

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 – cavalcavia al km 20+965

Relazione di calcolo spalle

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 4	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: IV05_SPALLE MT

n. Elab.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETA' CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA											
IV05 - Relazione di calcolo spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	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
4.2 Coefficienti di spinta	10
5.. CARATTERIZZAZIONE SISMICA	10
5.1 Vita nominale e classe d'uso	11
5.2 Parametri di pericolosità sismica	11
6.. ANALISI DEI CARICHI	13
6.1 Peso proprio della struttura	13
6.2 Peso del terreno a monte dell'opera	13
6.3 Carichi fissi non strutturali	13
6.4 Spinta statica del terreno a monte della spalla	13
6.5 Incremento di spinta su spalla dovuto al sovraccarico stradale	14
6.6 Azione di frenamento su paraghiaia	14
6.7 Incremento di spinta sulla spalla dovuto al sisma	15
6.8 Azioni trasmesse dall'impalcato.....	16
7.. COMBINAZIONI DI CARICO	17
8.. MODELLAZIONE ED ANALISI STRUTTURALE.....	23
8.1 Software di calcolo	23
8.2 Metodo ed ipotesi di calcolo	24
8.3 Metodologia di analisi.....	24
8.4 Sistemi di riferimento ed unità di misura	25
8.5 Geometria del modello di calcolo.....	25
8.6 Carichi e masse	28
9.. RISULTATI DELLE ANALISI.....	34
9.1 Analisi dinamica modale.....	34
10. CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	36

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	2

10.1	Verifica agli stati limite ultimi.....	36
10.2	Verifiche di stato limite di esercizio.....	38

11.	ANALISI STRUTTURALE SPALLA A	39
11.1	Analisi globale della spalla	39
11.2	Verifiche strutturali della spalla	43
12.	ANALISI STRUTTURALE SPALLA B	79
12.1	Analisi globale della spalla	79
12.2	Verifiche strutturali della spalla	83
13.	RITEGNI SISMICI	116
14.	GIUNTI.....	116

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	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 delle spalle del cavalcavia denominato IV05 - Cavalcaferrovia al km 20+965.

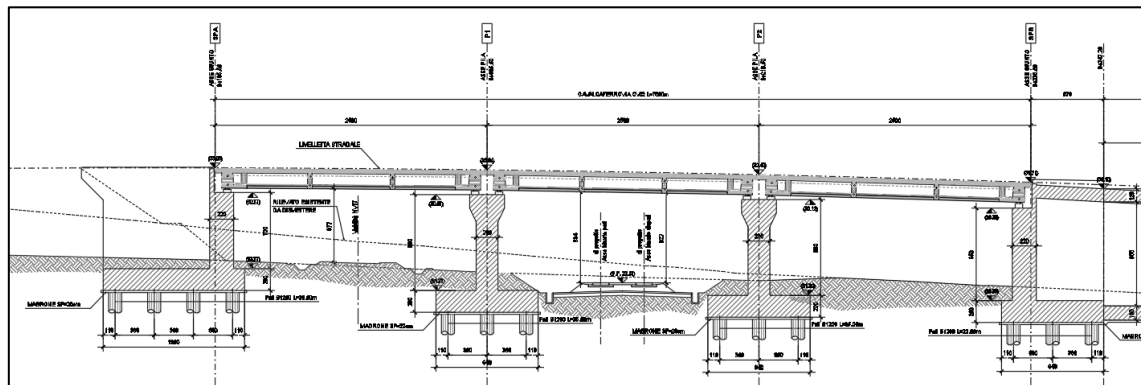


Figura 1-1: Sezione longitudinale

1.1 IV05 - CAVALCAFERROVIA AL KM 20+965.

L'IV05 è il viadotto presente sulla viabilità NV16, attraversa la ferrovia al km 20+974 ed ha una lunghezza complessiva di 75.00 m con uno scatolare di approccio di 137.80 m dal lato della spalla SB alla progressiva 0+235.

L'opera si articola su 3 campate da 25.00m con impalcato che presenta larghezza variabile da 12.20 m a 12.70 m, con carreggiata stradale variabile da 8.50 a 9.00m, con uno schema statico a trave semplicemente appoggiata alle estremità di luce netta pari a circa 22.80 m (da appoggio a appoggio).

La struttura dell'impalcato si compone, per ogni campata, di 5 cassoncini prefabbricati in C.A.P., aventi un interasse di 2,10 m e lunghezza pari a 24.90 m. Le travi principali sono solidarizzate da 4 traversi (2 sull'asse-appoggi e 2 in campata) prefabbricati insieme alle travi.

