

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

IV05 - Cavalcaferrovia al km 20+965
Relazione di calcolo pile

L'Appaltatore
Ing. Gianguido Babini

A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.
Il Direttore Tecnico
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)
Ing. Massimo Facchini

Data

firma

Data

firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	I V 0 5 0 5	0 0 1	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Ing. M. Calderoni	Dicembre 2022	Ing. V. Calzona	Dicembre 2022	Ing. S. Canale	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento a seguito RDV	Ing. L. Fico	Luglio 2023	Ing. M. Calderoni	Luglio 2023	Ing. S. Canale	Luglio 2023	

File: LI0B02EZZCLIV050001B.DOCX

n. Elab.

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Serie Certificato:
2702465
Firma emessa il
01/03/2023
Firma Qualificata Elettronica

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
IV05 - Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	B	1

INDICE

1.. PREMESSA	3
1.1 IV05 - Cavalcaferrovia al km 20+965.....	3
2.. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1 Documenti Referenziati	6
2.2 Unità di misura	6
3.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
3.1 Calcestruzzo Fondazioni e pali (C25/30).....	7
3.2 Calcestruzzo elevazione sottostrutture (C32/40)	7
3.3 Acciaio Per Armature Ordinarie B450c.....	8
3.4 Classi di esposizione e copriferri	8
4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	10
4.1 Terreno di ricoprimento/rinterro	10
5.. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	11
5.1 Vita nominale e classe d'uso	11
5.2 Parametri di pericolosità sismica	11
6.. ANALISI DEI CARICHI	15
6.1 Azione del vento sulle pile	15
6.2 Urti da traffico ferroviario	15
7.. COMBINAZIONI DI CARICO	16
8.. CRITERI DI VERIFICA.....	22
8.1 Verifiche agli stati limite ultimi (slu).....	22
8.2 Verifiche stato limite di esercizio.....	23
9.. MODELLAZIONE ED ANALISI ISTRUTTURALE.....	24
9.1 Software di calcolo	24
9.2 Metodo ed ipotesi di calcolo	25
9.3 Metodologia di analisi.....	25
9.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura	26
9.5 Geometria del modello di calcolo.....	26
9.6 Carichi e masse	29
10. RISULTATI DELLE ANALISI.....	35
10.1 Analisi dinamica modale.....	35
10.2 Principali diagrammi delle sollecitazioni.....	39
10.3 Deformate	54
11. GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	57

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Cale Certificate:
02285
Firmato da 41.03.2023 al
2024
Certified Electronic
Signature

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	2

12.	VERIFICA DELLE PILE.....	62
12.1	Verifica pile a pressoflessione per azioni slu – slv	62
12.2	Progetto e verifica armature a taglio	68
12.3	Verifiche a scorrimento per elementi tozzi	70
12.4	Verifiche pile sle	71
12.5	Plinto di fondazione	74
12.6	Verifica del Pulvino.....	82
12.7	Verifica dei baggioli	87
13.	RITEGNI SISMICI	89

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	3

1. PREMESSA

Il presente elaborato attiene alla progettazione esecutiva per la realizzazione dei Lotti 2 e 3 Termoli - Ripalta del raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina sulla Linea Pescara – Bari, dal km 0+000 al km 24+900, per uno sviluppo di circa 24,9 km.

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento e verifica della pile del cavalcavia denominato IV05 - Cavalcaferrovia al km 20+965.

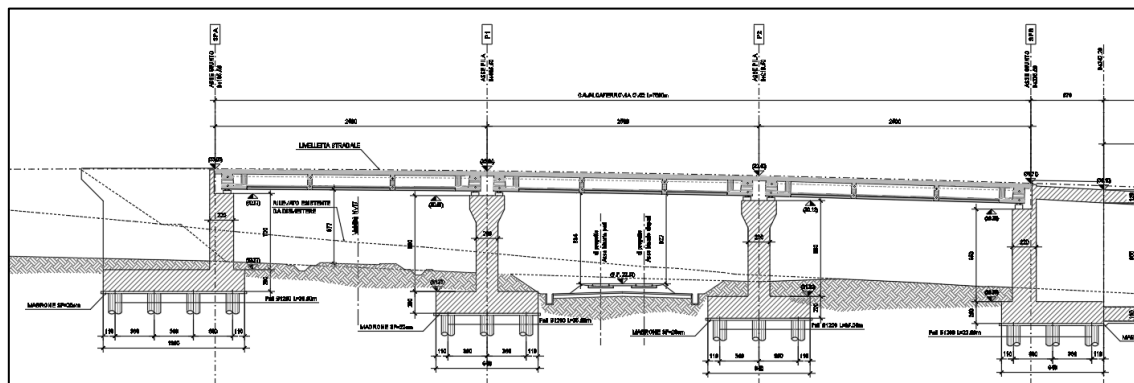


Figura 1-1: Profilo longitudinale

1.1 IV05 - CAVALCAFERROVIA AL KM 20+965.

L'impalcato è caratterizzato da una parte pavimentata larga 9.00 m e da due cordoli laterali da 1.85 m, per una larghezza totale di 12.70 m.

L'impalcato è costituito da cinque travi in c.a.p. con sezione a cassone di altezza pari a 1.40m poste ad interasse di 2.10 m accostate. La soletta in cls è gettata in opera e presenta spessore variabile tra 0.28 e 0.37m.

Esso è vincolato alle sottostrutture mediante appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione rivestita con PTFE (Politetrafluoroetilene).

Il cavalcaferrovia IV05 è costituito da 2 pile di altezza 8.80m. Il fusto delle pile è costituito da una sezione pseudo rettangolare di dimensioni 5.00x2.00m. Il plinto di fondazione presenta una forma quadrata con dimensioni 9.40x9.40x2m per tutte le pile. Il plinto poggia su 9 pali Ø1200.

Si riportano a seguire le immagini della carpenteria dell'opera in oggetto, per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici.

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA 7 DISCIPLINA

PROGR

REV

FOGLIO

LI0B

02

E

ZZ

CL

IV

05

05

001

A

4

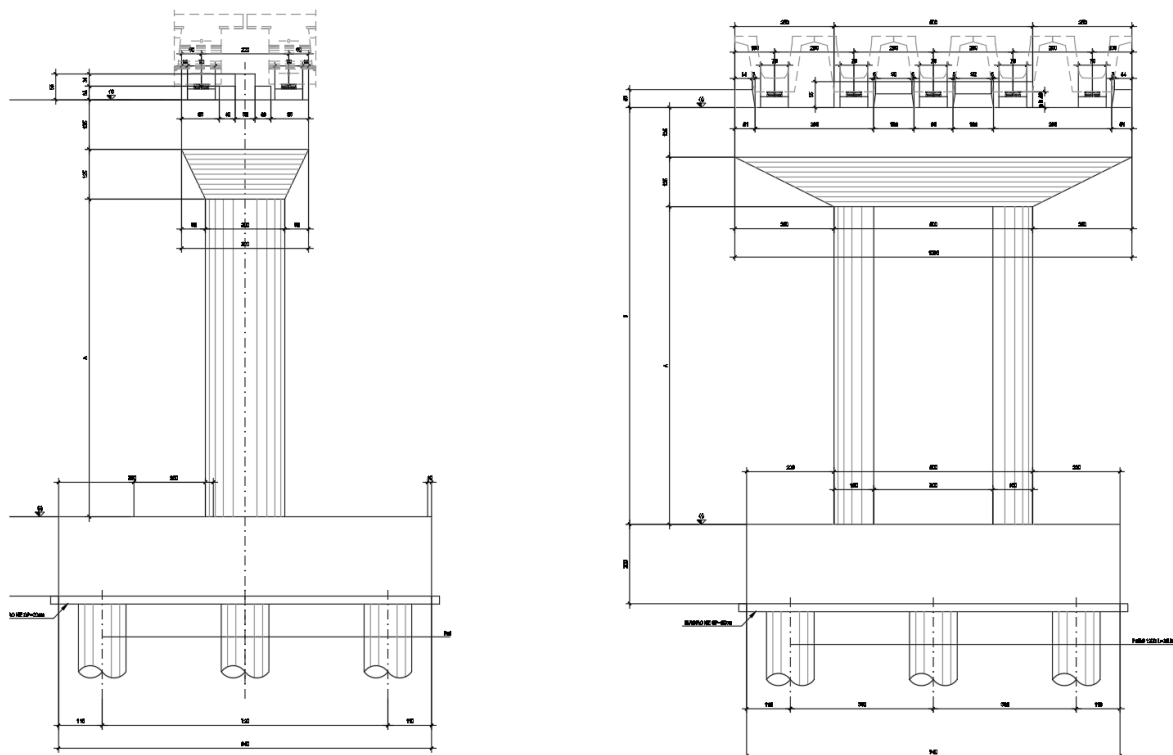


Figura 1-2: Sezioni

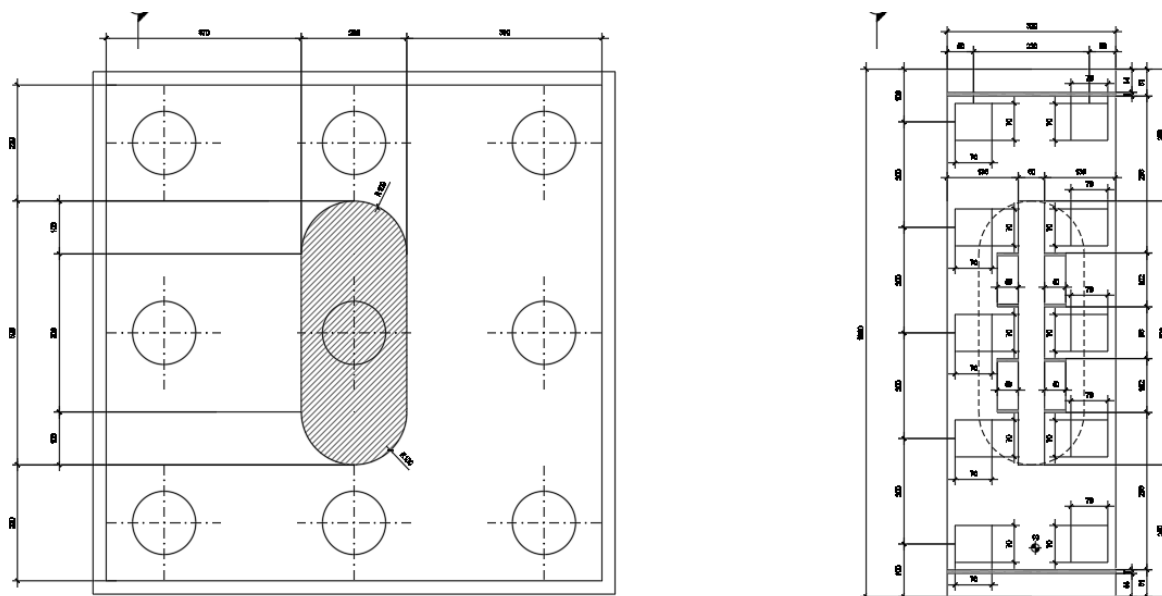


Figura 1-3: Carpenteria pila tipo

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	5

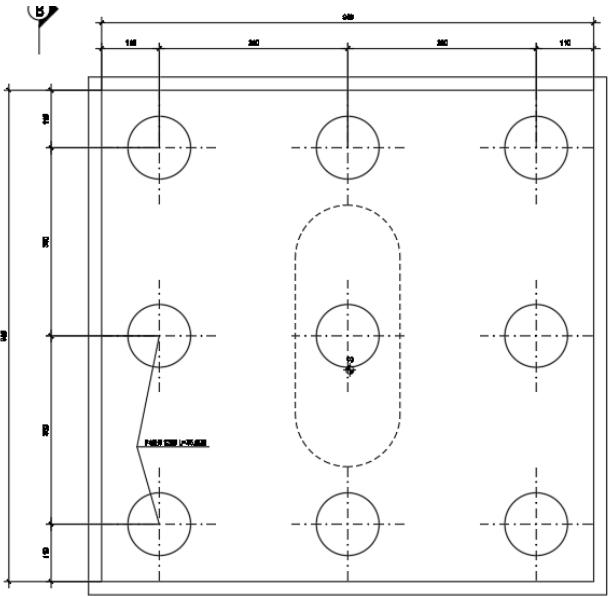


Figura 1-4: Pianta plinto
TABELLA PILE

	X	Y	A	B
PILA 1	21.77	30.57	6.30	8.80
PILA 2	21.32	30.12	6.30	8.80

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	6

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- [N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974“Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- [N.2]. L. n. 1086 del 5/11/1971“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [N.4]. Circolare n. 7 del 21 Gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- [N.5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.8]. RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N.9]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- [N.10]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

2.2 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella relazione:

lunghezze [m]; forze [kN]; momenti [kNm] tensioni [Mpa]

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	7

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riporta nel seguito la tabella dei materiali utilizzati:

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

3.1 CALCESTRUZZO FONDAZIONI E PALI (C25/30)

- Classe di resistenza	C25/30
- Resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza caratteristica cilindrica:	$f_{ck} = 24.9 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza cilindrica media:	$f_{cm} = 32.9 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico:	$E_{cm} = 31447 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di sicurezza (SLU):	$\gamma_c = 1.5$
- Resistenza di progetto a compressione:	$f_{cd} = 14.11 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di progetto a trazione:	$f_{ctm} = 1.19 \text{ N/mm}^2$
- Classe di esposizione:	XC2
- Classe minima di consistenza:	S4

3.2 CALCESTRUZZO ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE (C32/40)

Classe di resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica cubica:	$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica:	$f_{ck} = 33.2 \text{ N/mm}^2$
Resistenza cilindrica media:	$f_{cm} = 41.2 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 33643 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di sicurezza (SLU):	$\gamma_c = 1.5$
Resistenza di progetto a compressione:	$f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di progetto a trazione:	$f_{ctm} = 1.45 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XC4+XS1
Classe minima di consistenza:	S4

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.			MANDANTI HY pro S.R.L.			LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV05- Relazione di calcolo pile			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	8	

3.3 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C

- Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica a rottura:	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- Coefficiente di sicurezza:	$\gamma_c = 1.15$
- Tensione di progetto:	$f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico:	$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$

3.4 CLASSI DI ESPOSIZIONE E COPRIFERRI

Con riferimento alle specifiche di cui alla norma UNI EN 206-1-2006, si definiscono di seguito le classi di esposizione del calcestruzzo delle diverse parti della struttura oggetto dei dimensionamenti di cui al presente documento:

- Pile e spalle: XC4;
- Plinti e pali di fondazione: XC2;

Classe esposizione norma UNI 9550	Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Massimo rapporto a/c	Minima Classe di resistenza	Contenuto minimo in aria (%)
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
1	X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inseriti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inseriti metallici in ambiente molto asciutto.	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico.	-	C 12/15	
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inseriti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente.						
2 a	XC1	Asciutto o permanentemente bagnato.	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua.	0,60	C 25/30	
2 a	XC2	Bagnato, raramente asciutto.	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	0,60	C 25/30	
5 a	XC3	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2.	0,50	C 32/40	
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
5 a	XD1	Umidità moderata.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XD2	Bagnato, raramente asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua anche industriale contenente cloruri (Piacine).	0,50	C 32/40	
5 c	XD3	Ciclicamente bagnato e asciutto.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	0,45	C 35/45	
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
4 a 5 b	XS1	Esposto alla salinità marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità.	0,50	C 32/40	
	XS2	Permanentemente sommerso.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua.	0,45	C 35/45	
	XS3	Zone esposte agli spruzzi o alle maree.	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.	0,45	C 35/45	
5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti *						
2 b	XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate e colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua.	0,50	C 32/40	
3	XF2	Moderata saturazione d'acqua, in presenza di agente disgelante.	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti.	0,50	C 25/30	3,0
2 b	XF3	Elevata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante.	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo.	0,50	C 25/30	3,0
3	XF4	Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto o indiretto, elementi esposti al gelo o soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare.	0,45	C 28/35	3,0
6 Attacco chimico **						
5 a	XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di tanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acque reflue.	0,55	C 28/35	
4 a 5 b	XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi.	0,50	C 32/40	
5 c	XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acque industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquame provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi di gas di scarico industriali.	0,45	C 35/45	

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:01
Seriale Certificato: 270255
Valida dal 01/03/2023 al 01/03/2025
ECC-Certificazioni Qualitas Electronic

Classi di esposizione secondo norma UNI – EN 206-2006

La determinazione delle classi di resistenza dei conglomerati dei conglomerati, di cui ai successivi paragrafi, sono state inoltre determinate tenendo conto delle classi minime stabilite dalla stessa norma UNI-EN 206-2006, di cui alla successiva tabella:

LINEA PESCARA – BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	9

	Classi di esposizione																	
	Nessun rischio di corrosione o attacco	Corrosione da carbonatazione				Corrosione da cloruri						Attacco gelo/disgelo				Ambienti chimici aggressivi		
							Acqua marina			Altri cloruri (diversi dall'acqua di mare)								
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Rapporto massimo a/c	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Classe di resistenza minima	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Contenuto minimo di aria (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^(a)	4,0 ^(a)	4,0 ^(a)	-	-	-
Altri requisiti												Aggregati in accordo alla EN 12620 con sufficiente resistenza al gelo/disgelo				Cemento resistente ai solfati ^(b)		
a)	Quando il calcestruzzo non contiene aria aggiunta, le sue prestazioni dovrebbero essere verificate conformemente ad un metodo di prova appropriato rispetto ad un calcestruzzo per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo per la relativa classe di esposizione.																	
b)	Qualora la presenza di SO ₂ comporti le classi di esposizione XA2 e XA3, è essenziale utilizzare un cemento resistente ai solfati. Se il cemento è classificato a moderata o ad alta resistenza ai solfati, il cemento dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA2 (e in classe di esposizione XA1 se applicabile) e il cemento ad alta resistenza, ai solfati dovrebbe essere utilizzato in classe di esposizione XA3.																	

Classi di resistenza minima del calcestruzzo secondo UNI – EN 206-2006

I copriferri di progetto adottati per le barre di armatura, tengono infine conto inoltre delle prescrizioni di cui alla Tabella C4.1.IV della Circolare n617 del 02-02-09 e delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI; si è in particolare previsto di adottare i seguenti Copriferri minimi espressi in mm

- Pile e spalle: 50 mm
- Plinti di fondazione: 40 mm
- Pali di fondazione: 60 mm

In termini di limiti di apertura delle fessure, alle prescrizioni normative presenti nelle NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 29/12/2016*) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

L'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 17.1.2018), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

In definitiva, nel caso in esame, si adotta il limite w_1 sia per pile e spalle che per pali e plinti in quanto i primi ricadono in condizioni ambientali aggressive (classe XC4), mentre i secondi sono elementi a permanente contatto con il terreno.

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
272233
valido dal 01/09/2023 al
01/09/2026

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	10

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al progetto per la trattazione completa dei parametri geologico e geotecnici e per la definizione della curva di portanza dei pali.

4.1 TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	11

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

5.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

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

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_U = 1.5$.

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

5.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

In base a quanto indicato nella caratterizzazione sismica del sito riportata nella relazione geotecnica, si ha:

- Categoria sottosuolo **B**

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 17.01.18, si ottiene per il sito in esame:

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
15.24600

LATITUDINE
41.90900

☐ Ricerca per comune

REGIONE
Piemonte

PROVINCIA
Torino

COMUNE
Agliè

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo

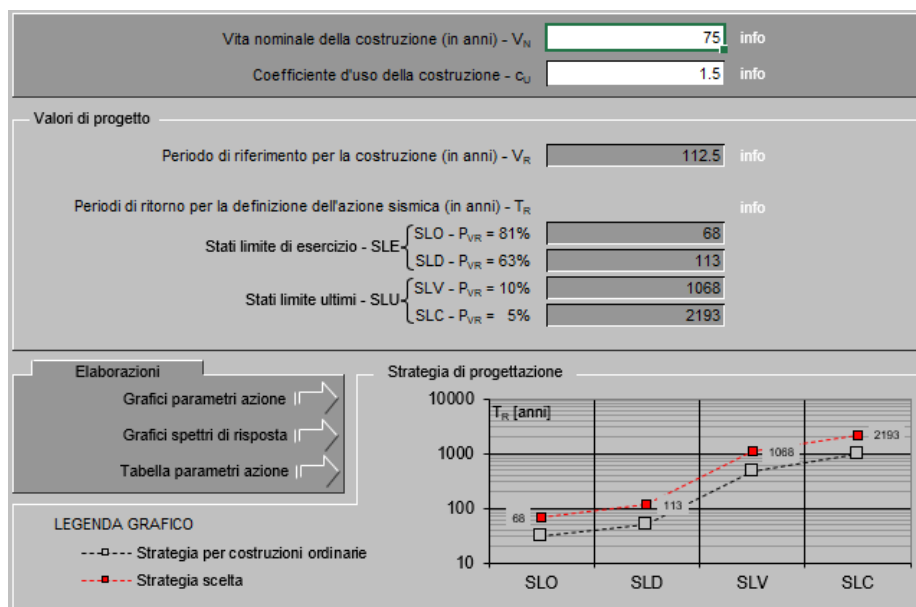
☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

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

IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	12



I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.074	2.499	0.307
SLD	113	0.094	2.523	0.319
SLV	1068	0.242	2.452	0.346
SLC	2193	0.315	2.440	0.354

$a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Si riportano nelle immagini seguenti gli spettri di risposta in termini di accelerazioni elastiche e di accelerazioni di progetto (ottenuti considerando un fattore di struttura $q=1.5$, CD"B").

L'analisi sismica è stata svolta in campo lineare mediante l'analisi dinamica modale con spettri di risposta considerando come masse partecipanti esclusivamente quelle associate al peso proprio degli elementi strutturali ed ai carichi fissi non strutturali.

Le sollecitazioni sismiche di progetto per gli elementi non dissipativi (impalcato, baggioli, appoggi, platee di fondazione) sono ottenute considerando gli spettri di risposta elastici; le sollecitazioni su pile, spalle e pali di fondazione sono ottenute considerando gli spettri di progetto ($q=1.5$, Classe di Duttilità "B") adottando, ove necessario, gli opportuni dettagli strutturali necessari a garantire una adeguata duttilità.

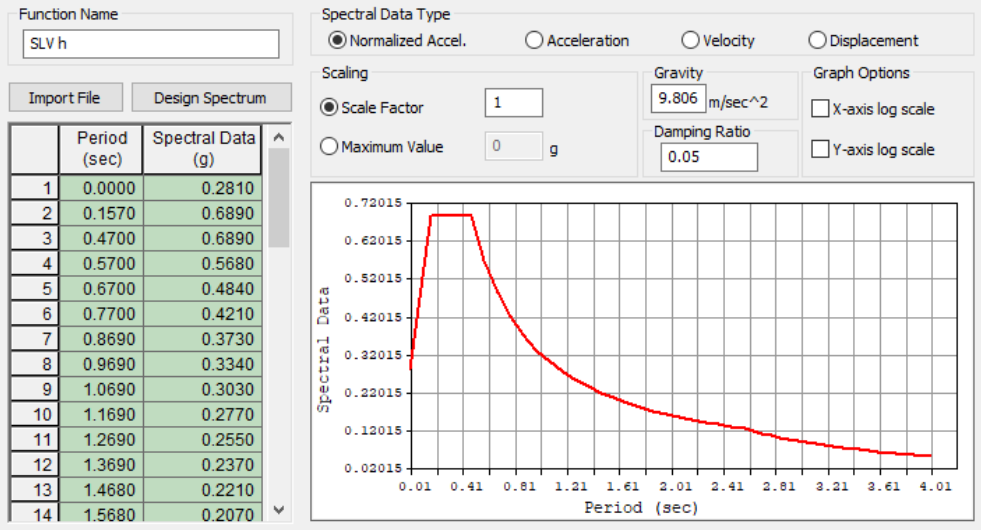


Figura 5 – Spettro in termini di accelerazione orizzontale SLV Elastica

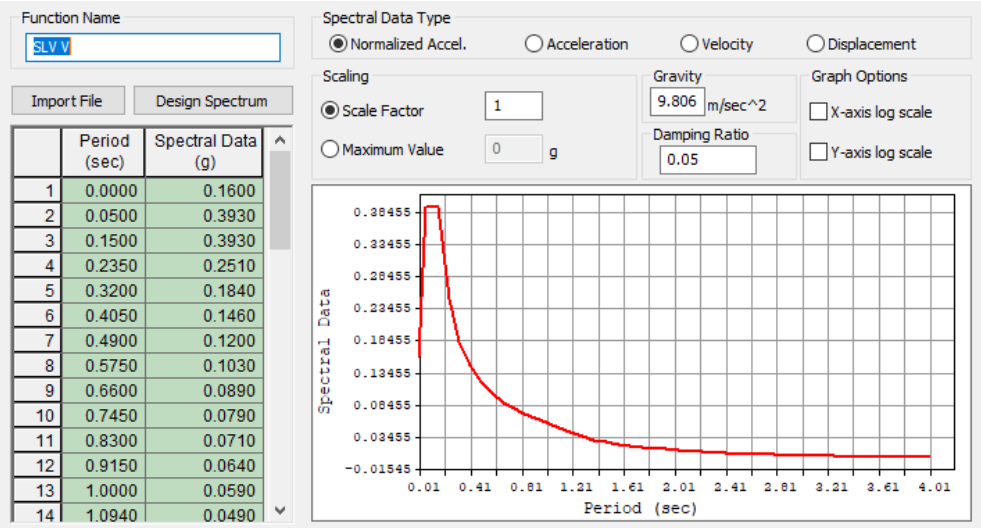


Figura 6 – Spettro in termini di accelerazione verticale SLV Elastica

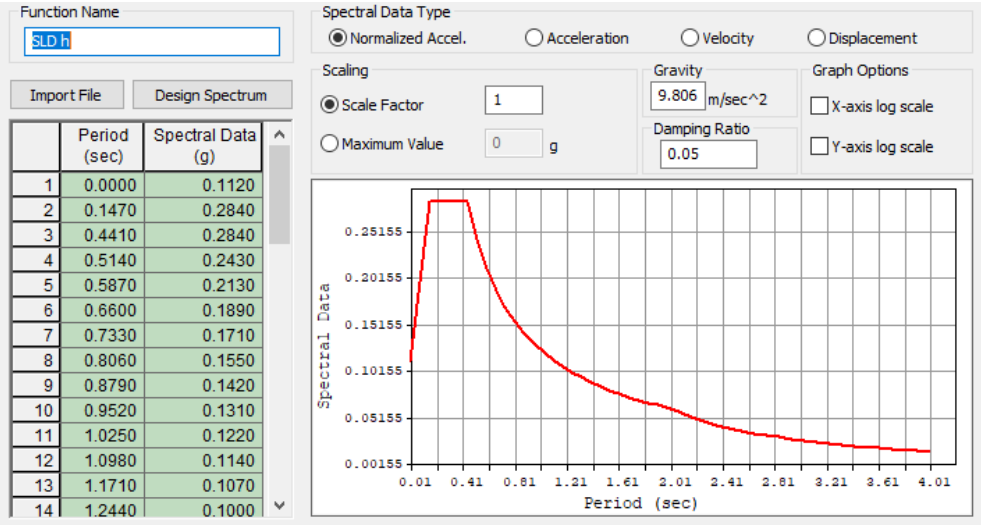


Figura 7 – Spettro in termini di accelerazione orizzontale SLD Elastica

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	14

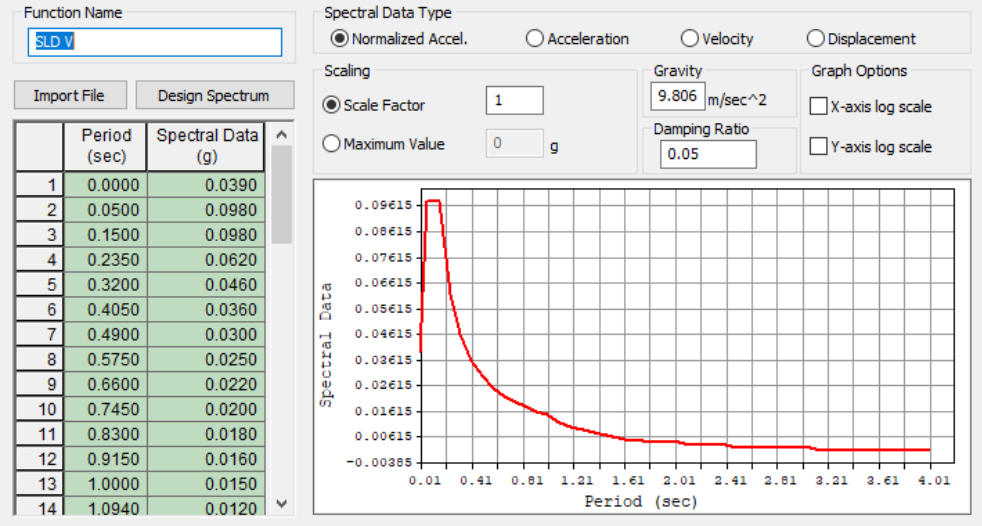


Figura 8 – Spettro in termini di accelerazione verticale SLD Elastica

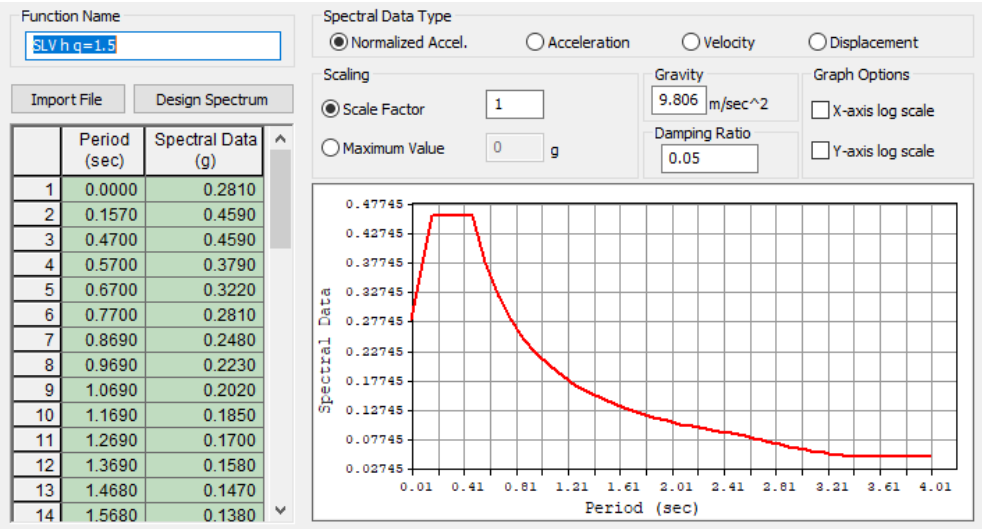


Figura 9 – Spettro in termini di accelerazione orizzontale SLV di progetto (q=1.5)

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	15

6. ANALISI DEI CARICHI

Per l'analisi dei carichi si faccia riferimento a quanto già riportato nella relazione di calcolo impalcato, ad eccezione dell'azione del vento sulle pile e dell'azione eccezionale dell'urto ferroviario applicata alle pile che sono determinate nei successivi paragrafi.

6.1 AZIONE DEL VENTO SULLE PILE

Facendo riferimento alla pressione cinetica $q_{ref}=0.456\text{kPa}$ ed al coefficiente di esposizione $c_{esp}=2,81$ il cui calcolo è riportato nella relazione di calcolo impalcato, si determina il coefficiente di pressione da considerare per il calcolo dell'azione del vento sui fusti pila e sui pulvini.

Il rapporto geometrico tra i lati, assimilando la sezione del fusto a un rettangolo, è pari a $d/b= 5/2 =2.5$.

Ne consegue che il coefficiente di forza è pari a: $c_{f0} = -1.64*\log(d/b)+2.15=1.5$

Considerando che gli angoli della sezione sono arrotondati (estremità semicircolari) il coefficiente di smusso è pari a $\psi_r=0.5$. Il coefficiente legato agli effetti di bordo è invece pari a $\psi_\lambda=0.92$.

Si ottiene quindi:

$$c_f= 0.5*0.92*1.5=0.69.$$

L'azione distribuita del vento sul fusto pila è pari a: $q_{w,fusto} = 0.456*2.81*0.69*2=1.77\text{kN/m}$;

L'azione distribuita del vento sul pulvino è pari a: $q_{w,pulv} = 0.456*2.81*0.69*3.2=2.83\text{kN/m}$;

6.2 URTIDA TRAFFICO FERROVIARIO

La pila rispetto all'asse binario si trova ad una distanza compresa fra 5 e 15 m, per cui seguendo il § 3.6.3.4 relativo agli urti da traffico ferroviario, si è considerata una forza in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari pari a 2000 kN e in direzione perpendicolare pari a 750 kN.

Tale azione è stata considerata come azione eccezionale.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	16

7. COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC18, si definiscono le seguenti combinazioni di:

- *Combinazione FONDAMENTALE, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):*

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione FREQUENTE, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:*

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite facendo riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale STR ovvero per il raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali.

Per quanto riguarda la risposta alle diverse componenti dell'azione sismica, gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc) sono combinate successivamente applicando l'espressione

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

Occorre precisare che con il segno negativo verranno indicate le azioni aventi direzione positiva delle Z (ovvero dirette verso l'alto).

