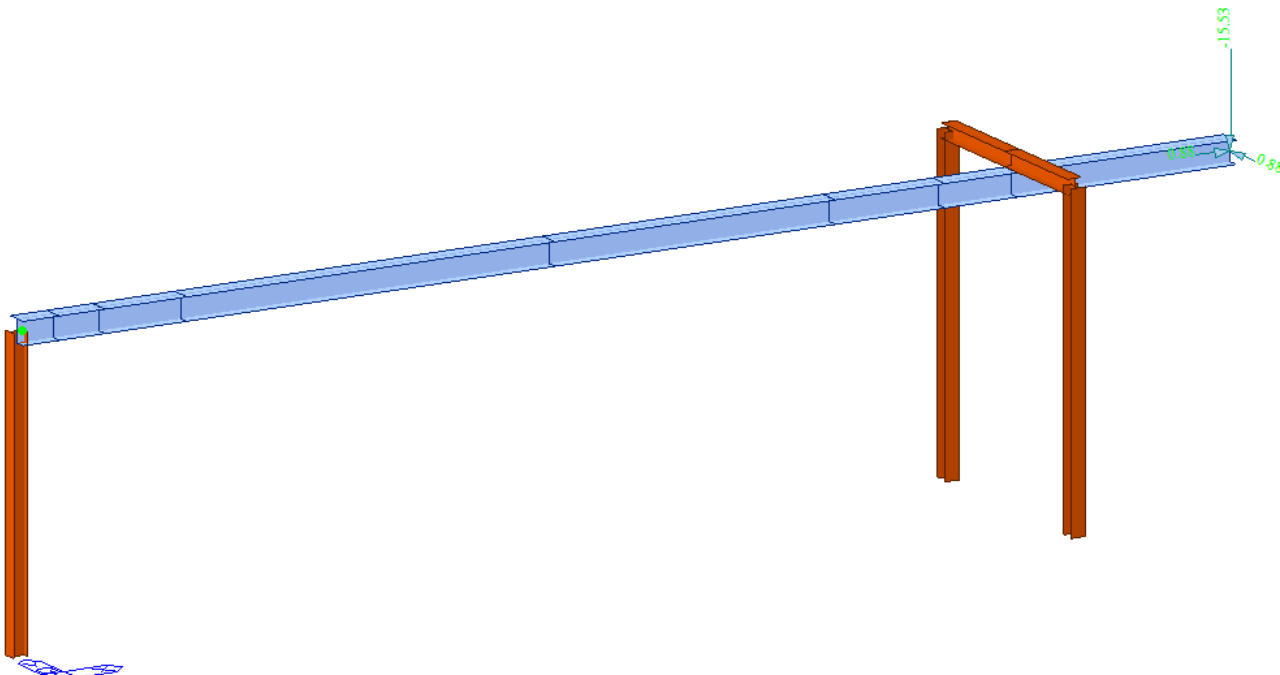


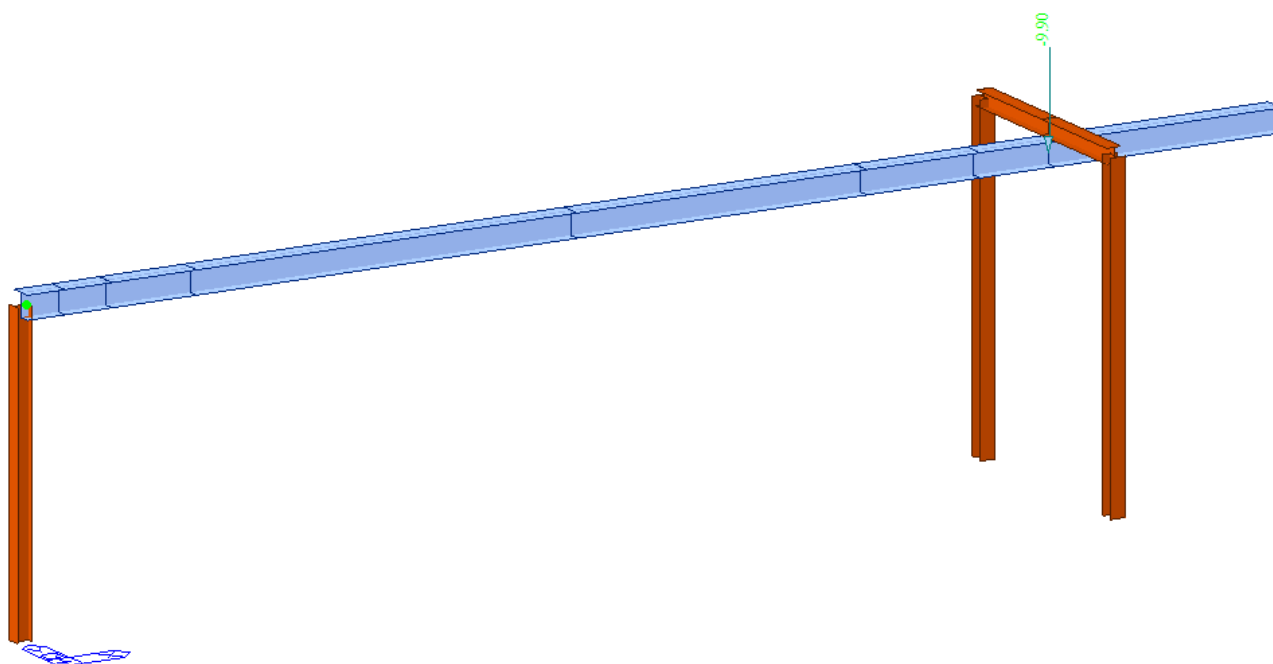


Figura 8-6 - Condizione di carico QL5

Alle precedenti condizioni viene applicato un carico anche in condizioni di riposo (R). Tale carico è convertito in massa per la determinazione dell'azione sismica.



 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>



8.3 Analisi modale

Sono stati considerati tutti i modi con massa partecipante significativa, tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore allo 85%.



Node	Mode	UX		UY		UZ		RX		RY		RZ	
EIGENVALUE ANALYSIS													
	Mode No	Frequency				Period		Tolerance					
		(rad/sec)		(cycle/sec)		(sec)							
	1	12.9414		2.0597		0.4855		0.0000e+00					
	2	12.9957		2.0683		0.4835		0.0000e+00					
	3	26.4436		4.2086		0.2376		0.0000e+00					
	4	30.7927		4.9008		0.2040		0.0000e+00					
	5	35.0287		5.5750		0.1794		0.0000e+00					
	6	70.3997		11.2045		0.0893		0.0000e+00					
	7	97.4066		15.5027		0.0645		0.0000e+00					
	8	150.1362		23.8949		0.0418		0.0000e+00					
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT													
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
	1	0.0000	0.0000	40.9302	40.9302	0.0000	0.0000	0.3108	0.3108	0.0000	0.0000	54.8148	54.8148
	2	99.9884	99.9884	0.0000	40.9302	0.0009	0.0009	0.0000	0.3108	0.0032	0.0032	0.0000	54.8148
	3	0.0000	99.9884	47.6583	88.5886	0.0000	0.0009	0.0044	0.3152	0.0000	0.0032	45.0612	99.8760
	4	0.0000	99.9884	11.0293	99.6179	0.0000	0.0009	0.0001	0.3153	0.0000	0.0032	0.0835	99.9595
	5	0.0037	99.9921	0.0000	99.6179	35.1081	35.1089	0.0000	0.3153	24.8292	24.8324	0.0000	99.9595
	6	0.0000	99.9921	0.3738	99.9917	0.0000	35.1089	0.0865	0.4018	0.0000	24.8324	0.0085	99.9680
	7	0.0003	99.9924	0.0000	99.9917	29.8308	64.9398	0.0000	0.4018	0.1921	25.0244	0.0000	99.9680
	8	0.0076	100.0000	0.0000	99.9917	0.1498	65.0896	0.0000	0.4018	0.0474	25.0718	0.0000	99.9680
	Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM	MASS	SUM
	1	0.0000	0.0000	1.3711	1.3711	0.0000	0.0000	0.0018	0.0018	0.0000	0.0000	44.4733	44.4733
	2	3.3495	3.3495	0.0000	1.3711	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0022	0.0022	0.0000	44.4733
	3	0.0000	3.3495	1.5965	2.9676	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0000	0.0022	36.5598	81.0332
	4	0.0000	3.3495	0.3695	3.3371	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0000	0.0022	0.0678	81.1009
	5	0.0001	3.3496	0.0000	3.3371	0.8216	0.8217	0.0000	0.0018	17.0480	17.0502	0.0000	81.1009
	6	0.0000	3.3496	0.0125	3.3496	0.0000	0.8217	0.0005	0.0023	0.0000	17.0502	0.0069	81.1078
	7	0.0000	3.3497	0.0000	3.3496	0.6981	1.5198	0.0000	0.0023	0.1319	17.1821	0.0000	81.1078
	8	0.0003	3.3499	0.0000	3.3496	0.0035	1.5233	0.0000	0.0023	0.0325	17.2146	0.0000	81.1078

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

8.3.1 Combinazioni di carico

No	Name	Active	Type	G1(ST)	R(ST)	QL_1(ST)	QL_2(ST)	QL_3(ST)	QL_4(ST)	QL_5(ST)	SLV_Ex(RS)	SLV_Ey(RS)
1	SLU1	Stren	Add	1.3000		1.5000						
2	SLU2	Stren	Add	1.3000			1.5000					
3	SLU3	Stren	Add	1.3000				1.5000				
4	SLU4	Stren	Add	1.3000					1.5000			
5	SLU5	Stren	Add	1.3000						1.5000		
6	SLE1	Servic	Add	1.0000		1.0000						
7	SLE2	Servic	Add	1.0000			1.0000					
8	SLE3	Servic	Add	1.0000				1.0000				
9	SLE4	Servic	Add	1.0000					1.0000			
10	SLE5	Stren	Add	1.0000						1.0000		
11	SLV1	Stren	Add	1.0000	1.000						1.0000	0.3000
12	SLV2	Stren	Add	1.0000	1.000						1.0000	-0.3000
13	SLV3	Stren	Add	1.0000	1.000						0.3000	1.0000
14	SLV4	Stren	Add	1.0000	1.000						0.3000	-1.0000
15	SLV5	Stren	Add	1.0000	1.000						-1.0000	0.3000
16	SLV6	Stren	Add	1.0000	1.000						-1.0000	-0.3000
17	SLV7	Stren	Add	1.0000	1.000						-0.3000	1.0000
18	SLV8	Stren	Add	1.0000	1.000						-0.3000	-1.0000
19	ENV_SL	Speci	Envelop									

Oltre alle combinazioni sopra riportate è stata aggiunta una combinazione di involucro degli SLU e degli SLV.

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

8.4 Risultati e verifiche

8.4.1 Reazioni vincolari

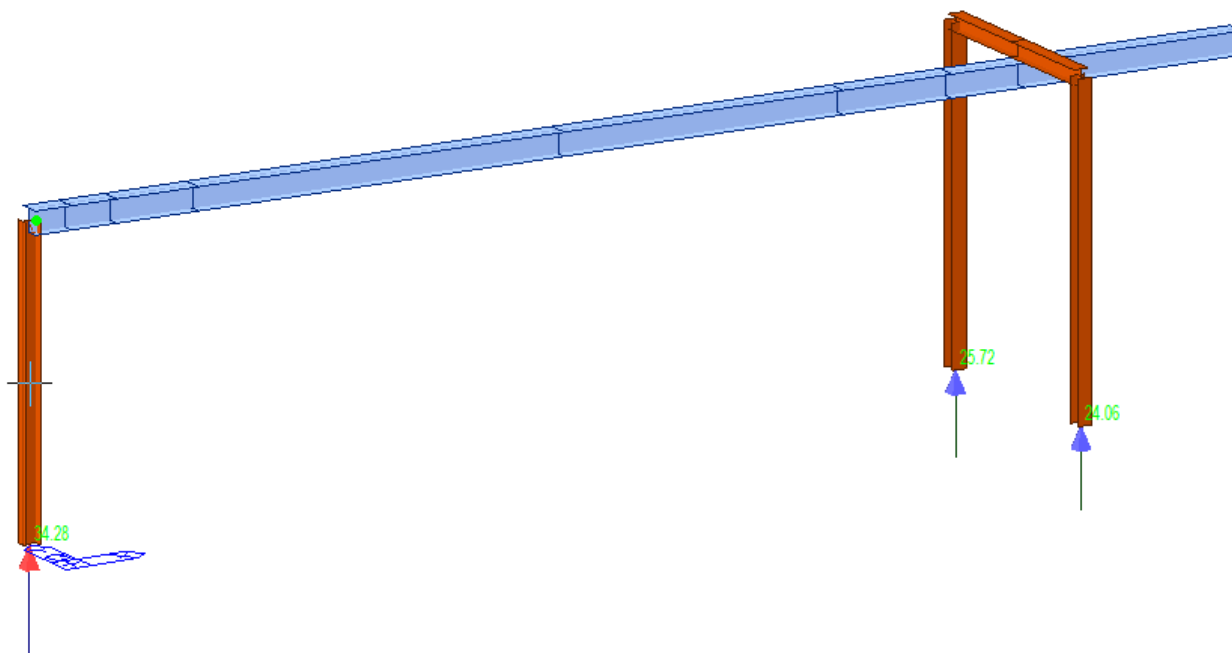




Figura 8-7 - Reazioni vincolari all'involuppo SLU+SLV

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN-m)	MY (kN-m)	MZ (kN-m)
16	SLU1	-0.941604	-1.248171	34.284749	4.961642	-3.766414	0.000000
19	SLU1	-0.294815	-1.299519	11.166845	1.850105	-1.237189	0.001600
20	SLU1	-0.083582	1.227689	11.069275	-1.678100	-0.334416	0.002025
16	SLU2	-1.107815	-0.578734	22.671129	2.300335	-4.431258	0.000000
19	SLU2	-0.265037	-2.494059	17.322530	3.857834	-1.072724	0.002608
20	SLU2	0.052852	1.752793	16.527210	-2.071147	0.285879	0.002847
16	SLU3	-1.053060	-0.220620	16.103627	0.876673	-4.212239	0.000000
19	SLU3	-0.228564	-3.159346	20.792910	4.968539	-0.929023	0.001482
20	SLU3	-0.038376	2.059965	19.624331	-2.318080	-0.116195	0.001782
16	SLU4	-0.919877	-0.001789	11.844169	0.006724	-3.679506	0.000000
19	SLU4	-0.192016	-3.584113	23.036683	5.672708	-0.802535	-0.000363
20	SLU4	-0.208108	2.265902	21.640017	-2.494429	-0.871308	0.000087
16	SLU5	-0.704290	0.253038	6.735768	-1.006326	-2.817159	0.000000
19	SLU5	-0.141087	-4.089731	25.723685	6.508036	-0.633020	-0.003207
20	SLU5	-0.474623	2.516692	24.061416	-2.715114	-2.058493	-0.002516
16	SLE1	-0.636326	-0.832114	24.070281	3.307762	-2.545305	0.000000
19	SLE1	-0.192248	-0.989533	8.541563	1.405383	-0.804517	0.001071
20	SLE1	-0.051426	0.941646	8.476516	-1.290713	-0.202668	0.001345
16	SLE2	-0.747133	-0.385822	16.327868	1.533556	-2.988534	0.000000
19	SLE2	-0.172396	-1.785893	12.645353	2.743869	-0.694874	0.001744
20	SLE2	0.039530	1.291715	12.115140	-1.552744	0.210861	0.001893
16	SLE3	-0.710630	-0.147080	11.949534	0.584449	-2.842521	0.000000
19	SLE3	-0.148081	-2.229417	14.958940	3.484339	-0.599073	0.000993
20	SLE3	-0.021289	1.496497	14.179887	-1.717367	-0.057188	0.001183
16	SLE4	-0.621841	-0.001192	9.109895	0.004483	-2.487366	0.000000
19	SLE4	-0.123715	-2.512596	16.454788	3.953785	-0.514748	-0.000237
20	SLE4	-0.134443	1.633788	15.523678	-1.834933	-0.560597	0.000053
16	SLE5	-0.478117	0.168692	5.704294	-0.670884	-1.912468	0.000000
19	SLE5	-0.089763	-2.849674	18.246123	4.510670	-0.401738	-0.002133
20	SLE5	-0.312120	1.800982	17.137944	-1.982056	-1.352053	-0.001682

 AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN-m)	MY (kN-m)	MZ (kN-m)
16	SLV1	6.400155	0.054927	9.175716	0.218340	25.600621	0.000000
19	SLV1	1.906232	-1.595483	13.258238	2.458487	8.160416	0.001573
20	SLV1	1.888231	1.718693	13.261478	-2.167063	8.083484	0.001811
16	SLV2	3.425846	-0.054927	9.142453	-0.218340	13.703385	0.000000
19	SLV2	1.029667	-1.712846	13.132961	2.175226	4.414398	0.001101
20	SLV2	1.047668	1.600375	13.129720	-2.451656	4.491330	0.000721
16	SLV3	6.386900	0.183092	9.175568	0.727800	25.547602	0.000000
19	SLV3	1.923417	-1.460438	13.391699	2.786333	8.233864	0.001214
20	SLV3	1.863414	1.854851	13.402500	-1.837661	7.977423	0.002172
16	SLV4	-3.527463	-0.183092	9.064691	-0.727800	-14.109852	0.000000
19	SLV4	-0.998466	-1.851649	12.974109	1.842132	-4.252863	-0.000362
20	SLV4	-0.938463	1.460458	12.963308	-2.786305	-3.996421	-0.001462
16	SLV5	-3.552079	0.054927	9.064415	0.218340	-14.208317	0.000000
19	SLV5	-0.966550	-1.600853	13.221966	2.450989	-4.116459	-0.001030
20	SLV5	-0.984551	1.713323	13.225206	-2.174560	-4.193392	-0.000792
16	SLV6	-6.526388	-0.054927	9.031152	-0.218340	-26.105553	0.000000
19	SLV6	-1.843116	-1.718216	13.096689	2.167729	-7.862477	-0.001503
20	SLV6	-1.825115	1.595005	13.093448	-2.459153	-7.785545	-0.001882
16	SLV7	3.401230	0.183092	9.142178	0.727800	13.604920	0.000000
19	SLV7	1.061583	-1.462050	13.380817	2.784084	4.550802	0.000433
20	SLV7	1.001580	1.853240	13.391619	-1.839910	4.294360	0.001391
16	SLV8	-6.513133	-0.183092	9.031300	-0.727800	-26.052533	0.000000
19	SLV8	-1.860301	-1.853260	12.963227	1.839883	-7.935926	-0.001143
20	SLV8	-1.800298	1.458847	12.952426	-2.788554	-7.679484	-0.002243