Le travi hanno un'altezza costante pari a 1.40 m, una larghezza superiore di 2.10 m ed inferiore di 1.00 m. Lo spessore minimo della parte inferiore della trave è di 0.23 m mentre quello delle anime è di 0.14 m. La soletta di completamento in cemento armato ha uno spessore variabile tra 0.28÷0.36 m.

I trasversi saranno armati in opera con barre tipo Dywidag.

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

Le pile del viadotto hanno sezione piena a "saponetta" con larghezza pari a 2.00 m in direzione longitudinale e 5.00 m in direzione trasversale, hanno altezza di 8.80m con fondazioni a plinto da 9.40x9.40x2.00 m che poggiano su 9 pali di diametro Ø1200 di lunghezza 35m.

Le sottostrutture sono di tipo tradizionale: in particolare la spalla A poggia su 16 pali di diametro Ø 1200 e la spalla B poggia su 15 pali di diametro Ø 1200; anche i pali delle spalle hanno una lunghezza di 35m.

Entrambe le spalle presentano un'altezza complessiva del muro frontale pari a circa 7.00 m per la spalla A e di circa 8.50m per la spalla B con spessore di 2.20 m; la zattera di fondazione ha spessore 2.00 m.

Il muro paraghiaia ha uno spessore di 40 cm per un'altezza di 2.17 m sulla spalla A e di 2.28m sulla spalla B.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	4

La spalla B, a differenza della spalla A, non è caricata dalle spinte del rilevato in quanto è adiacente ad una struttura scatolare in c.a. che sostituisce il rilevato di accesso al viadotto. Inoltre, essendo priva di riempimento, il transito dei mezzi sulla spalla B avviene sul solettone di copertura che ha uno spessore di 1.2m.

Il sistema di vincolo dell'impalcato prevede il posizionamento degli apparecchi d'appoggio fissi longitudinali sulla spalla A, mobili sulla spalla B.