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Data: 2024.10.01
Ora: 10:01
Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

Nello specifico si ottengono:

LIST OF LOAD COMBINATIONS

NUM	NAME	ACTIVE	TYPE	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR) +	LOADCASE(FACTOR)
1	G SLU	Active	Add	G1(1.350) +	G2(1.500)	
2	G SLE	Active	Add	G1(1.000) +	G2(1.000)	
3	SLU1	Active	Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Schema 1(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(0.900)
4	SLU2	Active	Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) +	Schema 1(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	17

+ Mob Sp(1.350)

5 SLU3 Active Add
G SLE(1.000) + Schema 1(1.350) + Res vincoli (Q9)(0.720)
+ Ritiro(1.200) + Wind x (Q5)(0.900) + Wind z (Q5)(0.900)
+ Mob Sp(1.350)

6 SLU4 Active Add
G SLE(1.000) + Schema 1(1.350) + Res vincoli (Q9)(0.720)
+ Ritiro(1.200) + Wind x (Q5)(-0.900) + Wind z (Q5)(-0.900)
+ Mob Sp(1.350)

7 SLU5 Active Add
G SLU(1.000) + Schema 1 freq(1.350) + Res vincoli (Q9)(0.720)
+ Ritiro(1.200) + Wind x (Q5)(0.900) + Wind z (Q5)(0.900)
+ Fren (Q3)(1.350) + Mob Sp(0.700)

8 SLU6 Active Add
G SLU(1.000) + Schema 1 freq(1.350) + Res vincoli (Q9)(0.720)
+ Ritiro(1.200) + Wind x (Q5)(-0.900) + Wind z (Q5)(-0.900)
+ Fren (Q3)(1.350) + Mob Sp(0.700)

9 SLU7 Active Add
G SLE(1.000) + Schema 1 freq(1.350) + Res vincoli (Q9)(0.720)
+ Ritiro(1.200) + Wind x (Q5)(0.900) + Wind z (Q5)(0.900)
+ Fren (Q3)(1.350) + Mob Sp(0.700)

10 SLU8 Active Add
G SLE(1.000) + Schema 1 freq(1.350) + Res vincoli (Q9)(0.720)
+ Ritiro(1.200) + Wind x (Q5)(-0.900) + Wind z (Q5)(-0.900)
+ Fren (Q3)(1.350) + Mob Sp(0.700)

11 SLU9 Active Add
Wind x (Q5)(0.900) + Wind z (Q5)(0.900) + Res vincoli (Q9)(-0.720)
+ Ritiro(1.200) + Schema 1(1.350) + G SLU(1.000)
+ Mob Sp(1.350)

12 SLU10 Active Add
Wind x (Q5)(-0.900) + Wind z (Q5)(-0.900) + Res vincoli (Q9)(-0.720)
+ Ritiro(1.200) + Schema 1(1.350) + G SLU(1.000)
+ Mob Sp(1.350)

13 SLU11 Active Add
Wind x (Q5)(0.900) + Wind z (Q5)(0.900) + Res vincoli (Q9)(-0.720)
+ Ritiro(1.200) + Schema 1(1.350) + G SLE(1.000)
+ Mob Sp(1.350)

14 SLU12 Active Add
Wind x (Q5)(-0.900) + Wind z (Q5)(-0.900) + Res vincoli (Q9)(-0.720)
+ Ritiro(1.200) + Schema 1(1.350) + G SLE(1.000)
+ Mob Sp(1.350)

15 SLU13 Active Add
Fren (Q3)(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) + Wind z (Q5)(0.900)
+ Res vincoli (Q9)(-0.720) + Ritiro(1.200) + Schema 1 freq(1.350)
+ G SLU(1.000) + Mob Sp(0.700)

16 SLU14 Active Add
Fren (Q3)(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) + Wind z (Q5)(-0.900)
+ Res vincoli (Q9)(-0.720) + Ritiro(1.200) + Schema 1 freq(1.350)
+ G SLU(1.000) + Mob Sp(0.700)

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro SAF		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	18

17	SLU15	Active	Add	Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) + G SLE(1.000) +	Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Wind z (Q5)(0.900) Schema 1 freq(1.350)

18	SLU16	Active	Add	Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) + G SLE(1.000) +	Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Wind z (Q5)(-0.900) Schema 1 freq(1.350)

19	SLU17	Active	Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(1.500) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(1.500)

20	SLU18	Active	Add	G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(-1.500) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-1.500)

21	SLU19	Active	Add	G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(1.500) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(1.500)

22	SLU20	Active	Add	G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(-1.500) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-1.500)

23	SLV-X1	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X q=1.5(1.000) + SLVX- Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(0.300) SLVY- Sp(0.300)

24	SLV-X2	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X q=1.5(-1.000) + SLVX+ Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(0.300) SLVY- Sp(0.300)

25	SLV-X3	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X q=1.5(1.000) + SLVX- Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(-0.300) SLVY+ Sp(0.300)

26	SLV-X4	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X q=1.5(-1.000) + SLVX+ Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(-0.300) SLVY+ Sp(0.300)

27	SLV-X5	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(1.000) + SLVX- Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(0.300) SLVY- Sp(0.300)

28	SLV-X6	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(-1.000) + SLVX+ Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(0.300) SLVY- Sp(0.300)

29	SLV-X7	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(1.000) + SLVX- Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(-0.300) SLVY+ Sp(0.300)

30	SLV-X8	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(-1.000) + SLVX+ Sp(1.000) +	SLV Y q=1.5(-0.300) SLVY+ Sp(0.300)

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Versione del file: 03/2023 al
01/03/2023
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	19

31	SLV-Y1	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000)
+		SLV Z(0.300) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000)

32	SLV-Y2	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000)
+		SLV Z(0.300) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000)

33 SLV-Y3 Active Add
 + G SLE(1.000) + SLV X q=1.5(-0.300) + SLV Y q=1.5(1.000)
 + SLV Z(0.300) + SLVX+ Sp(0.300) + SLVY- Sp(1.000)

34	SLV-Y4	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000)
+		SLV Z(0.300) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000)

35 SLV-Y5 Active Add
G SLE(1.000) + SLV X q=1.5(0.300) + SLV Y q=1.5(1.000)
+ SLV Z(-0.300) + SLVX- Sp(0.300) + SLVY- Sp(1.000)

36	SLV-Y6	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000)
+		SLV Z(-0.300) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000)

37	SLV-Y7	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000)
+		SLV Z(-0.300) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000)

38	SLV-Y8	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000)
+		SLV Z(-0.300) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000)

39	SLV-Z1	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(0.300)
+		SLV Z(1.000) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY- Sp(0.300)

40	SLV-Z2	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) +	SLV Y q=1.5(0.300)
+		SLV Z(-1.000) +	SLVX- Sp(0.300) +	SLVY- Sp(0.300)

41	SLV-Z3	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-0.300)
+		SLV Z(1.000) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(0.300)

42	SLV-Z4	Active	Add	
		G SLE(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) +	SLV Y q=1.5(-0.300)
+		SLV Z(-1.000) +	SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(0.300)

43 ECC-1 Active Add

 G SLE(1.000) + Ritiro(1.000) + Urto ferro x (A)(1.000)

+ Res vincoli (Q9)(1.000)

44 ECC-2 Active Add
G SLE(1.000) + Ritiro(1.000) + Urto ferro y (A)(1.000)
+ Res vincoli (Q9)(1.000)

45 ECC-3 Active Add

 G SLE(1.000) + Ritiro(1.000) + Urto ferrov x (A)(1.000)

+ Res vincoli (Q9)(-1.000)

46 ECC-4 Active Add
G SLE(1.000) + Ritiro(1.000) + Urto ferrov y (A)(1.000)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	20

+ Res vincoli (Q9)(-1.000)

47	SLE-R1	Active	Add			
+		G SLE(1.000) +	Schema 1(1.000) +	Wind x (Q5)(0.600)		
+		Wind z (Q5)(0.600) +	Ritiro(1.000) +	Res vincoli (Q9)(1.000)		
+		Mob Sp(1.000)				

48	SLE-R2	Active	Add			
+		G SLE(1.000) +	Schema 1(1.000) +	Wind x (Q5)(-0.600)		
+		Wind z (Q5)(-0.600) +	Ritiro(1.000) +	Res vincoli (Q9)(1.000)		
+		Mob Sp(1.000)				

49	SLE_FR1	Active	Add			
+		G SLE(1.000) +	Schema 1 freq(1.000) +	Res vincoli (Q9)(1.000)		
+		Ritiro(1.000) +	Mob Sp(0.700)			

50	SLE_QP	Active	Add			
+		G SLE(1.000) +	Res vincoli (Q9)(1.000)			

51	SLV-X1E	Active	Add			
+		SLVX- Sp(1.000) +	SLVY- Sp(0.300) +	SLV X(1.000)		
+		SLV Y(0.300) +	SLV Z(0.300) +	G SLE(1.000)		

52	SLV-X2E	Active	Add			
+		SLVX+ Sp(1.000) +	SLVY- Sp(0.300) +	SLV X(-1.000)		
+		SLV Y(0.300) +	SLV Z(0.300) +	G SLE(1.000)		

53	SLV-X3E	Active	Add			
+		SLVX- Sp(1.000) +	SLVY+ Sp(0.300) +	SLV X(1.000)		
+		SLV Y(-0.300) +	SLV Z(0.300) +	G SLE(1.000)		

54	SLV-X4E	Active	Add			
+		SLVX+ Sp(1.000) +	SLVY+ Sp(0.300) +	SLV X(-1.000)		
+		SLV Y(-0.300) +	SLV Z(0.300) +	G SLE(1.000)		

55	SLV-X5E	Active	Add			
+		SLVX- Sp(1.000) +	SLVY- Sp(0.300) +	SLV X(1.000)		
+		SLV Y(0.300) +	SLV Z(-0.300) +	G SLE(1.000)		

56	SLV-X6E	Active	Add			
+		SLVX+ Sp(1.000) +	SLVY- Sp(0.300) +	SLV X(-1.000)		
+		SLV Y(0.300) +	SLV Z(-0.300) +	G SLE(1.000)		

57	SLV-X7E	Active	Add			
+		SLVX- Sp(1.000) +	SLVY+ Sp(0.300) +	SLV X(1.000)		
+		SLV Y(-0.300) +	SLV Z(-0.300) +	G SLE(1.000)		

58	SLV-X8E	Active	Add			
+		SLVX+ Sp(1.000) +	SLVY+ Sp(0.300) +	SLV X(-1.000)		
+		SLV Y(-0.300) +	SLV Z(-0.300) +	G SLE(1.000)		

59	SLV-Y1E	Active	Add			
+		SLVX- Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000) +	SLV X(0.300)		
+		SLV Y(1.000) +	SLV Z(0.300) +	G SLE(1.000)		

60	SLV-Y2E	Active	Add			
+		SLVX- Sp(0.300) +	SLVY+ Sp(1.000) +	SLV X(0.300)		
+		SLV Y(-1.000) +	SLV Z(0.300) +	G SLE(1.000)		

61	SLV-Y3E	Active	Add			
+		SLVX+ Sp(0.300) +	SLVY- Sp(1.000) +	SLV X(-0.300)		
+		SLV Y(1.000) +	SLV Z(0.300) +	G SLE(1.000)		

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS Compliant Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	21

62 SLV-Y4E Active Add
SLVX+ Sp(0.300) + SLVY+ Sp(1.000) + SLV X(-0.300)
+ SLV Y(-1.000) + SLV Z(0.300) + G SLE(1.000)

63 SLV-Y5E Active Add
SLVX- Sp(0.300) + SLVY- Sp(1.000) + SLV X(0.300)
+ SLV Y(1.000) + SLV Z(-0.300) + G SLE(1.000)

64 SLV-Y6E Active Add
SLVX- Sp(0.300) + SLVY+ Sp(1.000) + SLV X(0.300)
+ SLV Y(-1.000) + SLV Z(-0.300) + G SLE(1.000)

65 SLV-Y7E Active Add
SLVX+ Sp(0.300) + SLVY- Sp(1.000) + SLV X(-0.300)
+ SLV Y(1.000) + SLV Z(-0.300) + G SLE(1.000)

66 SLV-Y8E Active Add
SLVX+ Sp(0.300) + SLVY+ Sp(1.000) + SLV X(-0.300)
+ SLV Y(-1.000) + SLV Z(-0.300) + G SLE(1.000)

67 ENV SLU Active Envelope
SLU1(1.000) + SLU2(1.000) + SLU3(1.000)
+ SLU4(1.000) + SLU5(1.000) + SLU6(1.000)
+ SLU7(1.000) + SLU8(1.000) + SLU9(1.000)
+ SLU10(1.000) + SLU11(1.000) + SLU12(1.000)
+ SLU13(1.000) + SLU14(1.000) + SLU15(1.000)
+ SLU16(1.000) + SLU17(1.000) + SLU18(1.000)
+ SLU19(1.000) + SLU20(1.000)

68 ENV SLV Active Envelope
SLV-X1(1.000) + SLV-X2(1.000) + SLV-X3(1.000)
+ SLV-X4(1.000) + SLV-X5(1.000) + SLV-X6(1.000)
+ SLV-X7(1.000) + SLV-X8(1.000) + SLV-Y1(1.000)
+ SLV-Y2(1.000) + SLV-Y3(1.000) + SLV-Y4(1.000)
+ SLV-Y5(1.000) + SLV-Y6(1.000) + SLV-Y7(1.000)
+ SLV-Y8(1.000) + SLV-Z1(1.000) + SLV-Z2(1.000)
+ SLV-Z3(1.000) + SLV-Z4(1.000)

69 ENV SLVE Active Envelope
SLV-X1E(1.000) + SLV-X2E(1.000) + SLV-X3E(1.000)
+ SLV-X4E(1.000) + SLV-X5E(1.000) + SLV-X6E(1.000)
+ SLV-X7E(1.000) + SLV-X8E(1.000) + SLV-Y1E(1.000)
+ SLV-Y2E(1.000) + SLV-Y3E(1.000) + SLV-Y4E(1.000)
+ SLV-Y5E(1.000) + SLV-Y6E(1.000) + SLV-Y7E(1.000)
+ SLV-Y8E(1.000)

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
Z702585
Versione del FES 03/03/2022 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	22

8. CRITERI DI VERIFICA

8.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

8.1.1 Verifiche geotecniche (GEO)

Si rimanda alla relazione geotecnica allegata al presente progetto.

8.1.2 Verifiche strutturali (STR)

➤ Verifica al taglio

Il metodo semiprobabilistico agli stati limite considera verificata la sezione a taglio se è rispettata la seguente relazione tra sforzi di taglio:

$$V_{Ed} \leq V_R$$

Le NTC e l'EC2 prevedono il confronto del taglio di calcolo V_{Ed} con una espressione della resistenza a compressione delle bielle d'anima ("taglio compressione"). Per staffe ortogonali all'asse della trave si può scrivere:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot \cotg \alpha / (1 + \cotg^2 \alpha)$$

d è l'altezza utile della sezione

f_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del conglomerato pari a:

$f_{cd} = 0,5 f_{cd}$ nelle NTC e nella bozza dell'Appendice nazionale all'EC2

$f_{cd} = 0,7 (1 - f_{ck} / 250)$ nell'EC2 (f_{ck} in Mpa)

b_w è la larghezza minima della sezione misurata parallelamente all'asse neutro; rappresenta cioè la minima dimensione resistente della biella compressa dell'ideale traliccio resistente.

➤ Verifica a presso-flessione

Con riferimento alla sezione pressoinflessa rappresentata in Figura 1 assieme ai diagrammi $\sigma - \epsilon$ dell'acciaio, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a $N_{Rd} = N_{Ed}$;

N_{Ed} è il valore di progetto della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Ed} è il valore di progetto della componente flettente dell'azione.

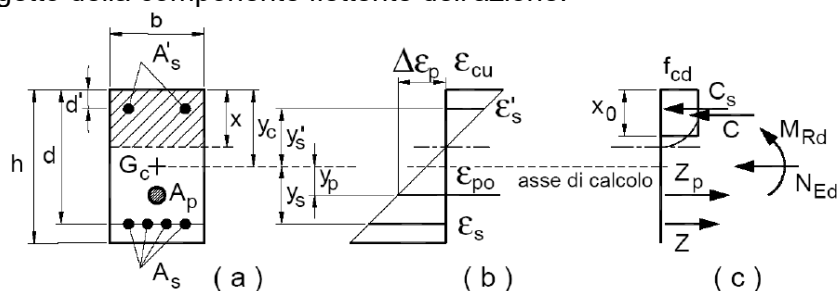
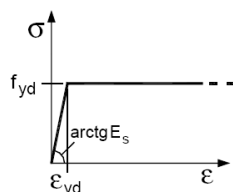


Figura 10 - Sezione presso-inflessa



Per l'acciaio d'armatura il diagramma tensioni-deformazioni è quello riportato nella figura sopra, mentre per il calcestruzzo si è assunto un diagramma rettangolare (stress-block) ottenuto considerando $x_0 = 0,80 x$.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	23

8.2 VERIFICHE STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche allo stato limite di esercizio riguardano:

- Controllo delle tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo (combinazioni rara e quasi permanente)
- Limitazione dell'ampiezza delle fessure nel calcestruzzo (combinazioni frequente e quasi permanente)

In entrambi i casi, il calcolo delle tensioni nella sezione resistente avviene ipotizzando una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. Nel primo caso, noti i valori delle tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo, si valuta il rispetto dei limiti tensionali previsti dalla norma; nel secondo caso in accordo con quanto riportato al capitolo 3, si adotta il limite $w_1 = 0.2$ mm per tutti gli elementi strutturali analizzati nella presente relazione.

8.2.1 Limitazione delle tensioni

La verifica riguarda il controllo degli stati tensionali ed è soddisfatta se risultano rispettati i seguenti limiti:

- $\sigma_c \leq 0.40 f_{ck}$ (Combinazione Quasi Permanente)
- $\sigma_s \leq 0.75 f_{yk}$ (Combinazione Quasi Permanente)
- $\sigma_c \leq 0.55 f_{ck}$ (Combinazione Caratteristica)
- $\sigma_s \leq 0.75 f_{yk}$ (Combinazione Caratteristica)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	24

9. MODELLAZIONE ED ANALISI ISTRUTTURALE

9.1 SOFTWARE DI CALCOLO

In base a quanto esposto al paragrafo precedente, per una corretta analisi dell'impalcato è stato necessario implementare tre diversi modelli di calcolo.

Nel seguito si riportano le caratteristiche generali del codice di calcolo utilizzato, nonché i dati generali sul modello realizzato comprensivi della numerazione di nodi ed aste.

Le unità di misura, ove non espressamente indicate, sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- coppie: kN-m
- temperature: °C
- tempo: sec

L'analisi della struttura è stata eseguita impiegando il software di calcolo impiegato è **Midas Gen versione XXXX** prodotto dalla **MIDAS Information Technology Co.** e distribuito in Italia da **CSPFea**, concesso in licenza, numero XXXXXXXXXX, a XXXXXXXX.

Midas/Gen è un programma di calcolo agli elementi finiti di tipo generale, corredato da un set di post-processor per le verifiche, che ottemperano alle disposizioni normative di svariati paesi, tra cui anche quelle degli euro codici e delle NTC 2018.

Il solutore agli elementi finiti, completamente scritto in C++, è stato sviluppato nel corso di oltre vent'anni, ed implementa tutte le tecniche più avanzate nel campo dell'analisi numerica delle strutture, consentendo di **risolvere integralmente tutte le problematiche di analisi e progettazione strutturale dalle più semplici alle più complesse.**

La libreria di elementi finiti è molto vasta e comprende beam a sezione variabile, truss resistenti a sola trazione e/o sola compressione, elementi Wall per pareti antisismiche, plate, solid, plane stress, plane strain, piastre irrigidite ortotrope, etc.

Il modello strutturale oggetto della presente nota è realizzato con elementi beam e con elementi plate

Il modello numerico che Midas utilizza per l'analisi di elementi monodimensionali è quello di Timoshenko che, oltre alla deformabilità flessionale, considera anche la deformazione per effetto della sollecitazione tagliante e risulta quindi più raffinato e completo rispetto al modello di trave di Eulero-Bernoulli più comunemente utilizzato.

E' implementato anche il calcolo della rigidità torsionale delle travi che risulta particolarmente utile ai fini di una valutazione maggiormente aderente alla realtà delle deformazioni di strutture in carpenteria metallica (finalizzata a stabilire premonete, schemi di montaggio, ecc.).

Per quanto riguarda gli elementi "plate", si tratta di elementi bidimensionali dotati di una grossa versatilità in quanto sono adatti alla modellazione di strutture sia con comportamento a lastra che a piastra con spessori non necessariamente ridottissimi.

Dal punto di vista delle strategie numeriche di risoluzione dei sistemi di equazioni che stanno alla base del calcolo strutturale, per le analisi statiche il software si avvale dell'uso di un processore multi frontale caratterizzato da una grande velocità ed affidabilità.

Le travi principali, le pile e i traversi sono stati modellati con elementi di tipo frame.

Le spalle e le platee di fondazione sono invece modellati impiegando elementi bidimensionali di tipo "plate". I dati significativi di input ed output dei modelli sono riportati in appendice.

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Sigla Certificata:
101256
27/03/2024

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	25

9.1.1 Grado di affidabilità del codice

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, che riporta, per una serie di strutture significative, i confronti tra le analisi effettuate con il codice e quelle effettuate con codici di confronto (es. SAP2000 prodotto da Computers and Structures, Inc., California). Alcuni esempi di calcolo di validazione del software sono forniti in allegato alla presente relazione di calcolo.

9.1.2 Motivazione della scelta del codice

Midas Gen permette l'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura. E' possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando schematizzazioni via via più dettagliate.

9.2 METODO ED IPOTESI DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni di progetto è stato implementato un modello di calcolo globale dell'intera opera che include sia gli impalcati che le sottostrutture.

Per modellare le pile, le travi, i trasversi e la soletta si sono impiegati elementi lineari monodimensionali tipo "beam" a due nodi a comportamento elastico lineare, di caratteristiche geometriche e meccaniche tali da riprodurre l'effettiva rigidezza degli elementi schematizzati; nella valutazione delle rigidezze è considerato, grazie all'impegno del modello di trave di Timoshenko, anche la deformazione tagliante taglio. Le spalle e le platee di fondazione sono modellate mediante elementi bidimensionali di tipo plate.

La geometria del modello è tale da riprodurre l'effettiva geometria della struttura in tutte le sue parti. La rigidezza degli elementi strutturali è valutata facendo riferimento alla sezione interamente reagente.

Il materiale c.a. è schematizzato come un materiale dal comportamento elastico lineare; le caratteristiche adottate sono descritte ai capitoli precedenti.

I vincoli tengono conto della tipologia di appoggi adottati: si è utilizzata per ogni appoggio un "elastic link", che impedisce lo spostamento verticale e permette e/o impedisce gli spostamenti orizzontali in funzione della diversa tipologia di appoggio.

Firmato digitalmente
 Massimo
 Firmato il
 14/03/2024 10:01
 Serie Certificato:
 270255
 Versione del certificato:
 01/03/2022
 Software: Qualified Electronic
 Signature CA

9.3 METODOLOGIA DI ANALISI

9.3.1 Analisi in condizioni non sismiche

Le analisi svolte in condizioni non sismiche sono tutte di tipo statico lineare. L'analisi per carichi mobili è stata svolta in automatico dal software impiegando la teoria delle linee di influenza e ricavando l'involuppo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali.

I risultati delle analisi in termini di distribuzioni delle sollecitazioni sono riportati nei paragrafi di verifica dei singoli elementi strutturali.

9.3.2 Analisi sismica

L'analisi dinamica lineare con spettro di risposta è la metodologia di analisi adottata per valutare il comportamento strutturale sia in termini di sollecitazioni sia in termini di spostamenti.

Nella fattispecie l'analisi dinamica con spettro consiste nelle seguenti fasi:

- Determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- Calcolo degli effetti dell'azione sismica mediante lo spettro di risposta di progetto considerando modi di vibrare individuati;

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	26

- Combinazione degli effetti dei modi di vibrare mediante una combinazione di tipo CQC (quadratica completa).

Le sollecitazioni sismiche di progetto per gli elementi non dissipativi (impalcato, baggioli, appoggi, platee di fondazione) sono ottenute considerando gli spettri di risposta elastici; le sollecitazioni su pile, spalle e pali di fondazione sono ottenute considerando gli spettri di progetto ($q=1.5$, Classe di Duttività "B") adottando, ove necessario, gli opportuni dettagli strutturali necessari a garantire una adeguata duttilità,

9.4 SISTEMI DI RIFERIMENTO ED UNITÀ DI MISURA

- Asse X parallelo all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Y ortogonale all'asse longitudinale dell'impalcato
- Asse Z verticale
- Lunghezze = m
- Forze = kN

9.5 GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello strutturale è stato realizzato impiegando elementi frame per tutte le parti strutturali (fusti pile, travi impalcato, pulvini etc), elementi shell per i plinti di fondazione e le spalle, mentre gli appoggi sono stati modellati impiegando elementi link elastici.

9.5.1 Elementi strutturali

Come anticipato, tutti gli elementi strutturali sono stati modellati impiegando elementi finiti di tipo frame ai quali sono state assegnate le caratteristiche geometriche, sia in termini di lunghezza della linea d'asse sia in termini di dimensioni della sezione retta (vd. Vista estrusa del modello), ricavate dagli elaborati di progetto originali e dal rilievo geometrico dell'opera.

La struttura dell'impalcato in particolare è stata modellata a graticcio tenendo conto della presenza delle fasce di soletta e dei traversi che contribuiscono alla ripartizione trasversale dei carichi tra le travi di impalcato.

Nelle immagini successive si riportano due viste (profilo, 3D) del modello di calcolo dalle quali si osserva come esso rispecchi, sia come scansione delle luci che come altezza delle pile, la reale geometria dell'opera.

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Serial Certificato:
2702965

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	27

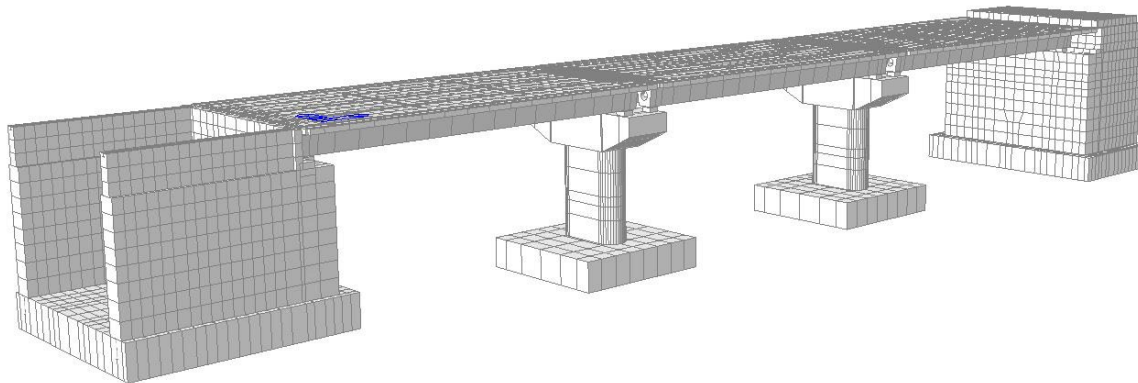


Figura 11 – Vista prospettica modello

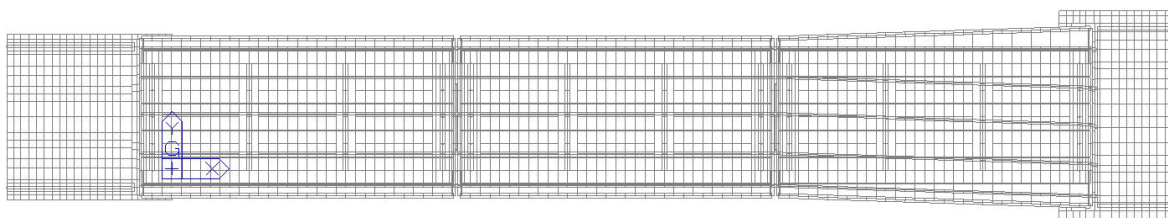


Figura 12 – Pianta impalcato

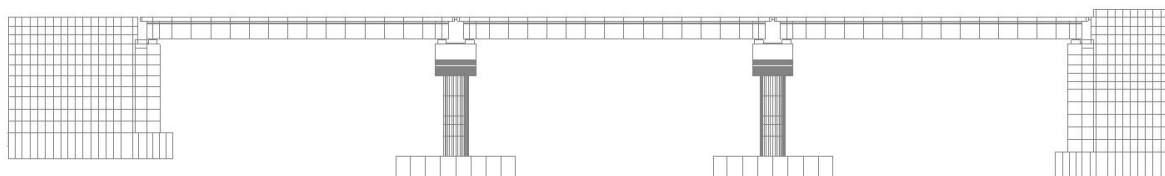


Figura 13 – Profilo

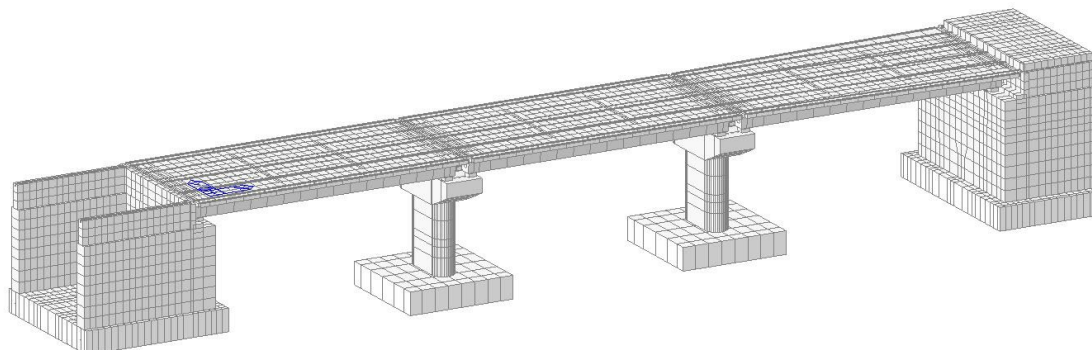


Figura 14 – Vista estrusa

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro S.r.l.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	28

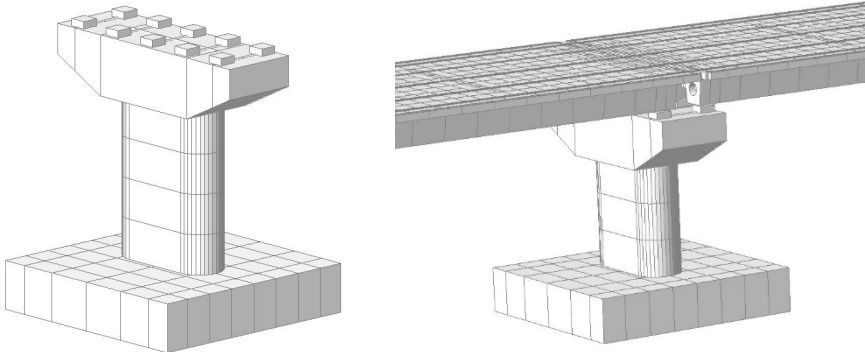


Figura 15 – Vista estrusa pila con impalcato

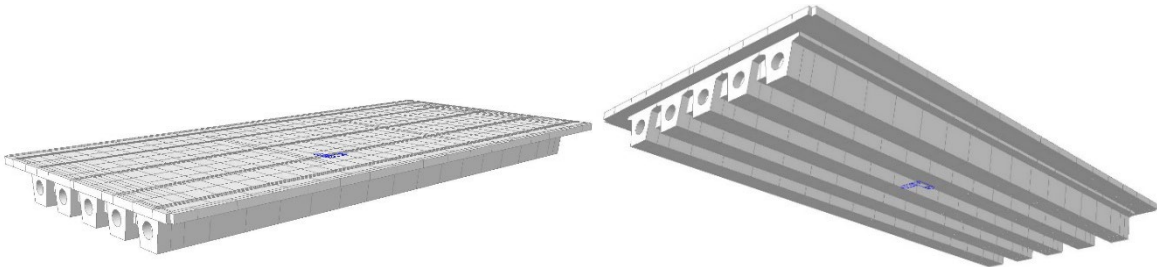


Figura 16 – Vista assonometrica impalcato

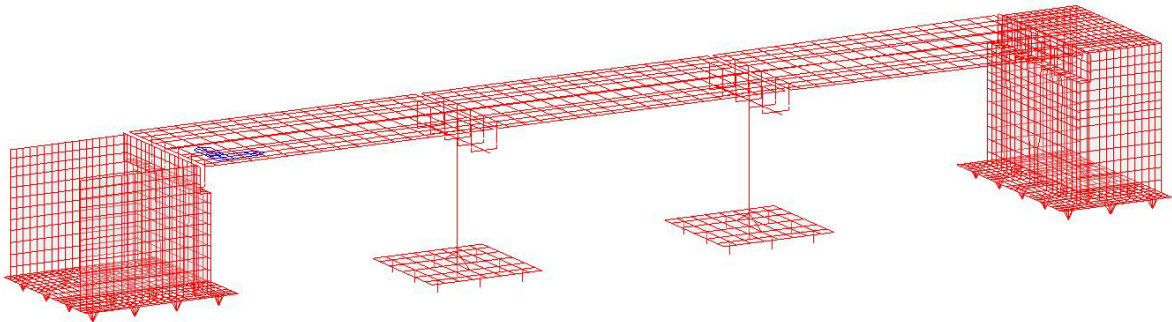


Figura 17 – Vista assonometrica wireframe

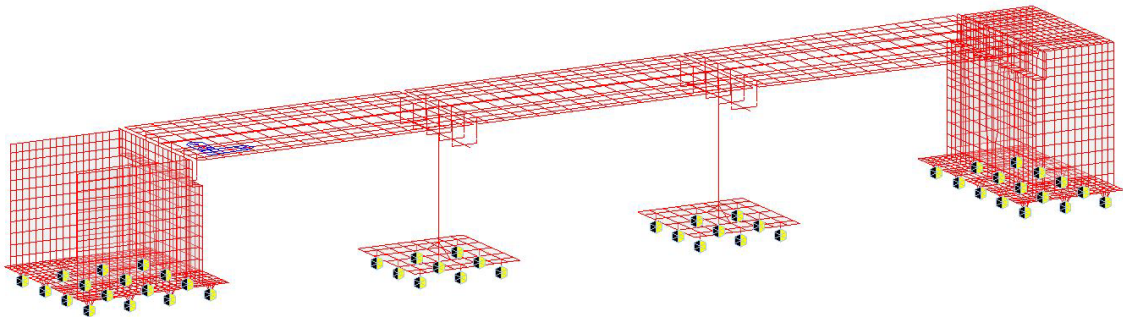


Figura 18 – Vista wireframe con vincoli

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SICUTIA CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	29

9.5.2 Vincoli esterni

Al fine di tener conto della effettiva ripartizione delle azioni in fondazione, sia per le spalle che per le pile, i pali sono stati modellati attraverso l'inserimento di vincoli elastici in corrispondenza di ciascun palo.

Le rigidezze assegnate ai vincoli sono le seguenti:

- K_z (verticale) = 1000000kN/m – corrisponde sostanzialmente alla rigidezza assiale del palo;
- $K_x=K_y$ (laterale) = 135000kN/m – valutata secondo le indicazioni riportate al capitolo 15 della relazione generale geotecnica.

9.5.3 Vincoli interni

I dispositivi di appoggio sono stati modellati sulla base delle caratteristiche meccaniche di rigidezza e dei gradi di libertà da bloccare.

I dispositivi multi-direzionali offrono una rigidezza laterale sostanzialmente nulla (a meno dell'attrito, trattato in precedenza) della superficie di scorrimento. La rigidezza assiale assegnata ai dispositivi è pari a $K_x=100000000kN/m$ in quanto si tratta di appoggi pressoché indeformabili assialmente.

Per dispositivi fissi e uni direzionali sono stati "bloccate" le traslazioni nelle direzioni dei gdl impediti assegnando una elevata rigidezza alla direzione considerata.

La rigidezza assiale assegnata ai dispositivi è pari a $K_x=10000000kN/m$ mentre la rigidezza laterale è stata considerata pari a $K_y=K_z=1000000kN/m$ per tenere in considerazione una (minima) deformabilità del dispositivo.

9.6 CARICHI E MASSE

9.6.1 Applicazione dei carichi strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali (impalcato, pulvini, pile, plinti ecc.) è stato valutato in automatico dal software di calcolo in funzione delle dimensioni delle sezioni trasversali e delle caratteristiche del materiale assegnato.

9.6.2 Applicazione dei carichi fissi non strutturali e azioni variabili

I carichi fissi non strutturali (manto, barriere, drenaggi, ecc.) sono stati assegnati come un carico uniforme agli elementi frame mediante i quali sono state modellate le strutture di impalcato. Il valore del carico distribuito è quello definito nell'analisi dei carichi.