8.5 Diagrammi azioni interne

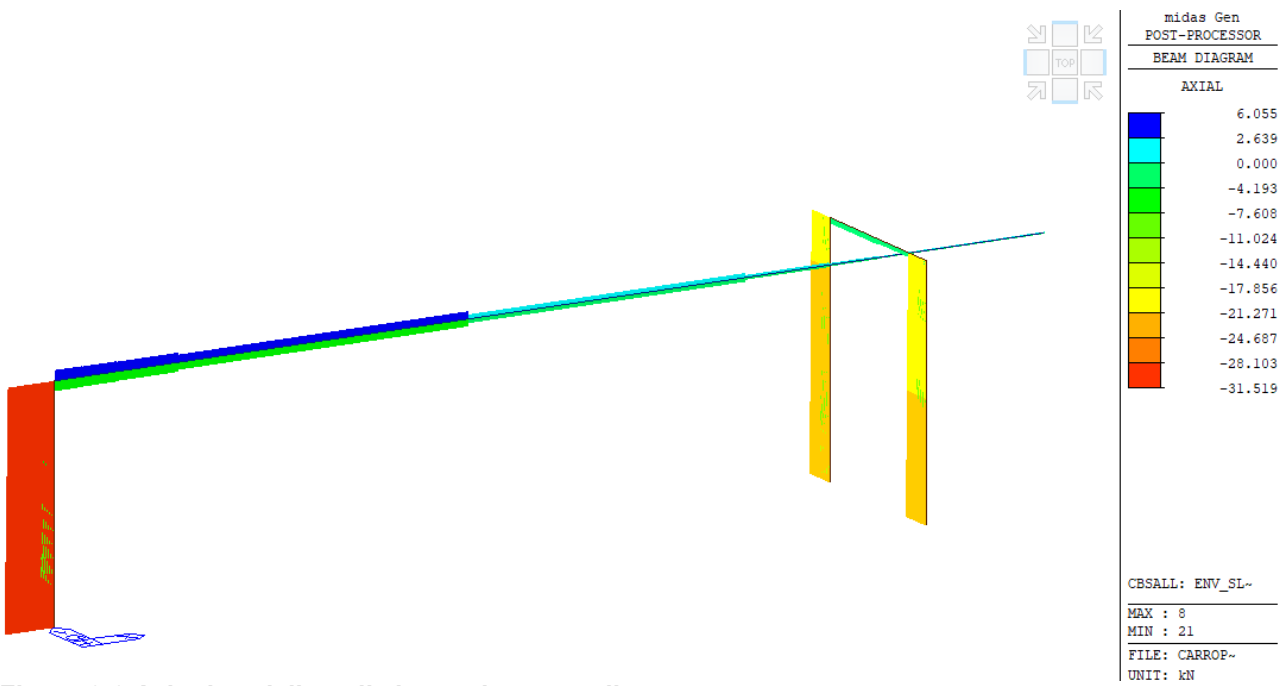


Figura 8-8 Azioni assiali sugli elementi strutturali

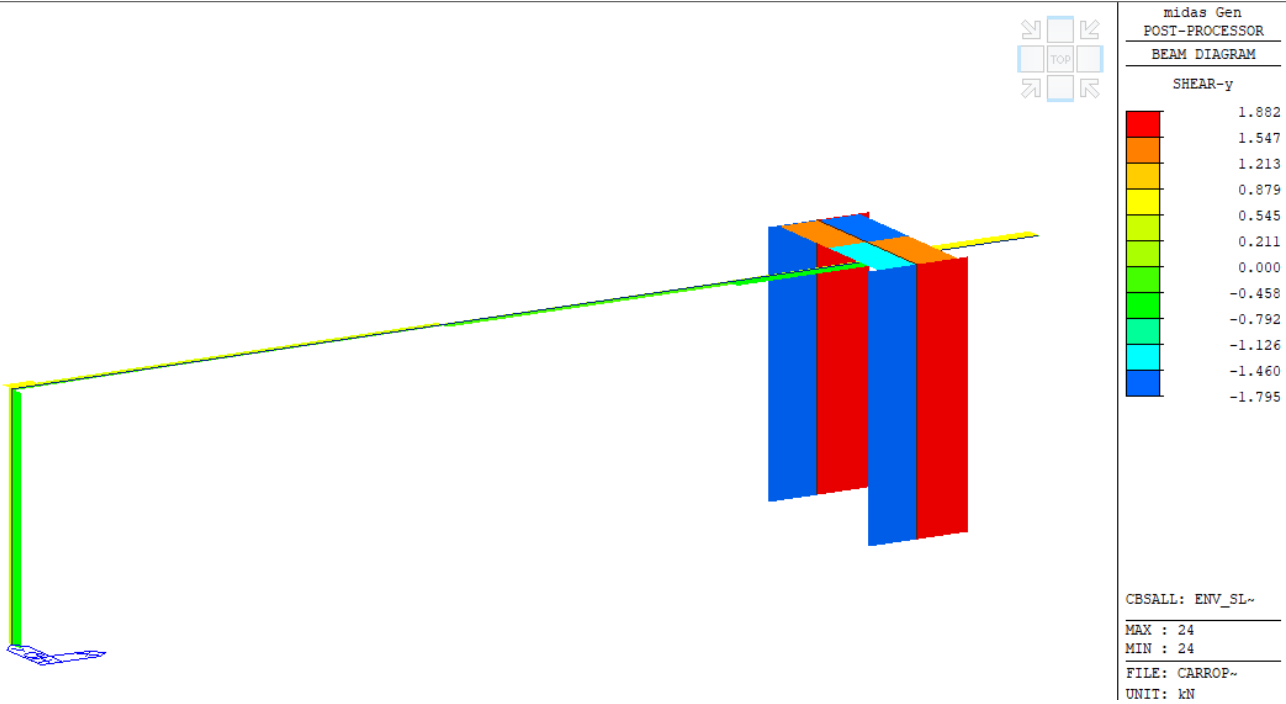


Figura 8-9 Taglio in dir. Y rispetto agli assi di riferimento locali degli elementi strutturali

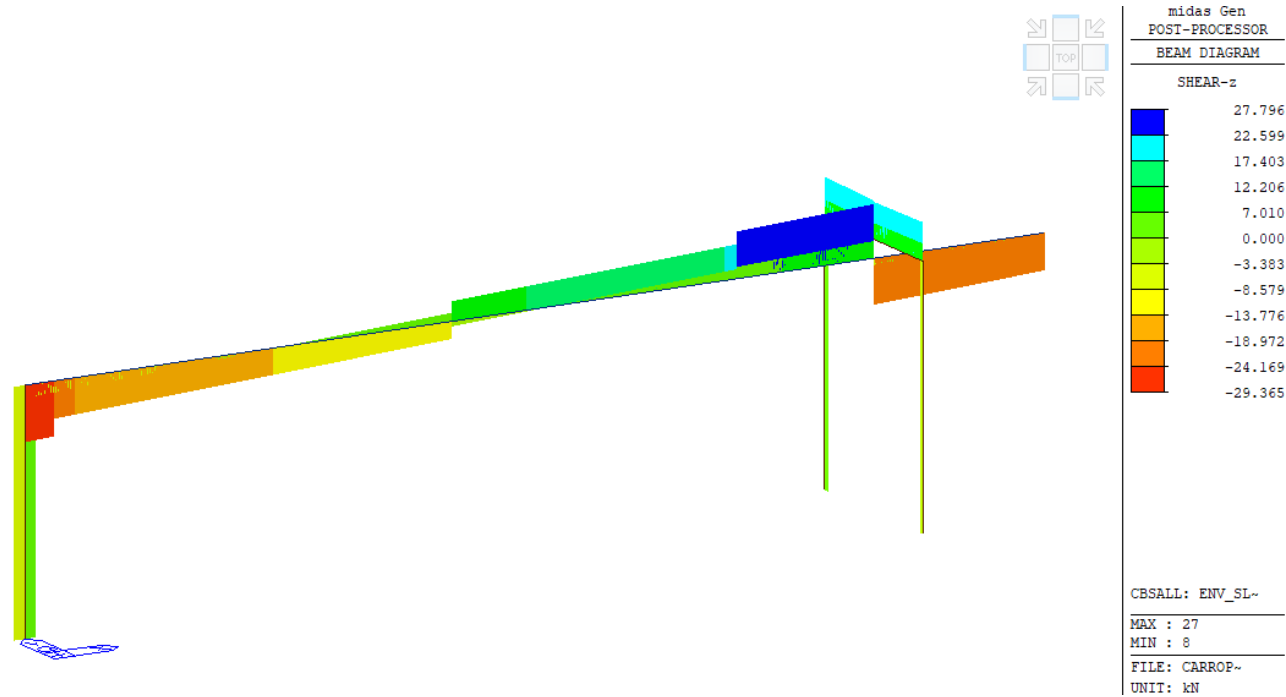




Figura 8-10 Taglio in dir. Z rispetto agli assi di riferimento locali degli elementi strutturali

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

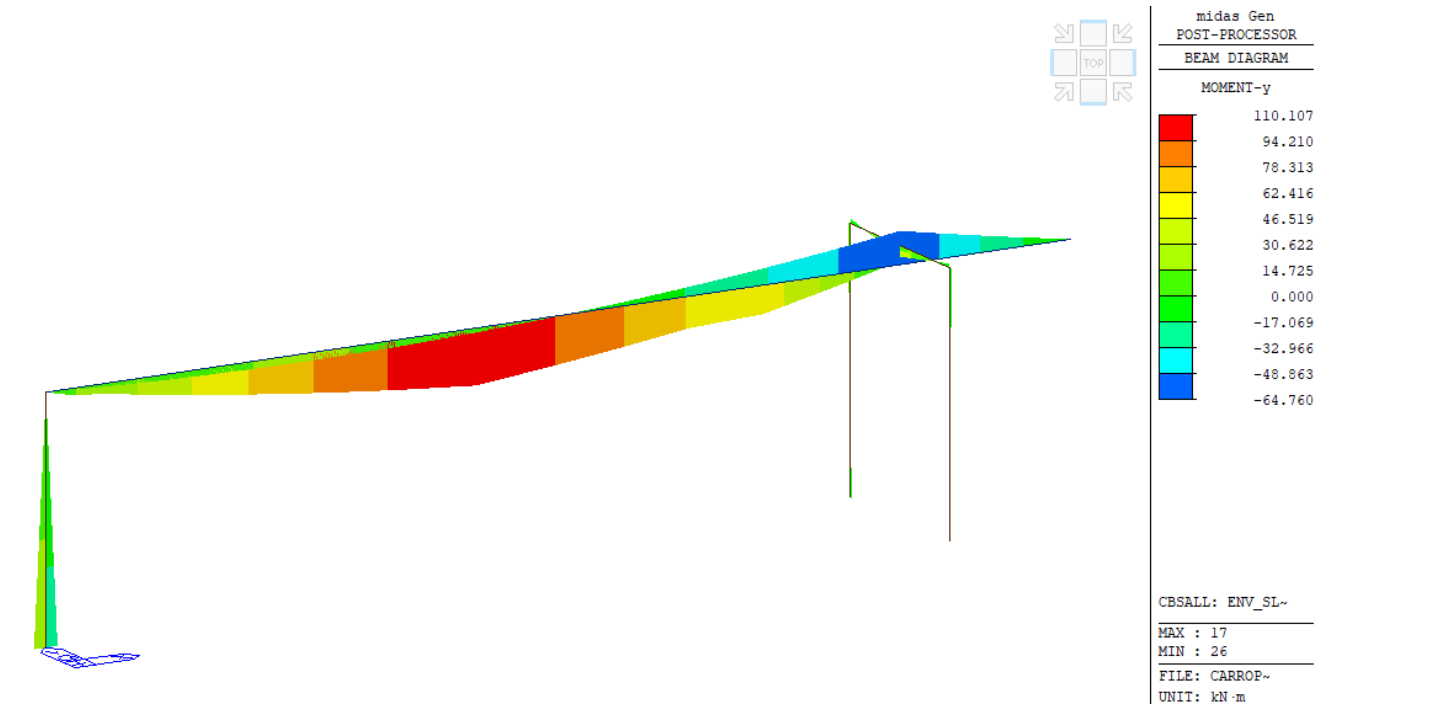


Figura 8-11 - Momento flettente rispetto agli assi Y locali degli elementi strutturali

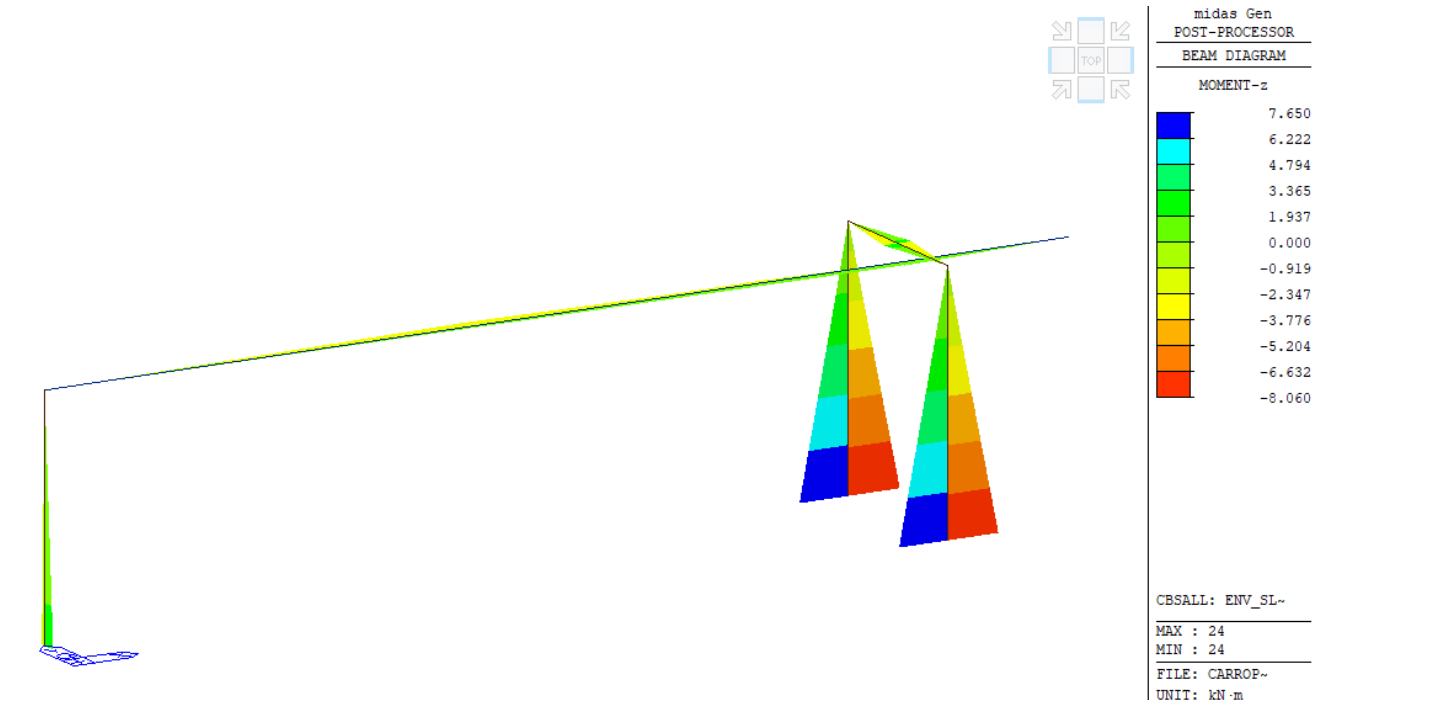


Figura 8-12 - Momento flettente rispetto agli assi Z locali degli elementi strutturali