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

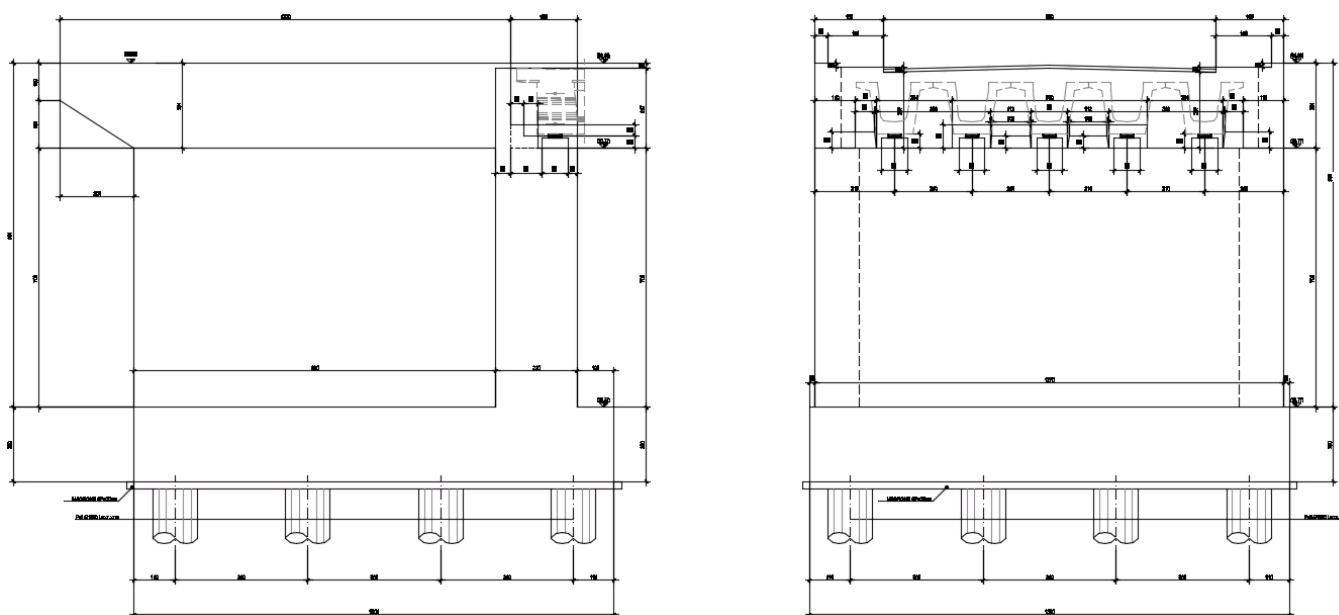


Figura 1-2: Spalla A - sezioni

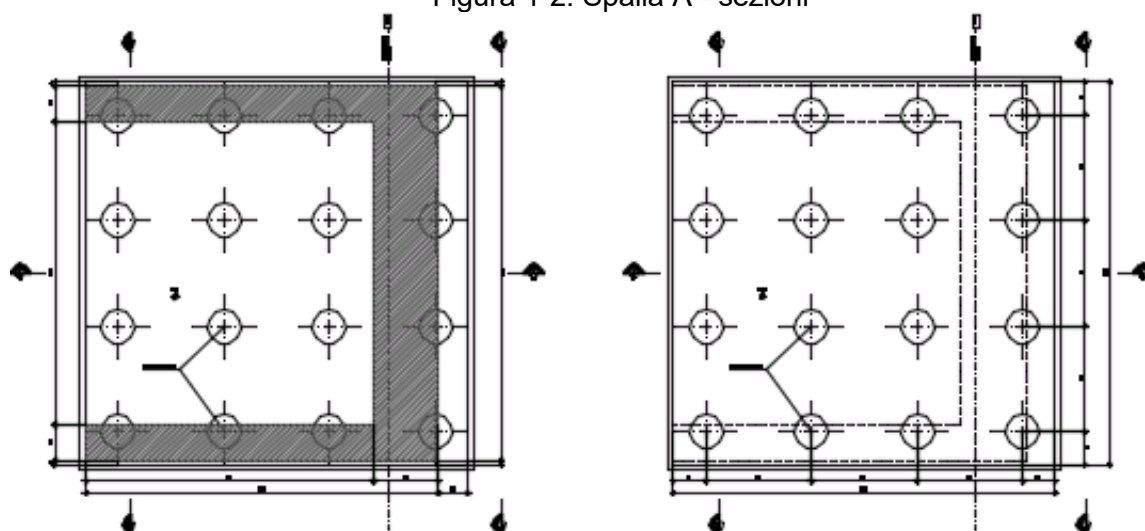


Figura 1-3: Spalla A - piante

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	5

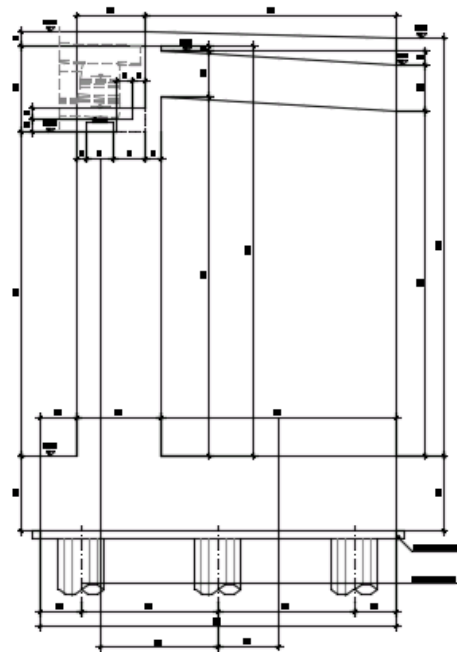
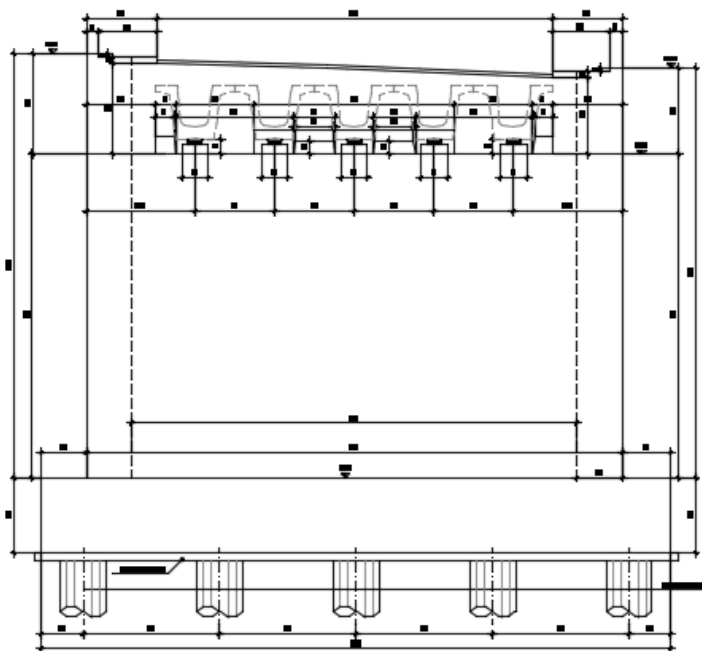