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Sezione Certificata:
Firma di Massimo
Facchini

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA 7 DISCIPLINA

PROGR

REV

FOGLIO

LI0B

02

E

ZZ

CL

IV

05

05

001

A

30

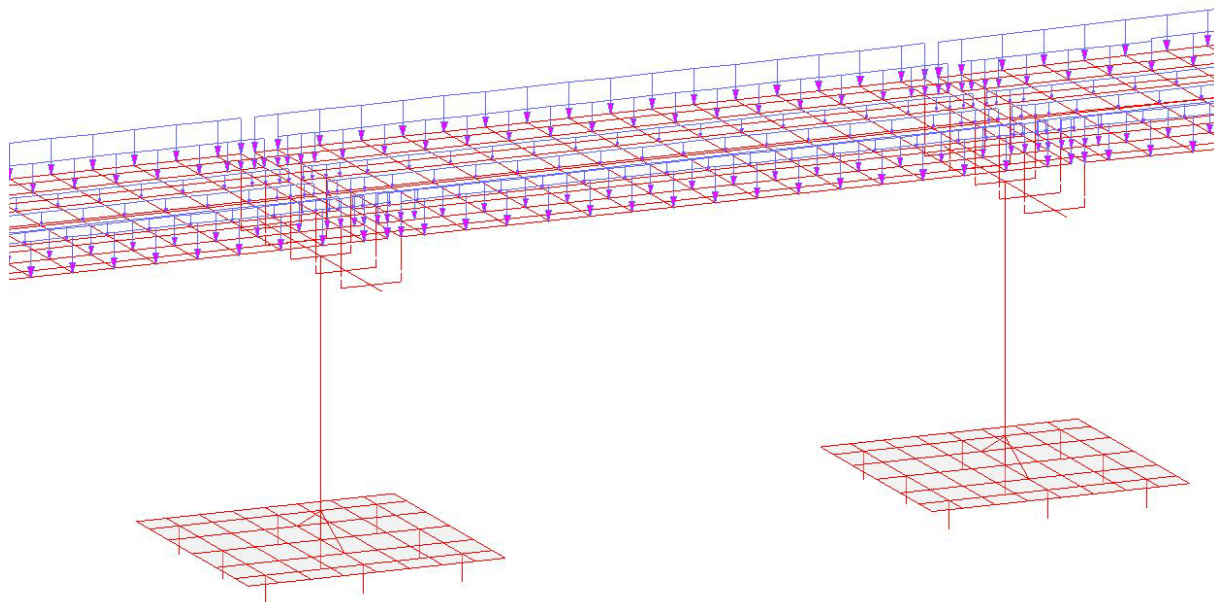


Figura 19 – Carichi G2

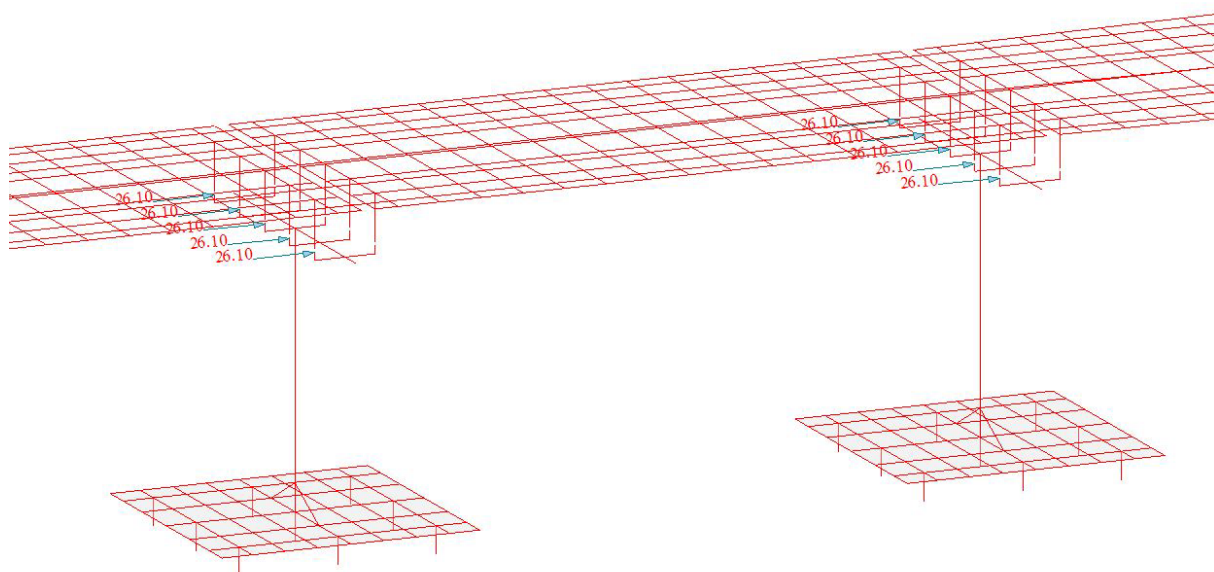


Figura 20 – Carichi attrito vincolo

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	31

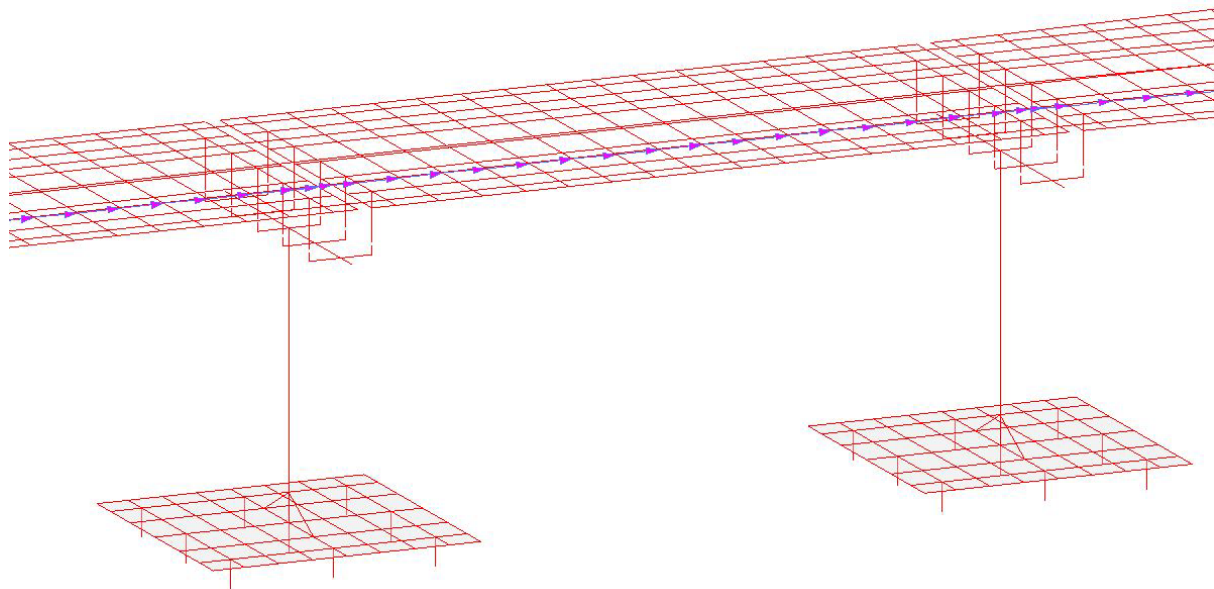


Figura 21 – Azione frenamento

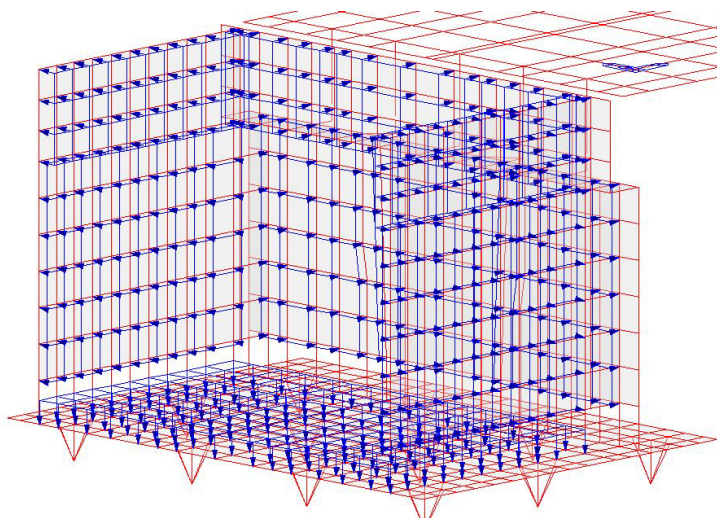


Figura 22 – Carichi mobili spalla (e relative spinte)

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA 7 DISCIPLINA

PROGR

REV

FOGLIO

LI0B

02

E

ZZ

CL

IV

05

05

001

A

32

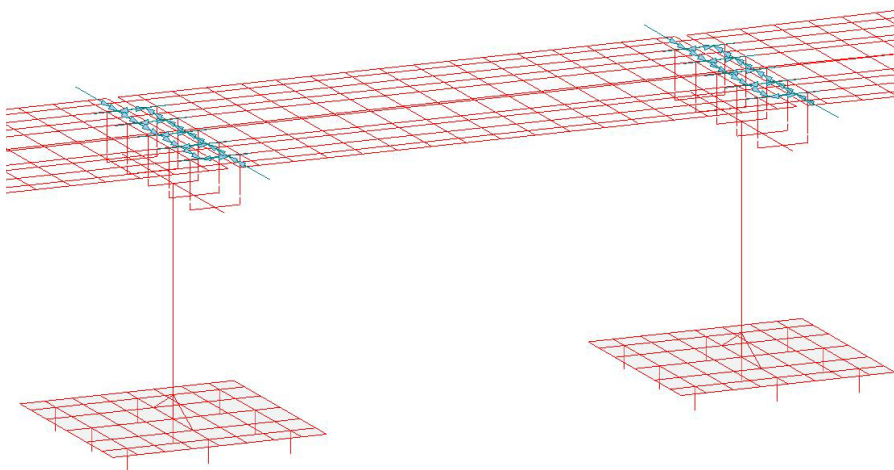


Figura 23 – Carichi ritiro

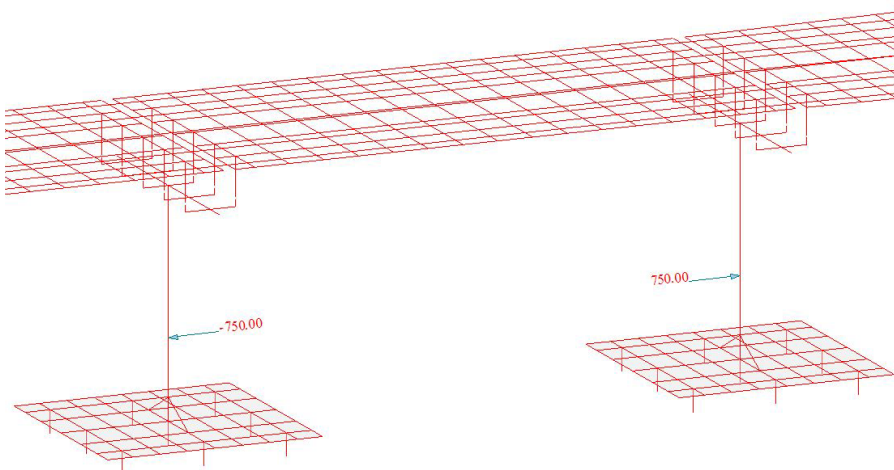


Figura 24 – Carichi urto ferroviario X

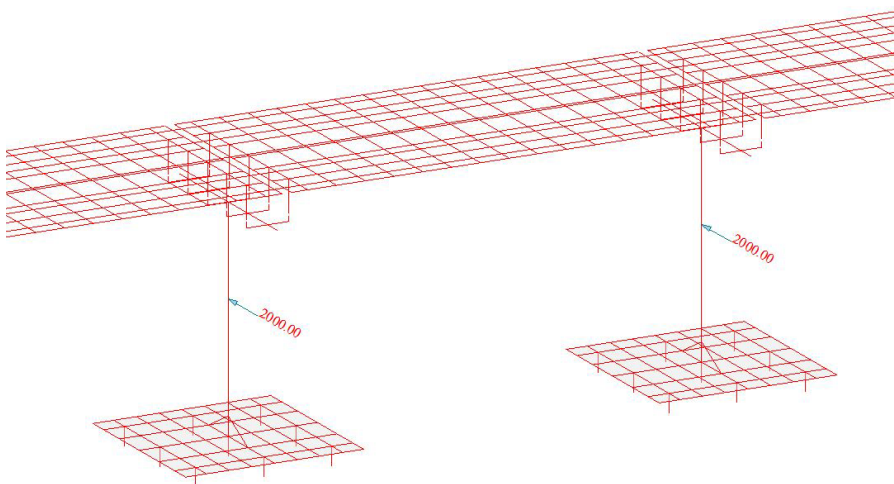


Figura 25 – Carichi urto ferroviario y

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	33

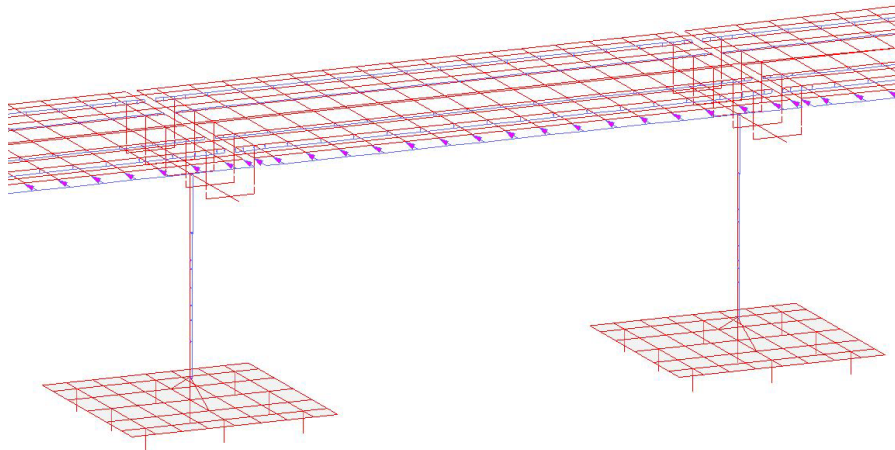


Figura 26 – Carichi vento x (inclusi effetti torcenti)

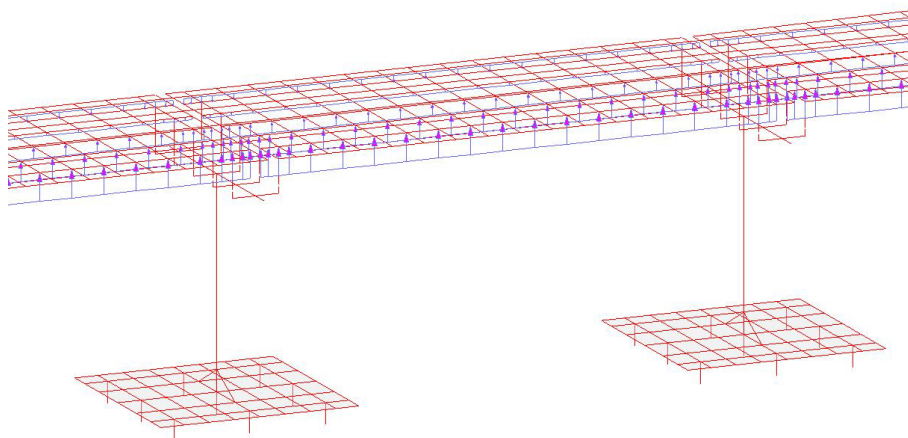


Figura 27 – Carichi vento z (inclusi effetti torcenti)

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

9.6.3 Masse sismiche e carichi applicati

La massa degli elementi strutturali (impalcato, pulvini, pile, plinti ecc) e quella relativa ai carichi fissi non strutturali (massetto, manto, barriere, ecc) è stata valutata in automatico dal software di calcolo in funzione dei carichi da peso proprio e dei carichi (G2) applicati.

L'azione sismica sulle spalle oltre che dalle forze di inerzia legate all'accelerazione delle masse strutturali e del terreno di riempimento viene applicata anche sotto forma di sovra-spinte sismiche calcolate mediante il metodo di Mononobe-Okabe. Vengono differenziate (ai fini delle combinazioni di carico) le sovra-spinte sismiche in direzione longitudinale (x, positive e negative) ed in direzione trasversale (y, positive e negative).

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	34

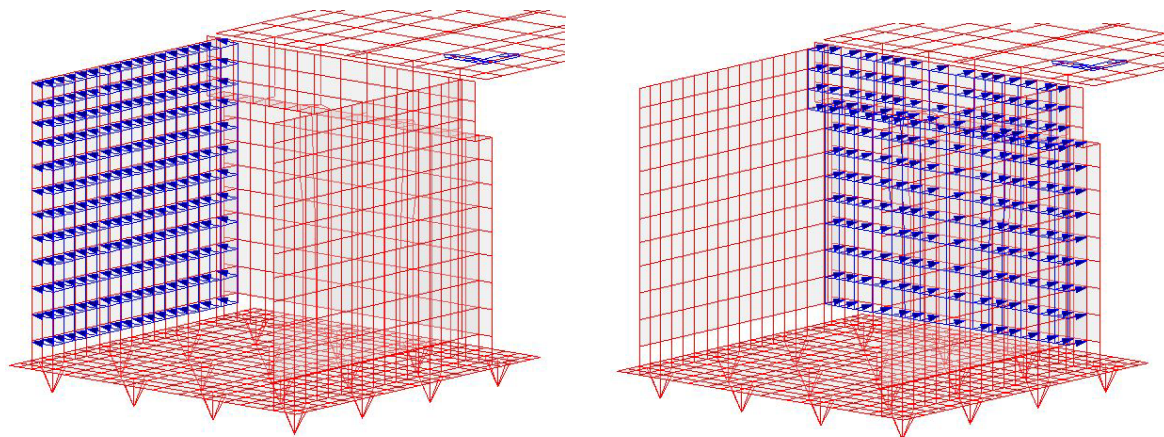


Figura 28 – Carichi slvy e slvx spalla

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	35

10. RISULTATI DELLE ANALISI

Nei paragrafi successivi sono riportati i principali risultati dell'analisi strutturale dell'opera espressi in termini di: modi di vibrare, deformate modali, distribuzioni delle sollecitazioni e deformate in condizioni non sismiche e sismiche.

10.1 ANALISI DINAMICA MODALE

Si riportano nelle figure le forme associate ai principali modi di vibrare ed i relativi periodi naturali di oscillazione. In tabella si riportano, per ciascuno dei modi individuati attraverso l'analisi modale, il periodo, la frequenza e le relative masse partecipanti.

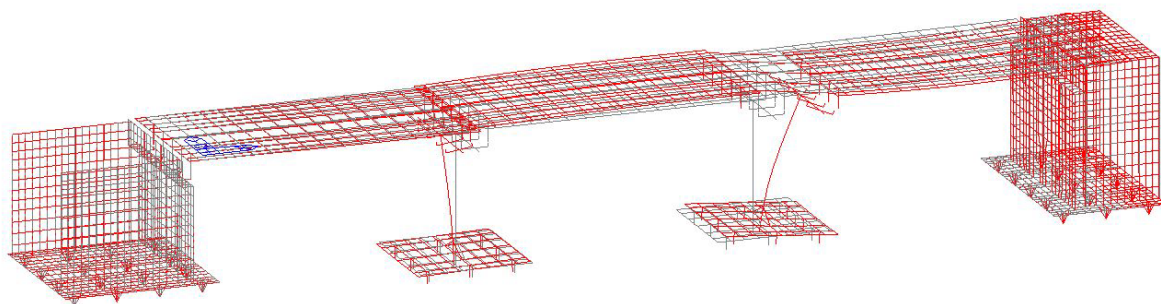


Figura 29 – Modo di vibrare 1 $T=0.485s$

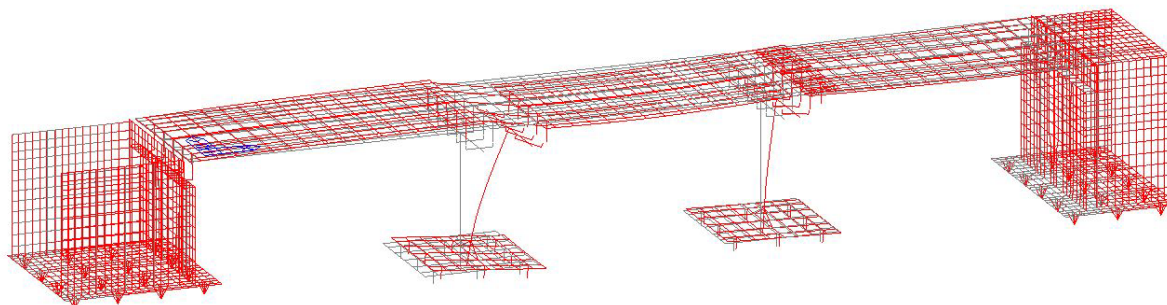


Figura 30 – Modo di vibrare 2 $T=0.477s$

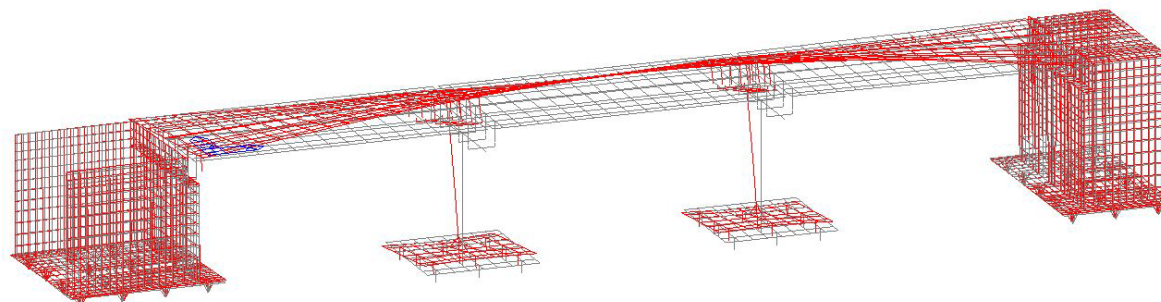


Figura 31 – Modo di vibrare 3 $T=0.385s$

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	36

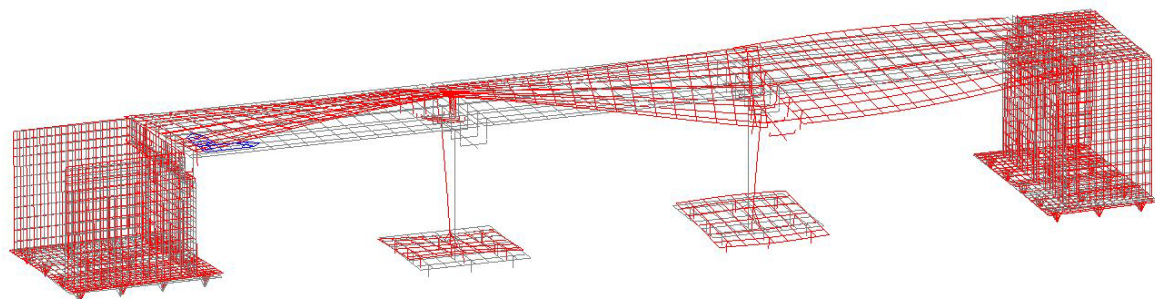


Figura 32 – Modo di vibrare 4 $T=0.323s$

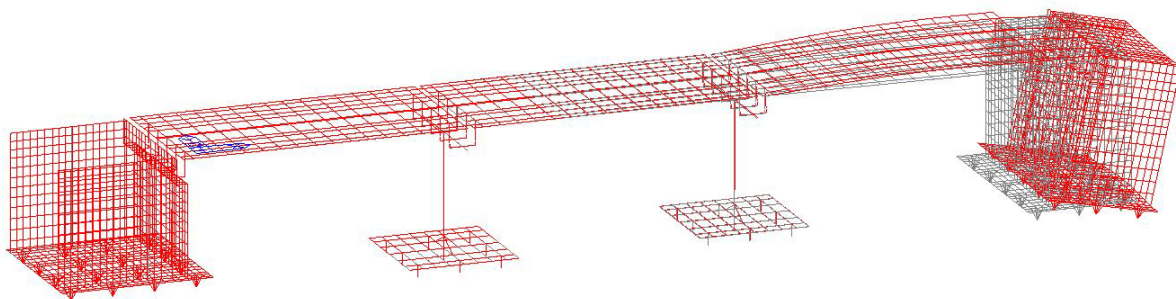


Figura 33 – Modo di vibrare 5 $T=0.279s$

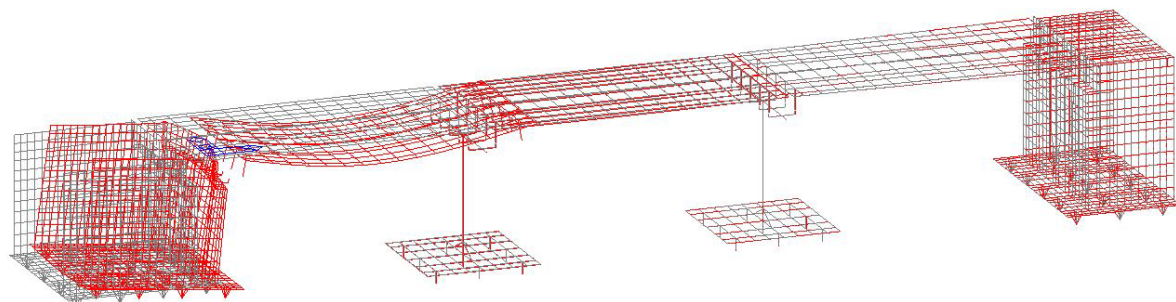


Figura 34 – Modo di vibrare 6 $T=0.276s$

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Versione del file: 03/03/2023 v1
Sviluppato da: Qualitas Electronic
Signature CA

In tabella sono riportati i modi di vibrare con i periodi di oscillazione e le relative masse partecipanti:

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	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.00	0.00
2	21.33	26.98	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.50	0.68	0.00	0.00
3	0.00	26.98	38.40	38.40	0.00	0.02	17.48	17.48	0.00	0.68	0.01	0.01
4	0.00	26.98	0.01	38.40	0.00	0.02	0.00	17.48	0.00	0.68	19.14	19.15
5	25.01	51.99	0.03	38.44	0.13	0.15	0.00	17.48	0.04	0.72	0.05	19.20
6	27.94	79.93	0.00	38.44	0.51	0.66	0.00	17.48	0.07	0.79	0.00	19.20
7	0.05	79.98	25.28	63.72	0.00	0.66	1.13	18.60	0.00	0.79	28.45	47.65
8	0.00	79.98	16.80	80.52	0.00	0.66	0.32	18.92	0.00	0.79	35.03	82.69
9	0.02	80.00	0.85	81.37	0.00	0.66	0.14	19.06	0.00	0.79	0.27	82.96

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L. LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA													
IV05- Relazione di calcolo pile			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	37

10	0.34	80.34	0.00	81.37	21.87	22.53	0.00	19.06	0.46	1.25	0.00	82.96
11	1.09	81.42	0.00	81.37	0.65	23.18	0.00	19.06	8.42	9.67	0.00	82.96
12	0.47	81.89	0.00	81.37	0.81	23.99	0.00	19.06	0.36	10.03	0.00	82.96
13	0.00	81.89	0.83	82.20	0.00	23.99	0.02	19.08	0.00	10.03	3.11	86.07
14	0.00	81.89	6.28	88.48	0.00	23.99	16.66	35.73	0.00	10.03	0.60	86.66
15	0.45	82.33	0.00	88.48	0.05	24.04	0.00	35.73	0.13	10.16	0.00	86.66
16	0.00	82.33	1.87	90.35	0.00	24.04	3.01	38.74	0.00	10.16	1.82	88.49
17	0.00	82.33	0.56	90.91	0.00	24.04	3.02	41.77	0.00	10.16	1.03	89.51
18	12.85	95.18	0.00	90.91	0.36	24.40	0.00	41.77	0.95	11.11	0.00	89.51
19	0.50	95.69	0.00	90.91	0.03	24.43	0.00	41.77	0.19	11.30	0.00	89.51
20	0.13	95.81	0.00	90.91	0.12	24.54	0.00	41.77	0.27	11.57	0.00	89.51
21	0.00	95.81	0.03	90.94	0.00	24.54	0.17	41.94	0.00	11.57	0.14	89.65
22	0.00	95.81	1.10	92.05	0.00	24.54	2.42	44.36	0.00	11.57	2.03	91.68
23	2.87	98.68	0.00	92.05	1.58	26.13	0.01	44.36	4.50	16.07	0.00	91.68
24	0.00	98.68	0.29	92.34	0.00	26.13	0.16	44.53	0.00	16.07	1.37	93.05
25	0.00	98.68	0.19	92.53	0.00	26.13	0.32	44.85	0.00	16.07	0.00	93.06
26	0.00	98.68	3.71	96.24	0.01	26.14	23.41	68.27	0.01	16.08	3.98	97.03
27	0.00	98.68	0.37	96.61	0.00	26.14	0.01	68.28	0.00	16.08	0.21	97.24
28	0.00	98.68	3.06	99.67	0.00	26.14	11.15	79.43	0.00	16.08	2.41	99.64
29	0.78	99.46	0.00	99.67	10.76	36.90	0.00	79.43	13.56	29.64	0.00	99.65
30	0.00	99.46	0.16	99.82	0.00	36.90	1.77	81.20	0.00	29.64	0.00	99.65
31	0.00	99.46	0.00	99.83	0.00	36.90	1.12	82.32	0.00	29.64	0.22	99.87
32	0.19	99.65	0.00	99.83	6.55	43.45	0.00	82.32	9.87	39.50	0.00	99.87
33	0.08	99.73	0.00	99.83	0.04	43.49	0.00	82.32	0.60	40.10	0.00	99.87
34	0.00	99.73	0.00	99.83	0.01	43.50	3.35	85.67	0.02	40.13	0.03	99.89
35	0.01	99.74	0.00	99.83	0.64	44.14	0.05	85.72	4.41	44.54	0.00	99.89
36	0.00	99.74	0.00	99.83	8.36	52.50	0.00	85.72	2.92	47.45	0.00	99.89
37	0.00	99.74	0.02	99.85	0.34	52.84	3.21	88.93	0.19	47.64	0.02	99.91
38	0.07	99.81	0.00	99.85	25.29	78.13	0.08	89.01	17.72	65.36	0.00	99.91
39	0.00	99.81	0.06	99.91	0.08	78.22	3.35	92.36	0.09	65.46	0.00	99.91
40	0.08	99.90	0.00	99.91	17.69	95.91	0.00	92.36	26.71	92.17	0.00	99.91
41	0.00	99.90	0.01	99.92	0.00	95.91	4.33	96.69	0.01	92.17	0.00	99.91
42	0.00	99.90	0.00	99.92	0.99	96.89	0.01	96.70	4.52	96.70	0.00	99.91
43	0.01	99.90	0.00	99.92	0.09	96.98	0.00	96.70	0.17	96.87	0.00	99.91
44	0.00	99.91	0.00	99.92	0.67	97.65	0.00	96.70	1.21	98.08	0.00	99.91
45	0.00	99.91	0.03	99.95	0.00	97.65	2.13	98.83	0.00	98.08	0.05	99.96
46	0.02	99.93	0.00	99.95	0.11	97.76	0.02	98.85	0.00	98.08	0.00	99.96
47	0.00	99.93	0.00	99.95	0.00	97.76	0.06	98.90	0.00	98.08	0.00	99.96
48	0.01	99.94	0.00	99.95	0.06	97.83	0.01	98.91	0.00	98.09	0.00	99.96
49	0.02	99.95	0.00	99.95	0.46	98.28	0.00	98.91	0.18	98.27	0.00	99.96
50	0.00	99.95	0.00	99.95	0.00	98.28	0.00	98.91	0.00	98.27	0.00	99.96
51	0.00	99.96	0.00	99.95	0.01	98.29	0.00	98.91	0.06	98.33	0.00	99.96
52	0.02	99.97	0.00	99.95	0.09	98.38	0.00	98.91	0.44	98.77	0.00	99.96
53	0.00	99.97	0.00	99.95	0.00	98.39	0.00	98.91	0.00	98.77	0.00	99.96
54	0.00	99.97	0.00	99.95	0.00	98.39	0.00	98.91	0.04	98.81	0.00	99.96
55	0.00	99.97	0.00	99.96	0.00	98.39	0.08	99.00	0.00	98.81	0.00	99.96
56	0.00	99.97	0.00	99.96	0.02	98.40	0.00	99.00	0.04	98.84	0.00	99.96
57	0.00	99.97	0.01	99.96	0.00	98.40	0.02	99.01	0.00	98.84	0.01	99.98
58	0.00	99.97	0.00	99.97	0.00	98.41	0.05	99.06	0.00	98.84	0.00	99.98
59	0.00	99.97	0.00	99.97	0.01	98.42	0.00	99.06	0.00	98.85	0.00	99.98
60	0.00	99.98	0.00	99.97	0.04	98.46	0.01	99.07	0.01	98.86	0.00	99.98
61	0.00	99.98	0.00	99.97	0.00	98.46	0.00	99.07	0.00	98.86	0.00	99.98
62	0.00	99.98	0.00	99.97	0.00	98.46	0.07	99.14	0.00	98.86	0.00	99.98
63	0.00	99.98	0.01	99.98	0.00	98.46	0.09	99.22	0.00	98.86	0.00	99.98
64	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.46	0.02	99.24	0.00	98.86	0.00	99.98
65	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.47	0.00	99.24	0.04	98.90	0.00	99.98

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A. LINEA PESCARA – BARI			RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	38

66	0.00	99.98	0.00	99.98	0.01	98.47	0.00	99.24	0.06	98.96	0.00	99.98
67	0.00	99.98	0.00	99.98	0.35	98.82	0.00	99.24	0.03	98.99	0.00	99.98
68	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.82	0.01	99.26	0.00	98.99	0.00	99.98
69	0.00	99.98	0.00	99.98	0.07	98.90	0.00	99.26	0.21	99.20	0.00	99.98
70	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.90	0.02	99.28	0.00	99.20	0.00	99.98
71	0.00	99.98	0.00	99.98	0.01	98.90	0.00	99.28	0.00	99.20	0.00	99.98
72	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.91	0.00	99.28	0.01	99.21	0.00	99.98
73	0.00	99.98	0.00	99.98	0.03	98.94	0.00	99.28	0.01	99.22	0.00	99.98
74	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.94	0.00	99.28	0.00	99.22	0.00	99.98
75	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.94	0.00	99.28	0.00	99.22	0.00	99.98
76	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.94	0.00	99.29	0.00	99.22	0.00	99.98
77	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.94	0.04	99.33	0.00	99.22	0.00	99.98
78	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.94	0.01	99.34	0.00	99.22	0.00	99.98
79	0.00	99.98	0.00	99.98	0.00	98.94	0.00	99.35	0.00	99.22	0.00	99.98
80	0.01	99.98	0.00	99.98	0.01	98.96	0.00	99.35	0.03	99.26	0.00	99.98
81	0.00	99.99	0.00	99.98	0.01	98.97	0.00	99.35	0.00	99.26	0.00	99.98
82	0.00	99.99	0.00	99.98	0.01	98.98	0.00	99.35	0.00	99.26	0.00	99.98
83	0.00	99.99	0.01	99.99	0.00	98.98	0.00	99.35	0.00	99.26	0.01	99.99
84	0.00	99.99	0.00	99.99	0.00	98.98	0.00	99.35	0.00	99.26	0.00	99.99
85	0.00	99.99	0.00	99.99	0.00	98.98	0.00	99.35	0.01	99.26	0.00	99.99
86	0.00	99.99	0.00	99.99	0.01	99.00	0.00	99.35	0.01	99.28	0.00	99.99
87	0.00	99.99	0.00	99.99	0.00	99.00	0.02	99.37	0.00	99.28	0.00	99.99
88	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.00	0.00	99.37	0.04	99.32	0.00	99.99
89	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.00	0.00	99.38	0.00	99.32	0.00	100.00
90	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.00	0.00	99.38	0.02	99.34	0.00	100.00
91	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.00	0.05	99.43	0.00	99.34	0.00	100.00
92	0.00	100.00	0.00	99.99	0.01	99.00	0.00	99.43	0.00	99.35	0.00	100.00
93	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.00	0.02	99.45	0.00	99.35	0.00	100.00
94	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.00	0.00	99.45	0.00	99.35	0.00	100.00
95	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.00	0.00	99.45	0.00	99.35	0.00	100.00
96	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.01	0.00	99.45	0.00	99.35	0.00	100.00
97	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.01	0.01	99.46	0.00	99.35	0.00	100.00
98	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.01	0.11	99.58	0.00	99.35	0.00	100.00
99	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.01	0.02	99.59	0.00	99.35	0.00	100.00
100	0.00	100.00	0.00	99.99	0.00	99.01	0.04	99.63	0.00	99.35	0.00	100.00

Il presente documento
Fascicolo Massimo
10/05/2023 10:01
Serial Certificate:
2702585
Valida dal 01/05/2023 al
01/05/2025
Signature CA
Digitally signed by
Fascicolo Massimo

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.r.l.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	39

10.2 PRINCIPALI DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi delle sollecitazioni per le principali azioni caratteristiche e combinazioni di carico.