8.6 Deformate modali

Si riportano le configurazione deformate dei principali modi di vibrare ottenuti

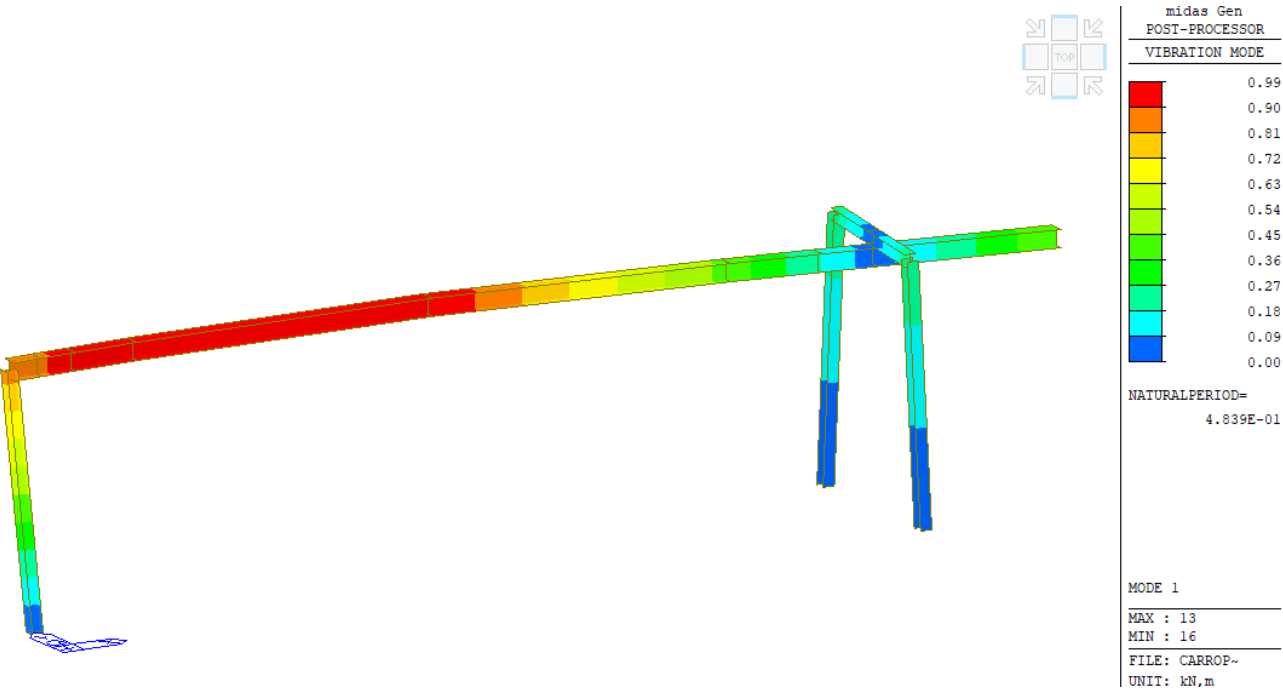


Figura 8-13 Modo di Vibrare 1

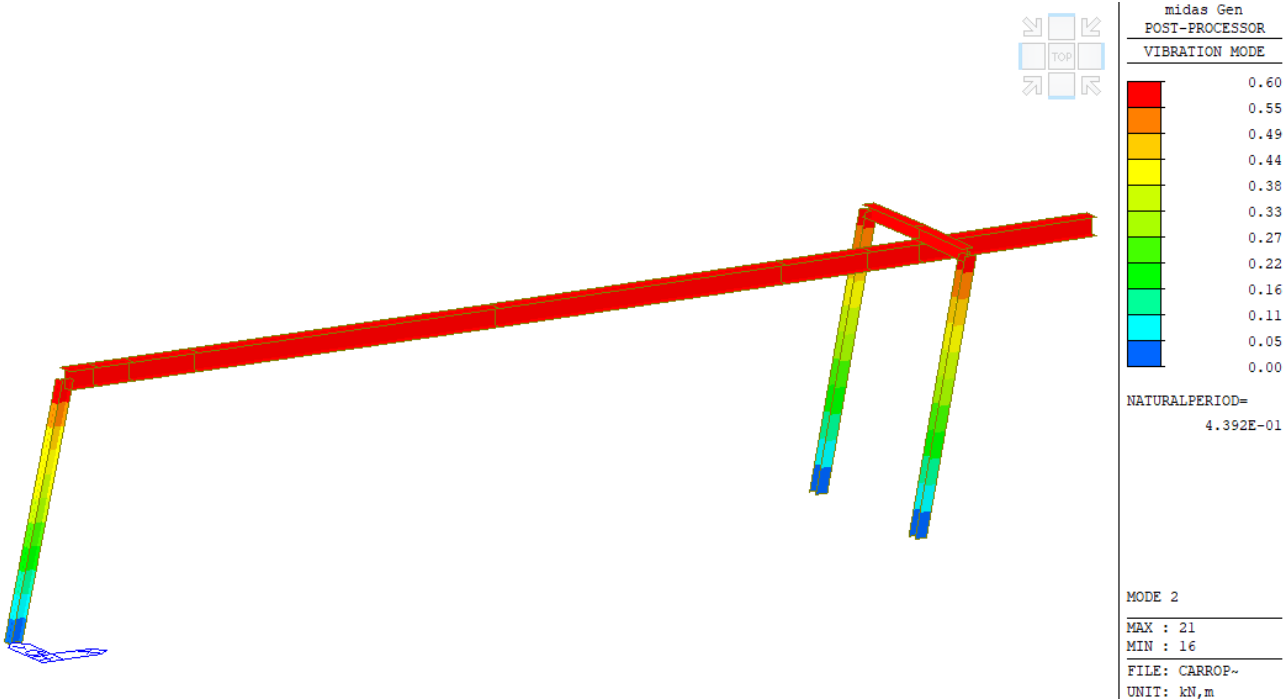


Figura 8-14 Modo di Vibrare 2

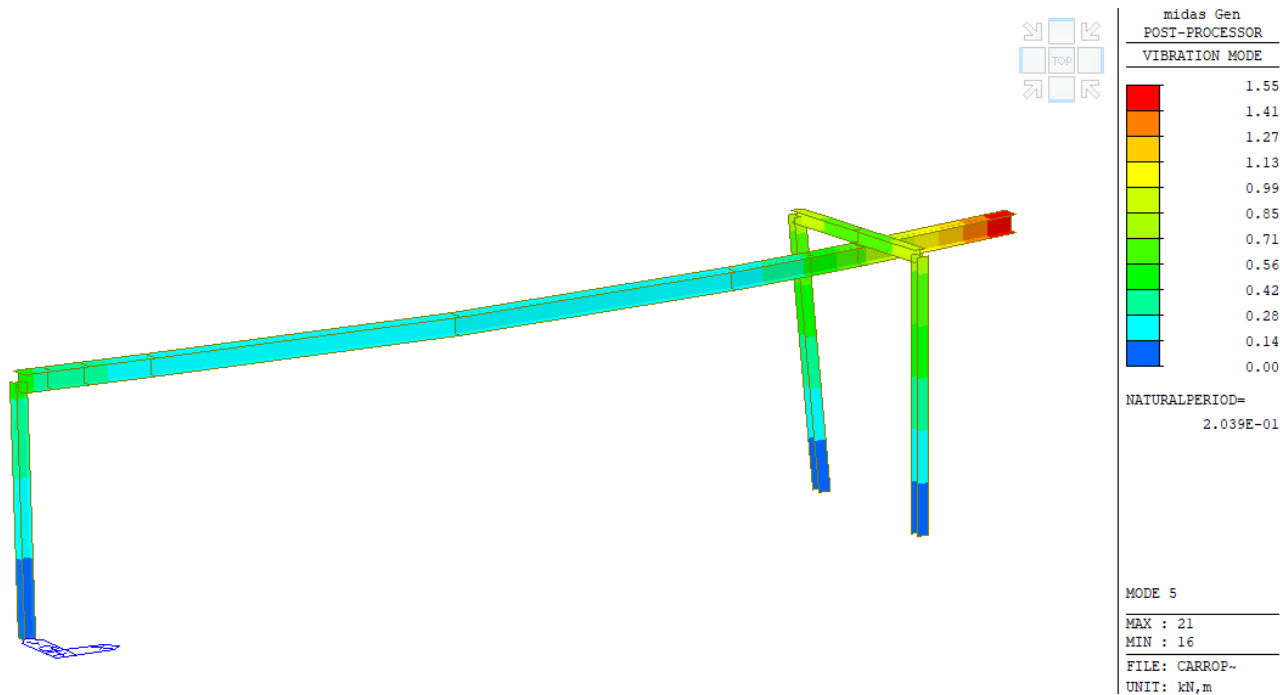


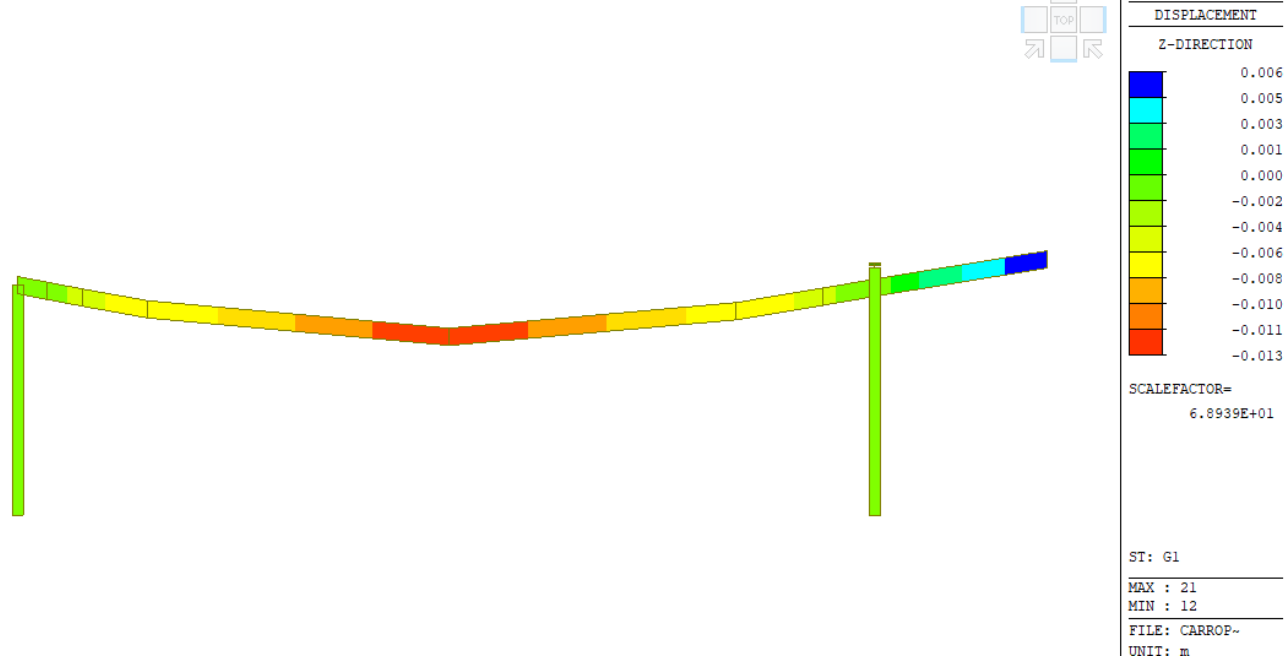


Figura 8-15 Modo di Vibrare 5

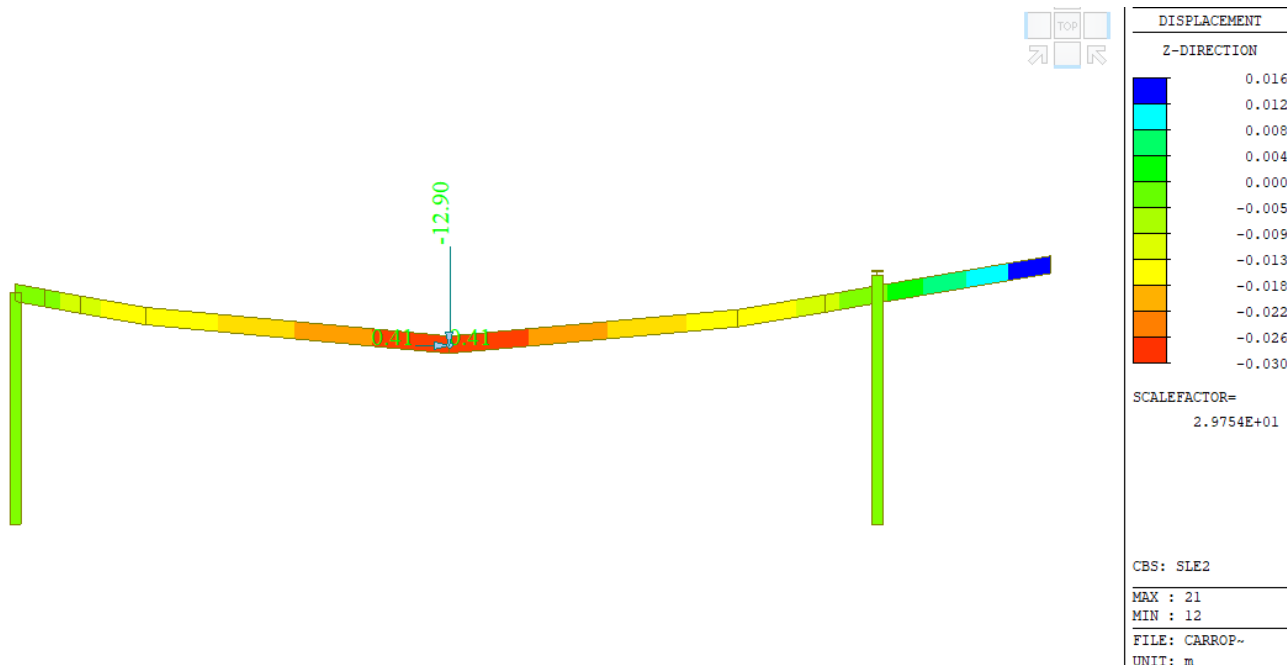
 <p>AIPO AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>



8.7 Deformazioni in esercizio

Dall’analisi delle deformate elastiche risulta una deformazione per peso proprio di 1,3 cm. Per la compensazione degli effetti del peso sulla deformata, si prescrive una contromonta di 1,2 cm sulla trave della via di corsa.



Considerando la massima deformazione in condizioni di esercizio, al netto dei carichi dinamici indotti, si determina una deformazione totale massima di 3 cm, considerando lo scomputo del carico statico per peso proprio delle strutture si ha dunque una escusione di deformazione di 1,8cm.

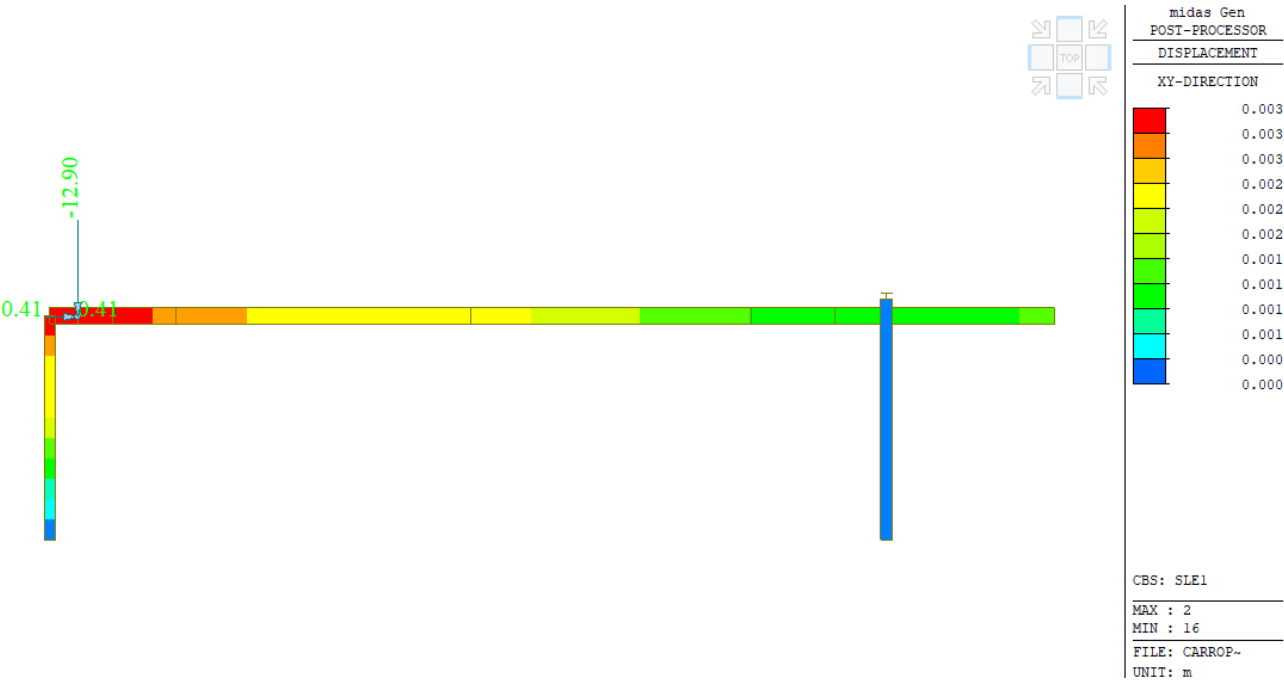


 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

Si considera che la deformazione ammissibile sul carroponete sia pari a 1/800 della luce. Considerata la luce di 14.91m, si ottiene una deformazione limite di 0,0186 m.

La deformazione massima ottenuta risulta essere inferiore a quella limite essendo



$$0,0180\text{ m} < 0,0186\text{ m}$$



Si considera che la deformazione orizzontale ammissibile sia pari a 1/300 dell'altezza della costruzione. della luce. Considerata l'altezza di 4,275. si ottiene una deformazione ammissibile di 14 mm.

La deformazione massima ottenuta risulta essere inferiore a quella limite essendo.

$$0,003\text{ m} < 0,0140\text{ m}$$



 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

8.8 Verifiche elementi strutturali

8.8.1 Verifica profili in acciaio

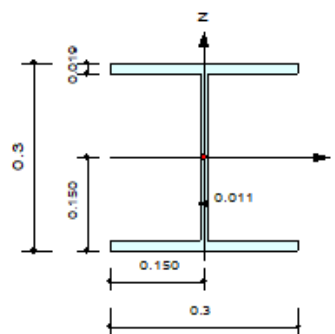
Si riporta lo schema di sintesi delle verifiche strutturali eseguite sui profili in acciaio.

CH K	MEM COM	SECT SHR	SE L	Section		LCB	Class	Len	Ly	Ky	Bmy	N,Ed	My,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def
				Material	Fy		Req.	Lb	Lz	Kz	Bmz	N,Rd	Mb,Rd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	Defa
OK	8	0.376	0.041	<input type="checkbox"/>	HEB300	2	Class1	14.910	14.910	1.000	1.000	0.6856	109.65	109.65	-2.1529	0.5850	29.365	-	-0.0297
					S275 275000		-	14.910	14.910	1.000	1.000	3902.3	291.47	489.23	226.00	1817.2	715.98	-	0.0596
OK	21	0.248	0.023	<input type="checkbox"/>	HEA200	13	Class1	4.0000	4.0000	1.000	0.850	-9.7836	-	25.553	0.7743	0.5850	6.4013	-	0.0029
					S275 275000		-	4.0000	4.0000	1.000	0.850	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0133
OK	24	0.184	0.012	<input type="checkbox"/>	HEA200	18	Class1	4.3000	4.3000	1.000	0.850	-12.599	-	-2.5517	-8.0602	1.8815	3.3485	-	0.0004
					S275 275000		-	4.3000	4.3000	1.000	0.850	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0143
OK	25	0.178	0.010	<input type="checkbox"/>	HEA200	16	Class1	4.3000	4.3000	1.000	0.850	-12.494	-	2.0350	-7.9714	1.8607	2.6263	-	0.0009
					S275 275000		-	4.3000	4.3000	1.000	0.850	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0143
OK	26	0.141	0.033	<input type="checkbox"/>	HEB300	5	Class1	3.0000	3.0000	1.000	1.000	0.6150	-	-64.760	1.8450	0.6150	23.823	-	-0.0002
					S275 275000		-	3.0000	3.0000	1.000	1.000	3902.3	-	489.23	226.00	1817.2	715.98	-	0.0120
OK	28	0.193	0.076	<input type="checkbox"/>	HEA200	5	Class1	1.5000	1.5000	1.000	1.000	-3.3486	-	21.277	0.1076	1.5184	20.826	-	-0.0002
					S275 275000		-	1.5000	1.5000	1.000	1.000	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0060
OK	29	0.199	0.074	<input type="checkbox"/>	HEA200	5	Class1	1.5000	1.5000	1.000	1.000	-2.6263	-	21.495	-0.3532	1.5009	20.063	-	-0.0002
					S275 275000		-	1.5000	1.5000	1.000	1.000	1409.0	-	112.61	52.851	646.42	272.93	-	0.0060

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO - PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

1. Design Information

Design Code	Eurocode3:05
Unit System	kN, m
Member No	8
Material	S275 (No:1) ($F_y = 275000$, $E_s = 210000000$)
Section Name	HEB300 (No:3) (Rolled : HEB300).
Member Length	: 14.9100



2. Member Forces

Axial Force	$F_{xx} = 0.68567$ (LCB: 2, POS:1/2)
Bending Moments	$M_y = 109.654$, $M_z = -2.1529$
End Moments	$M_{yi} = 0.00000$, $M_{yj} = -6.8609$ (for L_b) $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = -6.8609$ (for L_y) $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = 0.25142$ (for L_z)
Shear Forces	$F_{yy} = 0.58505$ (LCB: 1, POS:I) $F_{zz} = -29.365$ (LCB: 1, POS:I)

Depth	0.30000	Web Thick	0.01100
Top F Width	0.30000	Top F Thick	0.01900
Bot.F Width	0.30000	Bot.F Thick	0.01900
Area	0.01490	Asz	0.00330
Qyb	0.08139	Qzb	0.01125
Iyy	0.00025	Izz	0.00009
Ybar	0.15000	Zbar	0.15000
Wely	0.00168	Welz	0.00057
ry	0.13000	rz	0.07580

3. Design Parameters

Unbraced Lengths	$L_y = 14.9100$, $L_z = 14.9100$, $L_b = 14.9100$
Effective Length Factors	$K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors	$C_{my} = 1.00$, $C_{mz} = 1.00$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$$KL/r = 196.7 < 200.0 \text{ (LCB: 1)} \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Axial Resistance

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.69/3902.38 = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 109.654/291.475 = 0.376 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 2.153/226.004 = 0.010 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$R.MNRd = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny_Rd}, M_{Edz}/M_{nz_Rd}]$$

$$R.BiM = (M_{Edy}/M_{ny_Rd})^\alpha + (M_{Edz}/M_{nz_Rd})^\beta$$

$$R.byN = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0}), R.byM = M_{Edy}/M_{y_Rd} + M_{Edz}/M_{z_Rd}$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R.MNRd, R.BiM, (R.byN + R.byM)] = 0.234 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

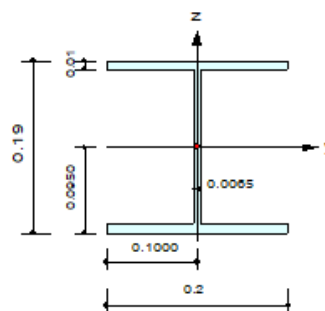
Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y_Rd} = 0.000 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z_Rd} = 0.041 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
Unit System kN, m
Member No 21
Material S275 (No:1)
($F_y = 275000$, $E_s = 210000000$)
Section Name HEA200 (No:2)
(Rolled : HEA200).
Member Length : 4.00000



2. Member Forces

Axial Force $F_{xx} = -9.7836$ (LCB: 13, POS:J)
Bending Moments $M_y = 25.5537$, $M_z = 0.77438$
End Moments $M_{yi} = 0.00000$, $M_{yj} = 25.5537$ (for L_b)
 $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = 25.5537$ (for L_y)
 $M_{zi} = 0.00446$, $M_{zj} = 0.77438$ (for L_z)
Shear Forces $F_{yy} = -0.5850$ (LCB: 1, POS:I)
 $F_{zz} = -6.4014$ (LCB: 16, POS:I)

Depth	0.19000	Web Thick	0.00850
Top F Width	0.20000	Top F Thick	0.01000
Bot.F Width	0.20000	Bot.F Thick	0.01000
Area	0.00538	Asz	0.00123
Q _{yp}	0.03130	Q _{zb}	0.00500
I _{yy}	0.00004	I _{zz}	0.00001
Y _{bar}	0.10000	Z _{bar}	0.00500
W _{ely}	0.00039	W _{elz}	0.00013
r _y	0.08280	r _z	0.04980

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 4.00000$, $L_z = 4.00000$, $L_b = 4.00000$
Effective Length Factors $K_y = 1.00$, $K_z = 1.00$
Equivalent Uniform Moment Factors $C_{my} = 0.85$, $C_{mz} = 0.85$, $C_{mLT} = 1.00$

4. Checking Result

Slenderness Ratio

$KL/r = 86.3 < 200.0$ (Memb:24, LCB: 1)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/MIN[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 9.78/1409.05 = 0.007 < 1.000$ O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 25.554/112.619 = 0.227 < 1.000$ O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 0.7744/52.8512 = 0.015 < 1.000$ O.K

Combined Resistance

$R_{MNRd} = MAX[M_{Edy}/M_{Ny_Rd}, M_{Edz}/M_{Nz_Rd}]$

$R_{BiM} = (M_{Edy}/M_{Ny_Rd})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{Nz_Rd})^{\beta}$

$R_{byN} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{byM} = M_{Edy}/M_{y_Rd} + M_{Edz}/M_{z_Rd}$

$R_{cLT1} = N_{Ed}/(\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{bLT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy})/(\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz})/(W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{cLT2} = N_{Ed}/(\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{bLT2} = (k_{zy} \cdot M_{Edy})/(\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{zz} \cdot M_{Edz})/(W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$

$R_{max} = MAX[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN} + R_{byM}), MAX(R_{cLT1} + R_{bLT1}, R_{cLT2} + R_{bLT2})] = 0.248 < 1.000$.. O.K



Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y_Rd} = 0.001 < 1.000$ O.K

$V_{Edz}/V_{z_Rd} = 0.023 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results



$L/300.0 = 0.0133 > 0.0029$ (Memb:21, LCB: 6, Dir-Y)..... O.K

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

	Elem	Load	Part	Axial (kN)	Shear-y (kN)	Shear-z (kN)	Torsion (kN-m)	Moment-y (kN-m)	Moment-z (kN-m)
►	17	SLU1	J[11]	-0.09	-0.03	4.90	0.01	35.27	-0.01
	17	SLU2	J[11]	0.07	-0.33	13.99	0.01	79.80	-1.35
	17	SLU3	J[11]	0.68	0.19	-2.12	0.00	95.73	-1.87
	17	SLU4	J[11]	0.50	0.00	4.25	0.00	32.09	-0.01
	17	SLU5	J[11]	0.31	-0.11	8.13	-0.00	-6.75	1.07
	17	SLE1	J[11]	-0.05	-0.02	3.70	0.01	26.80	-0.01
	17	SLE2	J[11]	0.06	-0.22	9.76	0.00	56.48	-0.90
	17	SLE3	J[11]	0.47	0.12	-0.98	0.00	67.11	-1.25
	17	SLE4	J[11]	0.35	0.00	3.27	0.00	24.68	-0.00
	17	SLE5	J[11]	0.22	-0.07	5.86	-0.00	-1.21	0.72
	17	SLV1	J[11]	3.02	0.01	3.31	0.00	25.27	0.16
	17	SLV2	J[11]	1.67	-0.01	3.29	-0.00	24.99	-0.16
	17	SLV3	J[11]	3.02	0.04	3.31	0.00	25.27	0.52
	17	SLV4	J[11]	-1.49	-0.04	3.25	-0.00	24.33	-0.52
	17	SLV5	J[11]	-1.50	0.01	3.25	0.00	24.32	0.16
	17	SLV6	J[11]	-2.85	-0.01	3.22	-0.00	24.04	-0.16
	17	SLV7	J[11]	1.66	0.04	3.29	0.00	24.98	0.52
	17	SLV8	J[11]	-2.84	-0.04	3.22	-0.00	24.04	-0.52

8.9 Verifica di capacità portante - Plinto di fondazione lato sponda

Per la verifica della capacità portante viene utilizzata la teoria di Vesic. Le azioni di calcolo vengono maggiorate per tener conto del peso del plinto.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

9 OPERA DI DISCESA IN ALVEO DEFINITIVA

9.1 Modello ad elementi finiti

Per la determinazione delle massime sollecitazioni si è realizzato un modello ad elementi finiti, gli elementi sono rappresentati come elementi plate bidimensionali, a cui sono assegnati i relativi spessori.