Figura 1-4: Spalla B - sezioni

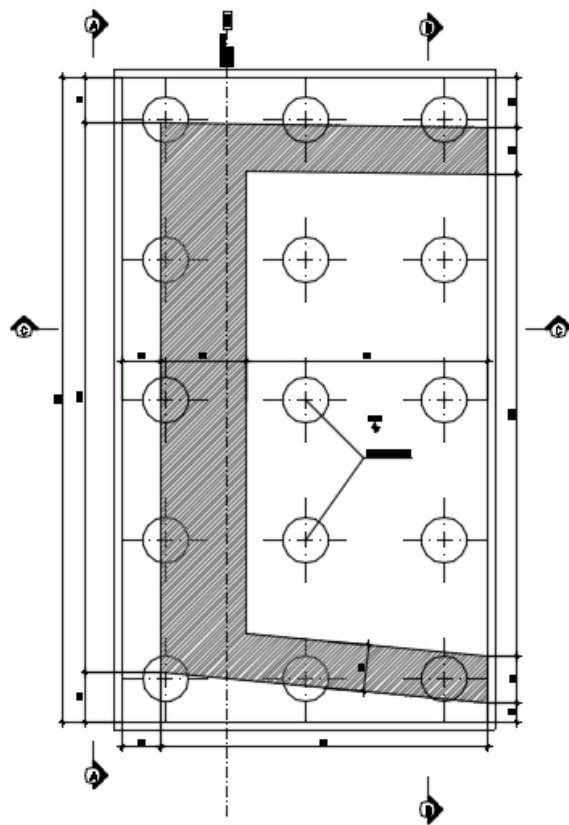
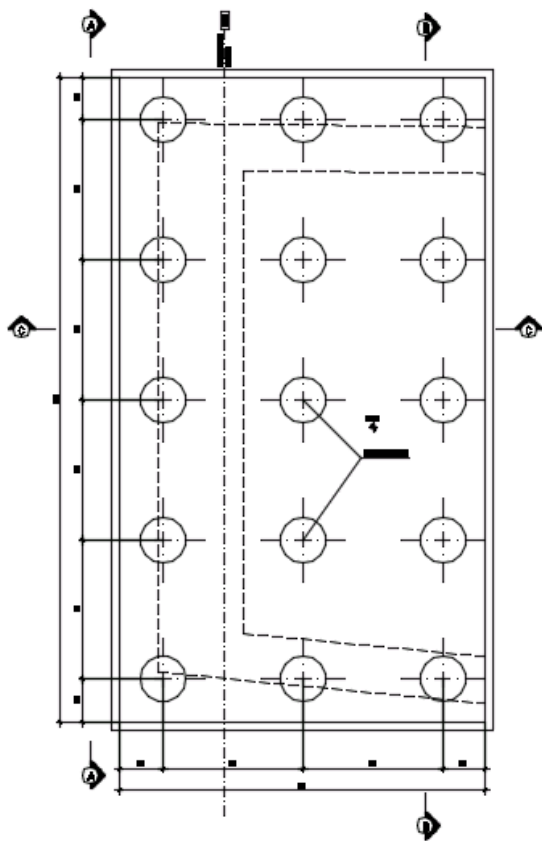


Figura 1-5: Spalla B - piante

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	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 del 22-12-17 – 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	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		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	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 9956	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 con armatura o inseriti metallici in ambiente molto asciutto.	-	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 (Piscine).	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	

Classe esposizione norma UNI 9956	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 (%)
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	

*) Il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione:
- moderato: occasionalmente gelato in condizione di saturazione;
- elevato: alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) Da parte di acque del terreno e acque fluenti.

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:

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	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
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.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	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 :

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

4.2 COEFFICIENTI DI SPINTA

In accordo ai parametri geotecnici sopra indicati, sono stati calcolati i coefficienti di spinta in fase statica e sismica utilizzati nel dimensionamento delle spalle.
Di seguito le ipotesi assunte ed i valori ottenuti.