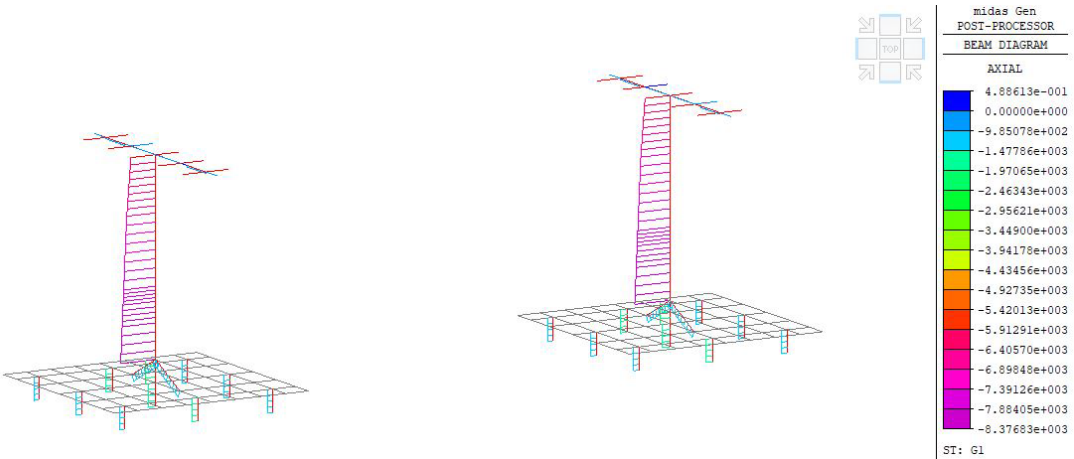


Figura 35 – Sforzo normale G1

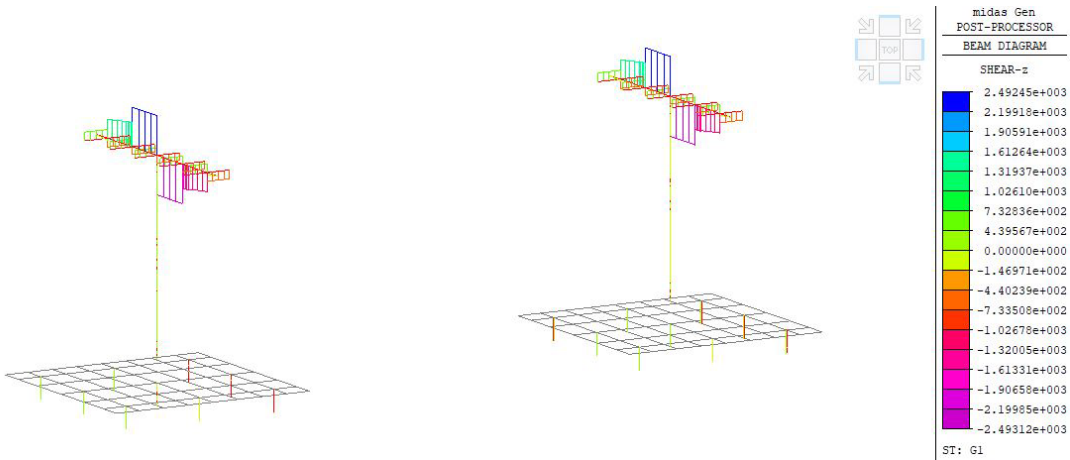


Figura 36 – Taglio G1

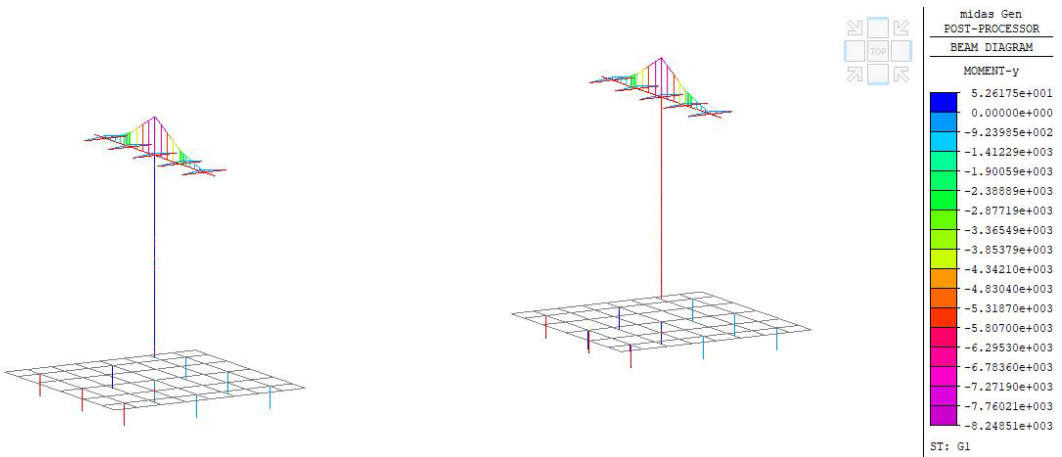


Figura 37 – Momento flettente G1

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	40

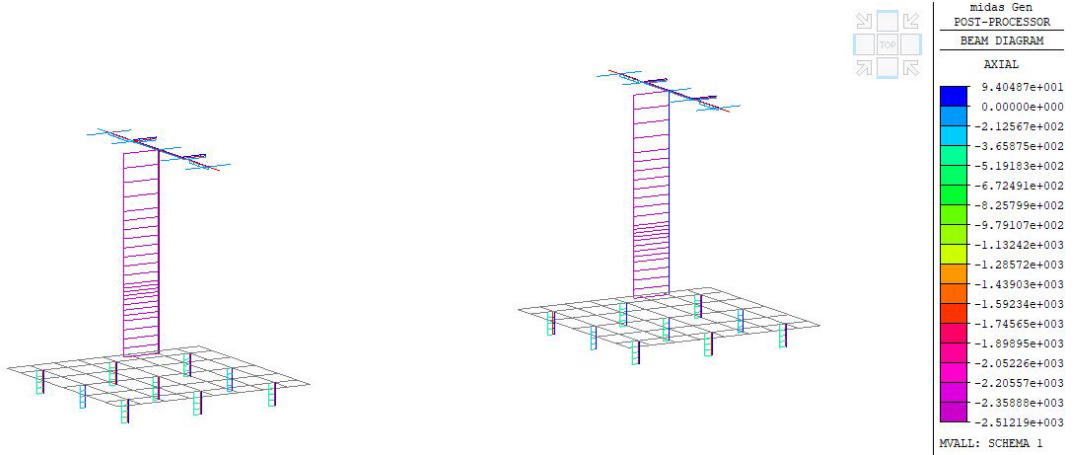


Figura 38 – Sforzo normale carichi mobili

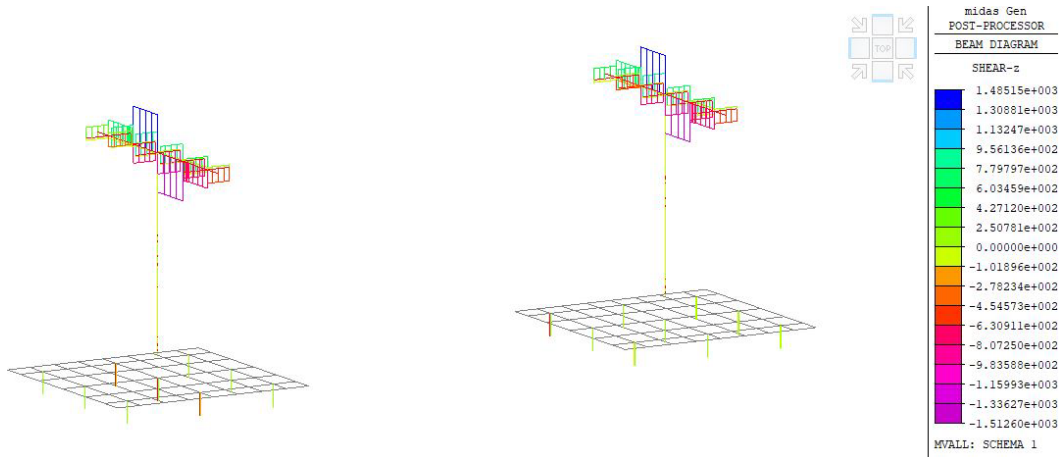


Figura 39 – Taglio carichi mobili

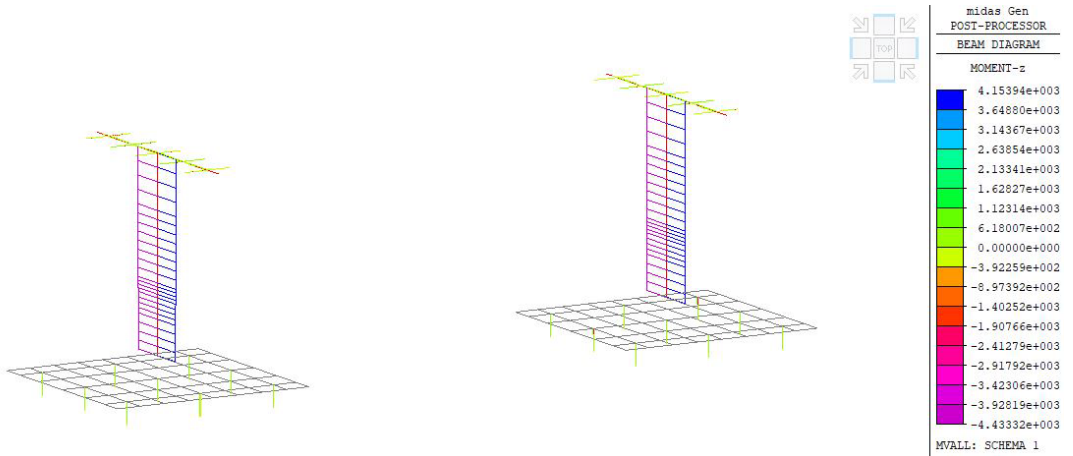


Figura 40 – Momento flettente trasversale carichi mobili

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
Z702585
Valida da 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.r.l.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	41

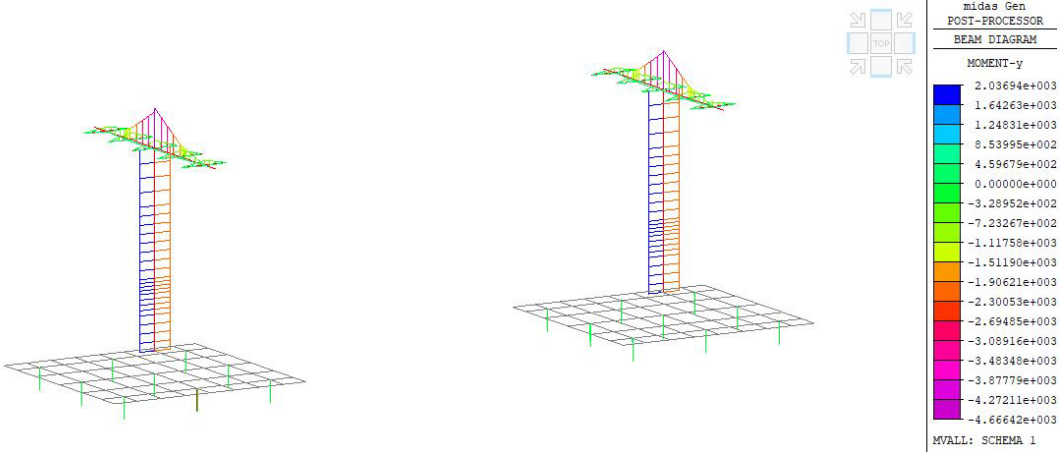


Figura 41 – Momento flettente longitudinale carichi mobili

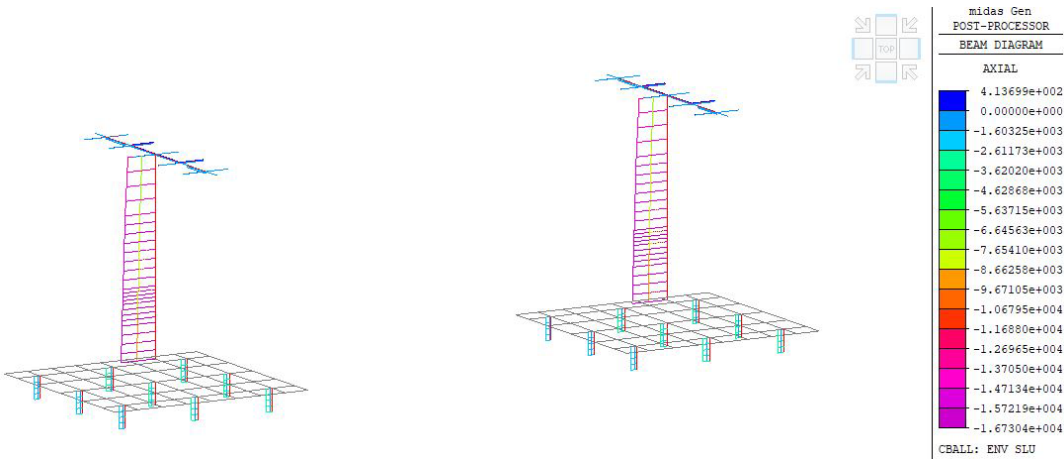


Figura 42 – Sforzo normale ENV SLU

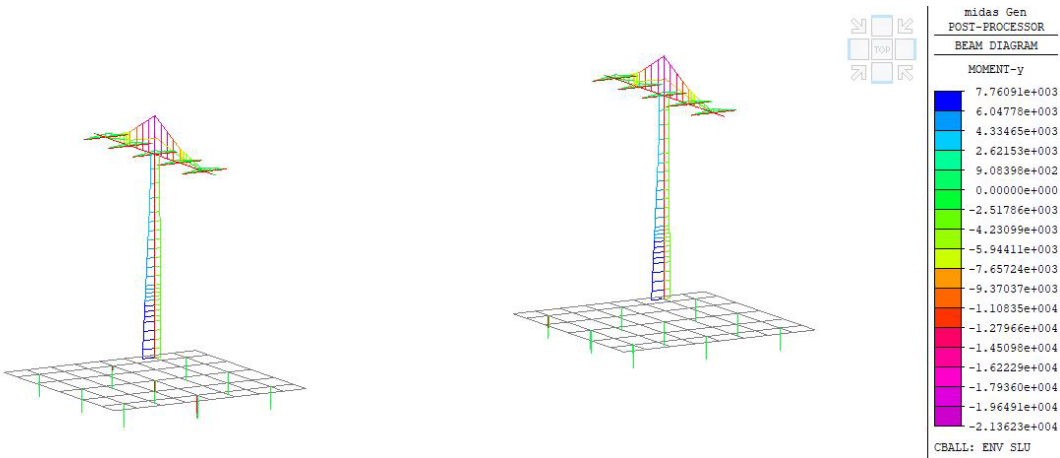


Figura 43 – Momento flettente longitudinale ENV SLU

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.R.L. LINEA PESCARA – BARI		RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	42

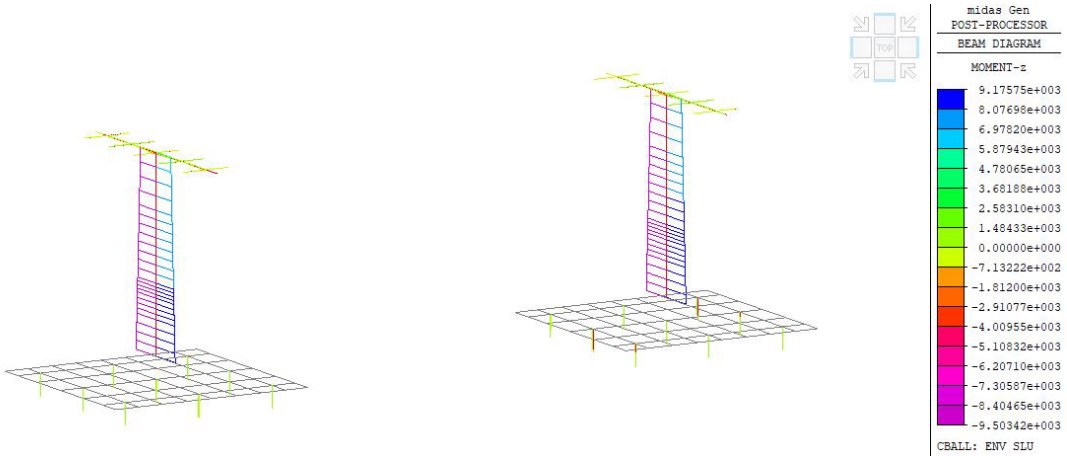


Figura 44 – Momento flettente trasversale ENV SLU

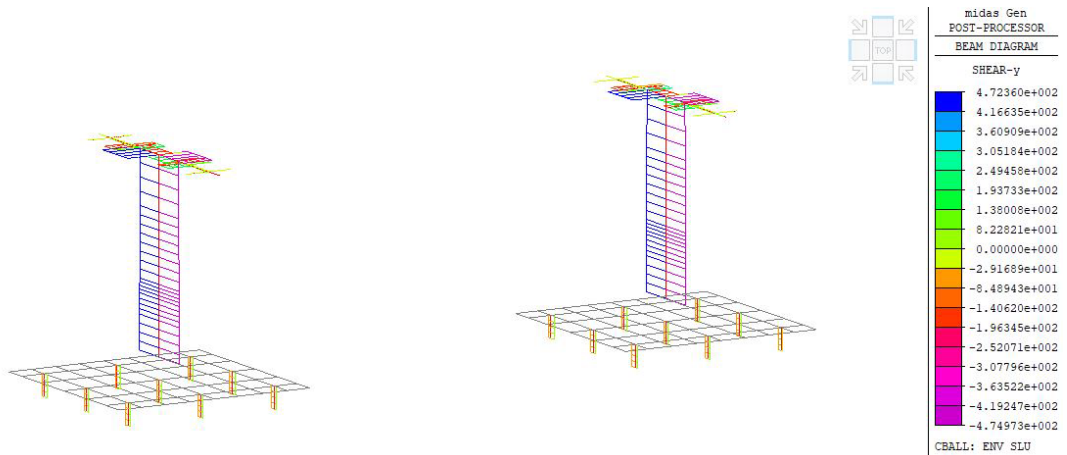


Figura 45 – Taglio trasversale ENV SLU

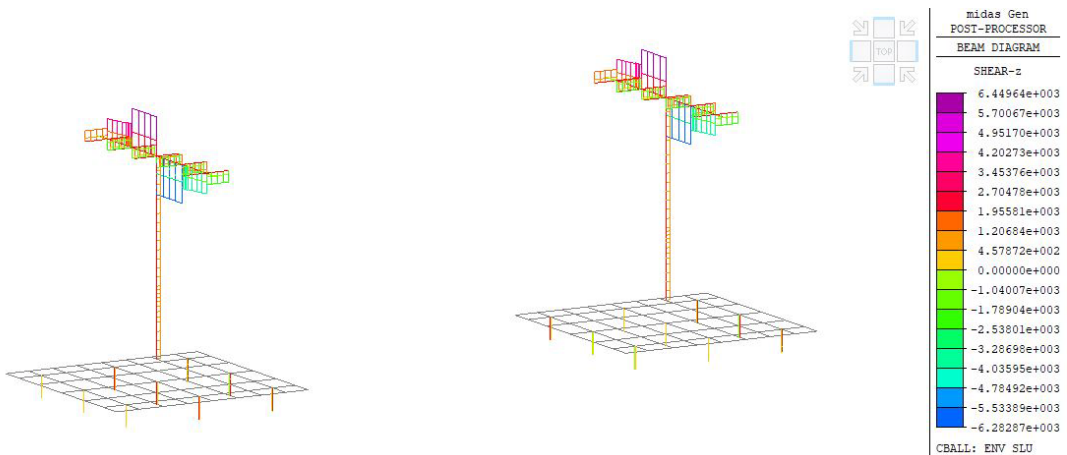


Figura 46 – Taglio longitudinale ENV SLU

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	43

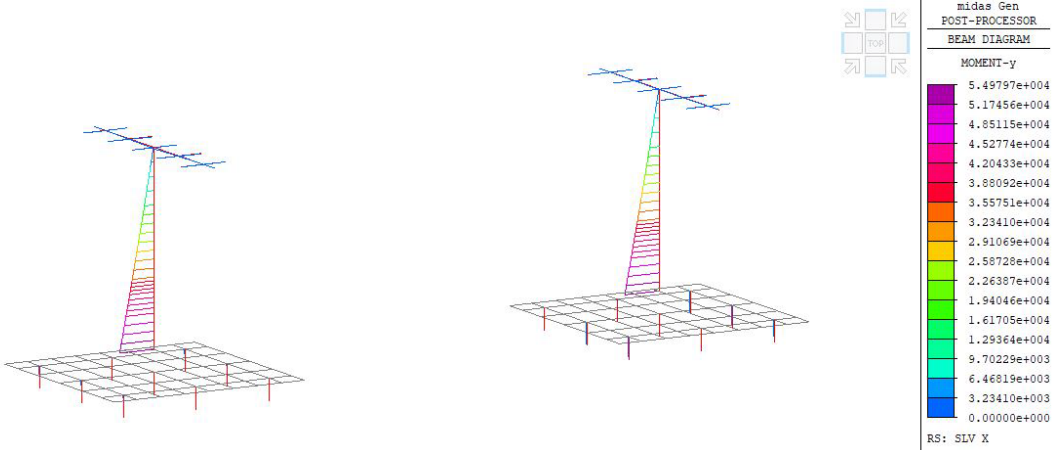


Figura 47 – Momento flettente sisma slv x

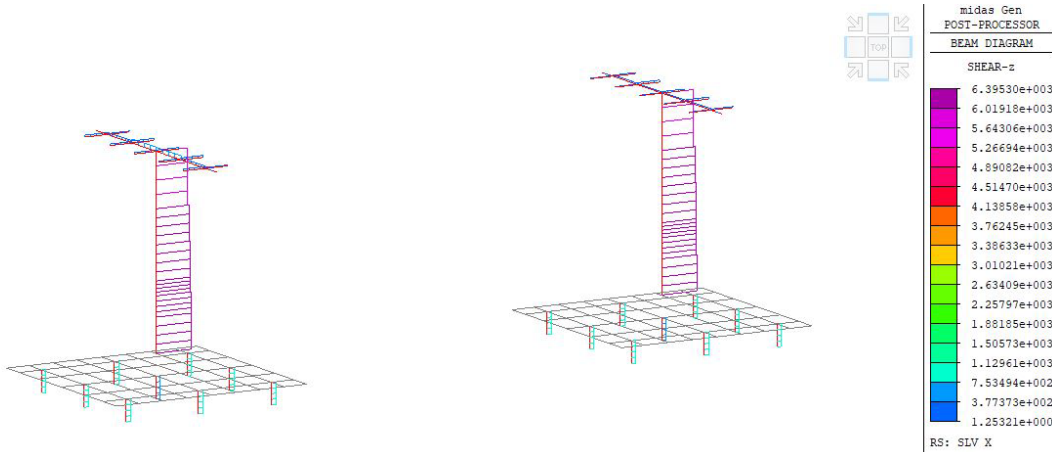


Figura 48 – Taglio sisma slv x

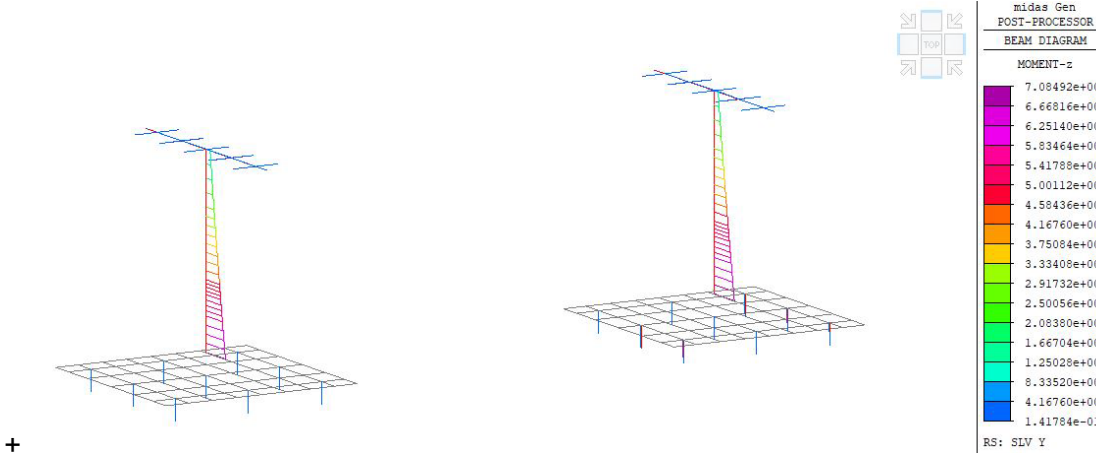


Figura 49 – Momento flettente sisma slv y

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida da: 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature (CA)

IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	44

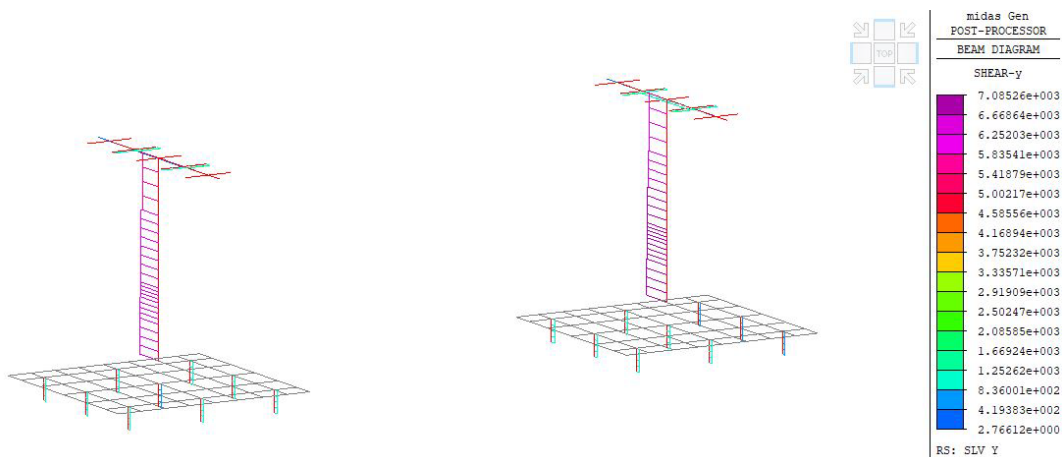


Figura 50 – Taglio sisma slv y

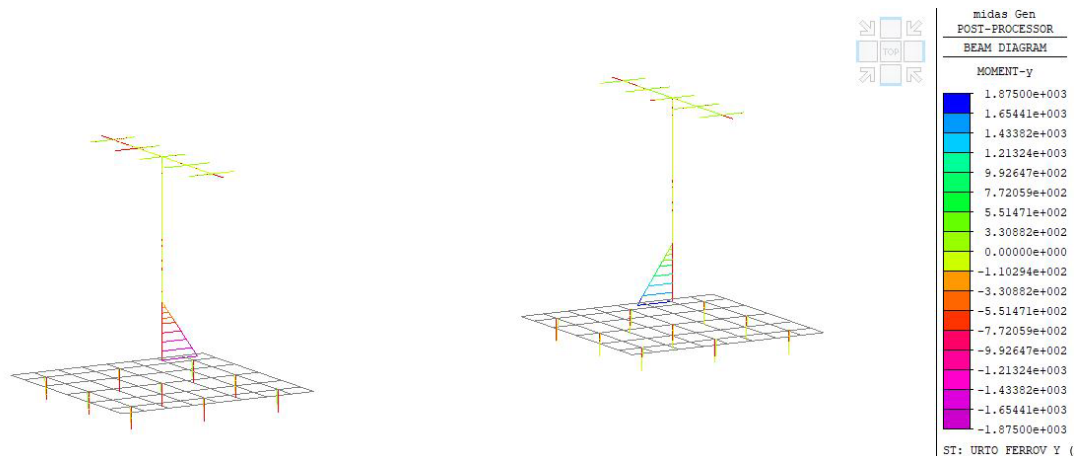


Figura 51 – Momento flettente Urto ferroviario

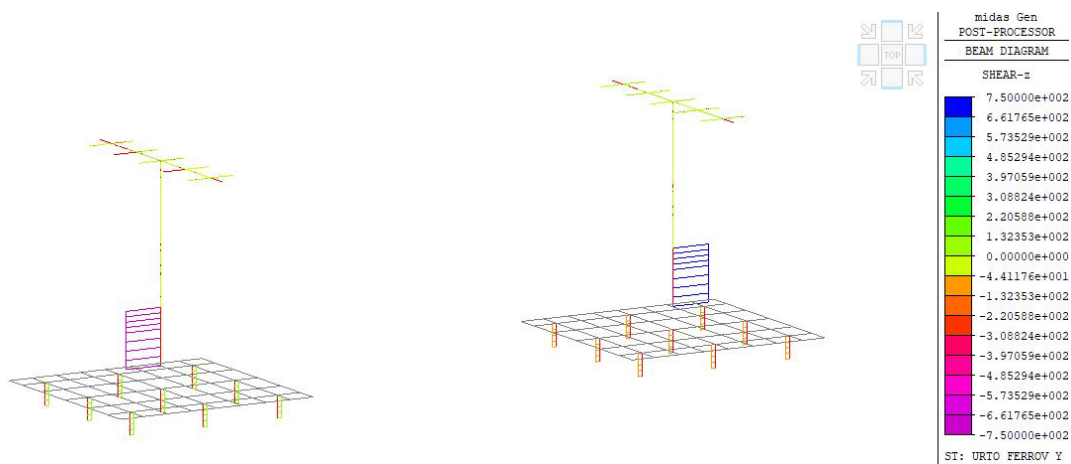


Figura 52 – Taglio Urto ferroviario

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	45

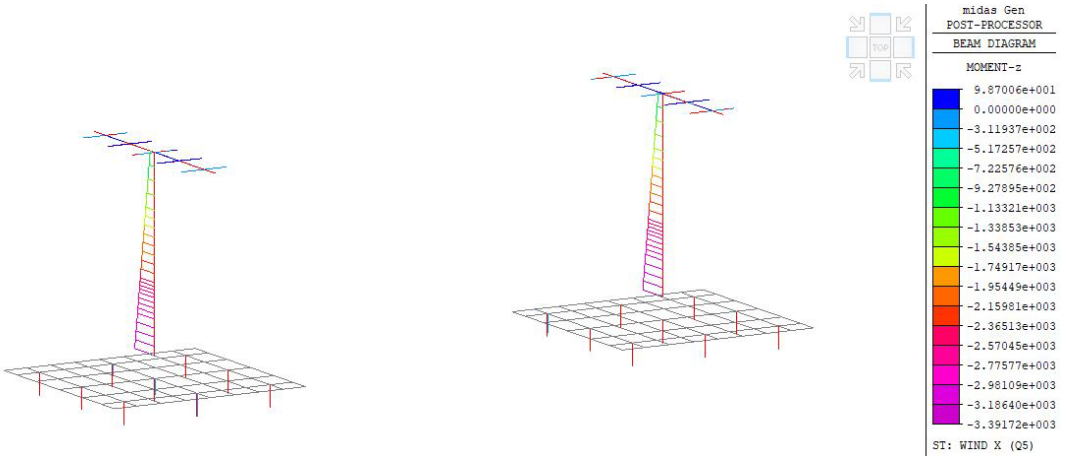


Figura 53 – Momento flettente vento

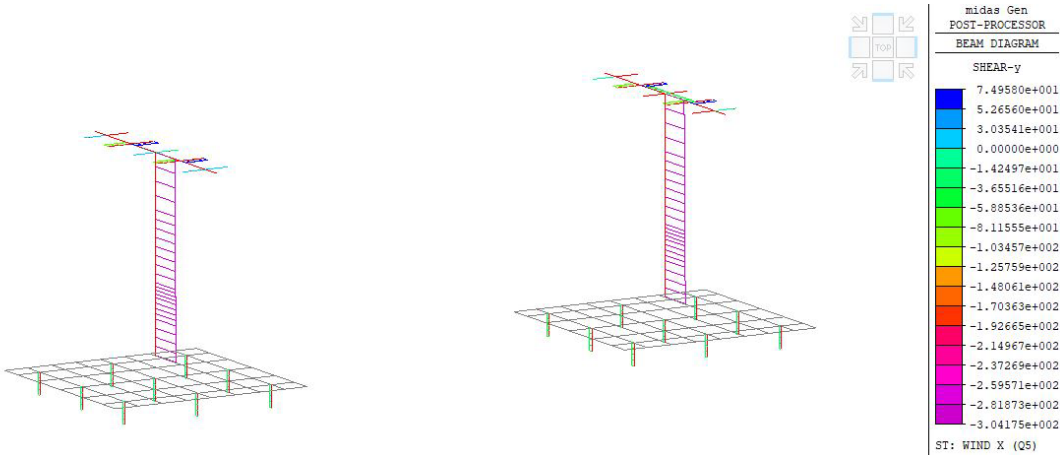


Figura 54 – Taglio vento

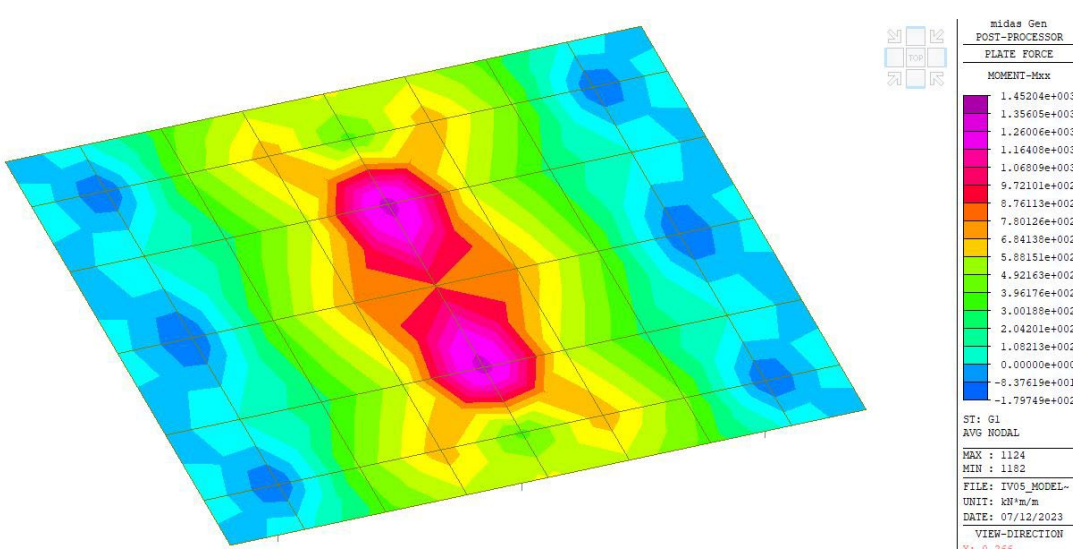


Figura 55 – Plinto fondazione momento longitudinale Mxx G1

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	46

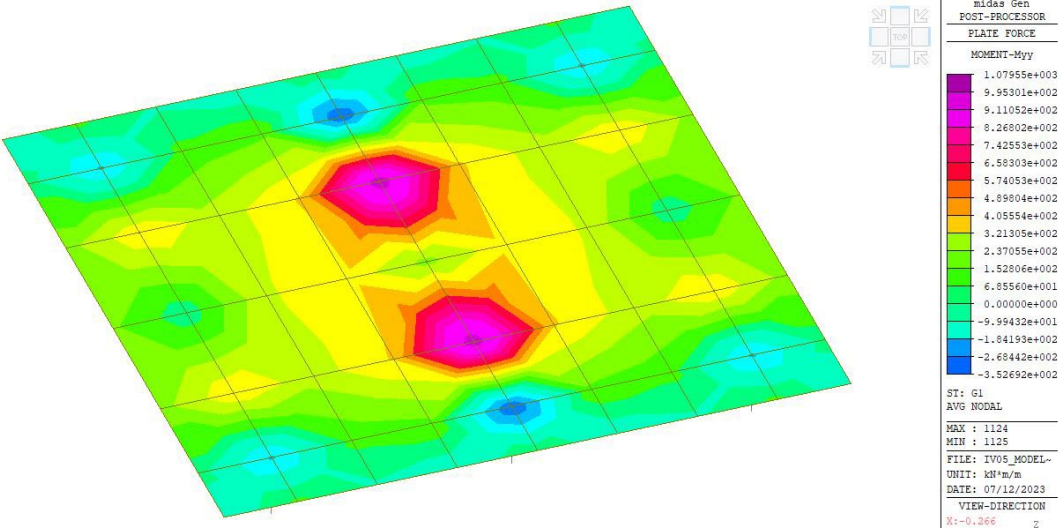


Figura 56 – Plinto fondazione momento trasversale Myy G1

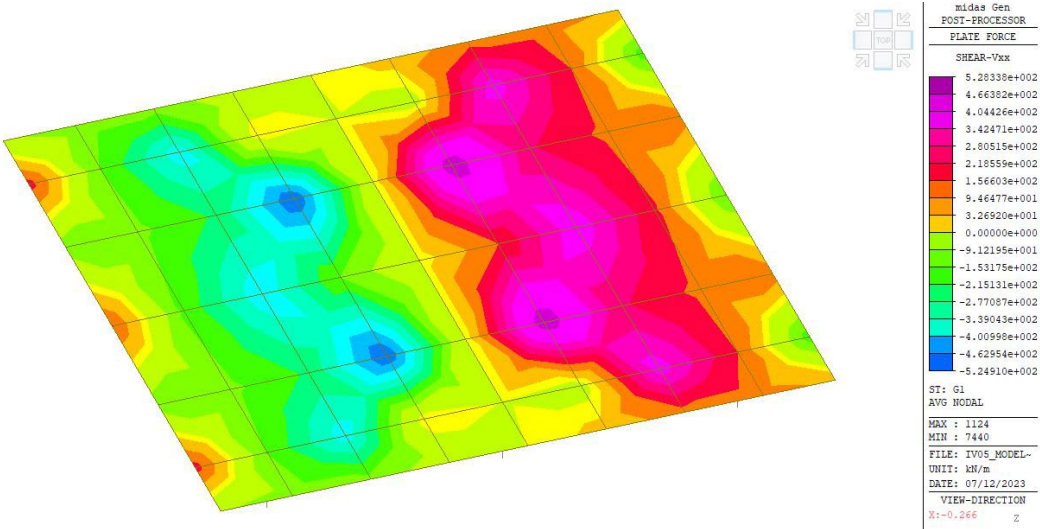


Figura 57 – Plinto fondazione taglio trasversale Vxx G1

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2026
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	47