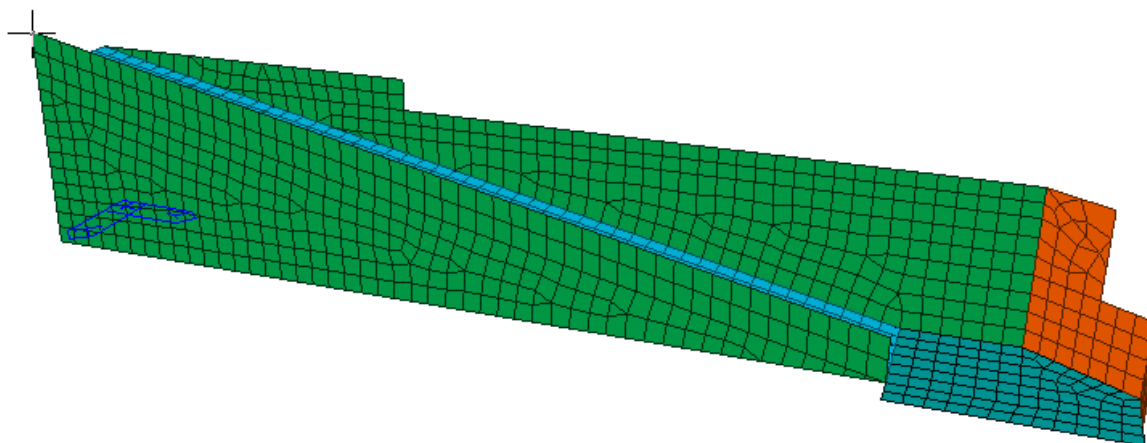


Figura 9-1 - Vista del modello FEM

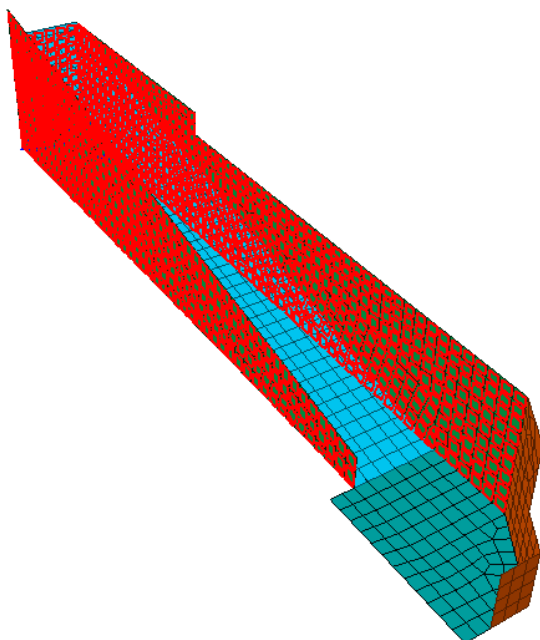




Figura 9-2 - Pareti sp. 30cm

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

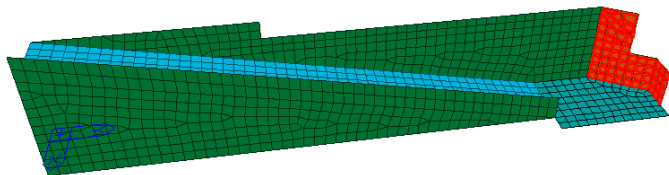


Figura 9-3 - Pareti sp. 25 cm

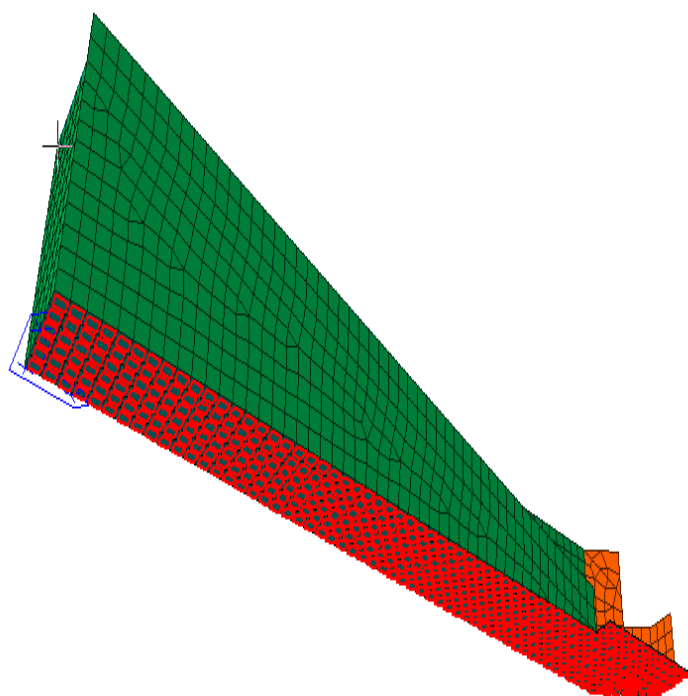


Figura 9-4 - Platea sp. 50 cm

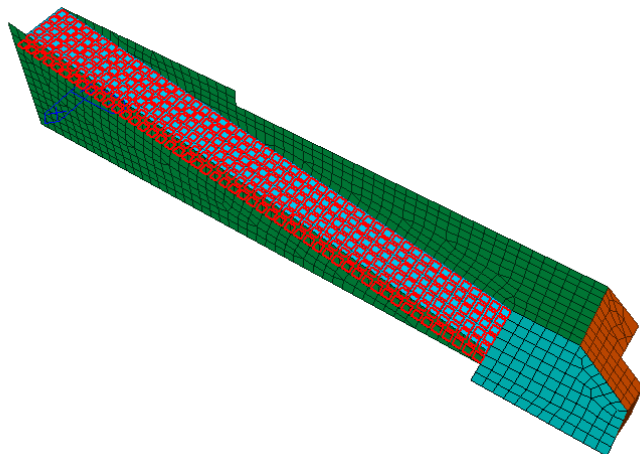




Figura 9-5 - Rampa sp. 20cm

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

9.1.1 Condizioni di vincolo

Il modello è vincolato alla base con molle lineari e vincoli alla traslazione fissi.

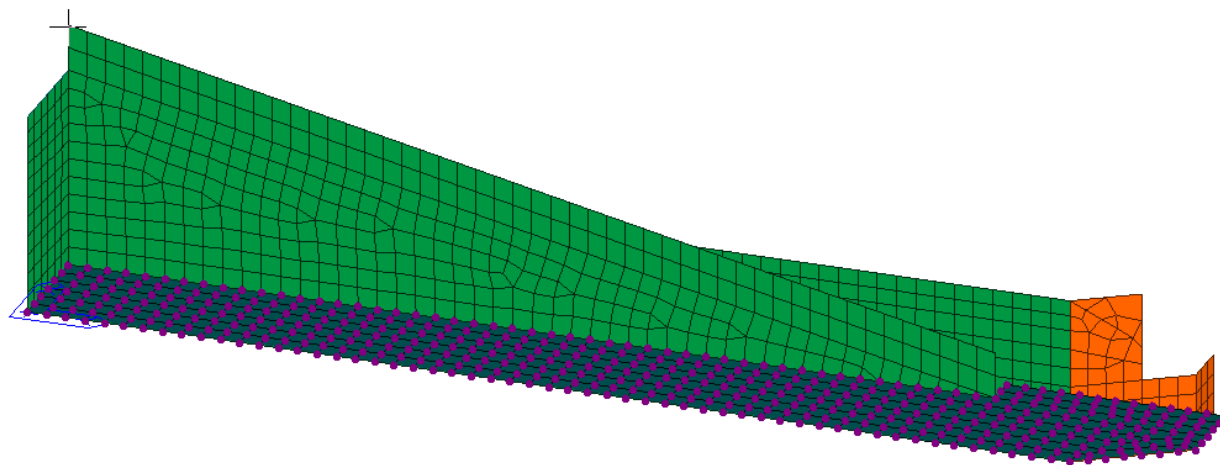


Figura 9-6 - Vincoli a terra

Vengono applicate molle verticali con costante di sottofondo 4000 kN/m³, in ragione dei risultati ottenuti mediante la formulazione di Vesic.

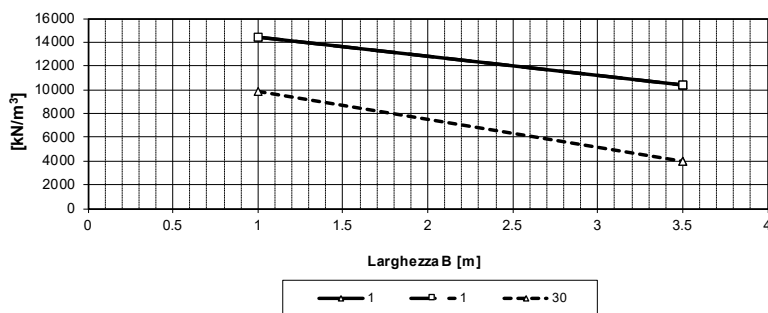
Calcolo del coefficiente di sottofondo

Caratteristiche dei materiali

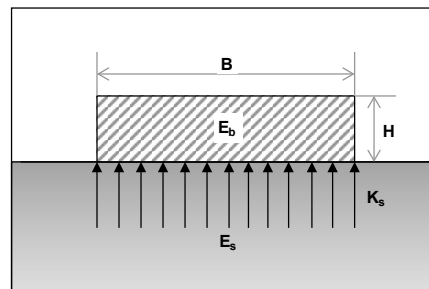
Modulo Terreno (E_s)	25000 kPa
Poisson (ν)	0.3
Modulo Fondazione (E_b)	30000000 kPa
Spessore Fondazione (H)	0.5 m



$$k_s = 0.65 \cdot 1.2 \sqrt{\frac{E_s B^4}{E_{cls} I_b}} \cdot \frac{E_s}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{B} \cdot \frac{(L/B) + 0.5}{1.5 \cdot (L/B)}$$

Coefficiente di sottofondo (Vesic, 1963)

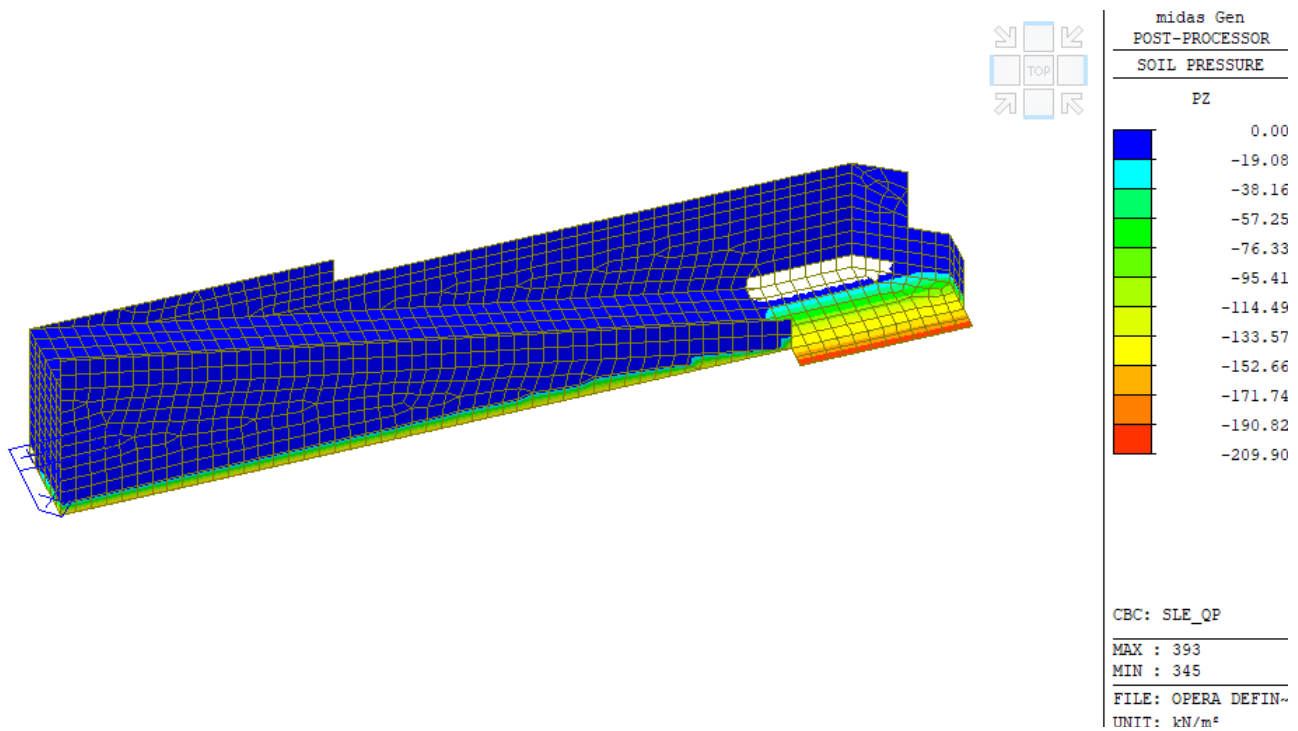


		B [m]		
		1	3.5	3.5
L [m]	Ks [kN/m³]	14468	10366	10366
	1	14468	10366	10366
	30	9806	3989	3989