Angolo di attrito	ϕ'	35°
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan(\phi')$	0.700
Coefficiente parziale per la condizione M1	$\gamma\phi' \text{ M1}$	1
Angolo di attrito per la condizione M1	$\phi' \text{ M1}$	35.00°
Peso di Volume del terreno	γ	20 kN/m ³
Angolo di attrito terreno retrostante/complesso spalla-riempimento per le cond. di esercizio M1	$\delta \text{ eser. M1}$	0.00°
Angolo di attrito terreno retrostante/complesso spalla-riempimento per le cond. sismiche M1	$\delta \text{ sisma M1}$	0.00°
Angolo di inclinazione della faccia interna del muro frontale con l'orizzontale	α	90.00°
Angolo di inclinazione della superficie del terreno retrostante con l'orizzontale	β	-2.86°
Coefficiente di spinta a riposo K_0 condizioni M1	$K_0 \text{ M1}$	0.426
Coefficiente di spinta attiva K_a condizioni M1	$K_a \text{ M1}$	0.264

Sulla base dei parametri base per il calcolo dell'azione sismica, riportati nel seguente paragrafo, sono stati calcolati i coefficienti di spinta con il metodo di Mononobe-Okabe. Mediante i coefficienti di spinta sismica sono state calcolate le sovra-spinte dovute all'azione sismica agente sul terreno a tergo spalla.

α	ϕ	θ_1	θ_2	β	δ	kh	kv	β_m	a/g	S	Ka,E1	Ka,E2
90	35	13.9	18.1	0	0	0.281	0.141	1	0.242	1.163	0.432	0.504

In fase statica a causa della presenza dei pali di fondazione che impediscono una libera rotazione delle spalle si è assunto il coefficiente di spinta a riposo; per le medesime motivazioni, in fase sismica si è assunto $\beta = 1$.

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.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	11

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

☒ 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".

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	12

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N		75	info
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U		1.5	info
Valori di progetto			
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R		112.5	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R			info
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	68	
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	113	
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068	
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193	
Elaborazioni		Strategia di progettazione	
Grafici parametri azione Grafici spettri di risposta Tabella parametri azione			
LEGENDA GRAFICO			
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie ...■... Strategia scelta			

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_0 [-]	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

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	13

6. ANALISI DEI CARICHI

Il calcolo della spalla è stato condotto tenendo conto delle seguenti azioni agenti sull'opera:

- peso proprio della struttura;
- peso del terreno a monte dell'opera;
- spinte del terreno a monte dell'opera;
- incremento di spinta sismica del terreno a tergo della spalla;
- forze di inerzia della struttura e del terreno solidale con l'opera.
- spinta dovuta al sovraccarico stradale;
- azioni trasmesse dall'impalcato.

Le azioni suddette vengono di seguito esplicitate.

6.1 PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA

Il peso degli elementi strutturali costituenti l'opera stato è calcolato considerando il peso specifico del calcestruzzo pari a $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$.

6.2 PESO DEL TERRENO A MONTE DELL'OPERA

Nel dimensionamento della spalla è stato considerato il peso dovuto al terreno che grava sulla platea di fondazione a monte, costituito dal rilevato stradale il cui peso per unità di volume è pari a $\gamma_t = 19 \text{ kN/m}^3$.

6.3 CARICHI FISSI NON STRUTTURALI

Sul rilevato (spalla A) e sul solettone (Spalla B) a tergo spalla si considera la presenza dei seguenti carichi fissi non strutturali:

- Pavimentazione: $q_{pav} = 0.15\text{m} \cdot 23\text{kN/m}^3 = 3.45\text{kPa}$ (alla quale si associa la corrispondente spinta a riposo $q_{pav} \cdot k_0$);
- Barriere + cordolo: Carico distribuito applicato in testa ai muri andatori: 7.5kN/m .
- In corrispondenza della spalla B la pendenza trasversale della piattaforma stradale è realizzata mediante un massetto delle pendenze di spessore compreso tra 0 e 0.45m e peso per unità di volume 21kN/m^3 . In aggiunta al peso della pavimentazione al solettone di copertura della spalla (nel modello di calcolo globale) viene applicato un carico variabile tra 0 e 9.5kPa .

6.4 SPINTA STATICA DEL TERRENO A MONTE DELLA SPALLA

L'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla sono legate allo spostamento relativo che lo stesso può subire; avendo previsto una platea su pali, si può assumere che le deformazioni del terreno siano impedita dalla struttura. Sulla base di tali ipotesi la pressione esercitata dal terreno sull'opera viene considerata come una spinta a riposo che viene calcolata, secondo la teoria di Coulomb, come:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che vale:

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	14

$$K_0 = 1 - \sin \varphi$$

dove φ è l'angolo di attrito interno del terreno.