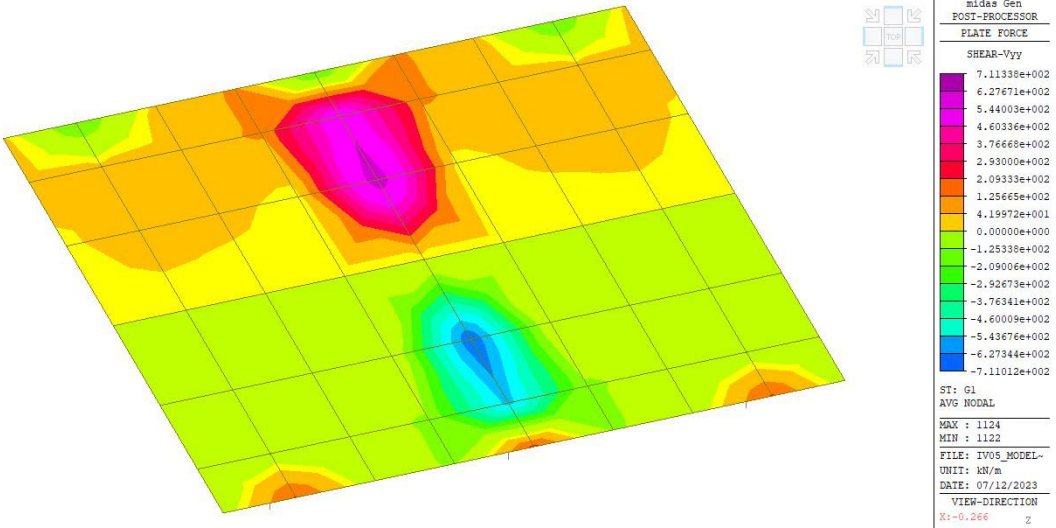


Figura 58 – Plinto fondazione taglio trasversale Vyy G1

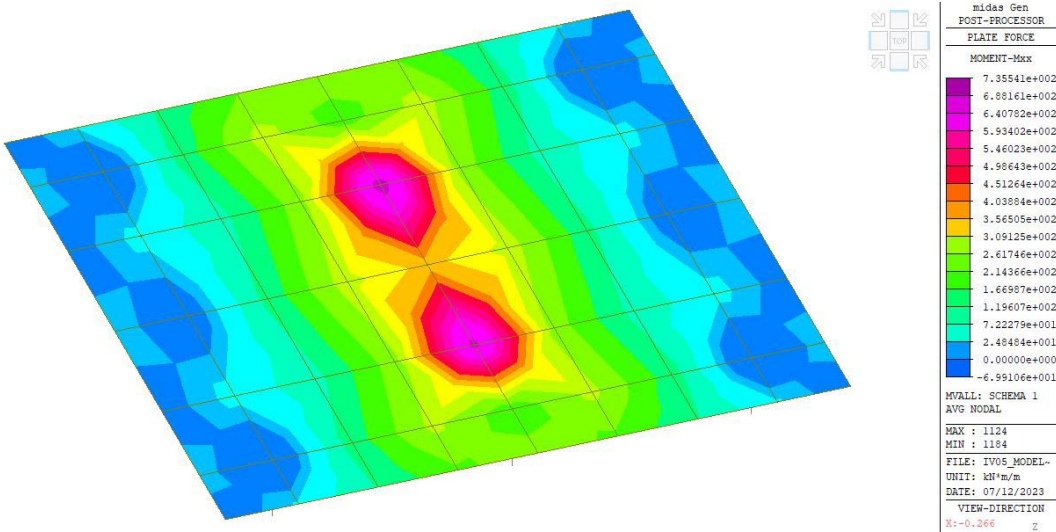


Figura 59 – Plinto fondazione momento longitudinale Mxx mobili

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.r.l.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	48

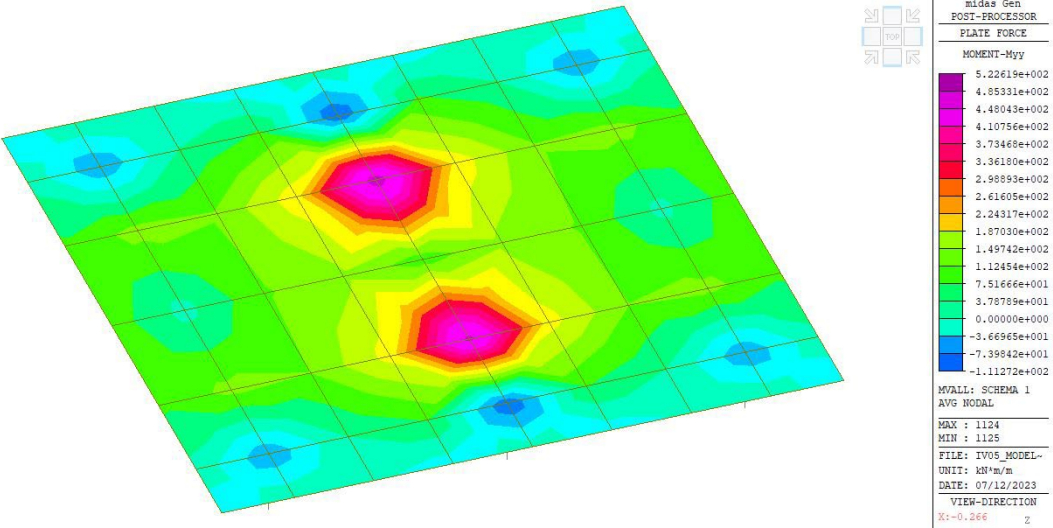


Figura 60 – Plinto fondazione momento trasversale Myy mobili

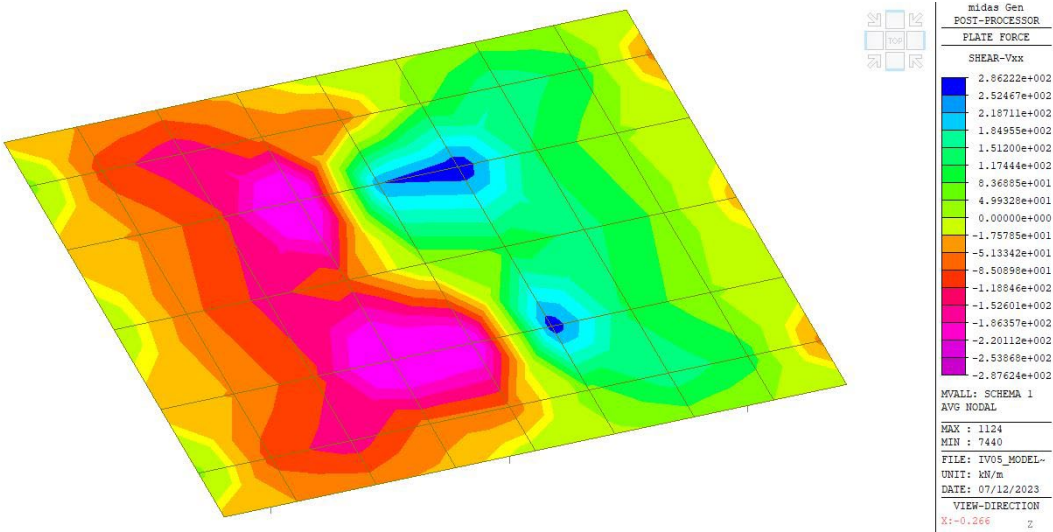


Figura 61 – Plinto fondazione taglio trasversale Vxx mobili

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:01
Seriale Certificato: 2702585
Valida dal 01/03/2023 al 01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.r.l.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	49

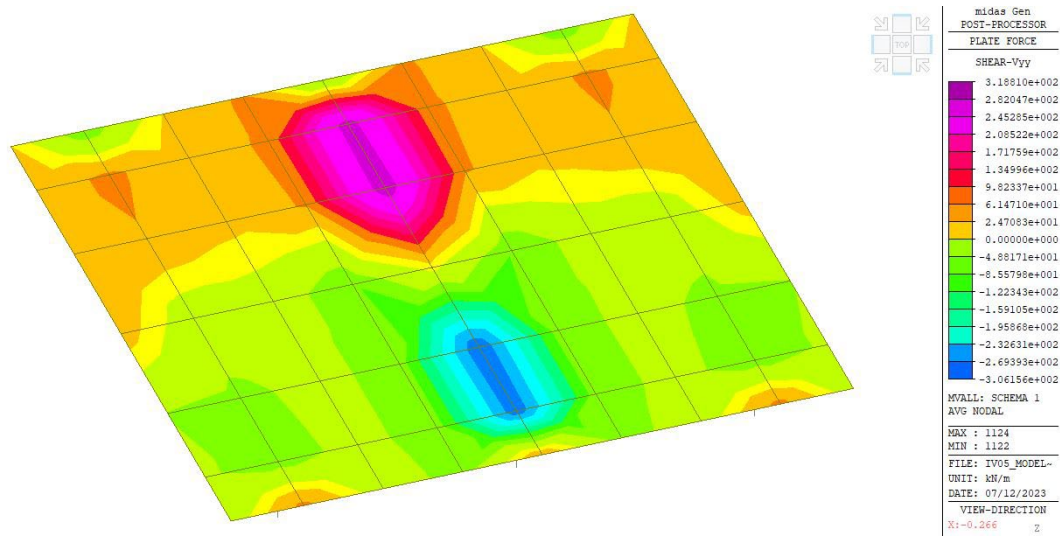


Figura 62 – Plinto fondazione taglio trasversale Vyy mobili

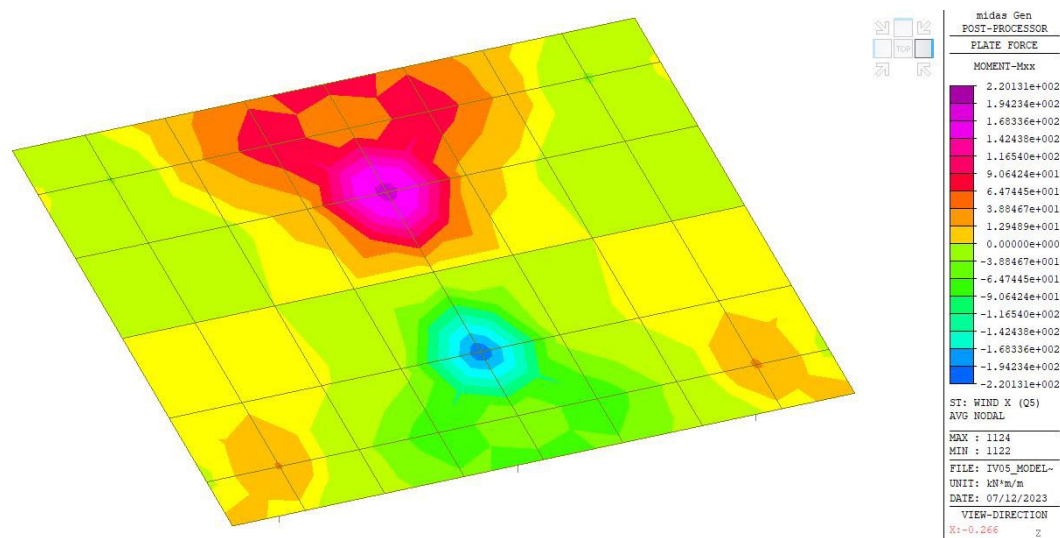


Figura 63 – Plinto fondazione momento longitudinale Mxx vento

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eDocuSign, Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	50	

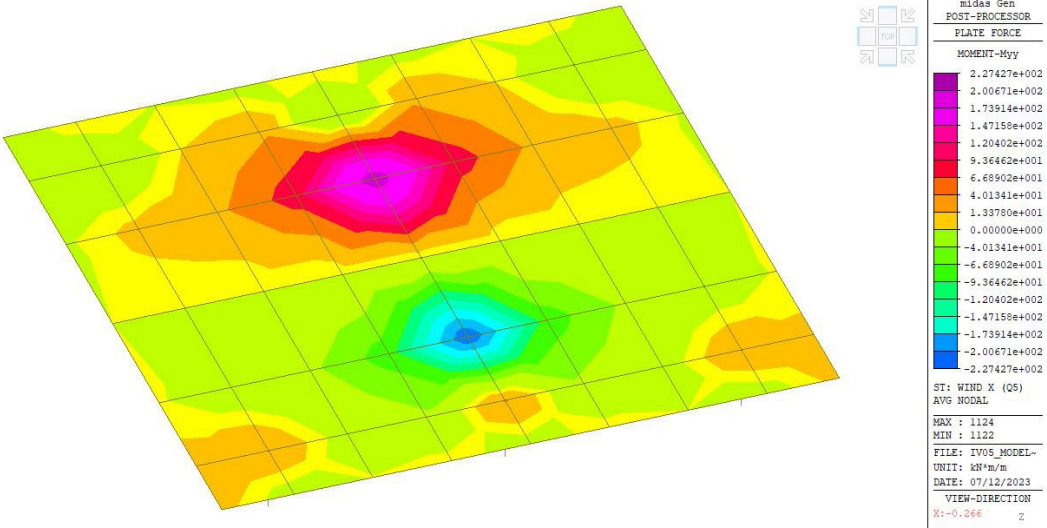


Figura 64 – Plinto fondazione momento trasversale Myy vento

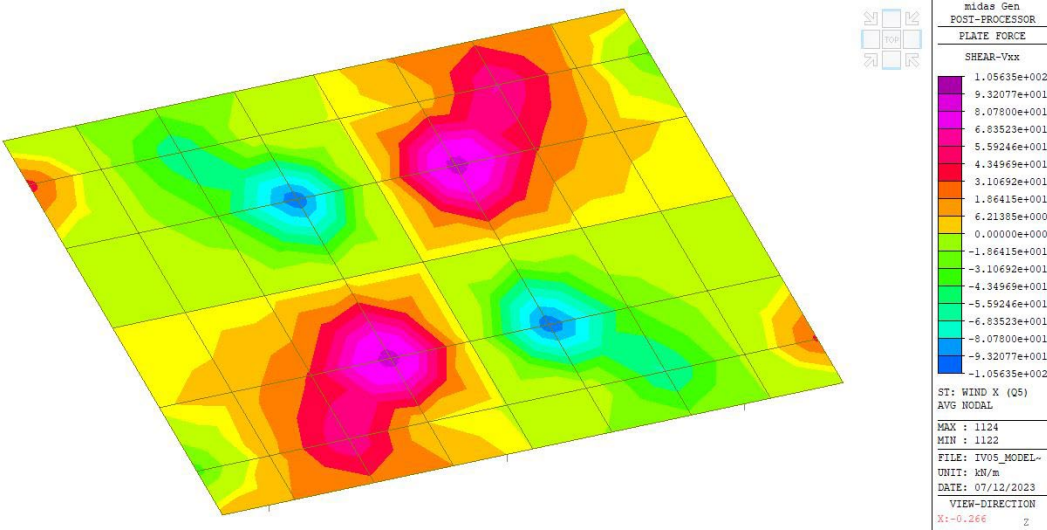


Figura 65 – Plinto fondazione taglio trasversale Vxx vento

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:01
Seriale Certificato: Z702585
Valida dal 01/03/2023 al 01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	51

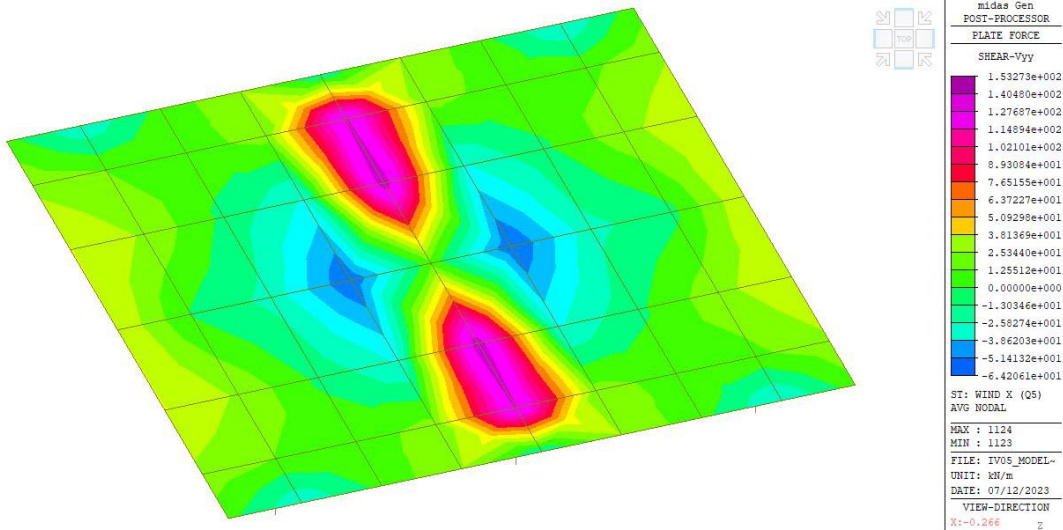


Figura 66 – Plinto fondazione taglio trasversale Vyy vento

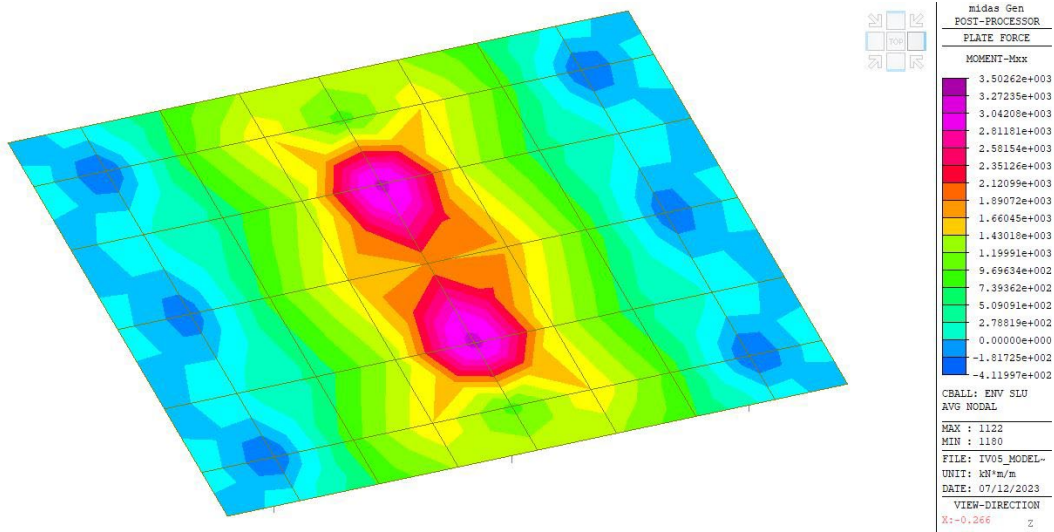


Figura 67 – Plinto fondazione momento longitudinale Mxx ENV SLU

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:01
Seriale Certificato: 2702585
Valida dal 01/03/2023 al 01/03/2025
eMCA Group, Qualified Electronic Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA											
IV05- Relazione di calcolo pile			COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
			LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	52

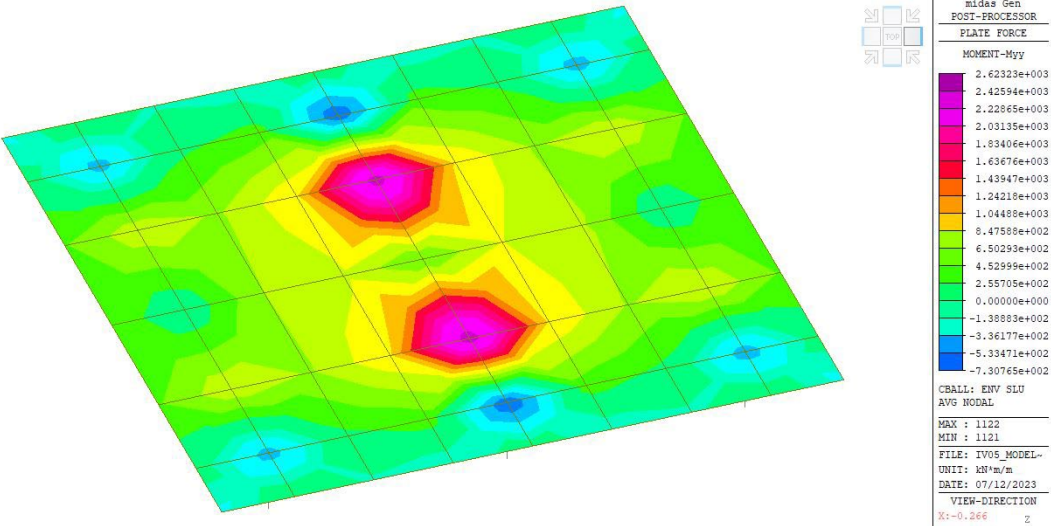


Figura 68 – Plinto fondazione momento trasversale Myy ENV SLU

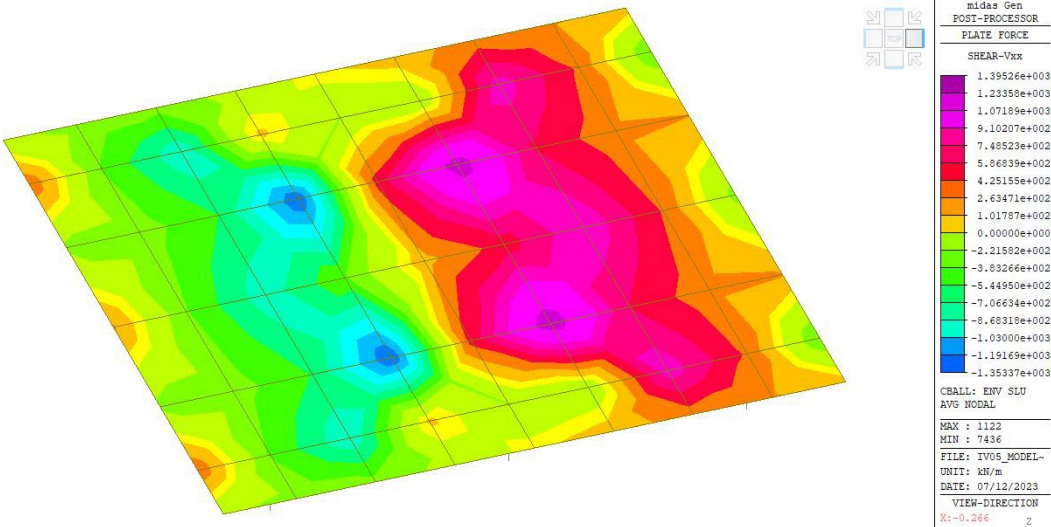


Figura 69 – Plinto fondazione taglio trasversale ENV SLU

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida da 01/03/2023 al
01/03/2028
eIDAS-compliant Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.r.l.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	53

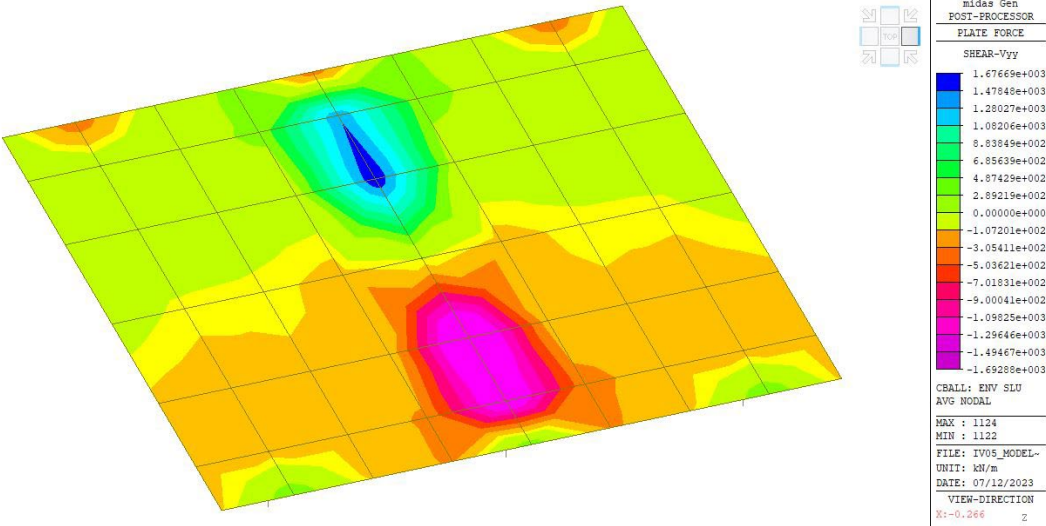


Figura 70 – Plinto fondazione taglio trasversale ENV SLU

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	54

10.3 DEFORMATE

Si riportano di seguito le deformate per le condizioni di carico elementari

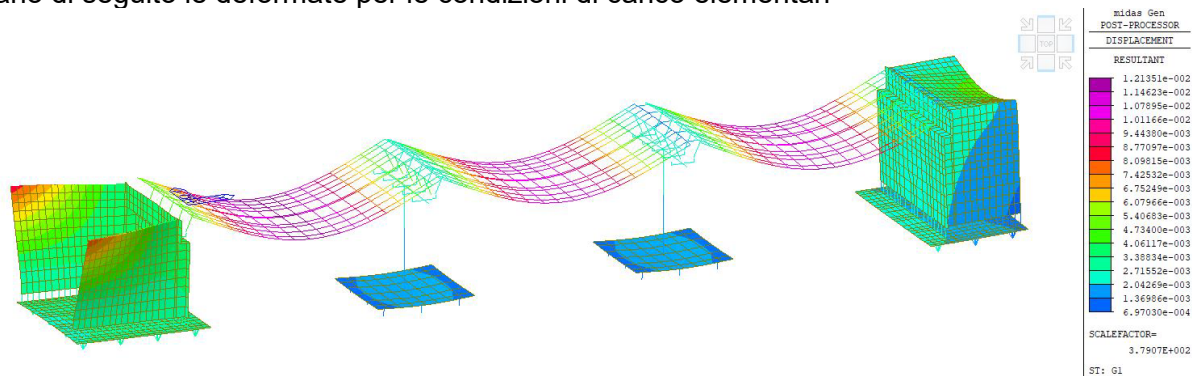


Figura 71 – Deformata G1

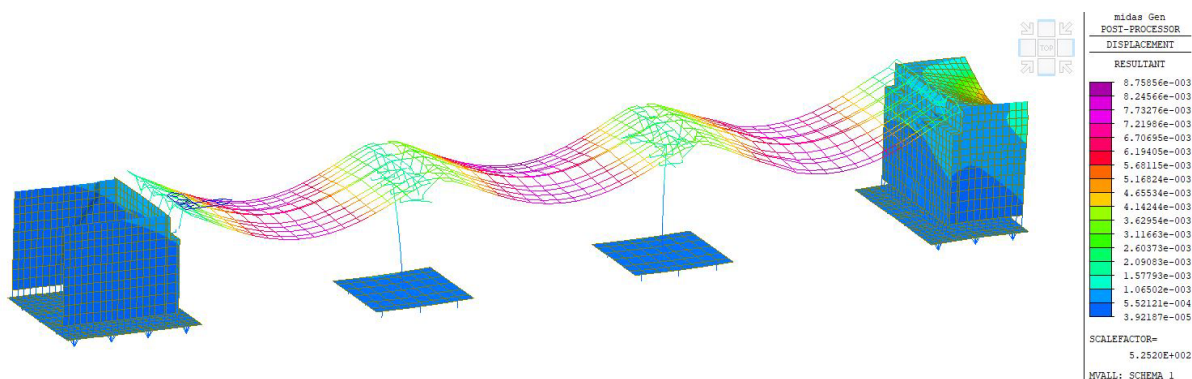


Figura 72 – Deformata carichi mobili

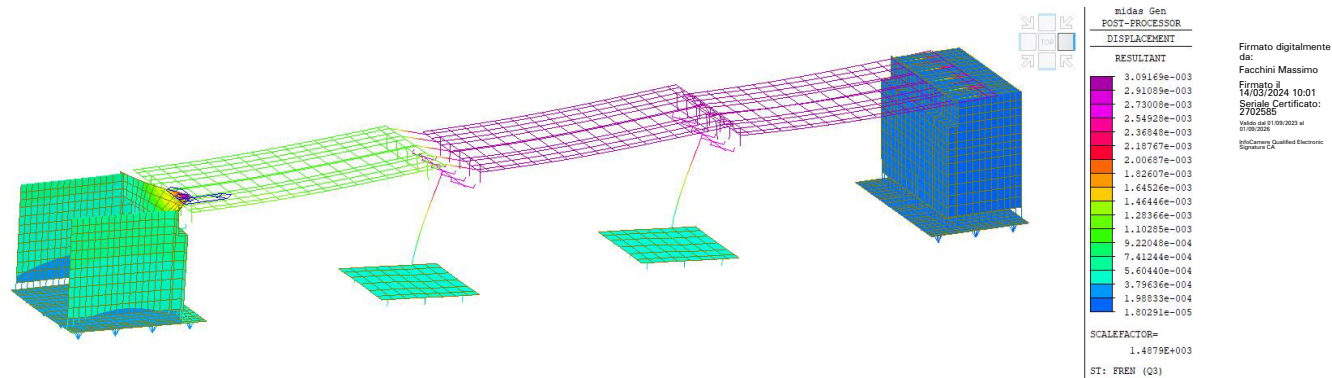


Figura 73 – Deformata frenamento

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA 7 DISCIPLINA

PROGR

REV

FOGLIO

LI0B

02

E

ZZ

CL

IV

05

05

001

A

55

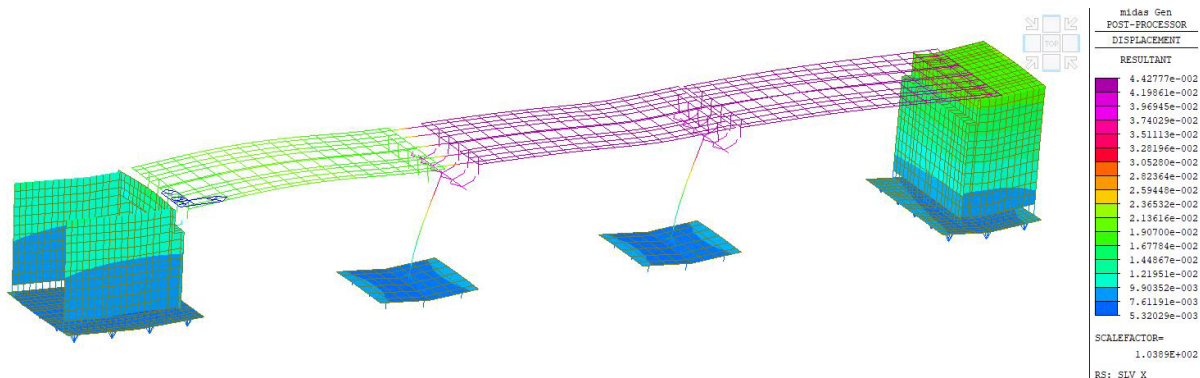


Figura 74 – Deformata Sisma x

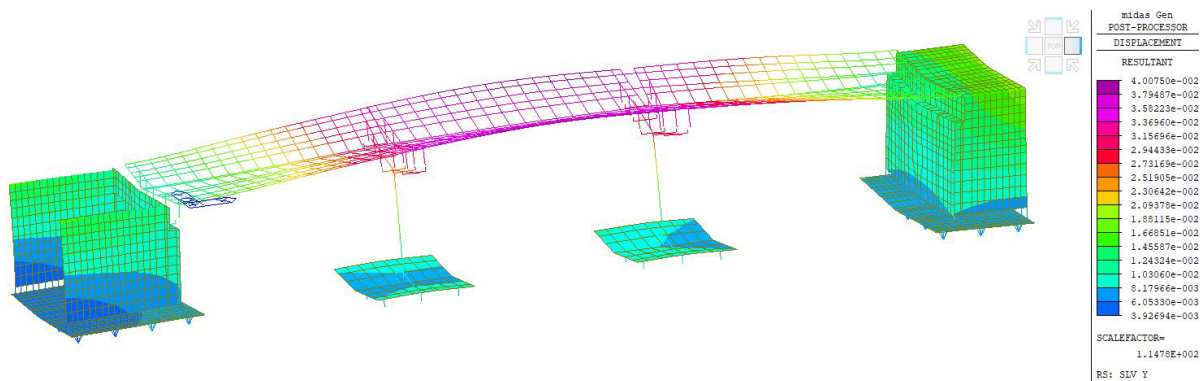


Figura 75 – Deformata sisma y

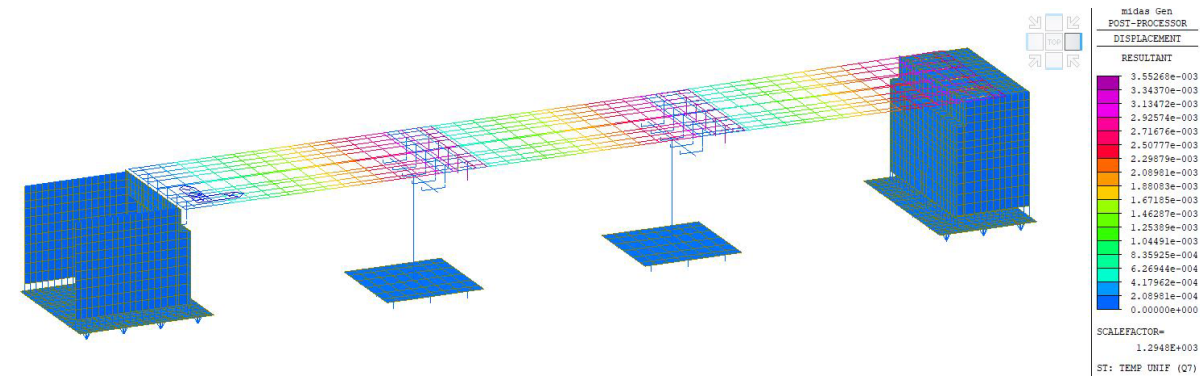


Figura 76 – Deformata termica uniforme

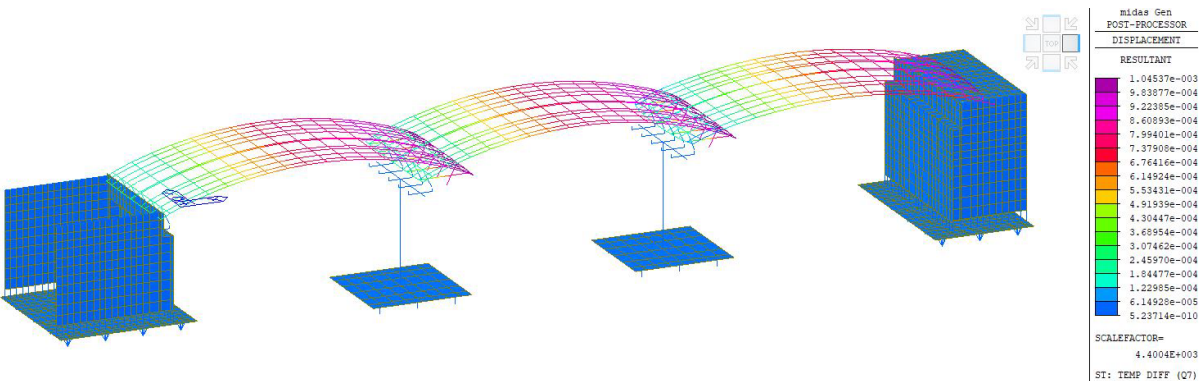


Figura 77 – Deformata termica differenziale

MANDATARIA HUB CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HYpro SOFTWARE		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	56