 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

9.2 Pressioni in fondazione



9.3 Azioni sollecitanti

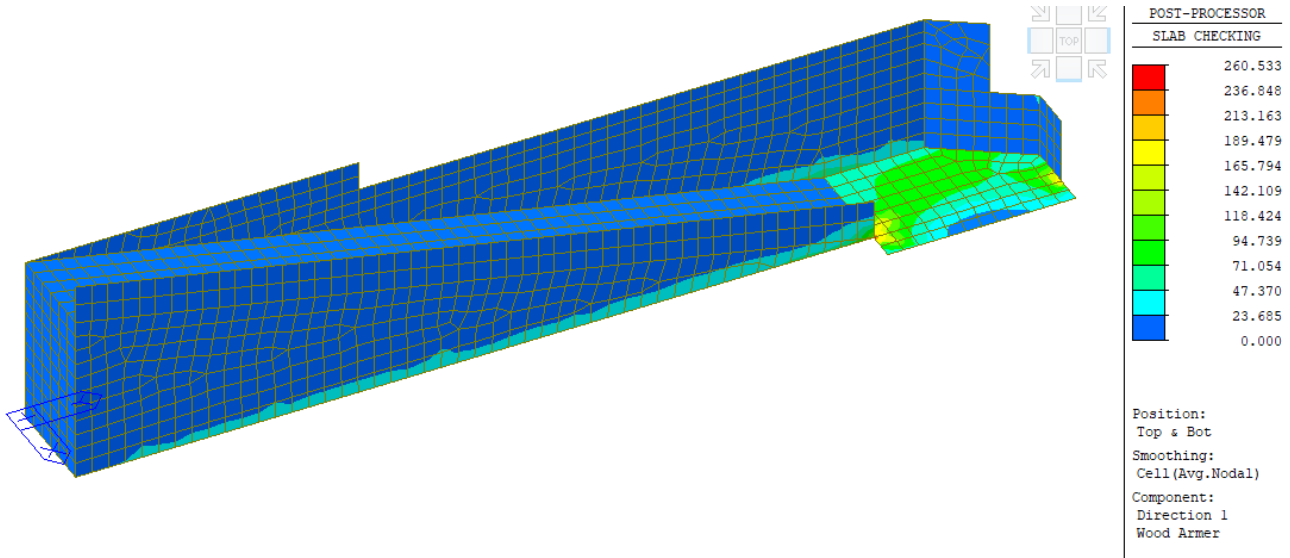


Figura 9-7 - Involuppo dei momenti flettenti SLU+SLV in dir. 1

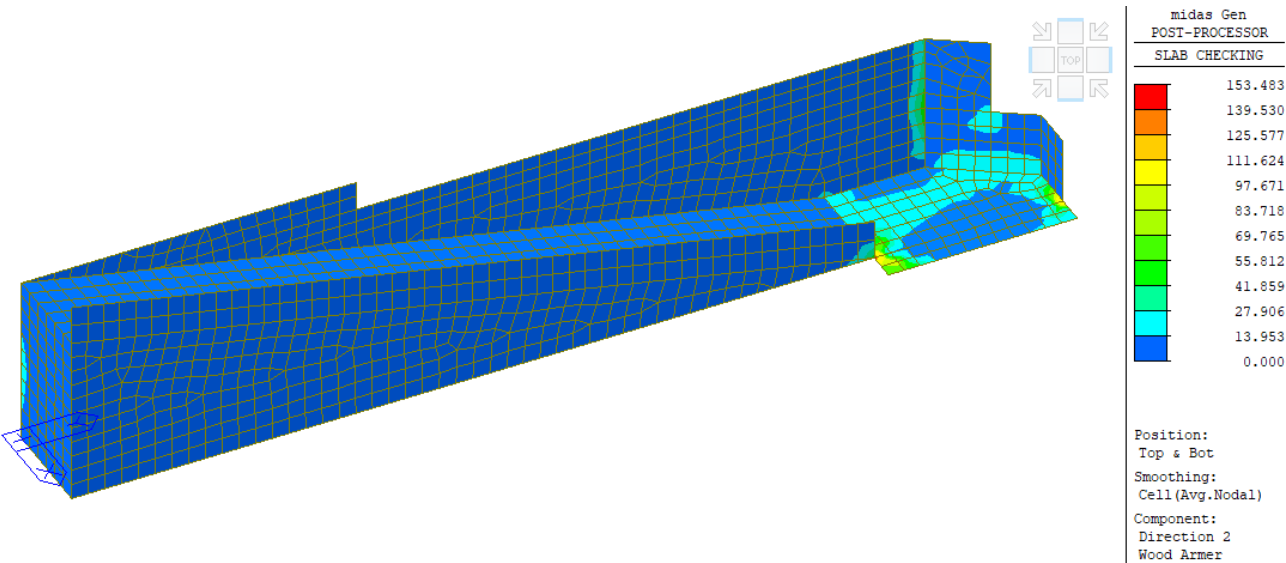


Figura 9-8 - Involuppo dei momenti flettenti SLU+SLV in dir. 2

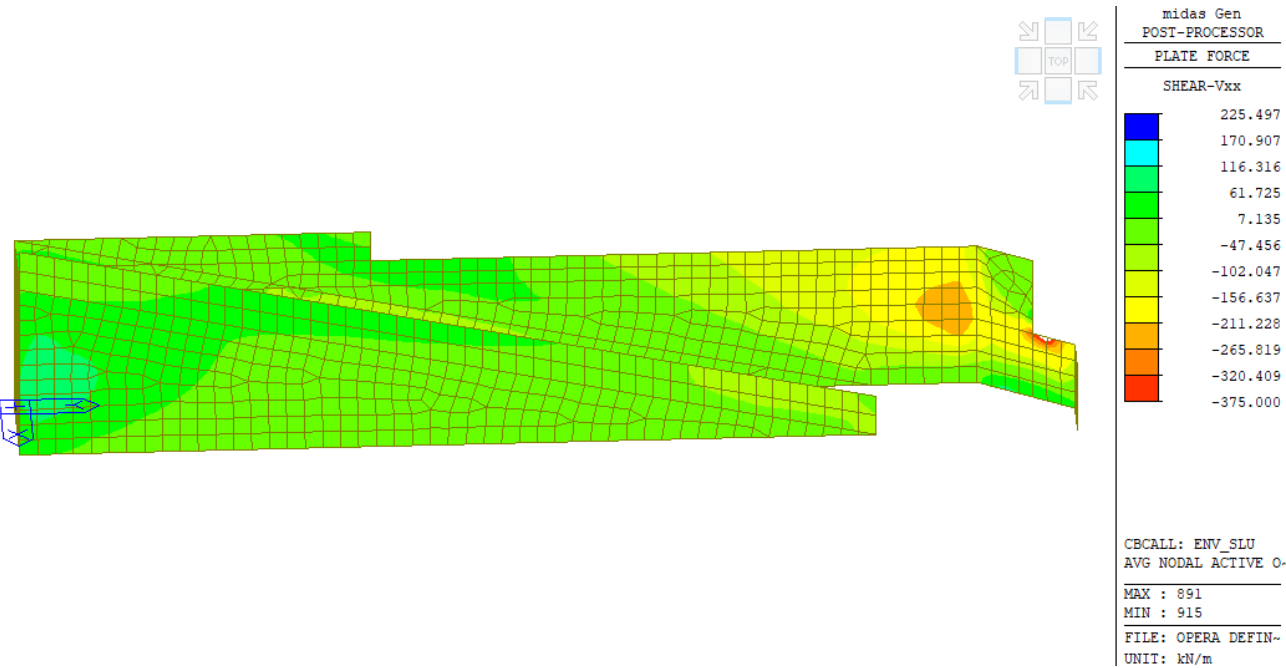



Figura 9-9 – Involuppo delle sollecitazioni taglienti Vxx SLU+SLV

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

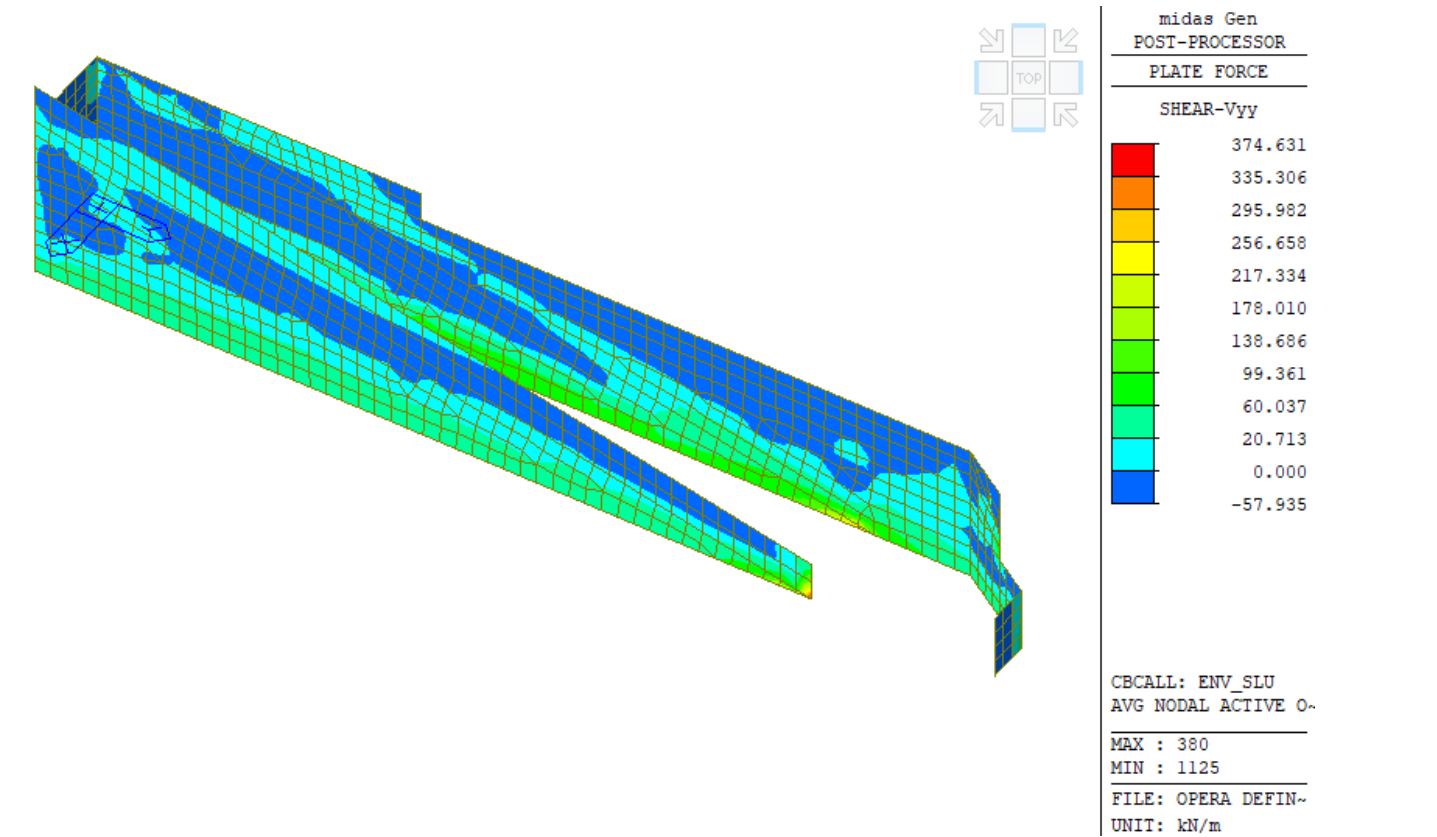




Figura 9-10 – Involuppo delle sollecitazioni taglianti Vyy SLU+SLV

9.4 Verifiche strutturali

9.4.1 Armatura disposta

Per gli elementi in c.a. si dispone armatura con passo generale di 25cm, secondo lo schema che segue.

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

Elemento		Layer	Dir.		Orientamento int. / est.	mm	Passo cm
Platea	Armatura diffusa	<inf.> <sup.>	1	X	int.	16	25
	Armatura diffusa	<inf.> <sup.>	2	Y	est.	16	25
	Armatura a taglio	spilli				12	50x50
Pareti sp. 30cm	Armatura diffusa	<monte> <valle>	1	Vert.	int.	16	25
	Armatura diffusa	<monte> <valle>	2	Orizz.	est.	12	25
	Armatura aggiunta	<monte>	1	Vert.	int.	12	25
	Armatura a taglio	spilli				10	50x50
Pareti sp. 25cm	Armatura diffusa	<monte> <valle>	1	Vert.	int.	16	25
	Armatura diffusa	<monte> <valle>	2	Orizz.	est.	12	25
	Armatura aggiunta	<monte>	1	Orizz.	est.	12	25
	Armatura a taglio	spilli				10	50x50
Rampa sp. 20	Armatura diffusa	<monte> <valle>	1	Vert.	int.	12	25
	Armatura diffusa	<monte> <valle>	2	Orizz.	est.	16	25
	Armatura a taglio	spilli				10	50x50

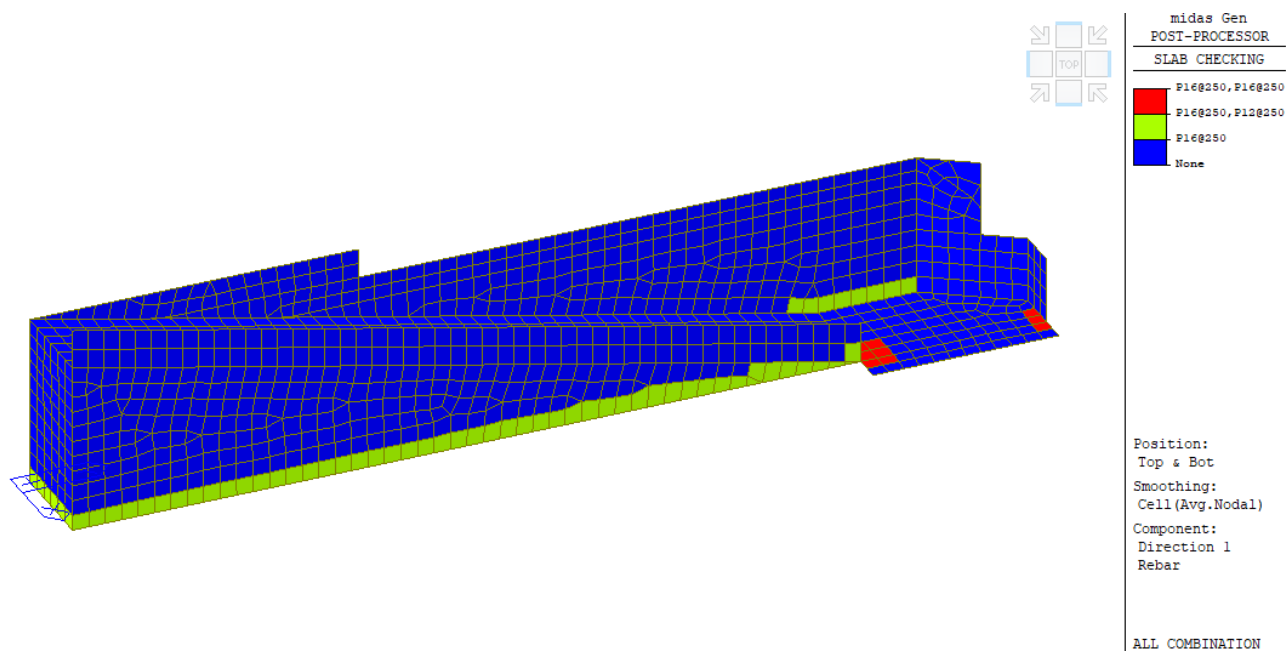




Figura 9-11 - Layout generale di armatura (dir. 1)

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

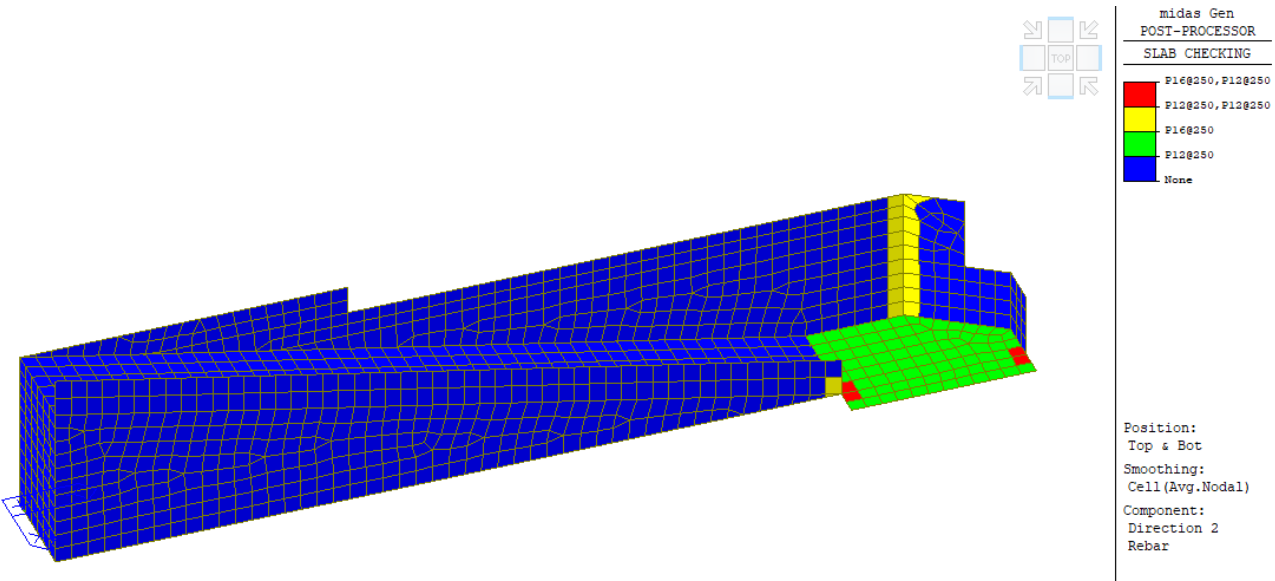
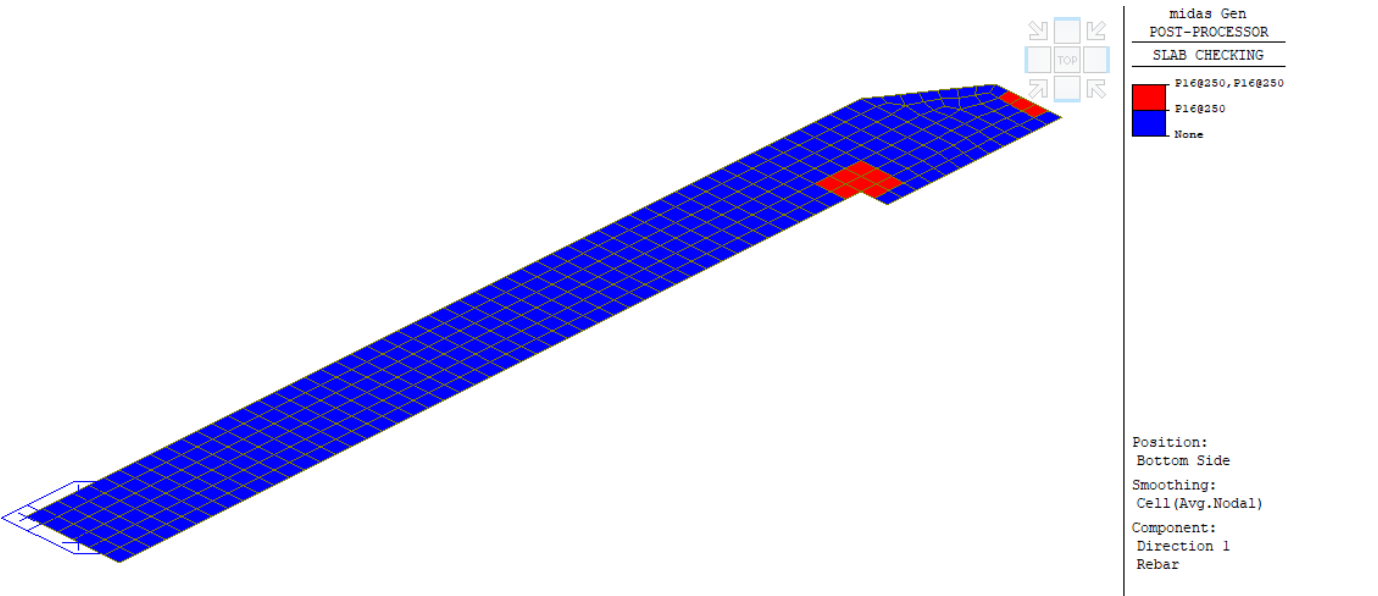




Figura 9-12 - Layout generale di armatura (dir. 2)

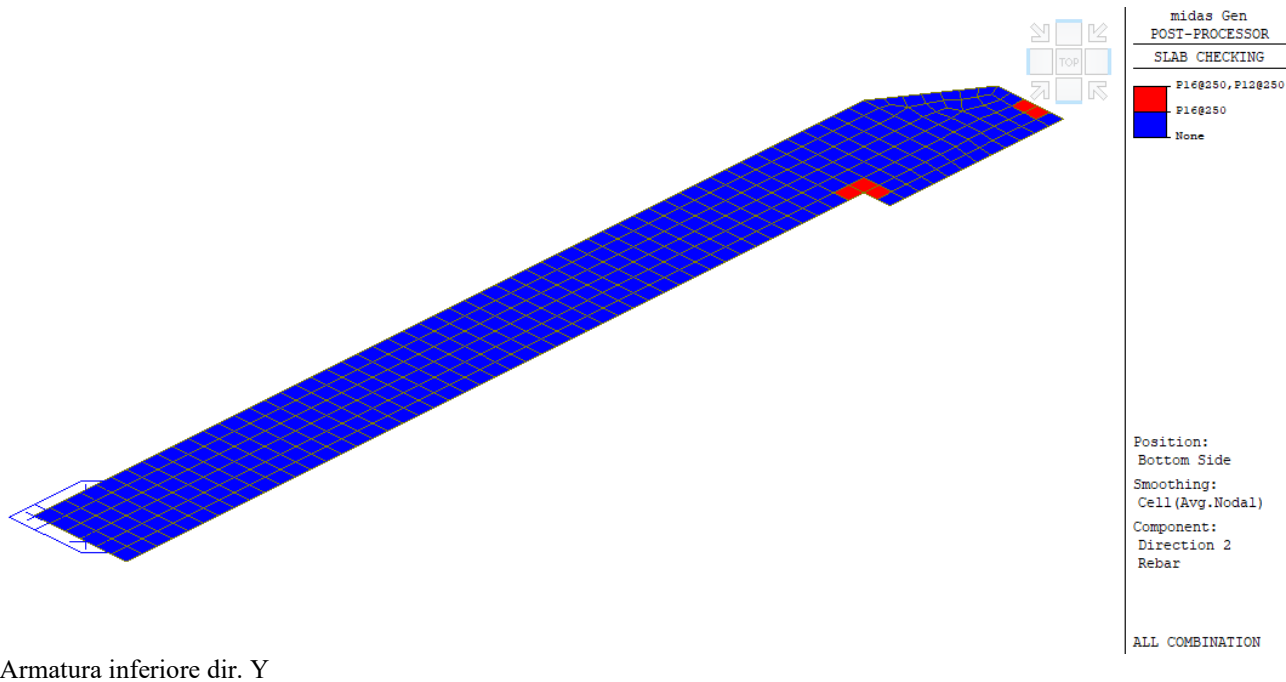
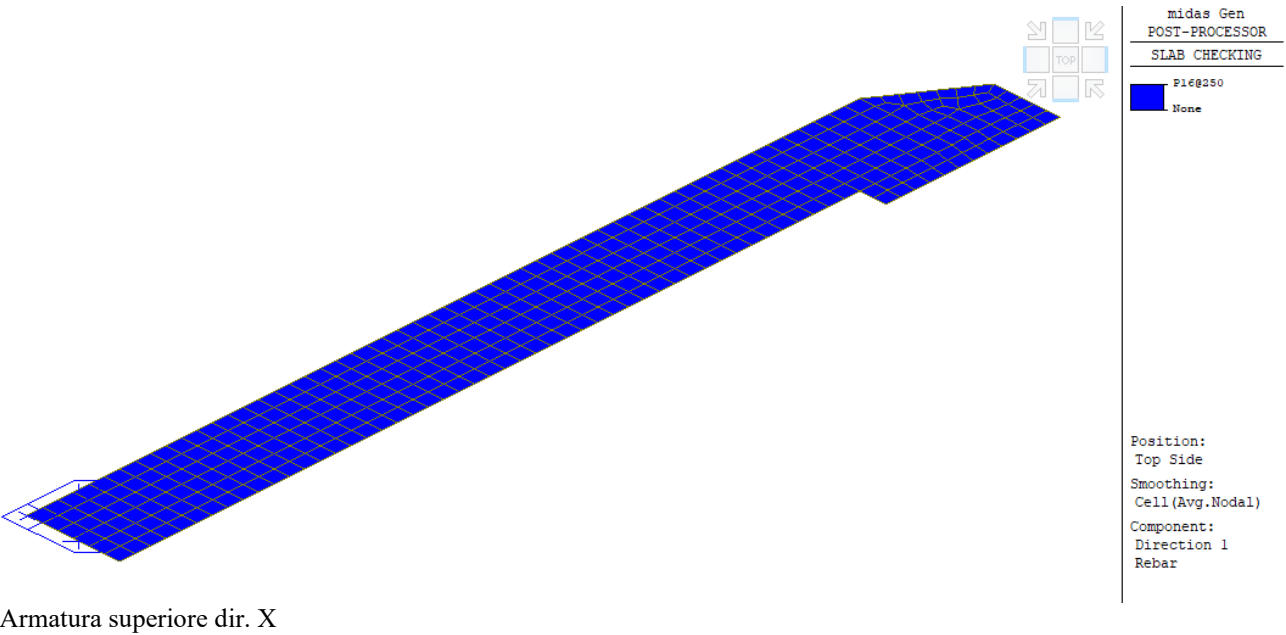
9.5 Platea di fondazione - Verifiche



Nella platea si dispone armatura diffusa $\varnothing 16/25\text{cm}$ con aggiunte locali di ulteriori $\varnothing 16/25\text{cm}$, come mostrato nelle immagini che seguono

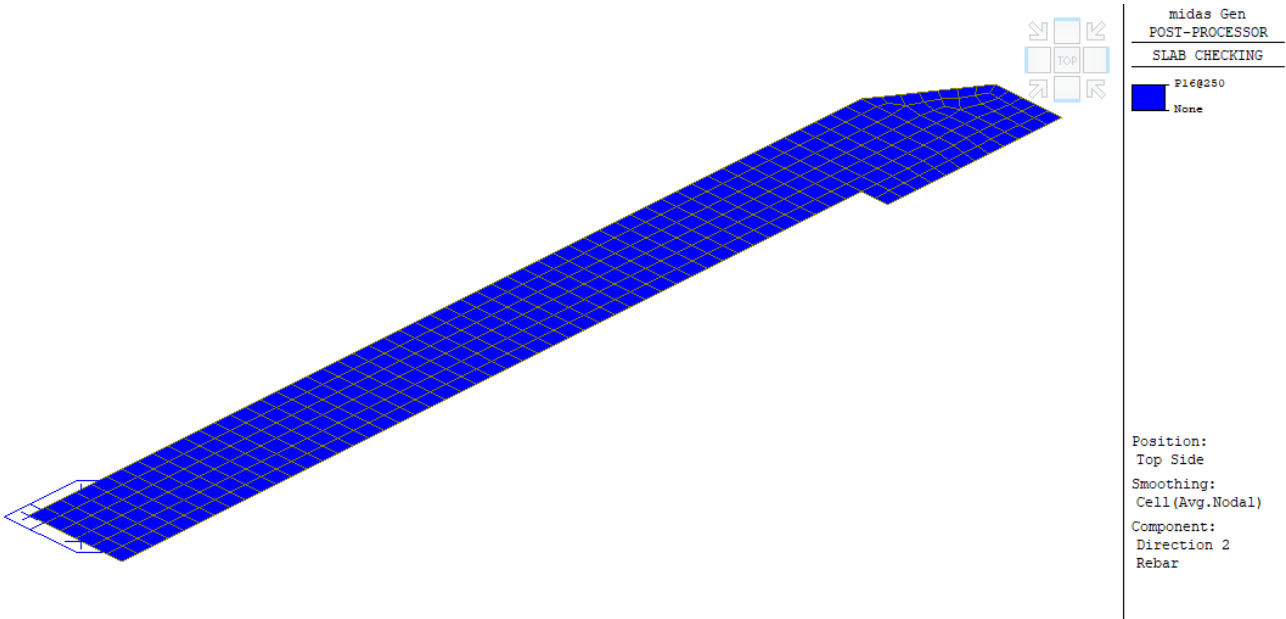


Armatura inferiore dir. X

 AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale



 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>



Armatura superiore dir. Y

9.5.1 Verifiche a flessione

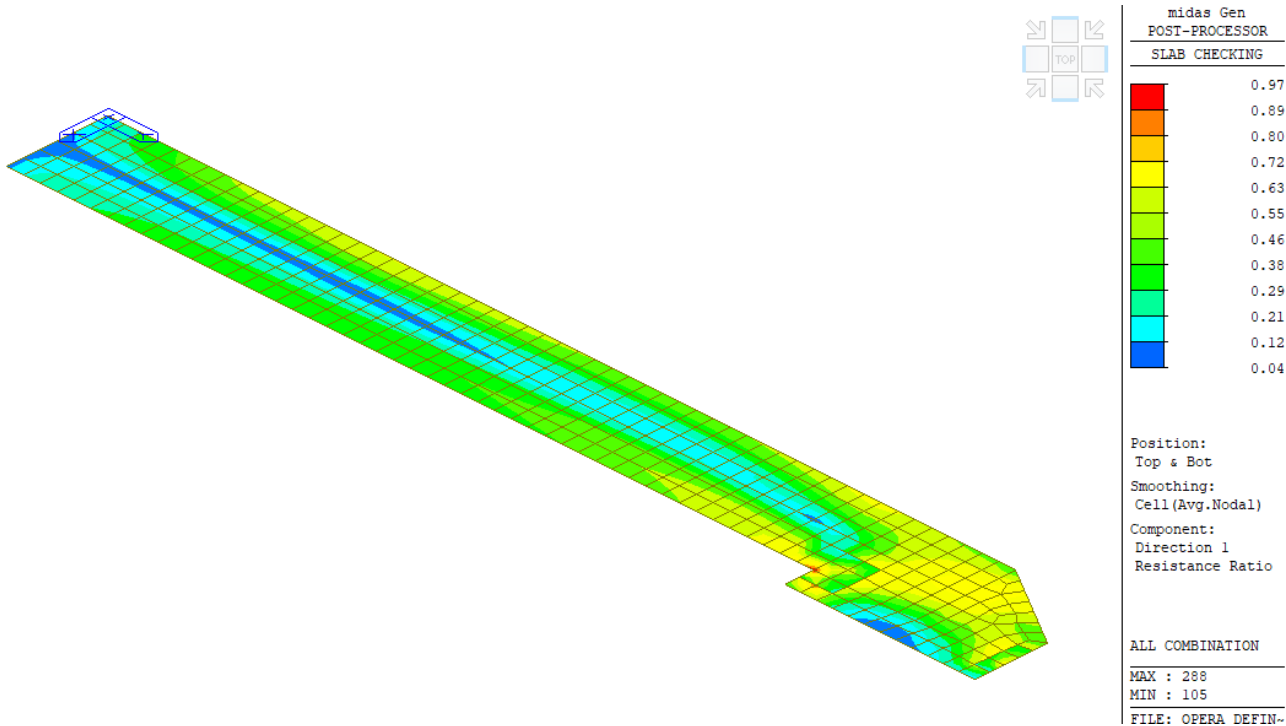




Figura 9-13 - Coefficienti di sfruttamento della capacità a flessione (M_{Ed}/M_{Rd}) per momenti flettenti in direzione X