Il diagramma delle pressioni che il terreno esercita sulla parete risulta triangolare. Il punto di applicazione della spinta si trova in corrispondenza del baricentro del diagramma delle pressioni (H/3 rispetto alla base della parete).

6.5 INCREMENTO DI SPINTA SU SPALLA DOVUTO AL SOVRACCARICO STRADALE

La presenza del sovraccarico stradale uniformemente distribuito sul riempimento della Spalla A comporta un'ulteriore spinta sulla spalla risultante da un diagramma delle pressioni costante con la profondità. Intendendo per q il sovraccarico del valore di 20 kN/m^2 , la spinta in esame vale:

$$S_q = q \cdot k_0 = 20 \cdot 0.426 = 8.52 \text{ kPa}$$

Sebbene il valore di 20 kPa della pressione sul rilevato sia inferiore ai carichi prescritti dalla Circolare delle NTC'18 per i rilevati a tergo spalla o comunque prossimi ai viadotti, si fa presente che i valori riportati in Circolare sono quelli da applicare in corrispondenza del piano stradale e quindi non tengono conto della diffusione dei carichi internamente al volume di terreno; già a poca distanza dal piano stradale si ha una sensibile diminuzione delle pressioni verticali e, di conseguenza, delle spinte.

Il valore di 20 kPa , comunemente utilizzato nella pratica professionale per il calcolo delle pressioni indotte sui paramenti delle spalle dai carichi stradali, costituisce un valore rappresentativo delle pressioni verticali "medie" che si attingono tra la quota stradale e l'estradosso fondazione grazie alla diffusione dei carichi nel volume di terreno. Si fa presente inoltre che l'impiego dei carichi prescritti dalla Circolare senza tener conto di alcuna diffusione porta al calcolo di spinte sui muri delle spalle poco ragionevoli e che portano a notevoli sovradimensionamenti.

Tuttavia, per tener conto delle pressioni più elevate applicate in prossimità del piano stradale, per il calcolo delle spinte agenti sul muro paraghiaia e sulla parte sommitale dei muri andatori si è fatto riferimento a una pressione distribuita pari a 40 kPa .

Quindi la spinta su paraghiaia e coronamento dei muri andatori risulta: $S_q = q \cdot k_0 = 40 \cdot 0.426 = 17.04 \text{ kPa}$

Al solettone di "copertura" della spalla B sono stati applicati i carichi dello Schema 1 prolungando le corsie di carico presenti sull'impalcato del cavalcavia all'interno del modello di calcolo globale.

6.6 AZIONE DI FRENAMENTO SU PARAGHIAIA

L'azione di frenamento per il dimensionamento "locale" del paraghiaia è stata modellata in accordo a quanto previsto dalla Circolare al paragrafo C.5.1.3.3.5.2.

Si applicano simultaneamente un carico verticale di 300 kN (asse schema 1) ed una forza orizzontale da 180 kN (60% del carico verticale) parallela all'asse del ponte.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	15

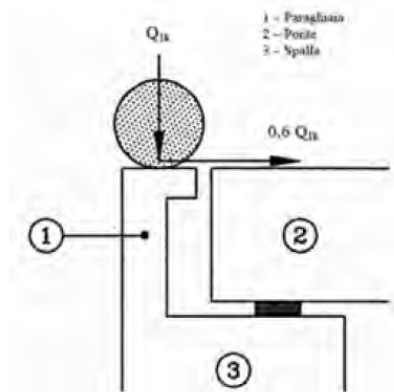


Figura 6-1: Modello di carico per l'azione di frenamento su paraghiaia

6.7 INCREMENTO DI SPINTA SULLA SPALLA DOVUTO AL SISMA

In condizioni sismiche l'entità e la distribuzione delle spinte del terreno sulla spalla dipendono dall'intensità del sisma, dalla risposta locale del terreno di fondazione e dalla deformabilità dell'opera. La normativa vigente consente l'utilizzo di metodi pseudo-statici per il calcolo dell'incremento di spinta che agisce sull'opera dovuto al sisma. Il metodo applicato in sede di progettazione è quello di Mononobe-Okabe, basato sull'equilibrio limite globale di un cuneo di terreno soggetto alle forze indotte dal sisma, ipotizzando che l'opera possa subire movimenti tali da produrre nel terreno retrostante un regime di spinta attiva e che il terreno interno al cuneo di spinta si comporti come un corpo rigido.