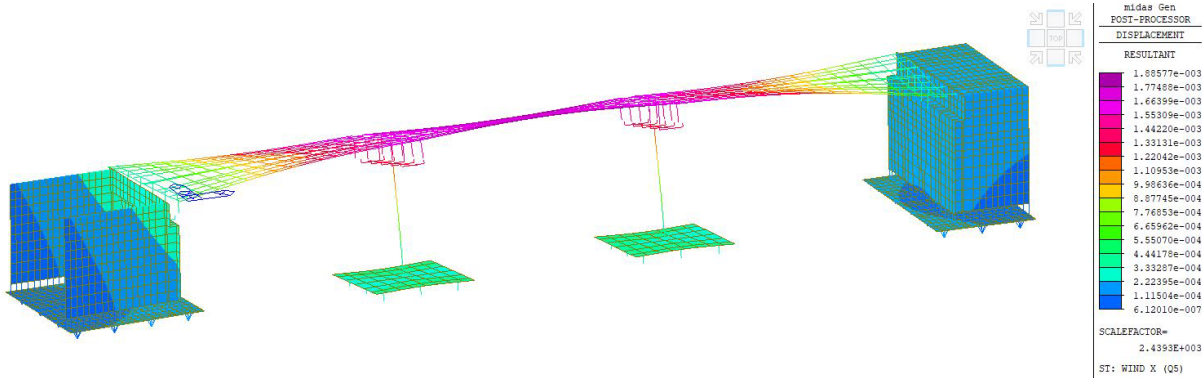


Figura 78 – Deformata vento x

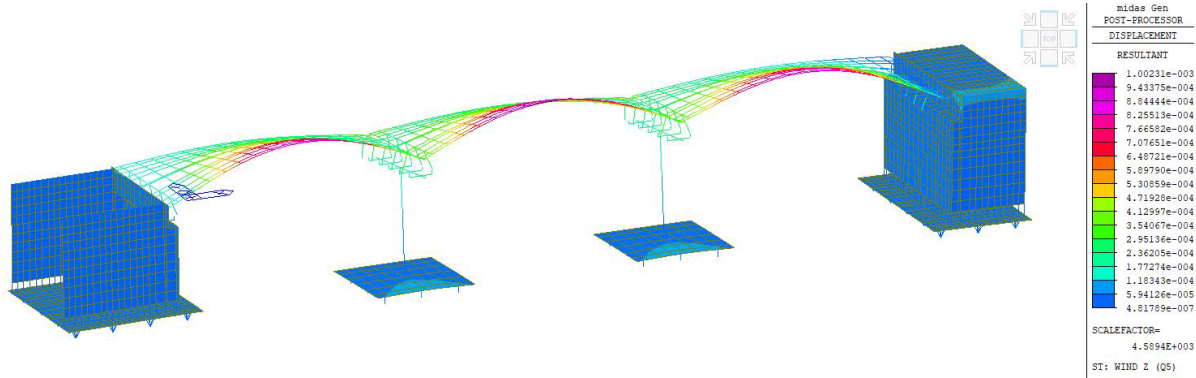


Figura 79 – Deformata vento z

11. GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Sono state effettuati alcuni controlli speditivi sui risultati delle analisi al fine di accertare l'affidabilità dei risultati.

Controllo 1: Sollecitazioni su travi per effetto del peso proprio G_1

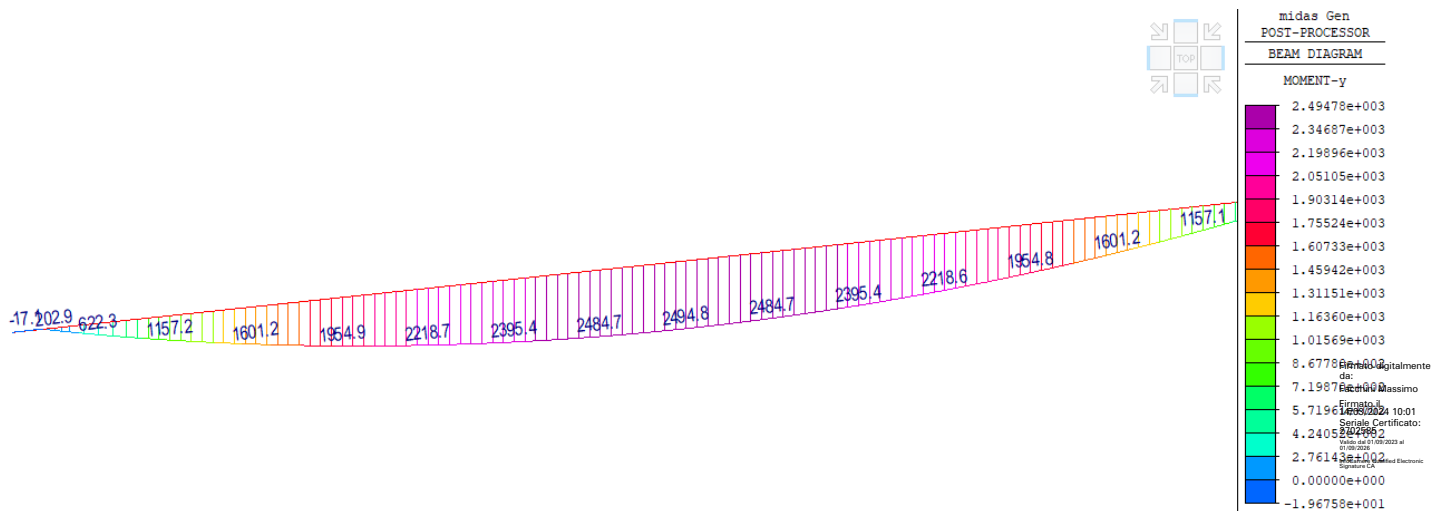
La sezione tipo della singola trave in c.a.p. ha un'area di 0.7m^2 a cui corrisponde un carico di $q_{tr}=17.5\text{kN/m}$.

A tale peso si aggiunge quello della soletta. Sulla trave di bordo grava approssimativamente una fascia di soletta di larghezza 3.1m a cui si può attribuire uno spessore medio di 0.3m: si ha quindi un carico $q_{sol}=23.25\text{kN/m}$.

Considerando la luce teorica tra gli appoggi pari a 22.8m si ha un momento flettente pari a:

$$M_{G1,check} = (17.5+23.25)*22.8^2/8=2647\text{kNm}$$

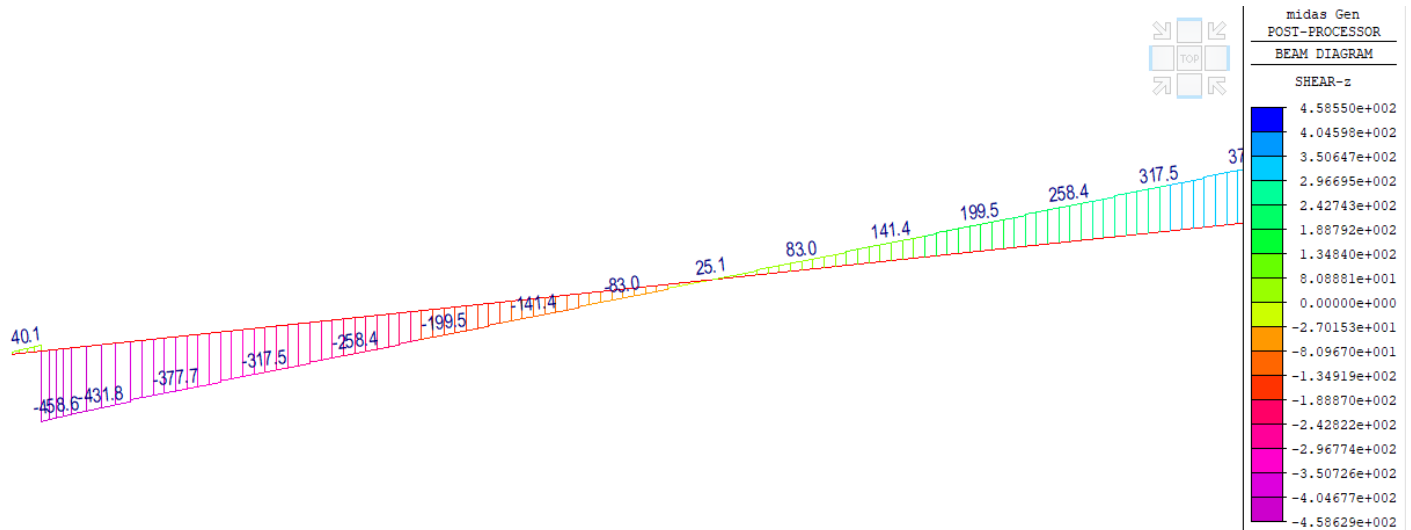
Dal modello di calcolo, nel quale esistono gli effetti di ripartizione trasversale per effetto della presenza delle fasce di soletta e dei traversi intermedi, si ottiene: $M_{G1,FEM} = 2495 \text{ kNm}$



Dunque il momento calcolato in modo speditivo risulta superiore solo del 6.0%; pertanto tale risultato appare accettabile.

Il massimo taglio agente calcolato manualmente risulta: $V_{G1,check} = (17.5+23.25)*22.8/2=465.6\text{kNm}$
Dal modello di calcolo si ottiene: $V_{G1,FEM} = 459\text{kNm}$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro SAF		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	58



Si ha quindi una differenza inferiore al 2% che risulta chiaramente accettabile.

Controllo 2: Sollecitazioni su travi per effetto dei carichi da traffico Modello 1

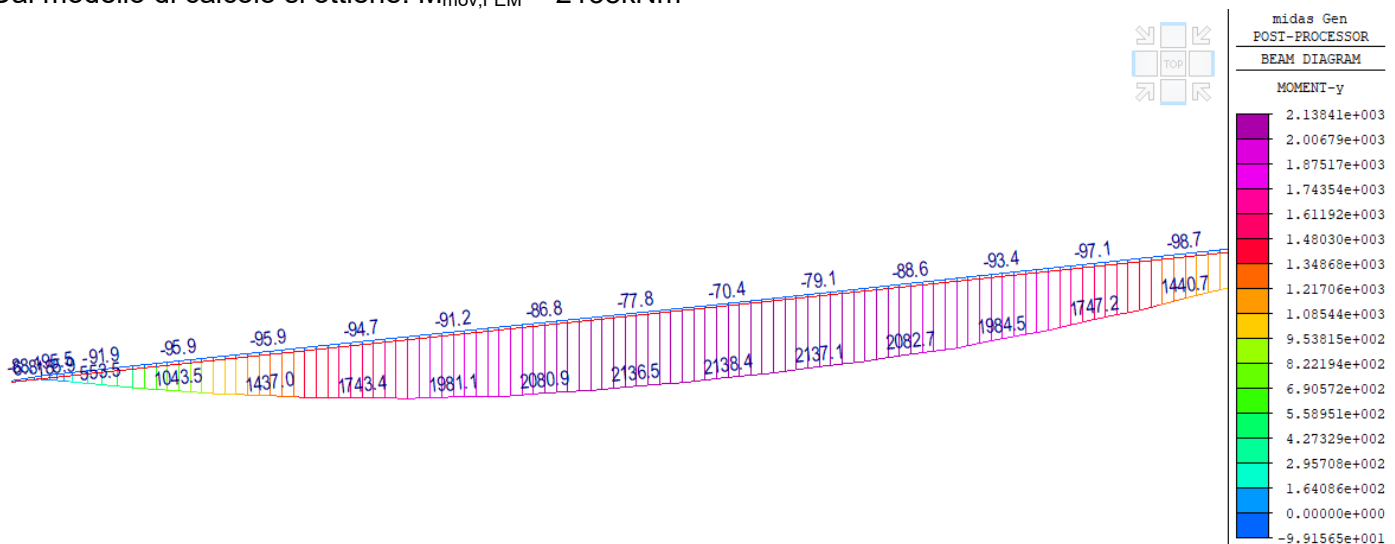
La trave di bordo ha un'eccentricità rispetto all'asse impalcato di 4.2m; trascurando le corsie pedonali e lo spazio rimanente, la corsia 1 e la corsia 2 hanno un'eccentricità rispettivamente di 2.95m e -0.05m.

Considerando una ripartizione trasversale alla Courbon, la corsia 1 ha un coefficiente di ripartizione pari a $r_{1,1}=0.48$ rispetto alla trave 1 mentre la corsia 2 ha un coefficiente di ripartizione $r_{2,1}= 0.195$.

Considerando i tandem, sulla trave 1 agiranno 2 forze concentrate ciascuna pari a: $F_{tand}=300*0.48 + 200*0.195=183\text{kN}$

Considerando i carichi distribuiti: $q_{dist}= 27*0.48 + 7.5*0.195 = 14.4\text{kN/m}$

Considerando i carichi distribuiti presenti su tutta la campata e i tandem in mezzzeria, il massimo momento flettente risulta: $M_{mov,check} = 14.4*22.8^2/8 + 183*(22.8/2-1.2/2) = 2912\text{kNm}$
Dal modello di calcolo si ottiene: $M_{mov,FEM} = 2138\text{kNm}$

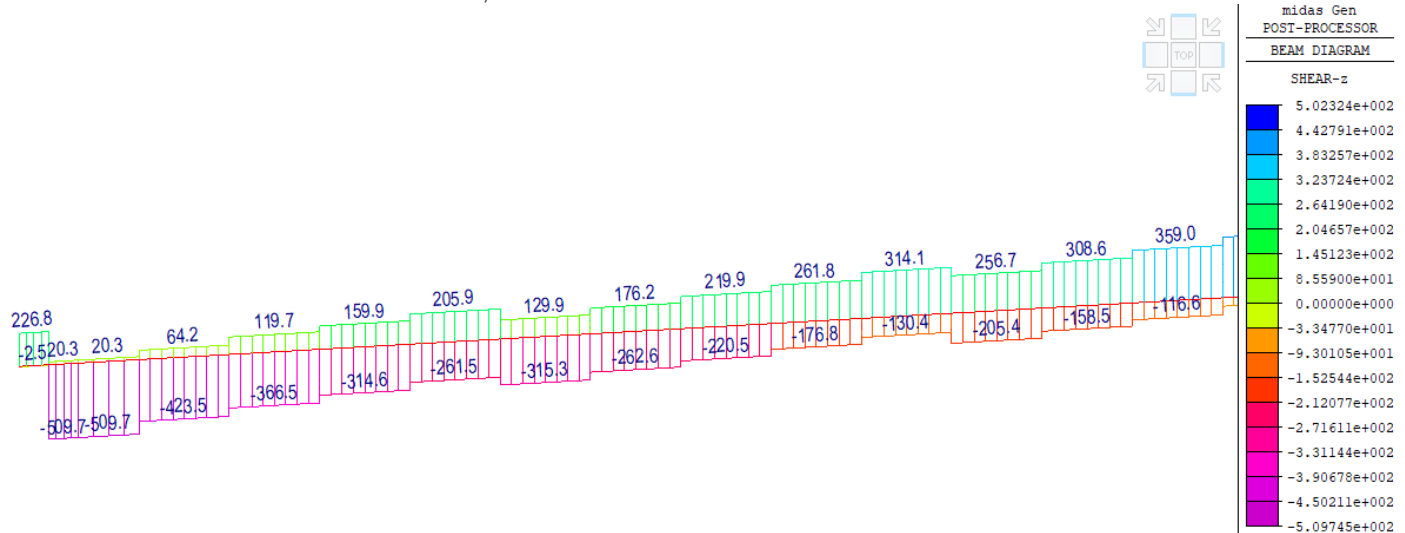


MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro SRL		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	59

Il calcolo manuale fornisce un momento massimo più alto del 26% ma, in virtù della presenza di fasce di soletta e traversi, che garantiscono una notevole ripartizione dei carichi, si giudica il risultato accettabile.

Considerando i carichi distribuiti presenti su tutta la campata e i tandem in prossimità dell'appoggio, il massimo taglio risulta: $V_{\text{mov, check}} = 14.4 \cdot 22.8/2 + 183 \cdot 2 = 530 \text{ kN}$

Dal modello di calcolo si ottiene: $V_{\text{mov, FEM}} = 509 \text{ kN}$



La differenza tra il calcolo manuale e il calcolo FEM è pari al 4% confermando l'affidabilità del modello. La maggior precisione del taglio è dovuta al fatto che il massimo taglio si attinge quando i tandem sono prossimi all'appoggio e quindi risultano ridotti gli effetti della ripartizione trasversale di soletta e traversi.

Controllo 3: Sollecitazioni su fusto pila per effetto del peso proprio G1

Controllo 4: Sollecitazioni su fusto pila per effetto dei carichi mobili

Si considera la Pila 1 ($H_{\text{tot}}=8.8\text{m}$) che, tra l'altro, ha la stessa geometria della pila 2.

In base alle valutazioni effettuate in precedenza, il peso totale di una trave è pari a $P_{\text{tr}}=17.5 \cdot 25=438 \text{ kN}$

Considerando 5 travi (e un incremento del 10% per tener conto dei ringrossi sulle testate): $P_{\text{tr, tot}} = 2409 \text{ kN}$

Il peso dei traversi approssimativamente è pari a: $P_{\text{trav}} = 4 \cdot 4 \cdot 0.4 \cdot 1.2 \cdot 25 = 192 \text{ kN}$

La soletta ha un peso complessivo: $P_{\text{sol}} = 25 \cdot 12.7 \cdot 0.3 \cdot 25 = 2381 \text{ kN}$

Il pulvino ha un peso pari a: $P_{\text{pulv}} = (3.2 \cdot 10 \cdot 1.25 + (5+10) \cdot 0.5 \cdot (2+3.2) \cdot 0.5 \cdot 1.25) \cdot 25 = 1610 \text{ kN}$

Il fusto pila ha una sezione di 9.1 m^2 , da cui $P_{\text{fusto}} = 6.3 \cdot 25 \cdot 7.4 \text{ m} = 1165 \text{ kN}$

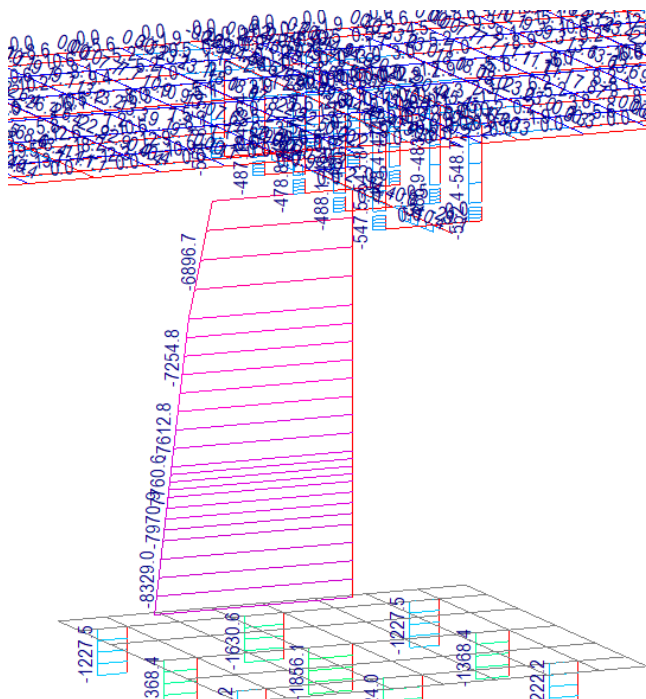
Sommando i contributi si ottiene lo sforzo normale alla base della pila per effetto dei carichi G1:

$$N_{G1, \text{check}} = 7757 \text{ kN}$$

Dal modello di calcolo si ottiene: $N_{G1, \text{FEM}} = 8329 \text{ kN}$

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Data: 03/2024 10:01
Serial: Certificato: 2702585
Versione: 4.0.1 (03/2023) di
Signature CA - Certified Electronic

IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	60

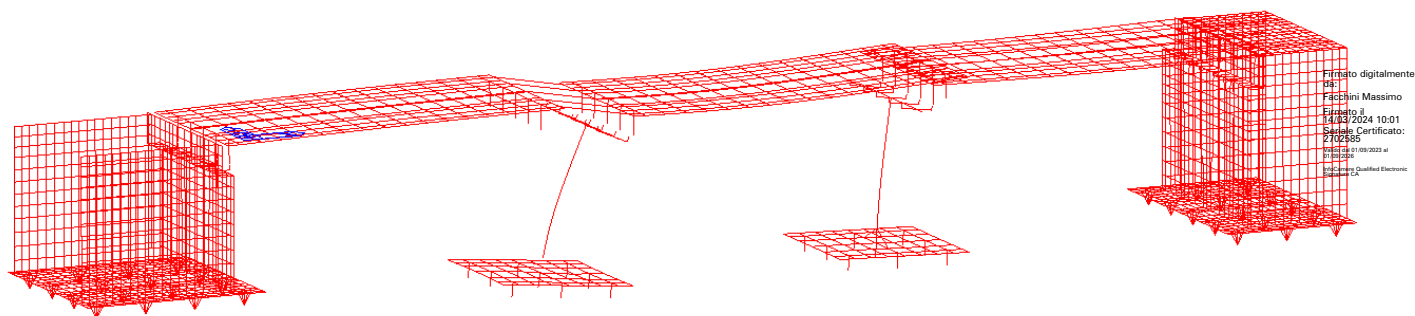


Si ritiene che una differenza pari al 7% circa sia certamente accettabile.

Controllo 5: Controllo risultati analisi modale

Dall'analisi modale, il primo modo che coinvolge una significativa massa partecipante è il modo 2 che eccita nel dettaglio la pila 1 ed il relativo impalcato in direzione longitudinale.

Il periodo di oscillazione associato al modo 2 è pari a $T_{FEM} = 0.477 \text{sec.}$



Considerando la pila 1 ed equiparandola ad un oscillatore semplice, la massa da prendere in considerazione è costituita da:

- Massa impalcato (una campata);
- Massa pulvino;
- Massa $\frac{1}{2}$ fusto pila (approssimativamente).

Quindi, oltre ai carichi determinati in precedenza è necessario valutare i carichi fissi non strutturali sull'impalcato. Considerando la somma dei carichi associati a pavimentazione, velette, cordoli, barriere, ecc. si ha un carico $q_{G2}=54\text{kN/m}$ da cui $G2_{tot}=25 \cdot 49=1225\text{kN}$.

La massa totale è pari a: $M = (1225 + 7757 - 1165/2)/g = 856\text{ton.}$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	61

La rigidezza della pila viene valutata come quella di una mensola considerando un'altezza totale pari a quella della pila maggiorata di 1.5m per tener conto dell'altezza a cui è posizionato l'impalcato. (Le caratteristiche del materiale e l'inerzia della sezione sono ricavate dal modello di calcolo).

Rigidezza a flessione: $K_{flex} = 3 \cdot E \cdot I / h^3 = (3 \cdot 33000 \cdot 2.7618 \cdot 1000^4) / (10300^3) = 250216 \text{ kN/m}$

Rigidezza tagliente: $K_{shear} = X \cdot G \cdot A / H = 1.2 \cdot (13750 \cdot 9.1 \cdot 10^6) / 8800 = 17062500 \text{ kN/m}$

La rigidezza complessiva equivale a: $K_{eq} = 246599 \text{ kN/m}$

Da cui:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \text{radq}(M/K) = 0.37 \text{ sec vs } T_{FEM} = 0.47 \text{ sec}$$

Sebbene tra i due risultati ci sia uno scarto del 25% circa, alla luce delle complessità del modello di calcolo (che include la deformabilità delle platee di fondazione, vincoli elastici, ecc.), quanto ottenuto dal calcolo manuale risulta soddisfacente e conferma i risultati dell'analisi FEM.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	62

12. VERIFICA DELLE PILE

12.1 VERIFICA PILE A PRESSOFLESSIONE PER AZIONI SLU – SLV

12.1.1 Fusto pila 1

Si riportano di seguito le verifiche relative all'elevazione delle pile per effetto delle sollecitazioni relative alle combinazioni di carico considerate allo SLU e SLV.

I diagrammi delle sollecitazioni sono riportati qualitativamente al §10.2

Le caratteristiche della sezione del fusto pila sono:

- $b = 2.00\text{m}$;
- $h = 5.00\text{m}$;
- $A_f = \varnothing 26/10\text{cm} + \varnothing 26/10\text{cm}$

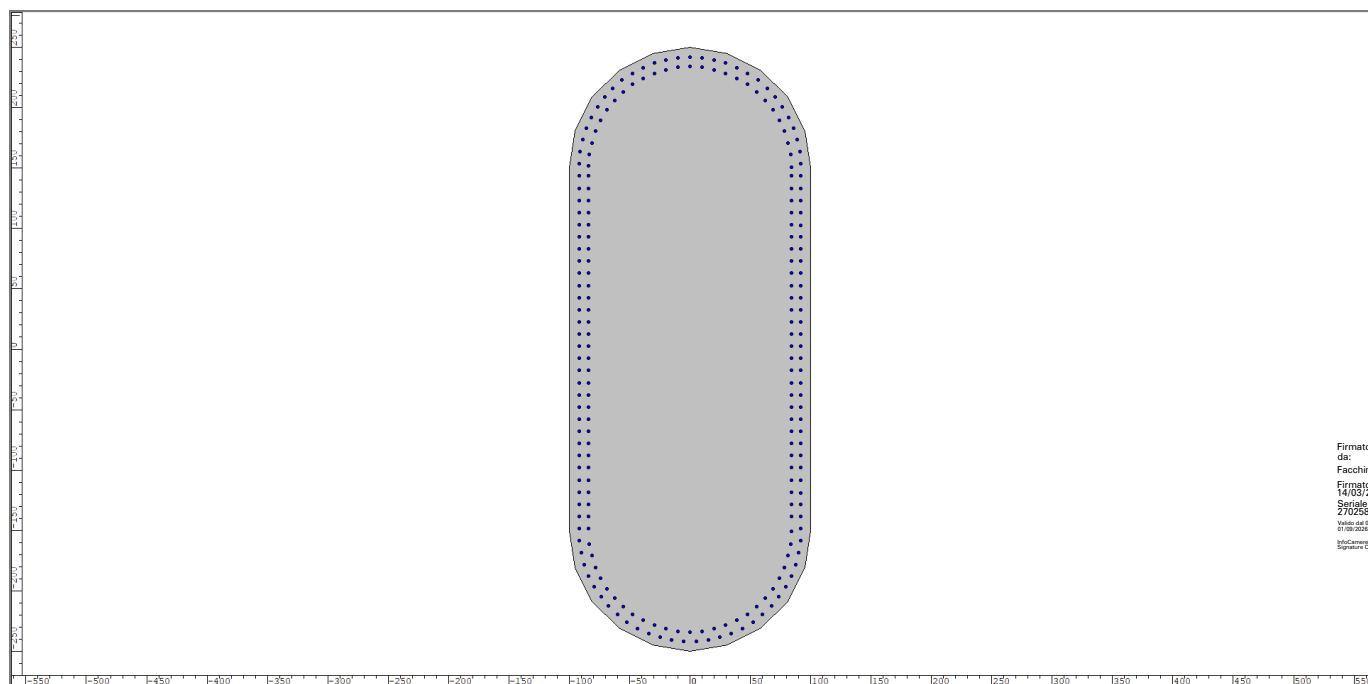


Figura 80 – Sezione trasversale di verifica pila 1

Le verifiche vengono effettuate impiegando il software Presfle e gli esiti vengono riportati in forma tabellare.