 <p>AIPO AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

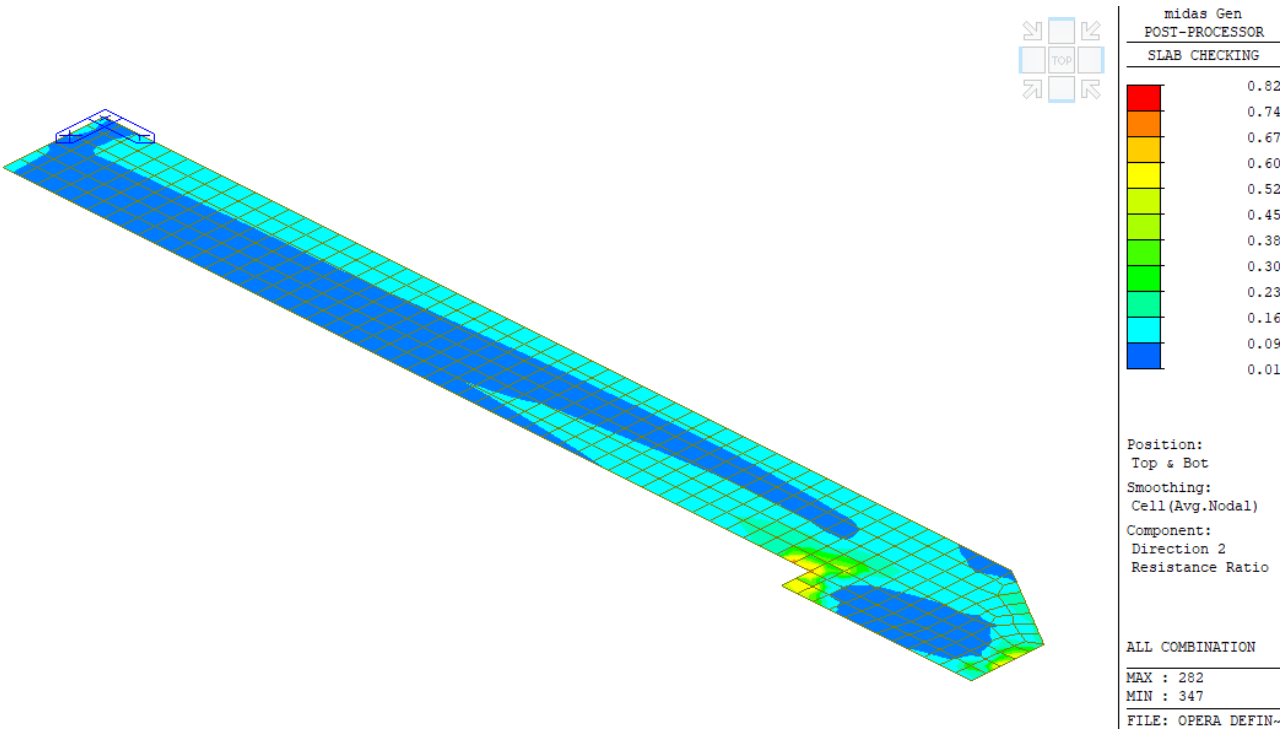




Figura 9-14 Coefficienti di sfruttamento della capacità a flessione (M_{Ed}/M_{Rd}) per momenti flettenti in direzione Y

9.5.2 Verifiche a taglio

Si dispone un'armatura minima a taglio con spilli $\varnothing 12/25$ posati a passo 50cm e un infittimento locale di ulteriori $\varnothing 16/25$ posati a passo 50cm.

 <p> AIPO <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO - PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small> </p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

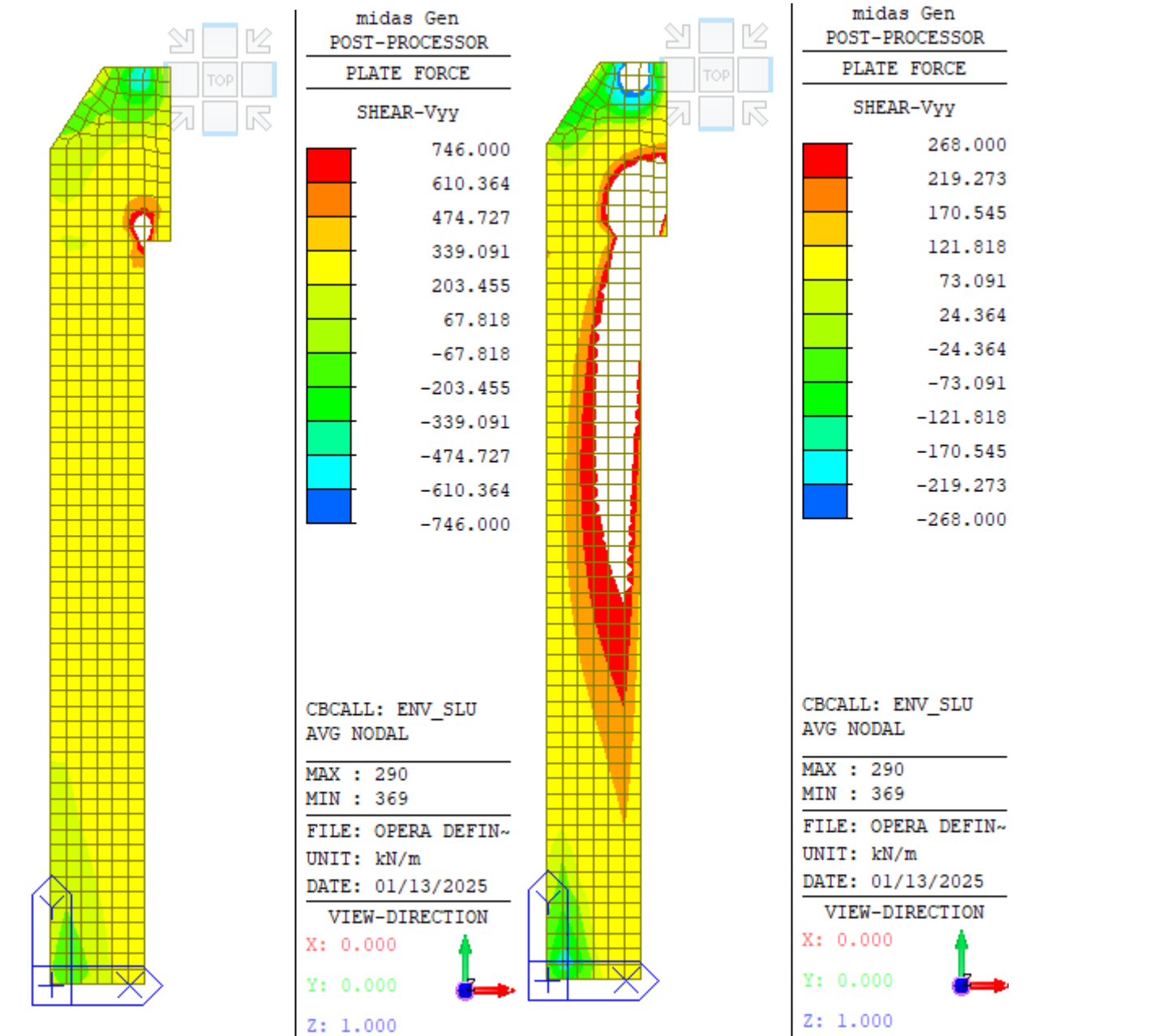




Figura 9-15 - Sollecitazioni di taglio Vyy (area coperta dagli infittimenti a sinistra, area con armatura minima a destra)

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A. - NTC2018

Caratteristiche dei materiali

f_{ck}		MPa	25	
α_{cc}			0.85	
γ_c			1.5	
f_{cd}	resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	MPa	14.17	$a_{cc} \cdot f_{cd} / g_c$
γ_s			1.15	
$f_{y,wd}$		MPa	391.30	f_{yd} / g_s

Caratteristiche della sezione resistente

V_{Ed}	taglio sollecitante di progetto	kN	746	
b_w	larghezza della sezione	cm	100	
h	altezza totale della sezione	cm	50	
c	distanza asse barre dal lembo teso	cm	5	
d	altezza utile della sezione	cm	45	$h - c$
d^*		cm	40.5	$0.9 d$
k			1.667	$\min[1.0 + \sqrt{(20/d)}, 2.0]$
A_{sI}	area di armatura longitudinale tesa	cm ²	8.04	
ρ_l	rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa		0.0016	
A_{sw}	area di armatura a taglio disposta	cm ²	9.42	
s	spaziatura staffe	cm	50	

Controllo necessità di armatura a taglio

V_{Rdc1}		kN	143.10	$[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] / \gamma_c \cdot b_w \cdot d$
V_{Rdc2}		kN	169.44	$[0.035 \cdot k^{3/2} \cdot \sqrt{f_{ck}}] \cdot b_w \cdot d$
V_{Rdc}	resistenza della sezione non armata a taglio	kN	169.44	$\max[V_{Rdc1}, V_{Rdc2}]$
V_{Ed} / V_{Rdc}	è necessario prevedere l'armatura a taglio $V_{Rdc} < V_{Ed}$			

Controllo capacità massima della sezione a taglio

v	coefficiente di riduzione della resistenza del cls fessurato per taglio		0.5	
α_c	coefficiente per effetti dello sforzo assiale di compressione		1	
α	inclinazione armature a taglio	rad	1.571	gradi 90
$V_{Rd,max}$	massima resistenza a taglio-compressione della sezione	kN	1434.38	$1.0 \cdot v \cdot f_{cd} / \{\cot(45) + \tan(45)\} \cdot b_w \cdot 0.9 \cdot d^*$
$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	sezione sufficiente per la resistenza taglio		0.520	



Calcolo della resistenza della sezione con armatura a taglio

ω_{sw}	percentuale meccanica di armatura trasversale (per $\alpha=90^\circ$)		0.05	$(A_{sw} \cdot f_{yd}) / (b \cdot s \cdot f_{cd})$
ϑ_{calc}	valore di teta calcolato	rad	0.328	= 18.82° $\cot(\vartheta_{calc}) = 2.93$
ϑ_{min}	valore minimo di teta	rad	0.785	= 45° $\cot(\vartheta_{min}) = 1.00$
ϑ_{max}	valore massimo di teta	rad	0.381	= 21.8° $\cot(\vartheta_{max}) = 2.50$
ϑ	valore di calcolo di teta	rad	0.381	= 21.8° $\cot(\vartheta) = 2.50$
V_{Rsd}	resistenza a taglio trazione	kN	746.43	$A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot d^* / s \cdot (\cot(\alpha) + \cot(\vartheta)) \cdot \sin(\alpha)$
V_{Rcd}	resistenza a taglio compressione	kN	989.22	$b \cdot d^* \cdot a_c \cdot n \cdot f_{cd} \cdot (\cot(\alpha) + \cot(\vartheta)) / (1 + \cot^2(\alpha))$
V_{Rd}	resistenza a taglio della sezione	kN	746.43	
V_{Ed} / V_{Rd}	coefficiente di sfruttamento della capacità di resistenza a taglio		0.999	

9.6 Pareti – Verifiche

Nella platea si dispone armatura verticale $\varnothing 16/25\text{cm}$ con aggiunte locali di ulteriori $\varnothing 12/25\text{cm}$ lato terreno

L'armatura orizzontale (esterna) disposta è pari a $\varnothing 12/25\text{cm}$ con aggiunte locali di ulteriori $\varnothing 12/25\text{cm}$ all'intersezioni tra le pareti sp.30 e sp. 25cm.

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

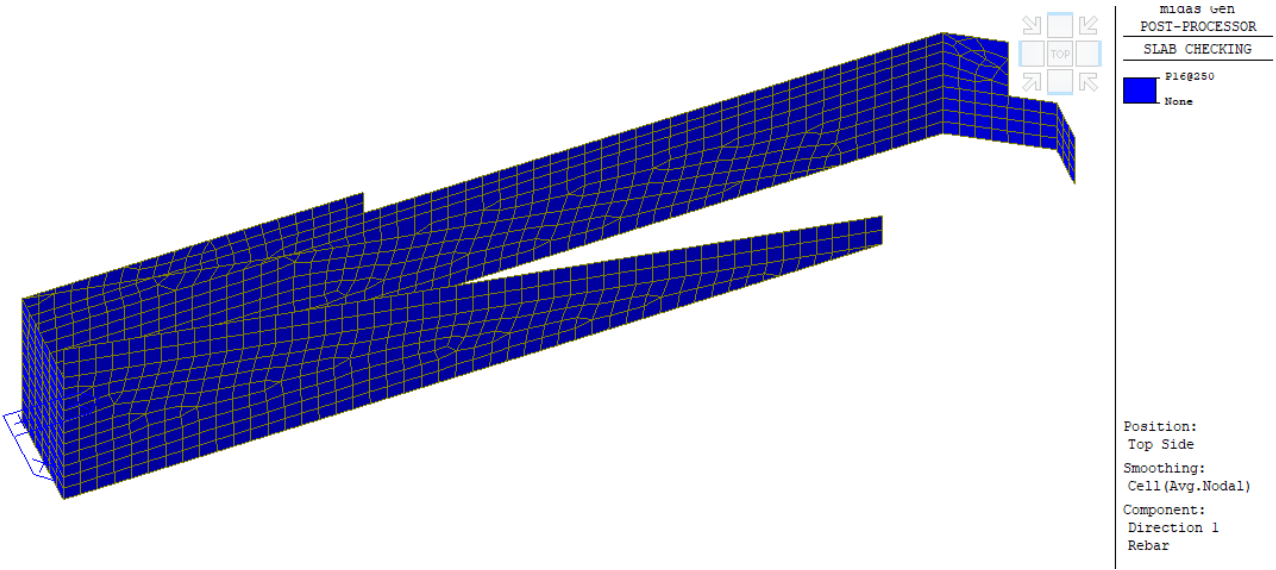


Figura 9-16 - Armatura verticale Ø16/25 lato valle

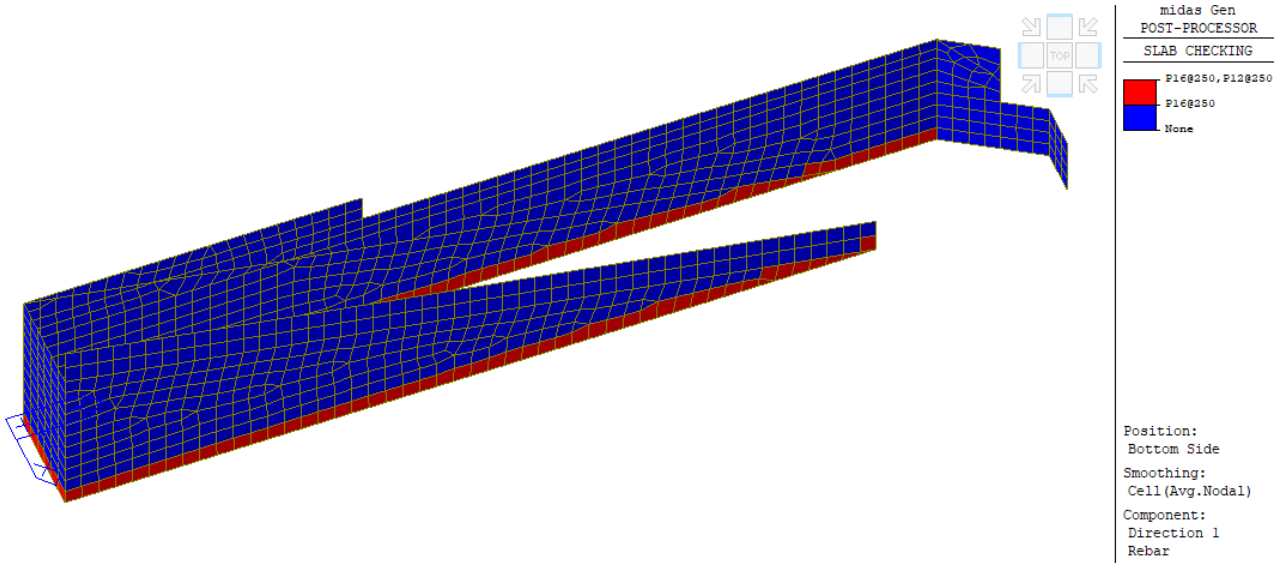




Figura 9-17- Armatura verticale Ø16/25 lato monte, con aggiunte sullo stesso lato Ø12/25