La spinta sismica (statica + dinamica) vale:

$$S_{a,E} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^2 \cdot K_{a,E}$$

dove se, $\beta \leq \varphi - \theta$

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta - \theta)}{\sin(\alpha - \delta - \theta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

altrimenti, se

$\beta > \varphi - \theta$

$$K_{a,E} = \frac{\sin^2(\alpha + \varphi - \theta)}{\cos \theta \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta - \theta)}$$

Nelle relazioni sopra elencate, i simboli hanno i seguenti significati:

- β è l'angolo di inclinazione della superficie del terreno retrostante con l'orizzontale;
- α è l'angolo di inclinazione della faccia interna del muro frontale con l'orizzontale;
- θ è l'angolo definito come

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	16

$$\theta = \operatorname{atn}\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

- k_h è il coefficiente di intensità sismica orizzontale definito come

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

- $k_v = 0.5 \cdot k_h$ è il coefficiente di intensità sismica verticale;
- $a_{\max}$ è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g è l'accelerazione di gravità;
- β_m è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Nel caso di spalle che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

La normativa prescrive di applicare separatamente la spinta statica e la spinta dinamica. Quest'ultima viene applicata come incremento di spinta, calcolato come differenza tra la spinta sismica totale e la spinta statica attiva. Assumendo che il diagramma delle pressioni del terreno che ne deriva sia costante su tutta l'altezza, tale contributo di spinta viene applicato ad una distanza pari a $0.5 \cdot H$ rispetto alla base della platea di fondazione.

In presenza di sisma l'opera è soggetta alle forze di inerzia della struttura e del terreno a monte

solidale con la stessa. Tali azioni sono calcolate dal software di calcolo mediante l'analisi modale con spettro di risposta, considerando le masse strutturali delle spalle e le masse del terrapieno (assegnate come carichi fissi).

6.8 AZIONI TRASMESSE DALL'IMPALCATO

Le azioni trasmesse alle spalle dall'impalcato sono state determinate automaticamente dal programma di calcolo avendo modellato il viadotto nella sua interezza includendo anche le spalle.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	17

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.

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) + Mob Sp(1.350)	Schema 1(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) +	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)
5	SLU3	Active	Add	G SLE(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)
6	SLU4	Active	Add			

LINEA PESCARA – BARI

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

IV05- Relazione di calcolo spalle

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	18

			G SLE(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)
7	SLU5	Active	Add		
			G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) + Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(0.900)
8	SLU6	Active	Add		
			G SLU(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) + Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)
9	SLU7	Active	Add		
			G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(0.900) + Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(0.900)
10	SLU8	Active	Add		
			G SLE(1.000) + Ritiro(1.200) + Fren (Q3)(1.350) +	Schema 1 freq(1.350) + Wind x (Q5)(-0.900) + Mob Sp(0.700)	Res vincoli (Q9)(0.720) Wind z (Q5)(-0.900)
11	SLU9	Active	Add		
			Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(0.900) + Schema 1(1.350) +	Res vincoli (Q9)(-0.720) G SLU(1.000)
12	SLU10	Active	Add		
			Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(-0.900) + Schema 1(1.350) +	Res vincoli (Q9)(-0.720) G SLU(1.000)
13	SLU11	Active	Add		
			Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(0.900) + Schema 1(1.350) +	Res vincoli (Q9)(-0.720) G SLE(1.000)
14	SLU12	Active	Add		
			Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(1.350)	Wind z (Q5)(-0.900) + Schema 1(1.350) +	Res vincoli (Q9)(-0.720) G SLE(1.000)
15	SLU13	Active	Add		
			Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) + G SLU(1.000) +	Wind x (Q5)(0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Wind z (Q5)(0.900) Schema 1 freq(1.350)
16	SLU14	Active	Add		
			Fren (Q3)(1.350) + Res vincoli (Q9)(-0.720) + G SLU(1.000) +	Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) + Mob Sp(0.700)	Wind z (Q5)(-0.900) Schema 1 freq(1.350)
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) +	Wind x (Q5)(-0.900) + Ritiro(1.200) +	Wind z (Q5)(-0.900) Schema 1 freq(1.350)

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	19

+ G SLE(1.000) + Mob Sp(0.700)			