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2	C/D
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	-
510	SLU1(max)	I[331]	-12773	-229	94	618	3601	1409	13.48
510	SLU2(max)	I[331]	-13222	308	94	480	3601	8810	9.45
510	SLU3(max)	I[331]	-9262	-228	94	620	3601	1429	12.84
510	SLU4(max)	I[331]	-9711	309	94	482	3601	8831	9.06
510	SLU5(max)	I[331]	-12782	-253	662	326	7664	-1013	6.48
510	SLU6(max)	I[331]	-13231	284	662	188	7664	6388	6.11
510	SLU7(max)	I[331]	-9272	-252	662	328	7664	-993	6.17
510	SLU8(max)	I[331]	-9720	285	662	190	7664	6408	5.86

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	63

510	SLU9(max)	I[331]	-12773	-229	-94	618	1891	1409	24.87
510	SLU10(max)	I[331]	-13222	308	-94	480	1891	8810	11.51
510	SLU11(max)	I[331]	-9262	-228	-94	620	1891	1429	23.76
510	SLU12(max)	I[331]	-9711	309	-94	482	1891	8831	11.05
510	SLU13(max)	I[331]	-12782	-253	474	326	5954	-1013	8.32
510	SLU14(max)	I[331]	-13231	284	474	188	5954	6388	7.52
510	SLU15(max)	I[331]	-9272	-252	474	328	5954	-993	7.92
510	SLU16(max)	I[331]	-9720	285	474	190	5954	6408	7.21
510	SLU17(max)	I[331]	-12633	-428	94	421	2584	-3457	16.41
510	SLU18(max)	I[331]	-13380	467	94	192	2584	8878	10.66
510	SLU19(max)	I[331]	-9122	-427	94	424	2584	-3437	15.74
510	SLU20(max)	I[331]	-9870	468	94	194	2584	8898	10.22
510	SLU1(min)	I[331]	-16195	-314	94	-489	-1892	-9503	11.19
510	SLU2(min)	I[331]	-16643	223	94	-627	-1892	-2102	24.36
510	SLU3(min)	I[331]	-12684	-313	94	-487	-1892	-9483	10.80
510	SLU4(min)	I[331]	-13133	224	94	-625	-1892	-2082	23.53
510	SLU5(min)	I[331]	-14741	-300	662	-298	4206	-6905	9.76
510	SLU6(min)	I[331]	-15189	237	662	-435	4206	496	12.22
510	SLU7(min)	I[331]	-11230	-299	662	-295	4206	-6885	9.41
510	SLU8(min)	I[331]	-11679	238	662	-433	4206	516	11.65
510	SLU9(min)	I[331]	-16195	-314	-94	-489	-3602	-9503	9.29
510	SLU10(min)	I[331]	-16643	223	-94	-627	-3602	-2102	13.88
510	SLU11(min)	I[331]	-12684	-313	-94	-487	-3602	-9483	9.01
510	SLU12(min)	I[331]	-13133	224	-94	-625	-3602	-2082	13.31
510	SLU13(min)	I[331]	-14741	-300	474	-298	2496	-6905	12.88
510	SLU14(min)	I[331]	-15189	237	474	-435	2496	496	20.43
510	SLU15(min)	I[331]	-11230	-299	474	-295	2496	-6885	12.44
510	SLU16(min)	I[331]	-11679	238	474	-433	2496	516	19.48
510	SLU17(min)	I[331]	-14591	-475	94	-202	-874	-9349	11.98
510	SLU18(min)	I[331]	-15339	420	94	-432	-874	2986	32.26
510	SLU19(min)	I[331]	-11081	-474	94	-200	-874	-9329	11.57
510	SLU20(min)	I[331]	-11829	421	94	-430	-874	3007	30.94
510	SLU1(all)	I[331]	-16195	-314	94	618	3601	-9503	9.29
510	SLU2(all)	I[331]	-16643	308	94	-627	3601	8810	9.73
510	SLU3(all)	I[331]	-12684	-313	94	620	3601	-9483	9.01
510	SLU4(all)	I[331]	-13133	309	94	-625	3601	8831	9.43
510	SLU5(all)	I[331]	-14741	-300	662	326	7664	-6905	6.14
510	SLU6(all)	I[331]	-15189	284	662	-435	7664	6388	6.25
510	SLU7(all)	I[331]	-11230	-299	662	328	7664	-6885	5.90
510	SLU8(all)	I[331]	-11679	285	662	-433	7664	6408	6.00
510	SLU9(all)	I[331]	-16195	-314	-94	618	-3602	-9503	9.29
510	SLU10(all)	I[331]	-16643	308	-94	-627	-3602	8810	9.73
510	SLU11(all)	I[331]	-12684	-313	-94	620	-3602	-9483	9.01
510	SLU12(all)	I[331]	-13133	309	-94	-625	-3602	8831	9.43
510	SLU13(all)	I[331]	-14741	-300	474	326	5954	-6905	7.52
510	SLU14(all)	I[331]	-15189	284	474	-435	5954	6388	7.68
510	SLU15(all)	I[331]	-11230	-299	474	328	5954	-6885	7.24
510	SLU16(all)	I[331]	-11679	285	474	-433	5954	6408	7.38
510	SLU17(all)	I[331]	-14591	-475	94	421	2584	-9349	10.43
510	SLU18(all)	I[331]	-15339	467	94	-432	2584	8878	10.87
510	SLU19(all)	I[331]	-11081	-474	94	424	2584	-9329	10.05
510	SLU20(all)	I[331]	-11829	468	94	-430	2584	8898	10.46
									5.86

Firmato digitalmente da:
 Facchini Massimo
 Firmato il 14/03/2024 10:01
 Seriale Certificato: 2702585
 Validato da 01/03/2023 al 01/03/2025
 eIDAS-compliant Electronic Signature

Le verifiche in condizioni NON Sismiche allo SLU sono soddisfatte con un coefficiente minimo C/D =5.86

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	64

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2	C/D
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	-
510	SLV-X1	I[331]	-7725	1338	4284	445	36868	13393	1.23
510	SLV-X2	I[331]	-9836	1322	-4200	391	-36403	13267	1.28
510	SLV-X3	I[331]	-7725	-1328	4284	-397	36868	-13375	1.23
510	SLV-X4	I[331]	-9836	-1344	-4200	-452	-36404	-13501	1.28
510	SLV-X5	I[331]	-9203	1337	4200	440	36404	13386	1.27
510	SLV-X6	I[331]	-11314	1321	-4284	386	-36868	13260	1.29
510	SLV-X7	I[331]	-9203	-1329	4200	-403	36403	-13382	1.27
510	SLV-X8	I[331]	-11314	-1345	-4284	-457	-36868	-13508	1.29
510	SLV-Y1	I[331]	-8463	4442	1315	1409	11224	44579	2.08
510	SLV-Y2	I[331]	-8465	-4444	1315	-1399	11223	-44648	2.09
510	SLV-Y3	I[331]	-9097	4438	-1230	1393	-10758	44541	2.12
510	SLV-Y4	I[331]	-9098	-4449	-1230	-1415	-10759	-44686	2.12
510	SLV-Y5	I[331]	-9941	4442	1230	1404	10759	44571	2.14
510	SLV-Y6	I[331]	-9943	-4444	1230	-1404	10758	-44656	2.14
510	SLV-Y7	I[331]	-10575	4437	-1315	1387	-11223	44534	2.14
510	SLV-Y8	I[331]	-10576	-4449	-1315	-1421	-11224	-44694	2.14
510	SLV-Z1	I[331]	-6739	1333	1414	432	11766	13358	3.48
510	SLV-Z2	I[331]	-11666	1331	1132	415	10216	13334	4.12
510	SLV-Z3	I[331]	-7373	-1338	-1132	-427	-10216	-13448	3.91
510	SLV-Z4	I[331]	-12300	-1340	-1414	-444	-11766	-13472	3.72
									1.26

Le verifiche in condizioni Sismiche allo **SLV** restituiscono un coefficiente minimo **C/D =1.26**

Con riferimento alla combinazione eccezionale dovuta all'urto sulla pila

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2	C/D
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	-
510	ECC-1	I[331]	-9520	-1968	131	36	1188	-4428	20.96
510	ECC-2	I[331]	-9520	-3	-620	-6	-687	-57	69.30
510	ECC-3	I[331]	-9520	-1968	-131	36	-1188	-4428	20.96
510	ECC-4	I[331]	-9520	-3	-881	-6	-3063	-57	15.64
									15.64

Firmato digitalmente da:
 Facchini Massimo
 Firmato il 14/03/2024 10:01
 Seriale Certificato: 270255
 Validato dal CA 01/03/2023 al 01/03/2025
 eIDAS-compliant Electronic Signature CA

Le verifiche per combinazione eccezionale restituiscono un coefficiente minimo **C/D =15.64**

12.1.2 Fusto pila 2

Si riportano di seguito le verifiche relative all'elevazione delle pile per effetto delle sollecitazioni relative alle combinazioni di carico considerate allo SLU e SLV.

I diagrammi delle sollecitazioni sono riportati qualitativamente al §10.2

Le caratteristiche della sezione del fusto pila sono:

- $b = 2.00\text{m}$;
- $h = 5.00\text{m}$;
- $A_f = \varnothing 26/10\text{cm} + \varnothing 26/10\text{cm}$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	65

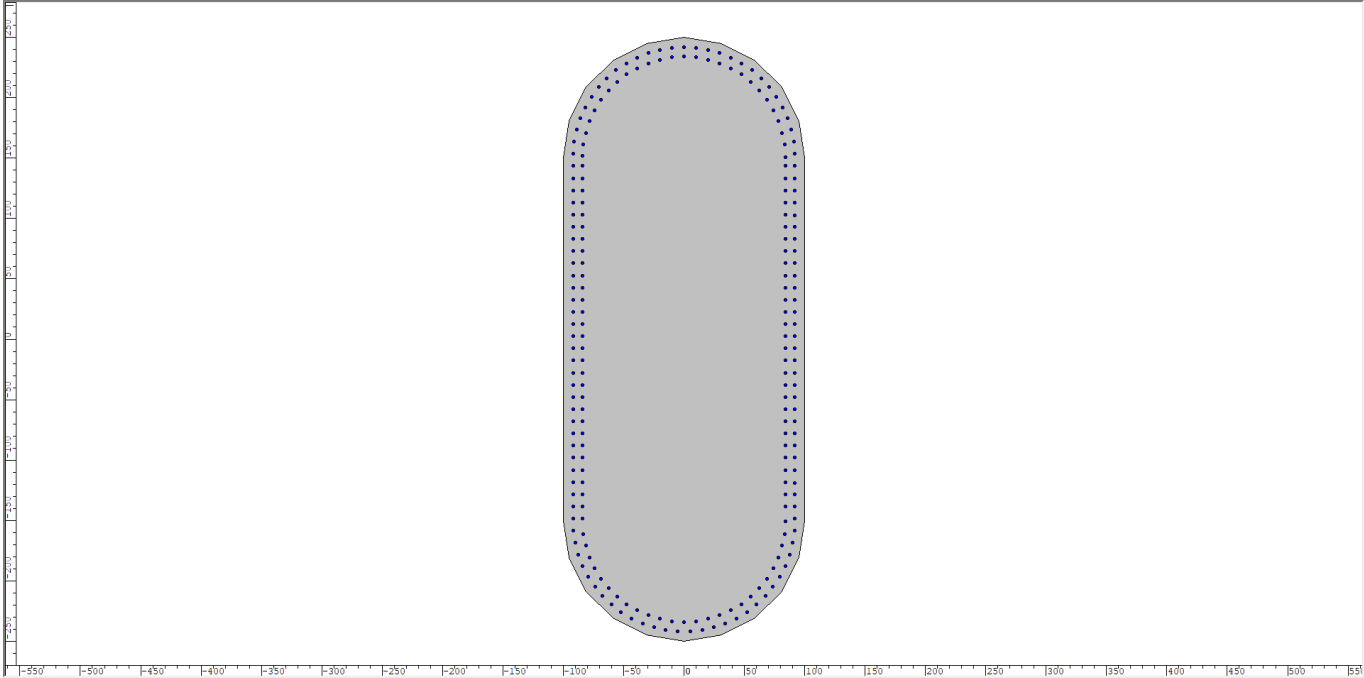


Figura 81 – Sezione trasversale di verifica pila 2

Le verifiche vengono effettuate impiegando il software Presfle e gli esiti vengono riportati in forma tabellare.

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2	C/D
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	-
1047	SLU1(max)	I[686]	-12856	-240	94	202	3698	1707	13.05
1047	SLU2(max)	I[686]	-13305	304	94	571	3698	9172	9.14
1047	SLU3(max)	I[686]	-9323	-240	94	200	3672	1711	12.53
1047	SLU4(max)	I[686]	-9771	304	94	569	3672	9176	8.80
1047	SLU5(max)	I[686]	-12866	-245	662	33	7761	-755	6.43
1047	SLU6(max)	I[686]	-13315	299	662	403	7761	6710	6.01
1047	SLU7(max)	I[686]	-9332	-245	662	31	7735	-752	6.14
1047	SLU8(max)	I[686]	-9781	299	662	401	7735	6713	5.78
1047	SLU9(max)	I[686]	-12856	-240	-94	202	1988	1707	23.35
1047	SLU10(max)	I[686]	-13305	304	-94	571	1988	9172	11.05
1047	SLU11(max)	I[686]	-9323	-240	-94	200	1962	1711	22.64
1047	SLU12(max)	I[686]	-9771	304	-94	569	1962	9176	10.64
1047	SLU13(max)	I[686]	-12866	-245	474	33	6051	-755	8.23
1047	SLU14(max)	I[686]	-13315	299	474	403	6051	6710	7.36
1047	SLU15(max)	I[686]	-9332	-245	474	31	6025	-752	7.86
1047	SLU16(max)	I[686]	-9781	299	474	401	6025	6713	7.08
1047	SLU17(max)	I[686]	-12717	-435	94	-68	2678	-3314	16.13
1047	SLU18(max)	I[686]	-13464	472	94	548	2678	9128	10.35
1047	SLU19(max)	I[686]	-9183	-435	94	-70	2653	-3310	15.58
1047	SLU20(max)	I[686]	-9931	472	94	546	2653	9131	9.97
1047	SLU1(min)	I[686]	-16282	-304	94	-582	-1799	-9446	11.34
1047	SLU2(min)	I[686]	-16730	241	94	-212	-1799	-1981	25.69
1047	SLU3(min)	I[686]	-12748	-304	94	-584	-1825	-9443	10.90
1047	SLU4(min)	I[686]	-13197	241	94	-214	-1825	-1978	24.48
1047	SLU5(min)	I[686]	-14826	-282	662	-446	4301	-6777	9.68
1047	SLU6(min)	I[686]	-15275	262	662	-76	4301	688	11.91
1047	SLU7(min)	I[686]	-11292	-282	662	-448	4275	-6773	9.35

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
270255
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	66

1047	SLU8(min)	I[686]	-11741	262	662	-79	4275	691	11.43
1047	SLU9(min)	I[686]	-16282	-304	-94	-582	-3509	-9446	9.43
1047	SLU10(min)	I[686]	-16730	241	-94	-212	-3509	-1981	14.29
1047	SLU11(min)	I[686]	-12748	-304	-94	-584	-3535	-9443	9.11
1047	SLU12(min)	I[686]	-13197	241	-94	-214	-3535	-1978	13.60
1047	SLU13(min)	I[686]	-14826	-282	474	-446	2591	-6777	12.84
1047	SLU14(min)	I[686]	-15275	262	474	-76	2591	688	19.57
1047	SLU15(min)	I[686]	-11292	-282	474	-448	2565	-6773	12.44
1047	SLU16(min)	I[686]	-11741	262	474	-79	2565	691	18.86
1047	SLU17(min)	I[686]	-14677	-472	94	-547	-781	-9335	12.06
1047	SLU18(min)	I[686]	-15425	435	94	69	-781	3106	32.27
1047	SLU19(min)	I[686]	-11143	-472	94	-550	-807	-9332	11.61
1047	SLU20(min)	I[686]	-11891	435	94	66	-807	3110	30.81
1047	SLU1(all)	I[686]	-16282	-304	94	-582	3698	-9446	9.23
1047	SLU2(all)	I[686]	-16730	304	94	571	3698	9172	9.41
1047	SLU3(all)	I[686]	-12748	-304	94	-584	3672	-9443	8.97
1047	SLU4(all)	I[686]	-13197	304	94	569	3672	9176	9.15
1047	SLU5(all)	I[686]	-14826	-282	662	-446	7761	-6777	6.10
1047	SLU6(all)	I[686]	-15275	299	662	403	7761	6710	6.14
1047	SLU7(all)	I[686]	-11292	-282	662	-448	7735	-6773	5.88
1047	SLU8(all)	I[686]	-11741	299	662	401	7735	6713	5.91
1047	SLU9(all)	I[686]	-16282	-304	-94	-582	-3509	-9446	9.43
1047	SLU10(all)	I[686]	-16730	304	-94	571	-3509	9172	9.62
1047	SLU11(all)	I[686]	-12748	-304	-94	-584	-3535	-9443	9.11
1047	SLU12(all)	I[686]	-13197	304	-94	569	-3535	9176	9.29
1047	SLU13(all)	I[686]	-14826	-282	474	-446	6051	-6777	7.46
1047	SLU14(all)	I[686]	-15275	299	474	403	6051	6710	7.51
1047	SLU15(all)	I[686]	-11292	-282	474	-448	6025	-6773	7.20
1047	SLU16(all)	I[686]	-11741	299	474	401	6025	6713	7.25
1047	SLU17(all)	I[686]	-14677	-472	94	-547	2678	-9335	10.35
1047	SLU18(all)	I[686]	-15425	472	94	548	2678	9128	10.55
1047	SLU19(all)	I[686]	-11143	-472	94	-550	2653	-9332	9.98
1047	SLU20(all)	I[686]	-11891	472	94	546	2653	9131	10.20
									5.78

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025

Le verifiche in condizioni NON Sismiche allo SLU sono soddisfatte con un coefficiente minimo C/D =6.63

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2	C/D
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	-
1047	SLV-X1	I[686]	-8506	1438	4295	1367	36855	14315	1.24
1047	SLV-X2	I[686]	-9158	1397	-4228	1250	-36267	14005	1.27
1047	SLV-X3	I[686]	-8510	-1395	4294	-1232	36849	-14009	1.24
1047	SLV-X4	I[686]	-9162	-1435	-4229	-1349	-36273	-14319	1.27
1047	SLV-X5	I[686]	-10000	1435	4229	1357	36407	14302	1.28
1047	SLV-X6	I[686]	-10652	1394	-4294	1240	-36715	13992	1.29
1047	SLV-X7	I[686]	-10003	-1398	4228	-1242	36401	-14021	1.28
1047	SLV-X8	I[686]	-10655	-1438	-4295	-1359	-36721	-14331	1.28
1047	SLV-Y1	I[686]	-8730	4728	1313	4358	11270	47251	2.00
1047	SLV-Y2	I[686]	-8742	-4713	1309	-4305	11249	-47162	2.01
1047	SLV-Y3	I[686]	-8926	4716	-1243	4323	-10667	47158	2.03
1047	SLV-Y4	I[686]	-8938	-4725	-1247	-4340	-10687	-47255	2.03
1047	SLV-Y5	I[686]	-10224	4725	1247	4348	10822	47238	2.05
1047	SLV-Y6	I[686]	-10236	-4717	1243	-4315	10801	-47174	2.06
1047	SLV-Y7	I[686]	-10419	4713	-1309	4313	-11115	47145	2.04
1047	SLV-Y8	I[686]	-10431	-4729	-1313	-4350	-11135	-47267	2.05

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.r.l. LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
IV05- Relazione di calcolo pile				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	67

1047	SLV-Z1	I[686]	-6992	1428	1389	1337	11785	14220	3.44
1047	SLV-Z2	I[686]	-11970	1417	1169	1305	10292	14180	4.06
1047	SLV-Z3	I[686]	-7191	-1417	-1169	-1297	-10158	-14196	3.86
1047	SLV-Z4	I[686]	-12169	-1428	-1389	-1329	-11651	-14237	3.69
									1.24

Le verifiche in condizioni Sismiche allo **SLV** restituiscono un coefficiente minimo **C/D =1.24**

Con riferimento alla combinazione eccezionale dovuta all'urto sulla pila

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2	C/D
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	-
1047	ECC-1	I[686]	-9581	-1974	131	-615	1255	-4474	20.52
1047	ECC-2	I[686]	-9581	0	881	4	3130	-9	15.34
1047	ECC-3	I[686]	-9581	-1974	-131	-615	-1120	-4474	21.11
1047	ECC-4	I[686]	-9581	0	620	4	755	-9	63.58
									15.34

Le verifiche per combinazione eccezionale restituiscono un coefficiente minimo **C/D =15.34**

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	68

12.2 PROGETTO E VERIFICA ARMATURE A TAGLIO

Il progetto e la verifica delle armature a taglio delle armature sono volti secondo quanto riportato al §7.9.5.1.1 delle NTC '18 e nello specifico secondo le espressioni 7.9.10a, 7.9.10b, 7.9.11.

Si procede dunque alla determinazione per ogni pila, sulla base delle caratteristiche geometriche e quantitativi di armatura a flessione presenti il momento ultimo resistente ($M_{i,prc}$) in condizioni di pressoflessione retta valutato separatamente per entrambe le direzioni.

Essendo lo schema di vincolo delle pile "a mensola" il momento resistente superiore risulta essere pari a 0.

Il valore del taglio agente per l'espressione 7.9.11 è determinato sulla base dell'analisi strutturale in condizioni sismiche di cui al precedente paragrafo.

Si riporta di seguito in forma tabellare la risoluzione della formulazione 7.9.10a per tutte le pile. Sulla base dei V_{ed} ottenuti verrà progettata l'armatura a taglio per entrambe le direzioni.

P1			P2		
	M(trasv)	M(long)		M(trasv)	M(long)
Mrd [kNm]	95734	47726	Mrd [kNm]	97168	47210
Lp [m]	9.10	9.1	Lp [m]	9.10	9.1
V_{prc} [kN]	10520	5245	V_{prc} [kN]	10678	5188
V_e [kN]	4449	4284	V_e [kN]	4728	4295
γ_{bd} [-]	1.25	1.02	γ_{bd} [-]	1.25	1.01
V_{ed} [kN]	13150	5374	V_{ed} [kN]	13347	5230

Figura 82 – Determinazione taglio resistente P1-P2

Dalle precedenti tabelle si ricavano i massimi tagli trasversali e longitudinali di progetto che risultano essere:

$V_{edy} = 13347$ kN (P2) $\rightarrow V_{ed}$ analisi strutturale

$V_{edy} = 5374$ kN (P1) $\rightarrow V_{ed}$ analisi strutturale

La determinazione della resistenza a taglio è differenziata per la direzione longitudinale e la direzione trasversale: Il valore del taglio resistente è valutato secondo le formulazioni delle NTC 2018 per elementi armati a taglio considerando il minimo delle resistenze tra cls e dell'acciaio calcolate considerando, sulla base delle caratteristiche geometriche delle pile, l'angolo di inclinazione delle bielle di calcestruzzo pari a 45°

In direzione trasversale la resistenza a taglio è affidata alle staffe 2b $\phi 20/10$ cm + un'ulteriore spilla $\phi 20/10$ cm tre le 2 estremità delle armature per un totale di 3b $\phi 20/10$ cm

In direzione longitudinale la resistenza a taglio è affidata alle staffe 2b $\phi 20/10$ cm + ulteriori spille $\phi 16/50 \times 20$ cm

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	69

SEZIONE

b _w	=	200	cm		
h	=	500	cm		
c	=	3	cm		
d	=	h-c	=	497	cm

MATERIALI

f _{ywd}	=	391.30	MPa		
R _{ck}	=	40.00	MPa		
γ _c	=	1.5			
f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	=	33.20	MPa
f _{cd}	=	0.85xf _{ck} /γ _c	=	18.81	MPa

ARMATURE A TAGLIO

ø _{st}	=	20		
braccia	=	3		
ø _{st2}	=	0		
braccia	=	0		
passo	=	10	cm	
(A _{sw} / s)	=	94.248	cm2 / m	
α	=	90	°	(90° staffe verticali)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

Armatura trasversale	cot(θ) =	1.00	(θ) =	45.00
V _{Rd} =	16496.05 (KN)	min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

SEZIONE

b _w	=	500	cm		
h	=	200	cm		
c	=	3	cm		
d	=	h-c	=	197	cm

MATERIALI

f _{ywd}	=	391.30	MPa		
R _{ck}	=	40.00	MPa		
γ _c	=	1.5			
f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	=	33.20	MPa
f _{cd}	=	0.85xf _{ck} /γ _c	=	18.81	MPa

ARMATURE A TAGLIO

ø _{st}	=	20		
braccia	=	2		
ø _{st2}	=	16		
braccia	=	3		
passo	=	10	cm	
(A _{sw} / s)	=	123.150	cm2 / m	
α	=	90	°	(90° staffe verticali)

ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO

Armatura trasversale	cot(θ) =	1.00	(θ) =	45.00
V _{Rd} =	8543.87 (KN)	min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

Figura 83 – Taglio resistente direzione trasversale e direzione longitudinale

Risulta:
 $V_{rdy} > V_{ed,y} \rightarrow 16469\text{kN} > 13347\text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta
 $V_{rdx} > V_{ed,y} \rightarrow 8543\text{kN} > 5374\text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	70

12.3 VERIFICHE A SCORRIMENTO PER ELEMENTI TOZZI

La verifica a scorrimento è effettuata ai sensi del § al §7.9.5.1.1 delle NTC 18.

Per elementi tozzi con $\alpha < 2.0$ (§7.9.2.1) deve essere eseguita anche la verifica a scorrimento. Il coefficiente α è valutato in entrambe le direzioni mediante l'espressione $\alpha = L/H$, ove L nel caso in esame è l'altezza della pila (distanza tra la zona di cerniera plastica e la zona a momento nullo ovvero la sommità), H sono le dimensioni nelle direzioni longitudinali e trasversali.

	L [m]	H _{trasv} [m]	H _{long} [m]	a _{trasv}	a _{long}
P1	9.10	5	2	1.82	4.55
P2	9.10	5	2	1.82	4.55

Come si evince dalla precedente tabella, la verifica a scorrimento si ritiene necessaria per entrambe le pile e si effettua calcolando la resistenza a taglio (tranciamento) delle armature longitudinali presenti.

La resistenza a tranciamento si determina come: $V_{rd} = A_f \times f_{yd} / \alpha$

La verifica è riportata di seguito in forma tabellare.

	L [m]	H _{trasv} [m]	H _{long} [m]	a _{trasv}	a _{long}	n° barre	f barre [mm]	V _{rd} [kN]	V _{ed} [kN]	V _{ed} < V _{rd}
P1	9.10	5	2	1.82	4.55	229	26	27454	13150	VERO
P2	9.10	5	2	1.82	4.55	229	26	27454	13347	VERO

La verifica è soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	71

12.4 VERIFICHE PILE SLE

Si riportano di seguito le verifiche tensionali per le combinazioni rara e quasi permanente e le verifiche a fessurazione per la combinazione frequente.

Le verifiche sono svolte con l'ausilio del software presfle+.

12.4.1 Fusto pila 1

12.4.1.9 Verifiche tensionali

Le verifiche sono riportate di seguito in forma tabellare.

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
510	SLE-R1(max)	I[331]	-9346	-150	131	452	3222	1318
510	SLE-R2(max)	I[331]	-9645	208	131	360	3222	6252
510	SLE_QP	I[331]	-9520	-3	131	-6	1188	-57
510	SLE-R1(min)	I[331]	-11880	-213	131	-367	-847	-6765
510	SLE-R2(min)	I[331]	-12179	145	131	-459	-847	-1831
510	SLE-R1(all)	I[331]	-11880	-213	131	452	3222	-6765
510	SLE-R2(all)	I[331]	-12179	208	131	-459	3222	6252

Si ottengono i seguenti valori di tensione massimi nel cls e nell'acciaio

	Mx	My	N	sc	sf
I[331]	-13181100	-32217100	-934567	-17.92	2.19
I[331]	-62523200	-32217100	-964478	-22.75	70.34
I[331]	574000	-11875500	-951970	-11.87	-87.41
I[331]	67652200	8471400	-1188028	-19.78	-34.72
I[331]	18310100	8471400	-1217940	-14.88	-114.4
I[331]	67652200	-32217100	-1188028	-24.96	38.4
I[331]	-62523200	-32217100	-1217940	-24.68	25.46

Figura 84 – Esisti verifiche tensionali

I valori di tensione calcolati sono contenuti nei limiti di cui al precedente paragrafo 0.

12.4.1.10 Verifiche di fessurazione

Considerata l'uniformità delle sollecitazioni nelle combinazioni relative alle verifiche di fessurazione, queste ultime sono svolte con riferimento ad una sola combinazione maggiormente gravosa.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI										
				RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA										
				LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	72

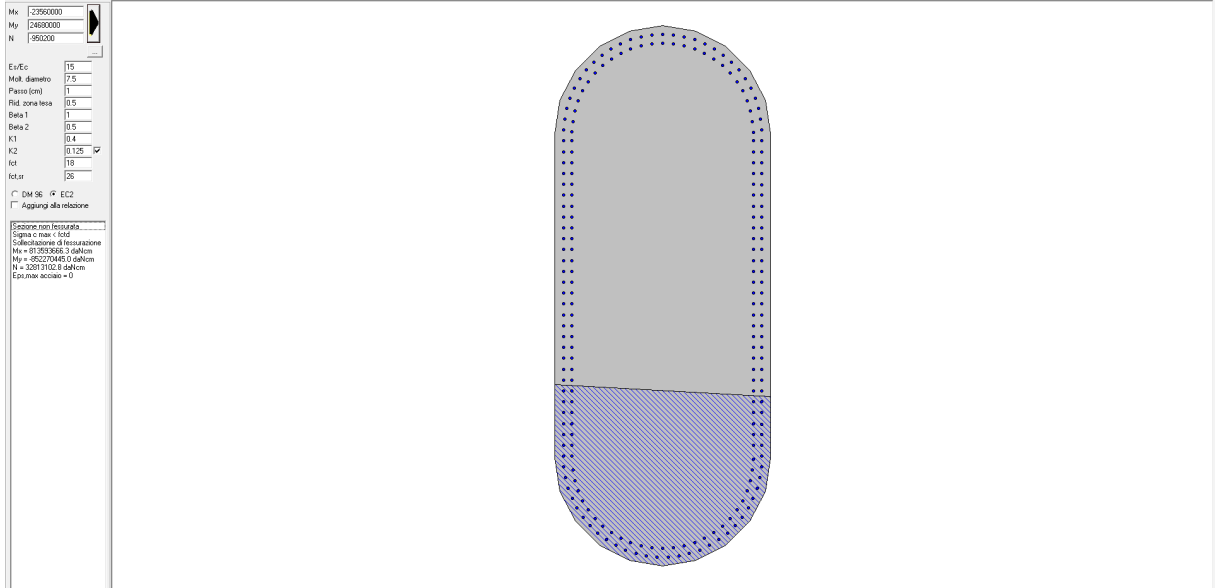


Figura 85 – Esisto verifica di fessurazione

La sezione risulta non fessurata.

12.4.2 Fusto pila 2

12.4.2.9 Verifiche tensionali

Le verifiche sono riportate di seguito in forma tabellare.

Frame	OutputCase	Station	P	V3 (trasv)	V2 (long)	T	M3	M2
Text	Text	m	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1047	SLE-R1(max)	I[686]	-9406	-158	131	163	3292	1542
1047	SLE-R2(max)	I[686]	-9705	205	131	409	3292	6518
1047	SLE_QP	I[686]	-9581	0	131	4	1255	-8
1047	SLE-R1(min)	I[686]	-11943	-205	131	-418	-780	-6720
1047	SLE-R2(min)	I[686]	-12242	158	131	-171	-780	-1744
1047	SLE-R1(all)	I[686]	-11943	-205	131	-418	3292	-6720
1047	SLE-R2(all)	I[686]	-12242	205	131	409	3292	6518

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:01
Seriale Certificato: 2702585
Valida dal 01/03/2023 al 01/03/2025
eIDAS-compliant Electronic Signature CA

Si ottengono i seguenti valori di tensione massimi nel cls e nell'acciaio

	Mx	My	N	sc	sf
I[686]	-15416800	-32916400	-940616	-18.33	6.64
I[686]	-65181700	-32916400	-970528	-23.29	77.47
I[686]	83700	-12547000	-958074	-12.06	-86.36
I[686]	67202700	7800700	-1194337	-19.69	-37.59
I[686]	17437800	7800700	-1224248	-14.69	-118.68
I[686]	67202700	-32916400	-1194337	-25.16	39.41
I[686]	-65181700	-32916400	-1224248	-25.17	31.08

Figura 86 – Esisti verifiche tensionali

I valori di tensione calcolati sono contenuti nei limiti di cui al precedente paragrafo 0.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	73

12.4.2.10 Verifiche di fessurazione

Considerata l’uniformità delle sollecitazioni nelle combinazioni relative alle verifiche di fessurazione, queste ultime sono svolte con riferimento ad una sola combinazione maggiormente gravosa.

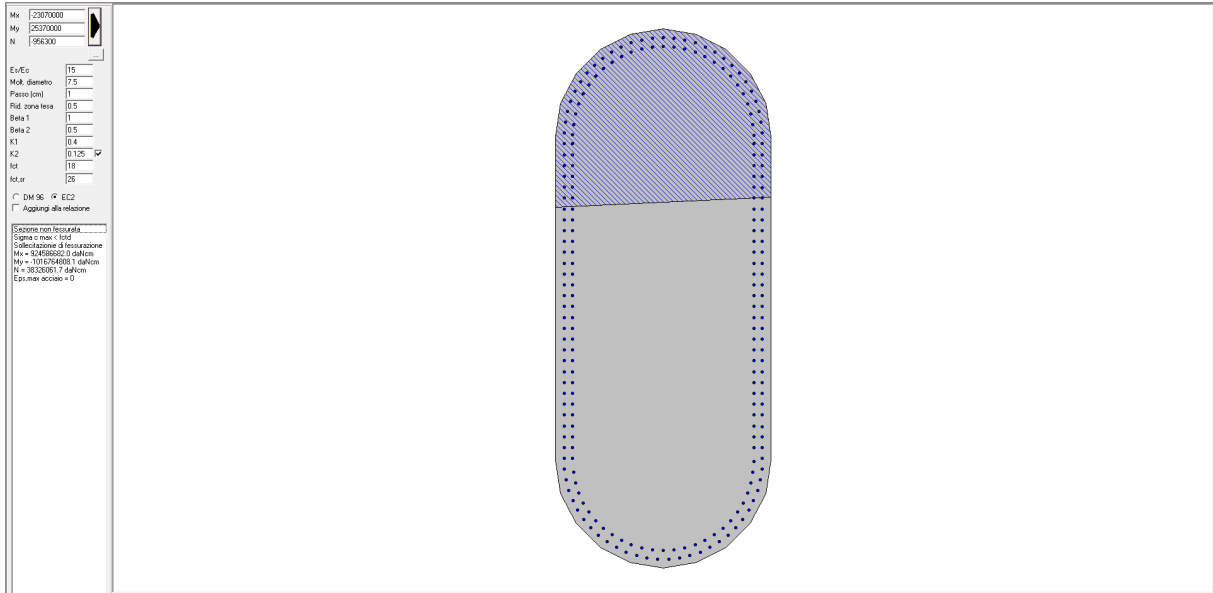


Figura 87 – Esisto verifica di fessurazione

La sezione risulta non fessurata.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	74

12.5 PLINTO DI FONDAZIONE

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza allo SLU e SLV per i plinti di fondazione delle pile. Tutti i plinti hanno la stessa geometria e sono armati con i medesimi quantitativi di armatura. La verifica è svolta con riferimento agli involucri delle combinazioni SLU e SLV.

Plinto di fondazione

SLU

$M_{xx(long)max} = 2351 \text{ kNm/m}$; $M_{xx min} = -412 \text{ kNm/m}$; $M_{yy,max} = 1637 \text{ kNm/m}$; $M_{yy,min} = -731 \text{ kNm/m}$; $V_{max} = 1395 \text{ kN/m}$

ENV SLV (q=1)

$M_{xx(long)max} = 5720 \text{ kNm/m}$; $M_{xx min} = -4062 \text{ kNm/m}$; $M_{yy,max} = 3693 \text{ kNm/m}$; $M_{yy,min} = -3597 \text{ kNm/m}$; $V_{max} = 3415 \text{ kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

B = 100cm

H= 200cm

Armatura longitudinale superiore: $\phi 26/10 \text{ cm} + \phi 26/20 \text{ cm}$

Armatura longitudinale inferiore: $\phi 26/10 \text{ cm} + \phi 26/10 \text{ cm}$

Spilli: $\phi 16/30 \times 30 \text{ cm}$

Armatura trasversale superiore: $\phi 26/10 \text{ cm} + \phi 26/20 \text{ cm}$

Armatura trasversale inferiore: $\phi 26/10 \text{ cm} + \phi 26/20 \text{ cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU con riferimento alla combinazione SLV

In direzione longitudinale:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Plinto_Long 26_10

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	53.09	192
3	26.55	15
4	53.09	185

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN

M_{Ed} 0 0 kNm

M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{Rd} 7501 kNm

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰

E_s 200000 N/mm² f_{cd} 14.17

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8

ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75

$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6

σ_c -14.17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_s 3.5 ‰

ϵ_s 35.92 ‰

d 192 cm

x 17.05 x/d 0.08878

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi

a T a T

Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo

S.L.U. + S.L.U. -

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
270255
Versione del certificato:
01/03/2022
eIDAS: Qualified Electronic
Signature CA

Figura 12-88: Verifica platea direzione longitudinale momento positivo

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	75

Con riferimento al momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 5720$ (2351 SLU) < 7501 kNm $\rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Plinto_Long 26_10_negativo

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	53.09	8
			2	53.09	192
			3	26.55	15
			4	53.09	185

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -5706 kNm

Materiali B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6

σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 43.4 ‰
d 192 cm
x 14.33 x/d 0.07463

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Figura 12-89: Verifica platea direzione longitudinale momento negativo

Con riferimento al momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 4062$ (412 SLU) < 5706 kNm $\rightarrow$ Verifica soddisfatta.

In direzione trasversale la sezione è armata in modo simmetrico.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	76

Verifica C.A. S.L.U. - File: Plinto_trasv 26_10 + 26_20

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	53.09	8
			2	53.09	192
			3	26.55	15
			4	26.55	185

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C C25/30
ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6

M_{Rd} 5'703 kN m
σ_c -14.17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 44.13 ‰
d 192 cm
x 14.11 x/d 0.07349

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello

Figura 12-90: Verifica platea direzione trasversale

Il momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 3693$ (1637 SLU) < 5703 kNm → Verifica soddisfatta.

Il momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 3597$ (713 SLU) < 5703 kNm → Verifica soddisfatta.

Con riferimento alle azioni taglianti la resistenza della sezione è determinata secondo le indicazioni delle NTC di cui ai precedenti paragrafi.

La verifica è svolta determinando il taglio resistente della sezione con armature a taglio (spilli).