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

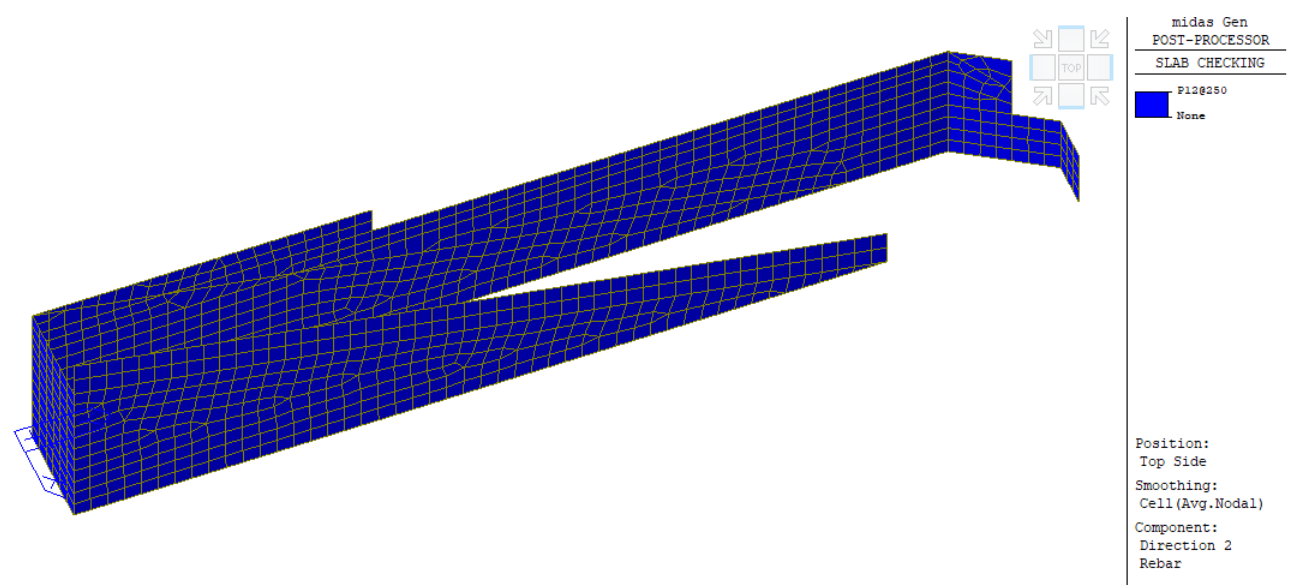


Figura 9-18- Armatura orizzontale Ø12/25 lato valle

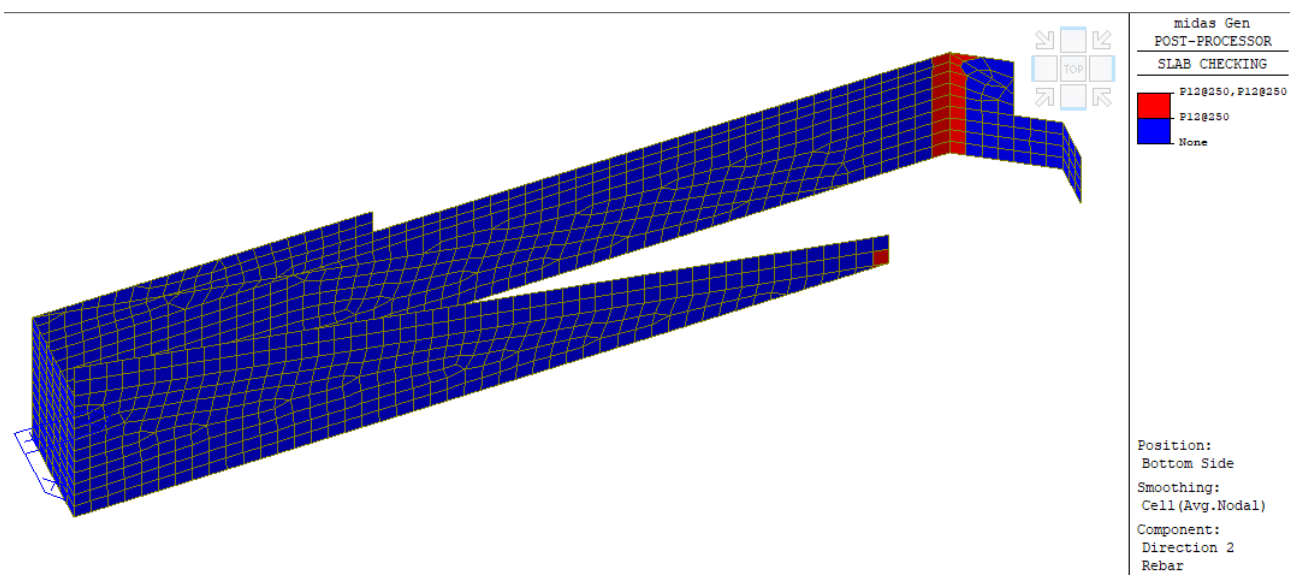




Figura 9-19- Armatura orizzontale Ø12/25 lato monte con aggiunte Ø12/25

9.6.1 Verifiche a flessione

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

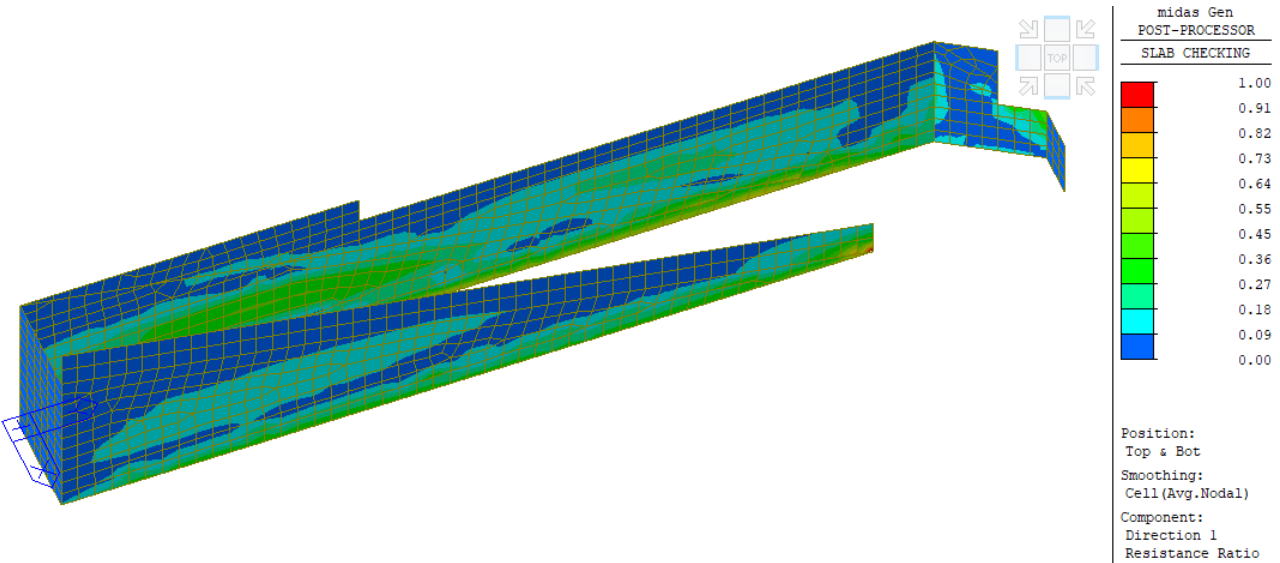


Figura 9-20 - Coefficienti di sfruttamento della capacità a flessione (MEd/MRd) per momenti flettenti in direzione verticale

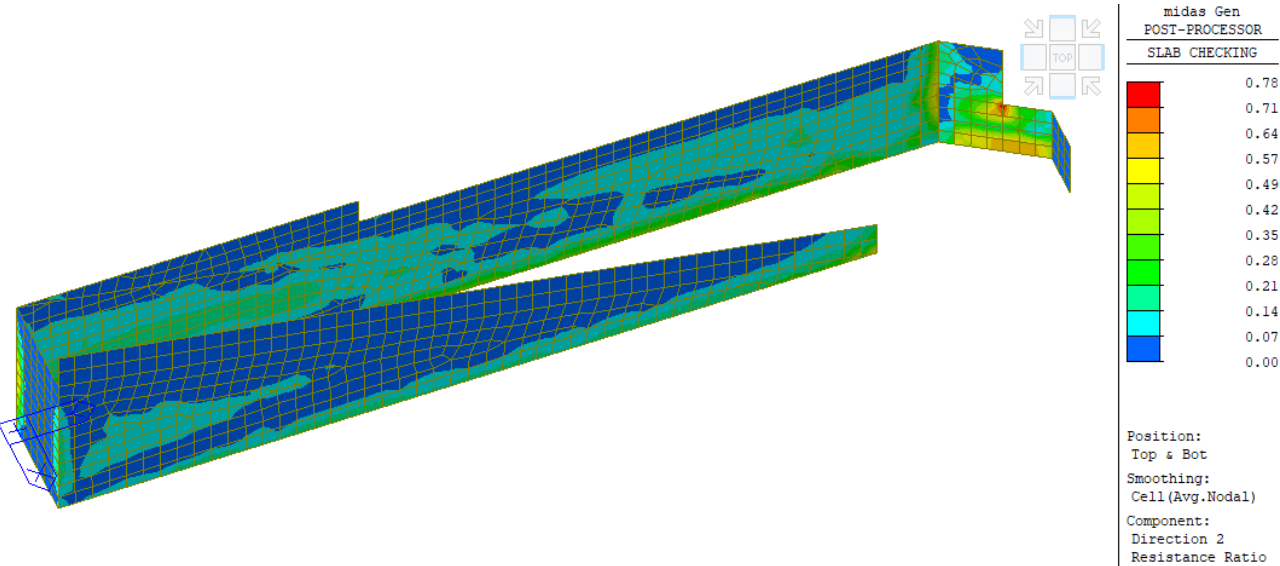




Figura 9-21 - Coefficienti di sfruttamento della capacità a flessione (MEd/MRd) per momenti flettenti in direzione orizzontale

9.6.2 Verifiche a taglio

Per la sezione non armate a taglio si determina una resistenza pari a 114 kN/m

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A. - NTC2018

Caratteristiche dei materiali

f_{ck}		MPa	25	
α_{cc}			0.85	
γ_c			1.5	
f_{cd}	resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	MPa	14.17	$a_{cc} \cdot f_{cd} / \gamma_c$
γ_s			1.15	
$f_{y,wd}$		MPa	391.30	f_{yd} / γ_s

Caratteristiche della sezione resistente

V_{Ed}	taglio sollecitante di progetto	kN	0	
b_w	larghezza della sezione	cm	100	
h	altezza totale della sezione	cm	30	
c	distanza asse barre dal lembo teso	cm	5	
d	altezza utile della sezione	cm	25	$h - c$
d^*		cm	22.5	$0.9 d$
k			1.894	$\min[1.0 + \sqrt{(20/d)}, 2.0]$
A_{sI}	area di armatura longitudinale tesa	cm ²	8.04	
ρ_l	rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa		0.0027	
A_{sw}	area di armatura a taglio disposta	cm ²	3.14	
s	spaziatura staffe	cm	25	

Controllo necessità di armatura a taglio

V_{Rdc1}		kN	107.14	$[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] / \gamma_c \cdot b_w \cdot d$
V_{Rdc2}		kN	114.08	$[0.035 \cdot k^{3/2} \cdot \sqrt{f_{ck}}] \cdot b_w \cdot d$
V_{Rdc}	resistenza della sezione non armata a taglio	kN	114.08	$\max[V_{Rdc1}, V_{Rdc2}]$

non è necessario prevedere l'armatura a taglio $V_{Rdc} > V_{Ed}$

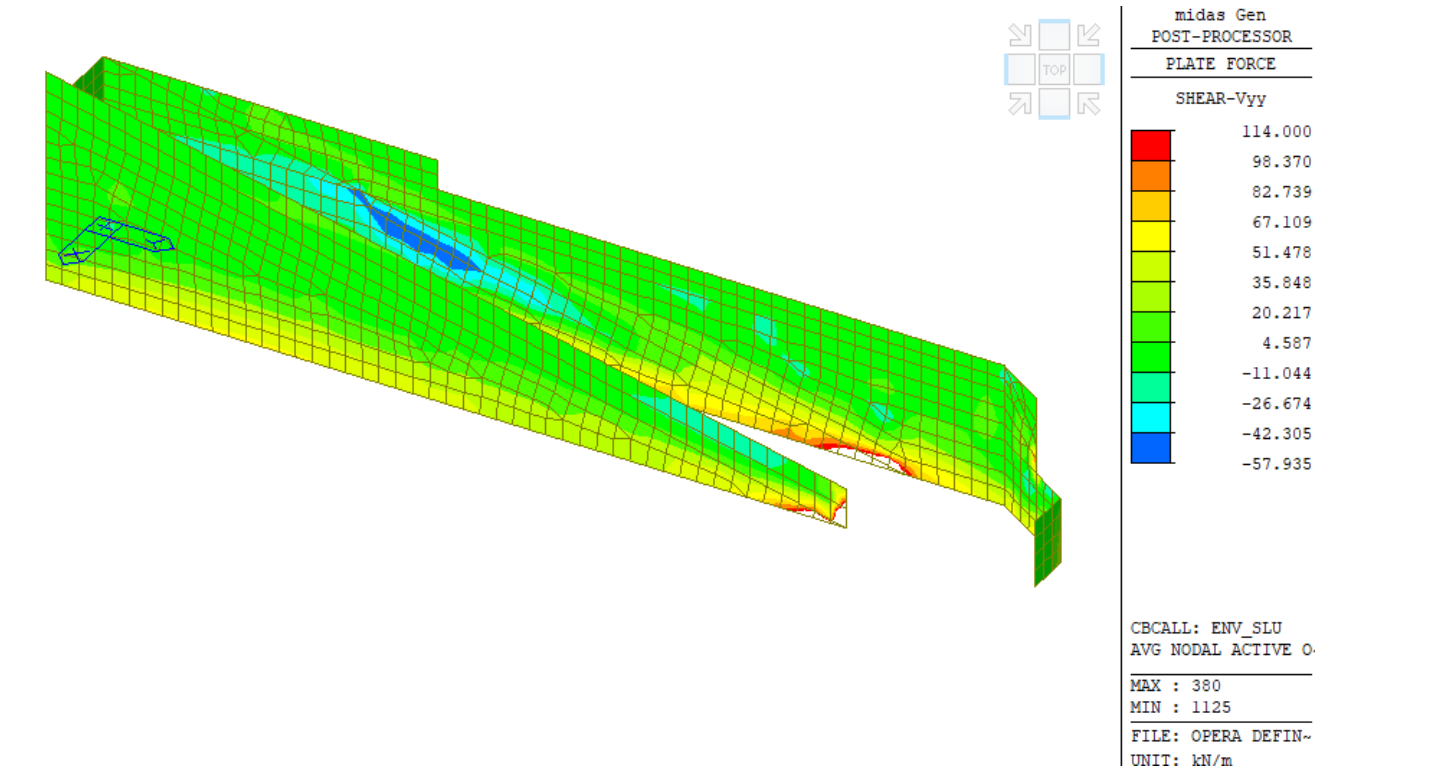
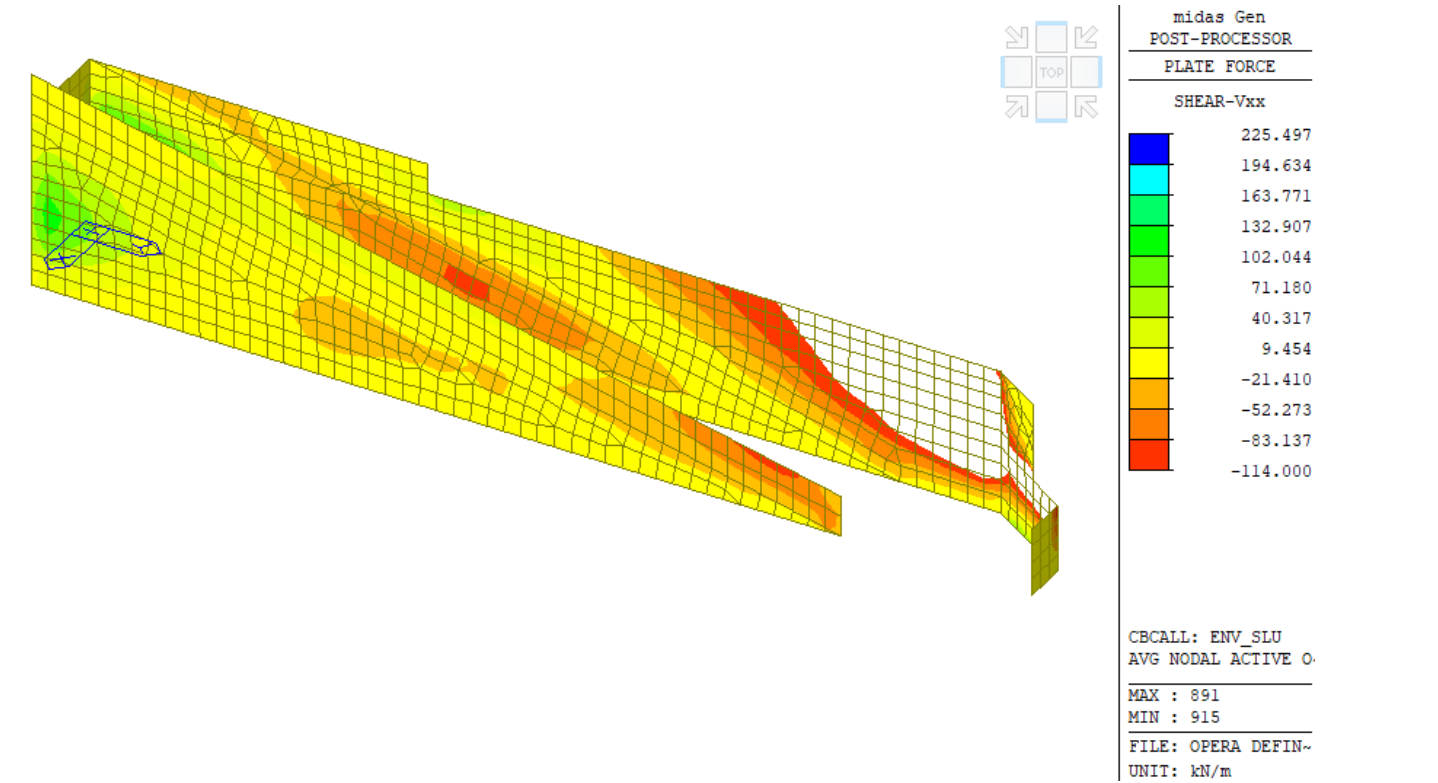


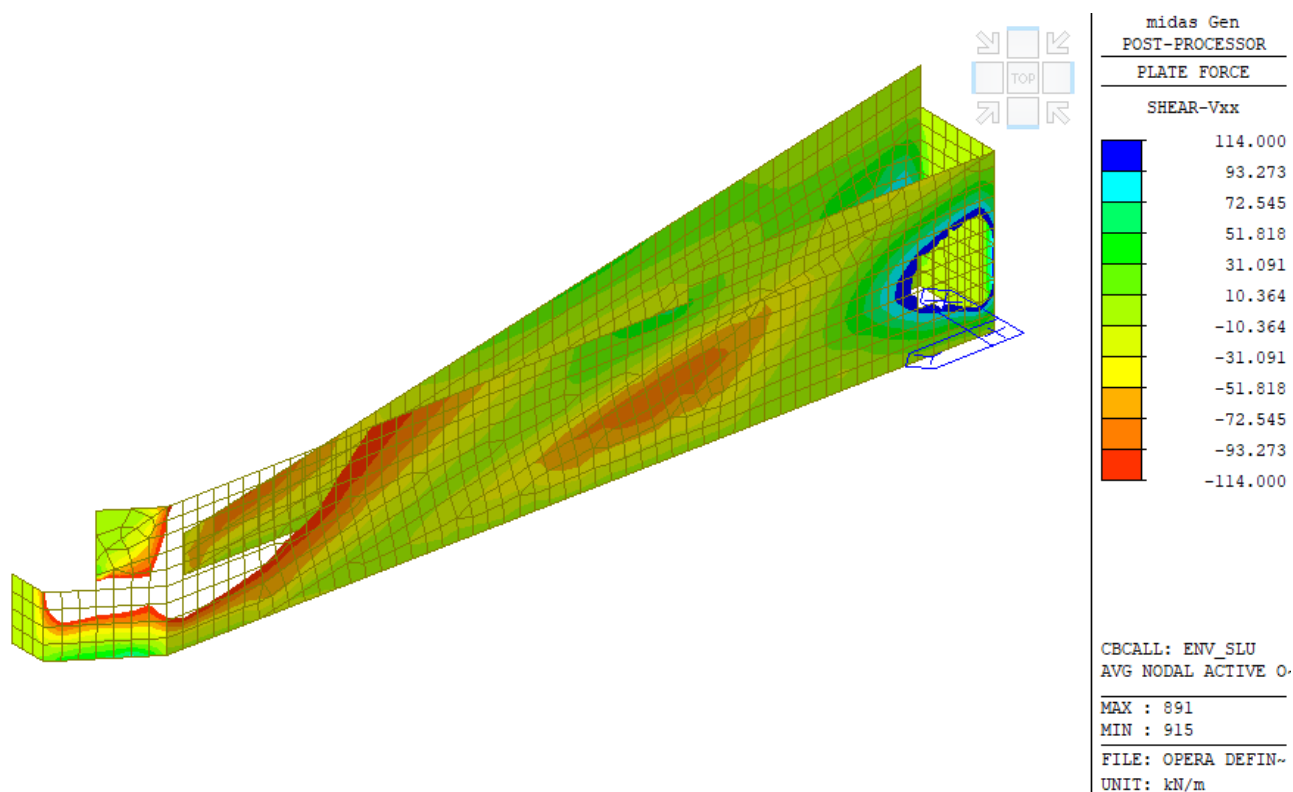


Figura 9-22 - Zone con taglio sollecitante coperto dalla sola resistenza sezionale





 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale



In conseguenza dei risultati ottenuti vengono disposti:

- Nelle rimanenti aree (armatura di minimo): spilli $\varnothing 10$ su maglia 50x50
- Nelle sezioni la cui resistenza della sezione non è sufficiente: spilli $\varnothing 12$ su maglia 25x25

Si riporta a seguire la verifica per le zone armate a taglio

 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO - PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DI SEZIONI IN C.A. - NTC2018

Caratteristiche dei materiali

f_{ck}		MPa	25	
α_{cc}			0.85	
γ_c			1.5	
f_{cd}	resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo	MPa	14.17	$a_{cc} \cdot f_{cd} / g_c$
γ_s			1.15	
$f_{y,wd}$		MPa	391.30	f_{yd} / g_s

Caratteristiche della sezione resistente

V_{Ed}	taglio sollecitante di progetto	kN	374	
b_w	larghezza della sezione	cm	100	
h	altezza totale della sezione	cm	30	
c	distanza asse barre dal lembo teso	cm	5	
d	altezza utile della sezione	cm	25	$h - c$
d^*		cm	22.5	$0.9 d$
k			1.894	$\min[1.0 + \sqrt{(20/d)}, 2.0]$
A_{sI}	area di armatura longitudinale tesa	cm ²	8.04	
ρ_l	rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa		0.0027	
A_{sw}	area di armatura a taglio disposta	cm ²	4.5216	
s	spaziatura staffe	cm	25	

Controllo necessità di armatura a taglio



V_{Rdc1}		kN	107.14	$[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] / \gamma_c \cdot b_w \cdot d$
V_{Rdc2}		kN	114.08	$[0.035 \cdot k^{3/2} \cdot \sqrt{f_{ck}}] \cdot b_w \cdot d$
V_{Rdc}	resistenza della sezione non armata a taglio	kN	114.08	$\max[V_{Rdc1}, V_{Rdc2}]$
V_{Ed} / V_{Rdc}	è necessario prevedere l'armatura a taglio $V_{Rdc} < V_{Ed}$			

Controllo capacità massima della sezione a taglio

v	coefficiente di riduzione della resistenza del cls fessurato per taglio		0.5	
α_c	coefficiente per effetti dello sforzo assiale di compressione		1	
α	inclinazione armature a taglio	rad	1.571	gradi 90
$V_{Rd,max}$	massima resistenza a taglio-compresione della sezione	kN	796.88	$1.0 \cdot v \cdot f_{cd} / \{\cot(45) + \tan(45)\} \cdot b_w \cdot 0.9 \cdot d^*$
$V_{Ed} / V_{Rd,max}$	sezione sufficiente per la resistenza taglio		0.469	

Calcolo della resistenza della sezione con armatura a taglio

ω_{sw}	percentuale meccanica di armatura trasversale (per $\alpha=90^\circ$)		0.05	$(A_{sw} \cdot f_{yd}) / (b \cdot s \cdot f_{cd})$
ϑ_{calc}	valore di teta calcolato	rad	0.322	= 18.42° $\cot(\vartheta_{calc}) = 3.00$
ϑ_{min}	valore minimo di teta	rad	0.785	= 45° $\cot(\vartheta_{min}) = 1.00$
ϑ_{max}	valore massimo di teta	rad	0.381	= 21.8° $\cot(\vartheta_{max}) = 2.50$
ϑ	valore di calcolo di teta	rad	0.381	= 21.8° $\cot(\vartheta) = 2.50$
V_{Rsd}	resistenza a taglio trazione	kN	398.10	$A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot d^* / s \cdot (\cot(\alpha) + \cot(\vartheta)) \cdot \sin(\alpha)$
V_{Rcd}	resistenza a taglio compressione	kN	549.57	$b \cdot d^* \cdot a_c \cdot n \cdot f_{cd} \cdot (\cot(\alpha) + \cot(\vartheta)) / (1 + \cot^2(\alpha))$
V_{Rd}	resistenza a taglio della sezione	kN	398.10	
V_{Ed} / V_{Rd}	coefficiente di sfruttamento della capacità di resistenza a taglio		0.939	

 <p>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</p>	<p>Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano</p> <p>Progetto definitivo per autorizzazione</p>
	<p>Relazione generale</p>

9.6.3 Verifiche tensionali

Le verifiche sulle tensioni vengono riportate in forma di mappe di coefficienti di sfruttamento in cui il fattore mostrato riporta il rapporto tra la tensione misurata e la capacità in tensione allo SLE, con i limiti definiti dalle NTC2018.