La verifica è svolta con riferimento alla combinazione SLV che risulta essere la più gravosa.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	77

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	200	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	195	cm
MATERIALI					
f _{ywd}	=	391.30	MPa		
R _{ck}	=	30.00	MPa		
γ _c	=	1.5			
f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	=	24.90	MPa
f _{cd}	=	0.85xf _{ck} /γ _c	=	14.11	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
ø _{st}	=	16			
braccia	=	11.11			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	22.338	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale			cot(θ) = 2.50	(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 3835.32 (KN)			min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

Figura 12-91: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 3415 < 3835 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

12.5.1.1 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

SLE,rara: $M_{xx,max}=1679\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-294\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=1169\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-522\text{kNm/m}$

In direzione longitudinale:

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	78

Verifica C.A. S.L.U. - File: Plinto_Long 26_10 + 26_10 _tensioni

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	53.09	192
3	26.55	15
4	53.09	185

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{Ed} 0 1679 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare

File

Metodo di calcolo
☐ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 4

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6

σ_c -2.586 N/mm²
σ_s 94.28 N/mm²

ε_s 0.4714 ‰
d 192 cm
x 55.96 x/d 0.2915

Figura 12-92: Verifica tensionale combinazione rara dir longitudinale M+

Risulta:

σ_{cmax} = -2.86 Mpa

σ_{smax} = 94.28 MPa

I valori di tensione di cls ed acciaio, sono contenuti nei limiti indicati ai precedenti paragrafi.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	79

Verifica C.A. S.L.U. - File: Plinto_Long 26_10 + 26_20 negativo_ten...

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	53.09	192
3	26.55	15
4	53.09	185

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN
M xEd 0 -297 kNm
M yEd 0 0

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali

B450C C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 14.17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{co}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6

σ_c -0.4728 N/mm²
 σ_s 21.6 N/mm²
 ϵ_s 0.108 ‰
d 192 cm
x 47.46 x/d 0.2472

Metodo di calcolo S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Verifica N° iterazioni: 4

Figura 12-93: Verifica tensionale combinazione rara dir longitudinale M-

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -0.47 \text{ Mpa}$

$\sigma_{smax} = 22 \text{ MPa}$

I valori di tensione di cls ed acciaio, sono contenuti nei limiti indicati ai precedenti paragrafi.

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

Mx -1529000
My 0
N 0

EvEc 15
Mod. snarato 7.5
Piano (m) 1
Pul. prima lora 0.5
Beta 1 1
Beta 2 0.5
K1 0.4
K2 0.125
kt 10
kt,cr 26

C DM 98 R EC2
F Aggiung. alla relazione

Wm = 0.0014 mm
Wk = 1.7 * Wm = 0.0024 mm
Sm = 60.5 mm
Eps = 0.0000237
Copriferro = 3.7
Interferro = 8.0
Sollecitazioni di fessurazione
Mx = -23110656.8 daNcm
My = 0.0 daNcm
N = 0.0 daNcm

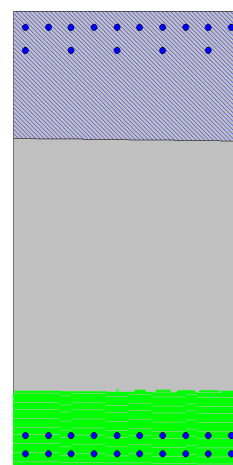


Figura 12-94: Verifica a fessurazione dir longitudinale M+

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	80

La sezione risulta fessurata con un valore di ampiezza w_k delle fessure pari a 0.0024mm (praticamente nullo) ed inferiore al limite convenzionale di riferimento per le condizioni ambientali e tipologia di armatura pari a $w_l = 0.2\text{mm}$.

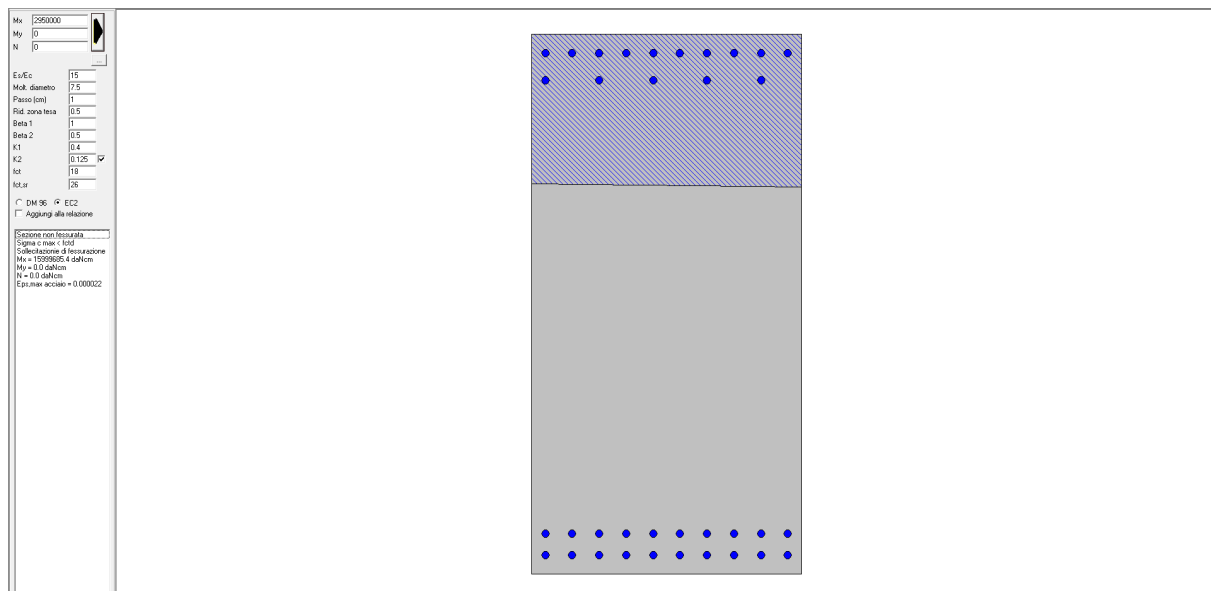


Figura 12-95: Verifica a fessurazione dir longitudinale M-

La sezione risulta non fessurata.

In Direzione trasversale:

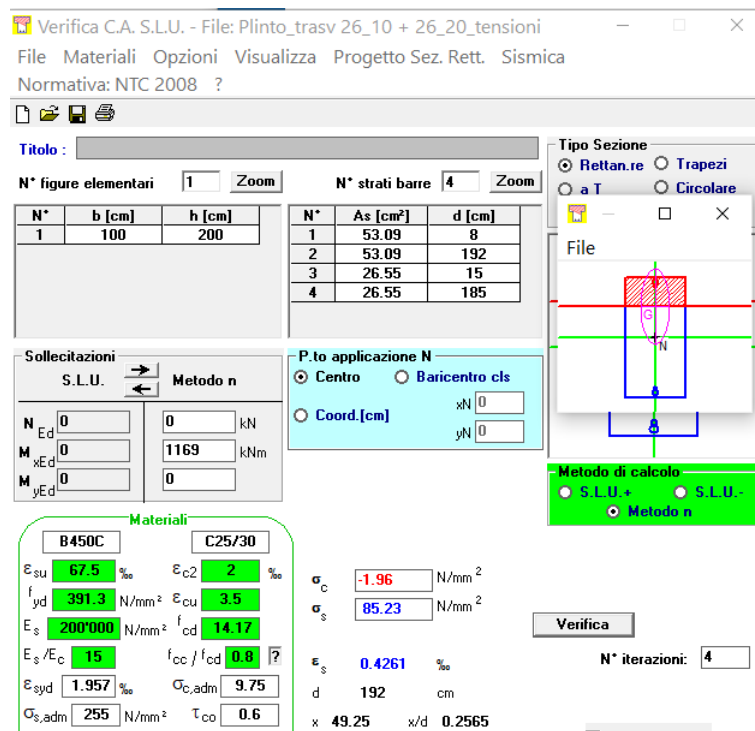


Figura 12-96: Verifica tensionale combinazione rara dir trasversale

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valida dal 01/03/2023 al
01/03/2025
eIDAS: Qualified Electronic
Signature CA

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	81

Risulta:
 $\sigma_{cmax} = -1.76 \text{ Mpa}$
 $\sigma_{smax} = 77.21 \text{ MPa}$

I valori di tensione di cls ed acciaio, sono contenuti nei limiti indicati ai precedenti paragrafi.

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

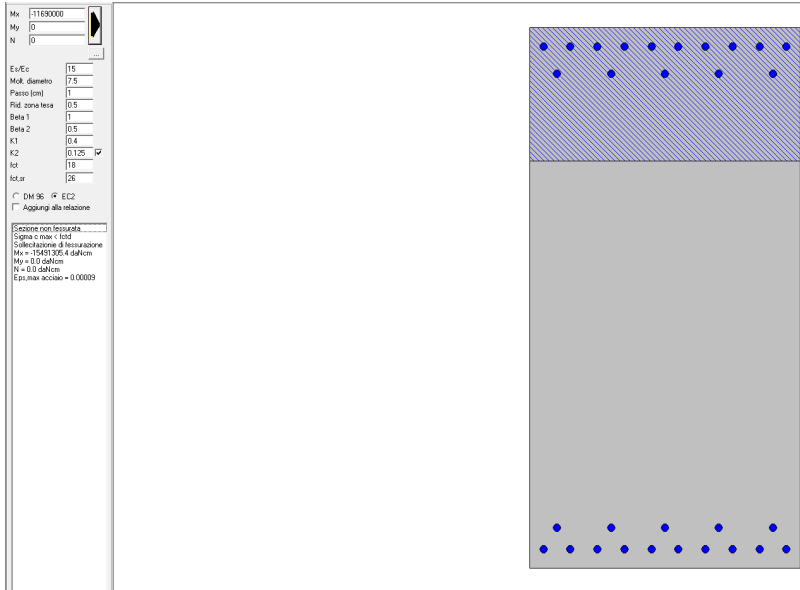


Figura 12-97: Verifica a fessurazione dir trasversale

La sezione risulta non fessurata.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	82

12.6 VERIFICA DEL PULVINO

Si riportano le verifiche del pulvino relativamente alle mensole esterne. Con riferimento alle azioni allo SLU Il calcolo viene svolto utilizzando lo schema di calcolo tirante-puntone descritto al §C4.1.2.1.5 unitamente alla verifica a torsione di cui al §4.1.2.3.6

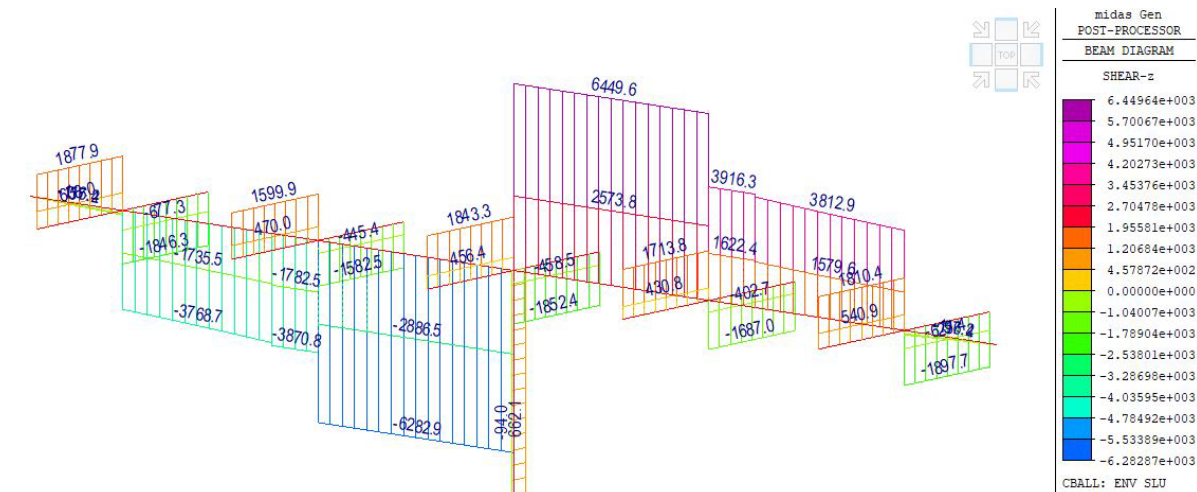


Figura 98 – Taglio pulvino SLU

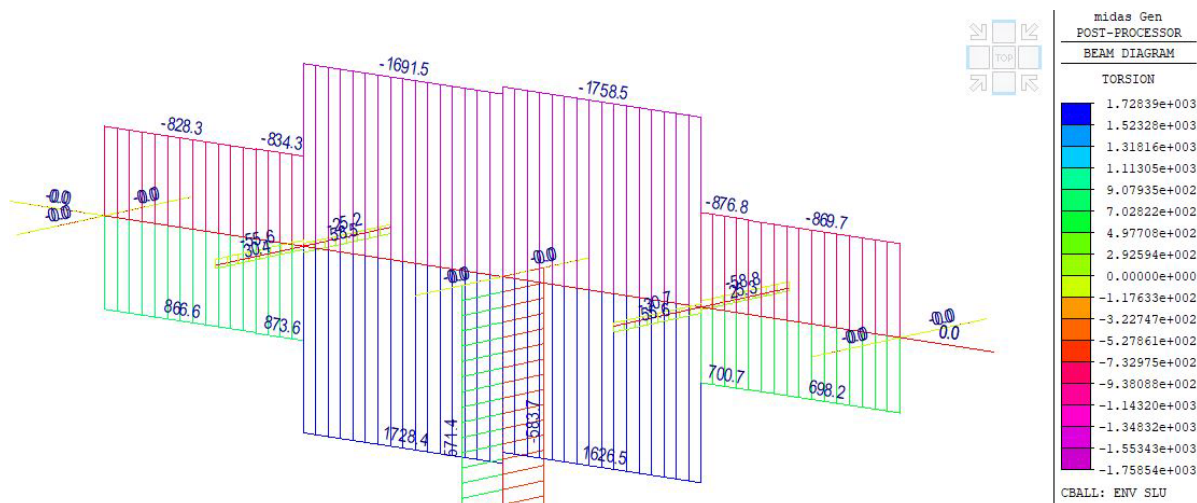


Figura 99 – Momento torcente pulvino SLU

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
270255
Valida dal 01/03/2022 al
01/03/2025
EUC-Certified Electronic
Signature (ES)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	83

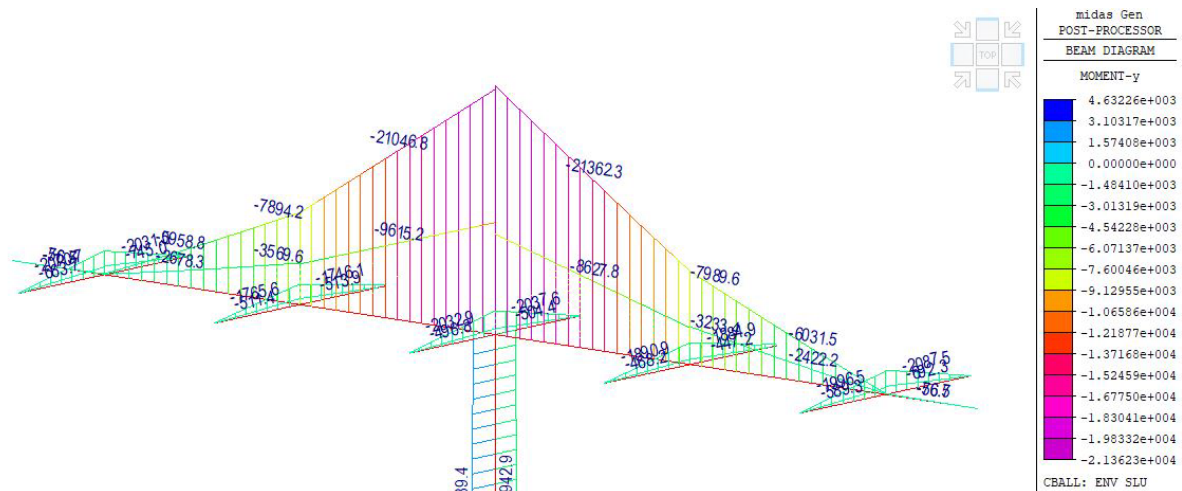


Figura 100 – Momento flettente pulvino

In sintesi si ottengono i seguenti valori di sollecitazioni nelle combinazioni considerate. Cautelativamente, la lettura delle sollecitazioni è effettuata 50cm all'interno dell'interfaccia pulvino – fusto pila.

Il punto di lettura delle sollecitazioni corrisponde all'asse baggioli della prima trave intermedia (circa 3m dall'estremità del pulvino).

Combinazione SLU

$M_y = -7990 \text{ kNm}$

$F_z \text{ (taglio)} = 3916 \text{ kN}$;

$M_x \text{ (torsione)} = 877 \text{ kNm}$

Combinazione RARA (la peggiore tra le due):

$M_y = -5770 \text{ kNm}$

$F_z \text{ (taglio)} = 2830 \text{ kN}$;

$M_x \text{ (torsione)} = 627 \text{ kNm}$

Combinazione Freq:

$M_y = -4814 \text{ kNm}$

$F_z \text{ (taglio)} = 2375 \text{ kN}$;

$M_x \text{ (torsione)} = 397 \text{ kNm}$

Combinazione QP:

$M_y = -4080 \text{ kNm}$

$F_z \text{ (taglio)} = 2025 \text{ kN}$;

$M_x \text{ (torsione)} = 70 \text{ kNm}$

Come azione sollecitante verticale (P) viene considerata la massima reazione verticale riscontrata nel modello dell'impalcato pari a 3916kN

L'armatura resistente è costituita da due strati di 30 ϕ 26 e 15 ϕ 26 (per complessivi 45 ferri "tesi").

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro S.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	84

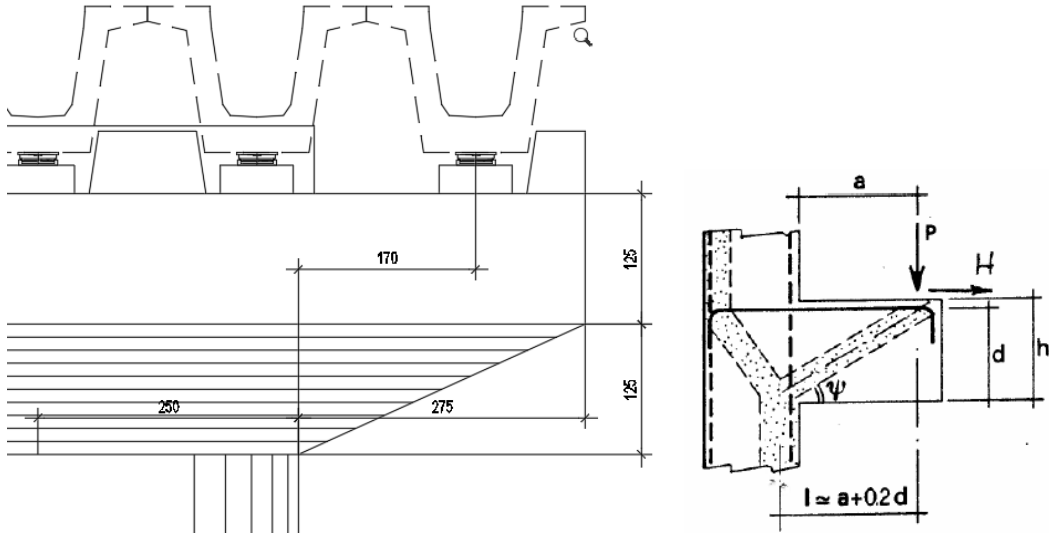


Figura 101 – Schema mensola tozza pulvino

Materiali		cls	classe						
			$f_{cd} =$	18.81	MPa				
		acciaio	$f_{yd} =$	391.30	MPa				
Geometria									
	altezza	H =	2.50	m					
	copriferro	c =	0.04	m					
	alt. utile	d =	2.46	m					
	dist. parete	a =	1.50	m					
	l. mens.	l =	1.99	m					
	Largh.	b =	2.60	m					
	$\tan \psi$	$\tan \psi =$	1.235						
		$\lambda =$	0.810						
Armatura									
	Presenza di staffe? y/n		y						
		c =	1.5						
				Primo strato			Secondo strato		
	numero ferri		30.0				15.0		
	diametro		26	mm			26	mm	
	area		159.28	cmq			79.64	cmq	
	Area Tot.		238.92	cmq					
Carichi applicati									
	Carico verticale	$P_{Ed} =$	3916.0	kN					
	Carico Orizzontale	$H_{Ed} =$	0.0	kN					
	Carico Armatura	$R_{sEd} =$	3171	kN					
	Carico Biella cls	$R_{cEd} =$	5039	kN					
Resistenza Ultima dell'acciaio									
		$P_{rs} =$	11545	kN			$P_{rs} / P_{Ed} =$	2.95	
Resistenza Ultima della biella di cls									
		$P_{rc} =$	43598	kN			$P_{rc} / R_{cEd} =$	8.65	

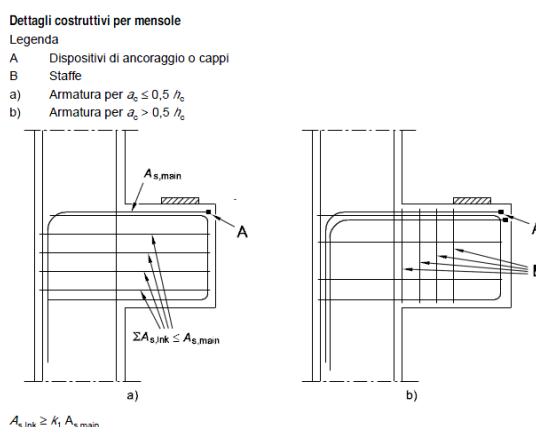
Figura 102 – Modello tirante puntone verifica direzione trasversale

La verifica risulta soddisfatta.

Firmato digitalmente da:
Facchini Massimo
Firmato il 14/03/2024 10:01
Seriale Certificato: 2702985
Valida dal 01/03/2023 al 01/03/2025
eIDAS-compliant Qualified Electronic Signature CA

IV05- Relazione di calcolo pile	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	85

Si prescrive inoltre l'adozione di un'armatura a taglio secondo quanto previsto dal §J.3 dell'UNI-EN 1992-1-1. Il caso in esame ricade nel caso b) indicato nella figura sottostante. Risulta quindi un quantitativo minimo di staffe verticali chiuse pari a $A_s=5328 \text{ mm}^2$. Si prescrive quindi di disporre staffe $\Phi 20$ passo 20 cm su tutto lo sviluppo del pulvino.



È altresì prevista armatura longitudinale corrente pari a $\Phi 16/20\text{cm}$.

Si verifica inoltre, sebbene di modesta entità di sbalzo, la mensola tozza in direzione longitudinale considerando il massimo taglio trasmesso dalla trave in combinazione slu pari a 1650 kN

Materiali							
	cls	classe					
		$f_{cd} =$	18.81	MPa			
	acciaio	$f_{yd} =$	391.30	MPa			
Geometria							
	altezza	H =	2.50	m			
	copriferro	c =	0.04	m			
	alt. utile	d =	2.46	m			
	dist. parete	a =	0.10	m			
	l. mens.	l =	0.59	m			
	Largh.	b =	2.00	m			
	$\tan \psi$	$\tan \psi =$	4.155				
		$\lambda =$	0.241				
Armatura							
	Presenza di staffe? y/n			n			
		c =	1				
			Primo strato		Secondo strato		
	numero ferri		20.0				
	diametro		20	mm	20	mm	
	area		62.83	cmq	0.00	cmq	
	Area Tot.		62.83	cmq			
Carichi applicati							
	Carico verticale	$P_{Ed} =$	1691.0	kN			
	Carico Orizzontale	$H_{Ed} =$	0.0	kN			
	Carico Armatura	$R_{S_{Ed}} =$	407	kN			
	Carico Biella cls	$R_{C_{Ed}} =$	1739	kN			
Resistenza Ultima dell'acciaio							
		$P_{rs} =$	10217	kN		$P_{rs} / P_{Ed} =$	6.04
Resistenza Ultima della biella di cls							
		$P_{rc} =$	34992	kN		$P_{rc} / R_{cEd} =$	20.12

Firmato digitalmente
da:
Facchini Massimo
Firmato il
14/03/2024 10:01
Seriale Certificato:
2702585
Valido dal 01/09/2023 al
01/09/2026
InfoCarme Qualified Electronic

Figura 103 – Modello tirante puntone verifica direzione longitudinale

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	86

La verifica risulta soddisfatta.

Con riferimento alla verifica a torsione, si riporta la determinazione del momento torcente resistente in forma tabellare secondo le indicazioni del §4.1.2.3.6 delle NTC.

SEZIONE						ARMATURE A TAGLIO					
b _w	=	200	cm			ø _{st}	=	20			
h	=	250	cm			braccia	=	2			
c	=	3	cm			ø _{st2}	=	0			
d	=	h-c	=	247	cm	braccia	=	0			
Ac	=	48659	cm2			passo	=	20	cm		
u	=	900	cm			(A _{sw})	=	6.28	cm2 / cm		
t	=	54.07	cm			(A _{sw} / s)	=	0.31	cm ² / cm		
						α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
MATERIALI						ARMATURE LONGITUDINALI					
f _{ywd}	=	391.30	MPa			ø _l	=	16			
						Numero	=	15			
R _{ck}	=	40	MPa			A _{sl}	=	30.159	cm ²		
γ _c	=	1.5									
f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	=	33.2	MPa						
f _{cd}	=	0.85xf _{ck} /γ _c	=	18.81	MPa						
f _{cd}	=	0.5xf _{cd}	=	9.41	MPa						
IPOTESI 1		Cot ϑ = 2,5	ϑ = 21,8°			IPOTESI 2		Cot ϑ = 1	ϑ = 45°		
T _{Rsd} =	29908	(KNm)				T _{Rsd} =	11963	(KNm)			
T _{Rld} =	5104	(KNm)				T _{Rld} =	12761	(KNm)			
T _{Rcd} =	17067	(KNm)				T _{Rcd} =	24747	(KNm)			
T _{Rd} =	5104	(KNm)	min(T _{Rsd} , T _{Rcd} , T _{Rld})			T _{Rd} =	11963	(KNm)	min(T _{Rsd} , T _{Rcd} , T _{Rld})		

Figura 104 – Determinazione momento torcente resistente

Il momento torcente resistente T_{rd} è maggiore del momento torcente agente $T_{sd} \rightarrow 5104 > 877\text{kNm}$. $\rightarrow$ verifica soddisfatta.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	87

12.7 VERIFICA DEI BAGGIOLI

Si procede a dimensionarli come elementi diffusivi per le massime sollecitazioni prescritte per essere trasmesse dagli apparecchi d'appoggio. Si fa riferimento alle indicazioni normative del EN1992-1-1 §6.5,6.7.

Baggiolo maggiormente sollecitato

SLU:

Max N = 2450kN; Max V trasv. =207kN; Max V long. = 496kN

SLV (q=1):

Max N = 2083kN; Max V trasv. =1590kN; Max V long.=2830kN

Le azioni allo SLV sono ottenute dall'involuppo delle combinazioni sismiche con coefficiente q=1 in accordo con 7.9.5.3.1. Per le verifiche a taglio dei baggioli, secondo le vigenti NTC 2018, si possono considerare separatamente il max V_x e V_y .

Si riporta di seguito la verifica svolta per la combinazione SLV che risulta essere la più gravosa per la verifica del solo elemento baggioli secondo quando su riportato.

I baggioli hanno dimensione 80x80cm, con altezza media di 30cm.

Si considerano presenti armature $\phi 26/10$ perimetrali per un totale di 24 sezioni resistenti all'interfaccia, staffe orizzontali $\phi 16/15$ cm e armatura di frettaggio nel pulvino pari a doppio strato di rete $\phi 12/10$ cm

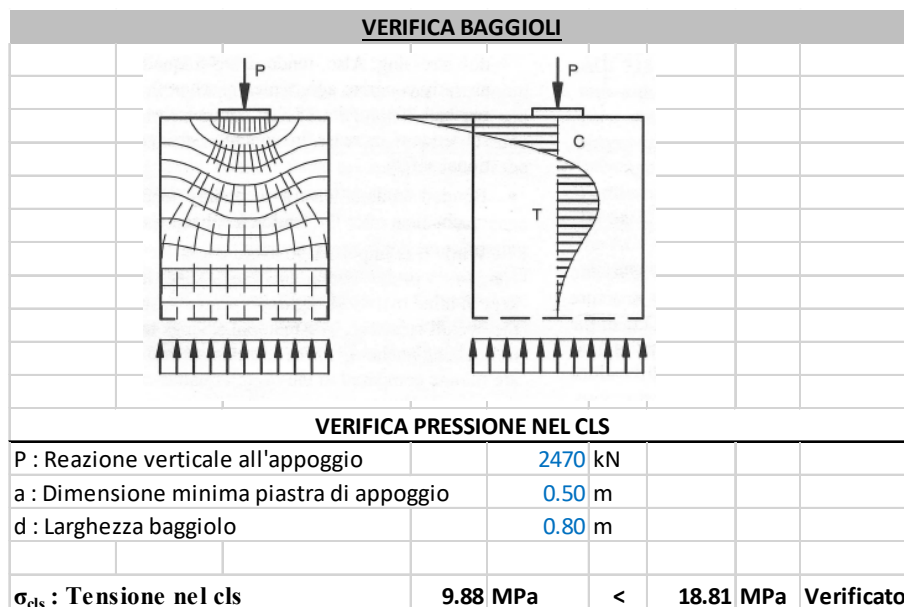


Figura 105 – Verifica pressioni di contatto

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	88

VERIFICA ARMATURA DI FRETTAGGIO							
Forza di fenditura							
$T = 0.25 \times P \times (1 - a/d)$				231.6	kN		
Armatura di frettaggio		n°		48			
3 strati di 12 Ø 10		Ø		12			
		Area		54.29	cm ²		
σ_{acc} : Tensione nell'acciaio				42.7	MPa	<	391.3 MPa Verificato

VERIFICA A TRANCIAMENTO DELL'ACCIAIO							
Si deve verificare che in fase sismica sia rispettata la seguente condizione							
$\tau = \frac{T}{A_{acc}} < \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$							
T : Azione sismica su ciascun appoggio				2830	kN		
f _{yd} : Tensione caratteristica dell'acciaio				391.3	MPa		
A _{acc} : Area dell'armatura							
Armatura verticale		n°		24			
		Ø		26			
		A _{acc}		127.42	cm ²		
τ_{acc} : Tensione nell'acciaio				222.1	MPa	<	225.9 MPa Verificato

Le verifiche sono soddisfatte. Per i baggioli degli appoggi multidirezionali è possibile una riduzione dei diametri delle armature di interfaccia da 26 a 16mm

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo pile				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	89

13. RITEGNI SISMICI

Al fine di prevenire fenomeni di perdita di appoggio dell'impalcato, in corrispondenza di ciascuna pila e delle spalle vengono realizzati ritegni sismici in c.a.

I ritegni sono ubicati ad una distanza dalle travi tale da permetterne le dilatazioni termiche trasversali di progetto.

Per la disposizione dettagliata dei ritegni su pile e spalle si faccia riferimento agli elaborati grafici di progetto.

L'azione sismica sui ritegni è stata calcolata secondo il § 7.9.5.3.3 delle NTC 2018 facendo riferimento ai parametri sismici di zona di cui di seguito. L'azione sismica di riferimento è valutata allo SLV.

- A_g/g (SLV) = 0.293g
- Fattore di suolo $S = 1.366$

Con riferimento alla singola campata tipo, in condizione quasi-permanente, il peso complessivo risulta: $P_{tot} = G_1 + G_2 = 6500$ kN

La verifica di resistenza dei ritegni è stata effettuata adottando le metodologie proposte dalle seguenti Linee Guida e Normative: CALTRANS "Seismic Design Criteria, Vers. 2.0" 2019, ACI 318-14 "Building code requirements for structural concrete" (sliding shear friction resistance).

La forza agente sul singolo allineamento di ritegni è pari a:

$$F_i = 0.5 \times (1.5 \times Q \times S \times a_g/g) = 0.5 \times (1.5 \times 6500 \times 1.366 \times 0.293) = 1951 \text{ kN}$$

Considerato che si tratta di elementi strutturali a comportamento fragile (la rottura avviene per taglio), si considera un fattore di sovra-resistenza pari a 1.3 in accordo con EC8 – P2 (Fattore amplificativo per elementi a comportamento fragile). Risulta pertanto:

$$F_{Edi} = F_i \times 1.3 = 1.3 \times 1951 \approx 2536 \text{ kN}$$

Il singolo allineamento trasversale (2 o più ritegni) dovrà essere in grado di resistente alla forza di progetto precedentemente determinata. Il taglio nei ritegni sismici tozzi è sostanzialmente portato dalle armature verticali che lavorano come "spinotti" resistenti a taglio.

L'armatura verticale dei ritegni è costituita da barre $\Phi 26$ ancorate nel pulvino. La capacità portante della singola barra a taglio è pari a:

$$F_{vrd,i} = A \times f_{yd}/\text{rad}q3 = 530 \times 391.3/1.73 = 119.8 \text{ kN}$$

Da cui si ricava che, per ciascun allineamento di ritegni trasversali, sono necessari globalmente $22\Phi 26$, che verranno distribuiti all'interno dei ritegni previsti.

E' prevista la realizzazione di una coppia di ritegni centrali e una coppia di ritegni laterali, per un totale metri lineari di sviluppo pari a $90+90+45+45 = 270$ cm

Ai fini del soddisfacimento delle verifiche dovranno essere posti in opera ancoraggi ad U annegati nel pulvino $\Phi 26$ con passo 20cm per un totale di 27sezioni resistenti che risultano essere > delle 22 minime previste.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

IV05- Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	05	001	A	90

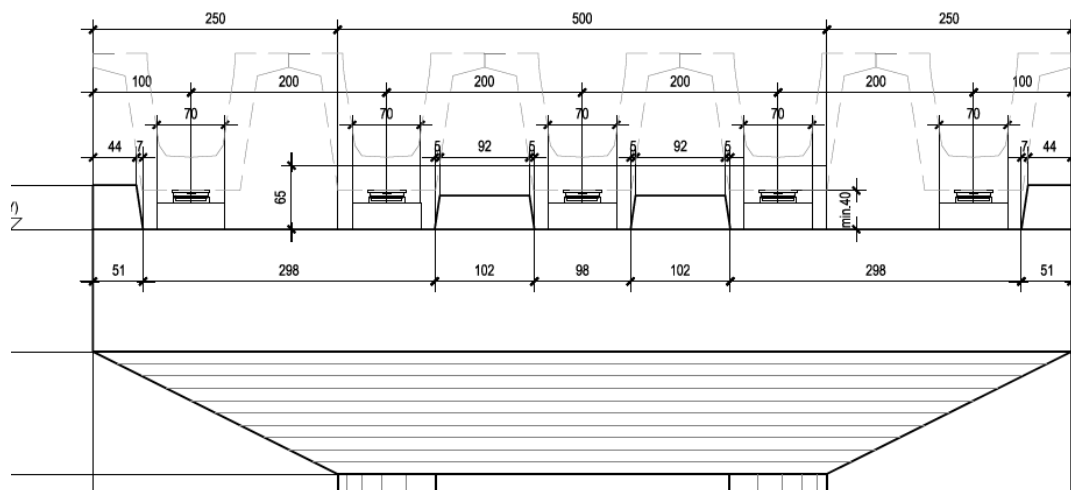


Figura 106 – Carpenteria pulvino con ritegni