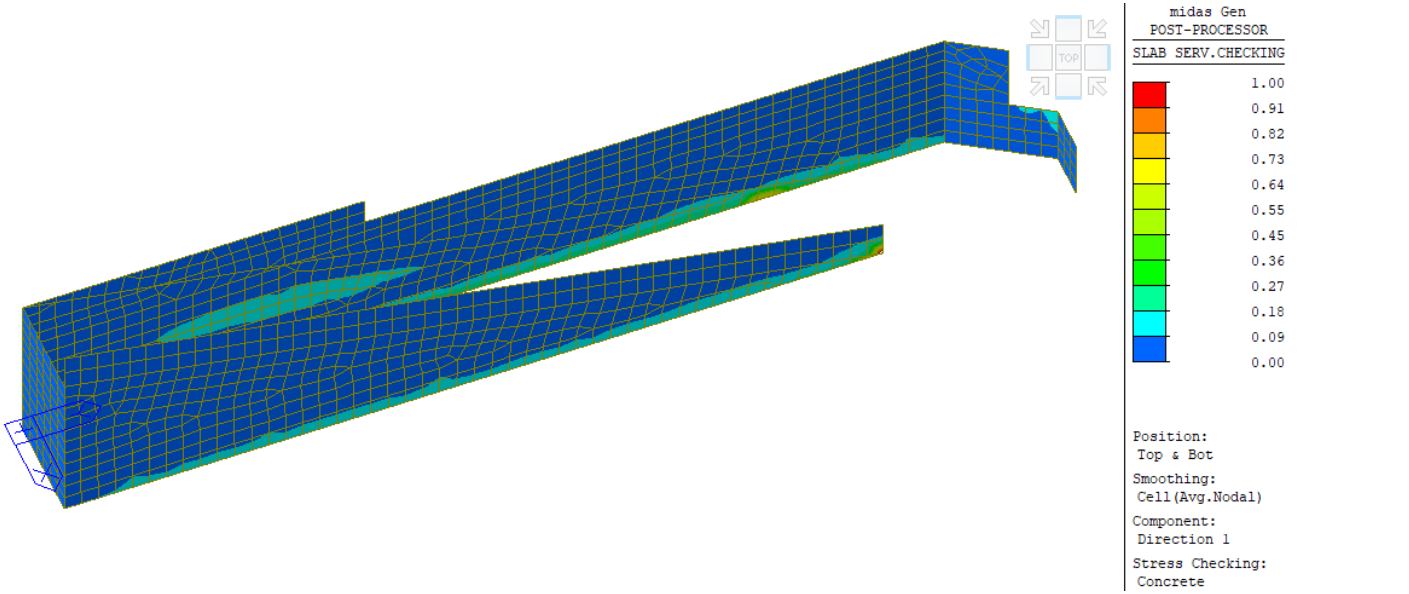


Figura 9-23 - Verifica delle tensioni sul cls per momenti flettenti che interessano le barre verticali

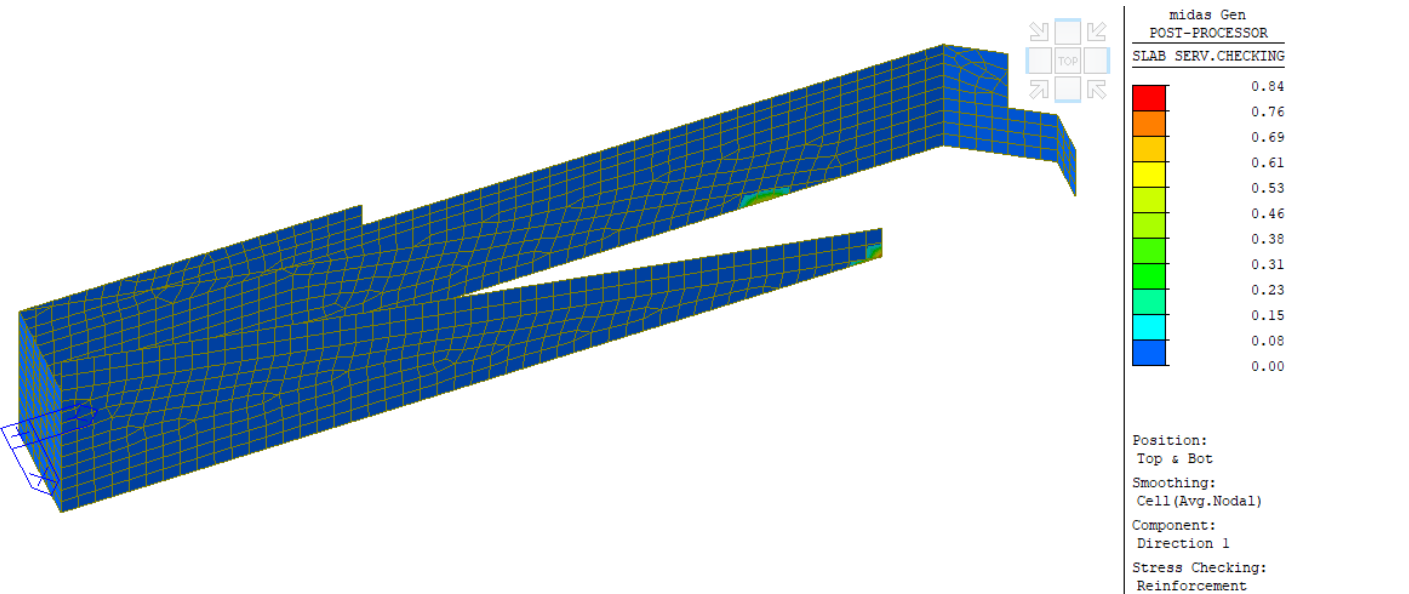


Figura 9-24 - Verifica delle tensioni sull'acciaio per momenti flettenti che interessano le barre verticali

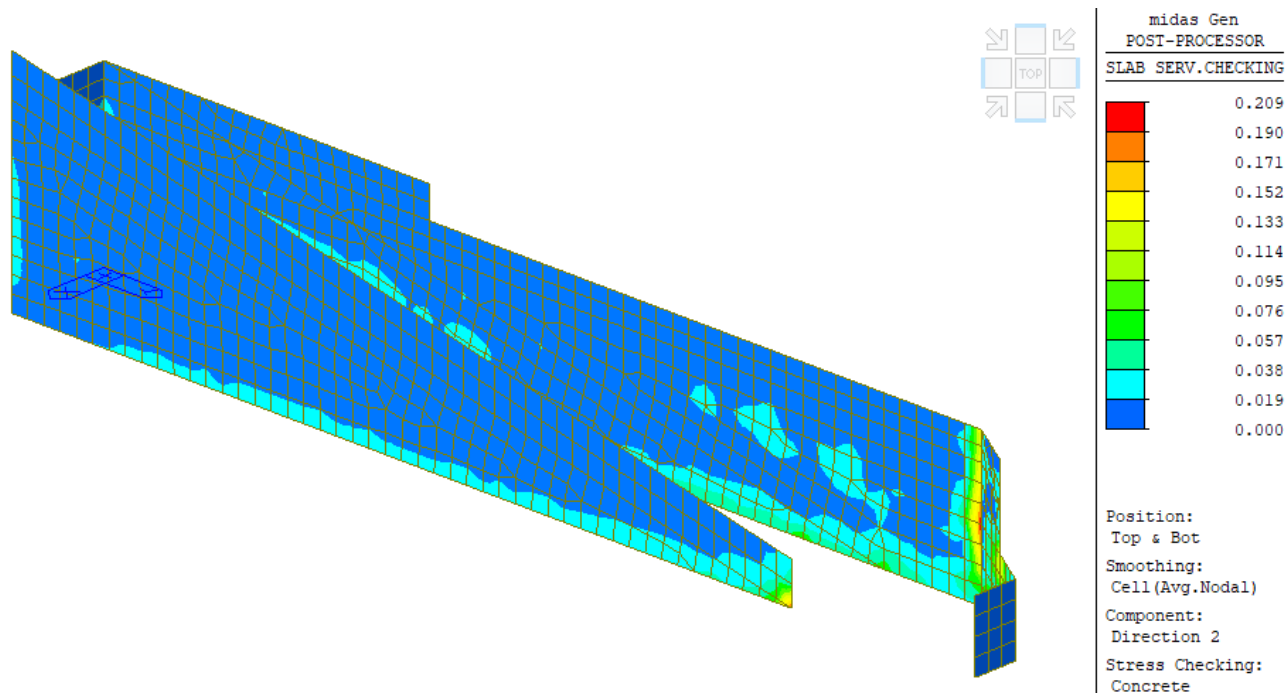


Figura 9-25 - Verifica delle tensioni sul cls per momenti flettenti che interessano le barre orizzontali

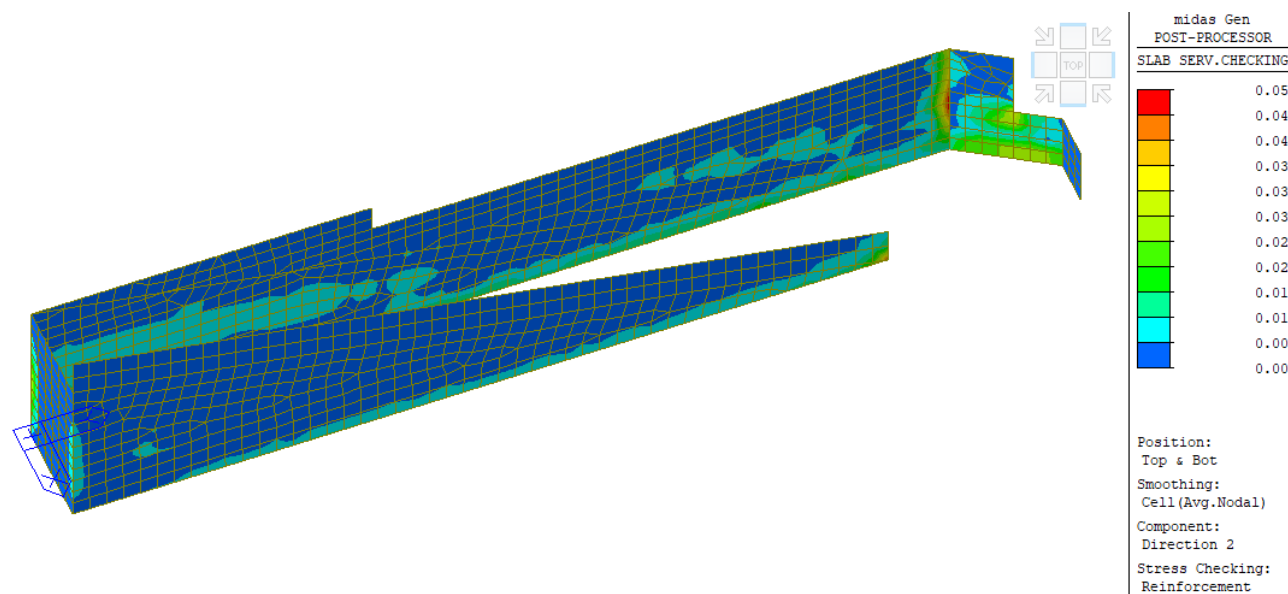




Figura 9-26 - Verifica delle tensioni sull'acciaio per momenti flettenti che interessano le barre orizzontali



 <small>AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA</small> <small>Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma</small>	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

10 DEFLETTORE PER MATERIALI GALLEGGIANTI


Unitamente alla realizzazione delle opere sopra esposte sarà previsto la realizzazione di un deflettore da applicare al di sotto dell'impalcato.

Le massime sollecitazioni sui profili portanti sono determinate come riportato a seguire.

Descrizione	Formula	Simbolo	Modulo	u.m.
Dati di input				
Lato tubolare quadro		B=	100	mm
Spettore tubolare quadro		t=	10	mm
Lato cavo interno	$b = B - 2 \cdot t$	b=	80	mm
Luce massima tubolare		L=	8.8	m
Interasse tra i profili		i=	2	m
Spessore lamiera		s=	5	mm
Velocità corrente		v=	1.5	m/s
Inclinazione pannelli		a=	9	°
Modulo elastico acciaio				
		E=	210000	MPa
Tensione di snervamento di calcolo				
		f_{yd} =	261.9	MPa
Caratteristiche sezionali calcolate				
Area della sezione trasversale		A=	3490	mm ²
Momento di inerzia		J=	460000	mm ⁴
Modulo di resistenza		W=	116230	mm ³
Determinazione dei carichi applicati				
Peso profili per ml		$G_{1,k}$ =	-0.274	kN/m
Peso pannelli per ml		$G_{2,k}$ =	-0.787	kN/m
Carico acqua su profili		Q_w =	1.76	kN/m
Carico SLU per soli effetti gravitazionali				
		q_{SLU1} =	-1.54	kN/m
Carico SLU in presenza di piena				
		q_{SLU2} =	1.74	kN/m
Carico SLE per soli effetti gravitazionali				
		q_{SLE1} =	-1.06	kN/m
Carico SLE in presenza di piena				
		q_{SLE2} =	0.86	kN/m
	SLU1	SLU2	SLE1	SLE2
Momenti flettenti in campata (kNm)	-14.87	16.81	-10.27	8.29
Reazioni agli appoggi (kN)	-6.76	7.64	-4.67	3.77
Deformazione (mm)			-0.009	0.007
Momento sollecitante				
		M_{Ed} =	16.81	kNm
Massima azione agli appoggi				
		V_{Ed} =	7.64	kN

 AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma	Lavori di adeguamento sottopasso del Naviglio Pavese da parte del Fiume Lambro meridionale in località Conca Fallata – Milano Progetto definitivo per autorizzazione
	Relazione generale

Le verifiche conducono a coefficienti di sfruttamento inferiori all'unità, risultando dunque soddisfatte,

VERIFICHE DI RESISTENZA E STABILITA' PER PROFILI CAVI A SEZIONE QUADRA - RETTANGOLARE																			
Dati INPUT					Dati OUTPUT														
Caratteristiche acciaio					Dati geometrici														
Qualità acciaio:	UNI EN 10210 S 275 H				Dimensione lati		Spessore	Classe della sezione	Area sezione trasversale	Momenti di inerzia			Momenti resistenti elastici		Momenti resistenti plastici		Massa per unità di lunghezza	Superf. per unità di lunghezza	Lunghezza per tonnellata
f _{yk} =	275	[Mpa]			H	B	T	1	A	I _{yy}	I _{zz}	W _{elyy}	W _{elzz}	W _{plyy}	W _{pizz}	M	As	L/1t	
f _{tk} =	430	[Mpa]			[mm]	[mm]	[mm]		[cm²]	[cm⁴]	[cm⁴]	[cm³]	[cm³]	[cm³]	[cm³]	[kg/m]	[m²/m]	[m]	
					100.0	100.0	10.0		34.93	462.09	462.09	92.42	92.42	116.23	116.23	27.42	0.37	36.47	
Geometria sezione					Verifiche secondo NTC2018 - §4.2														
H =	100.0	[mm]			Verifica a trazione (4.2.4.1.2.1)			N _{pl,Rd} =	914.75					N _{Ed} / N _{pl,Rd} =	0.00	verifica soddisfatta			
B =	100.0	[mm]			Verifica a compressione (4.2.4.1.2.2)			N _{c,Rd} =	914.75					N _{Ed} / N _{c,Rd} =	0.00	verifica soddisfatta			
t =	10.0	[mm]																	
Lunghezza e vincoli asta																			
L =	8.80	[m]			Verifica a flessione retta (4.2.4.1.2.3 - 4.2.4.1.2.6)			M _{c,y,Rd} =	30.44					M _{y,Ed} / M _{c,y,Rd} =	0.55	verifica soddisfatta			
β _y =	1.00	[-]						M _{c,z,Rd} =	30.44					M _{z,Ed} / M _{c,z,Rd} =	0.00	verifica soddisfatta			
β _z =	1.00	[-]																	
Solicitazioni agenti					Verifica a taglio (4.2.4.1.2.4)			V _{c,Rd} =	264.07					V _{Ed} / V _{c,Rd} =	0.03	verifica soddisfatta			
N _{Ed} =	0.00	[kN]			Verifica a presso/tenso-flessione retta (4.2.4.1.2.7 - 4.2.4.1.2.9)			Sez. Classe 1-2	M _{N,y,Rd} =	30.44				M _{Ed} / M _{N,y,Rd} =	0.55	verifica soddisfatta			
V _{Ed} =	7.64	[kN]						M _{N,z,Rd} =	30.44				M _{Ed} / M _{N,z,Rd} =	0.00	verifica soddisfatta				
M _{y,Ed} =	16.81	[kNm]						Sez. Classe 3-4	σ _{x,M_{y,Ed}} =					f _{yEd} =					
M _{z,Ed} =	0.00	[kNm]							σ _{x,M_{z,Ed}} =					f _{yEd} =					
ψ _y =	1.00	Tab. C4.2.VI			Verifica a presso/tenso-flessione biassiale (4.2.4.1.2.8 - 4.2.4.1.2.9)			Sez. Classe 1-2	M _{N,y,Rd} =	30.44				(M _{y,Ed} / M _{N,y,Rd}) ^α + (M _{z,Ed} / M _{N,z,Rd}) ^β =		0.37	verifica soddisfatta		
ψ _z =	1.00	Circ. NTC2018						M _{N,z,Rd} =	30.44										
								Sez. Classe 3-4	σ _{x,Ed} =					f _{yEd} =					
					Verifica stabilità membrature compresse (4.2.4.1.3.1)			N _{b,Rd} =	109.12			χ _{min} =	0.12	N _{Ed} / N _{b,Rd} =	0.00	verifica soddisfatta			
					Verifica stabilità membrature presso-inflesse (4.2.4.1.3.3)														
					$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{min} \cdot f_{yk} \cdot A} + \frac{M_{yEd} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_y \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}\right)} + \frac{M_{zEd} \cdot \gamma_{M1}}{f_{yk} \cdot W_z \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right)} =$										0.38	verifica soddisfatta			
 Fondazione Promozione Acciaio CRESCERE L'ACCIAIO, CRESCERE IL PAESE.																			