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	20

33	SLV-Y3	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X q=1.5(-0.300) + SLVX+ Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000) SLVY- Sp(1.000)
34	SLV-Y4	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(0.300) +	SLV X q=1.5(-0.300) + SLVX+ Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000) SLVY+ Sp(1.000)
35	SLV-Y5	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(0.300) + SLVX- Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000) SLVY- Sp(1.000)
36	SLV-Y6	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(0.300) + SLVX- Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000) SLVY+ Sp(1.000)
37	SLV-Y7	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(-0.300) + SLVX+ Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(1.000) SLVY- Sp(1.000)
38	SLV-Y8	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-0.300) +	SLV X q=1.5(-0.300) + SLVX+ Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(-1.000) SLVY+ Sp(1.000)
39	SLV-Z1	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) + SLVX- Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(0.300) SLVY- Sp(0.300)
40	SLV-Z2	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-1.000) +	SLV X q=1.5(0.300) + SLVX- Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(0.300) SLVY- Sp(0.300)
41	SLV-Z3	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) + SLVX+ Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(-0.300) SLVY+ Sp(0.300)
42	SLV-Z4	Active	Add	G SLE(1.000) + SLV Z(-1.000) +	SLV X q=1.5(-0.300) + SLVX+ Sp(0.300) +	SLV Y q=1.5(-0.300) SLVY+ Sp(0.300)
43	ECC-1	Active	Add	G SLE(1.000) + + Res vincoli (Q9)(1.000)	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov x (A)(1.000)
44	ECC-2	Active	Add	G SLE(1.000) + + Res vincoli (Q9)(1.000)	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov y (A)(1.000)
45	ECC-3	Active	Add	G SLE(1.000) + + Res vincoli (Q9)(-1.000)	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov x (A)(1.000)
46	ECC-4	Active	Add	G SLE(1.000) + + Res vincoli (Q9)(-1.000)	Ritiro(1.000) +	Urto ferrov y (A)(1.000)
47	SLE-R1	Active	Add	G SLE(1.000) + + Wind z (Q5)(0.600) + + Mob Sp(1.000)	Schema 1(1.000) + Ritiro(1.000) +	Wind x (Q5)(0.600) Res vincoli (Q9)(1.000)
48	SLE-R2	Active	Add			

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	21

+ G SLE(1.000) + + Wind z (Q5)(-0.600) + + Mob Sp(1.000)			Schema 1(1.000) + Ritiro(1.000) + Res vincoli (Q9)(1.000)		
49	SLE_FR1	Active	Add		
+ G SLE(1.000) + + Ritiro(1.000) +			Schema 1 freq(1.000) + Mob Sp(0.700) Res vincoli (Q9)(1.000)		
50	SLE_QP	Active	Add		
+ G SLE(1.000) +			Res vincoli (Q9)(1.000)		
51	SLV-X1E	Active	Add		
+ SLVX- Sp(1.000) + + SLV Y(0.300) +			SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(0.300) + SLV X(1.000) G SLE(1.000)		
52	SLV-X2E	Active	Add		
+ SLVX+ Sp(1.000) + + SLV Y(0.300) +			SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(0.300) + SLV X(-1.000) G SLE(1.000)		
53	SLV-X3E	Active	Add		
+ SLVX- Sp(1.000) + + SLV Y(-0.300) +			SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(0.300) + SLV X(1.000) G SLE(1.000)		
54	SLV-X4E	Active	Add		
+ SLVX+ Sp(1.000) + + SLV Y(-0.300) +			SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(0.300) + SLV X(-1.000) G SLE(1.000)		
55	SLV-X5E	Active	Add		
+ SLVX- Sp(1.000) + + SLV Y(0.300) +			SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) + SLV X(1.000) G SLE(1.000)		
56	SLV-X6E	Active	Add		
+ SLVX+ Sp(1.000) + + SLV Y(0.300) +			SLVY- Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) + SLV X(-1.000) G SLE(1.000)		
57	SLV-X7E	Active	Add		
+ SLVX- Sp(1.000) + + SLV Y(-0.300) +			SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) + SLV X(1.000) G SLE(1.000)		
58	SLV-X8E	Active	Add		
+ SLVX+ Sp(1.000) + + SLV Y(-0.300) +			SLVY+ Sp(0.300) + SLV Z(-0.300) + SLV X(-1.000) G SLE(1.000)		
59	SLV-Y1E	Active	Add		
+ SLVX- Sp(0.300) + + SLV Y(1.000) +			SLVY- Sp(1.000) + SLV Z(0.300) + SLV X(0.300) G SLE(1.000)		
60	SLV-Y2E	Active	Add		
+ SLVX- Sp(0.300) + + SLV Y(-1.000) +			SLVY+ Sp(1.000) + SLV Z(0.300) + SLV X(0.300) G SLE(1.000)		
61	SLV-Y3E	Active	Add		
+ SLVX+ Sp(0.300) + + SLV Y(1.000) +			SLVY- Sp(1.000) + SLV Z(0.300) + SLV X(-0.300) G SLE(1.000)		
62	SLV-Y4E	Active	Add		
+ SLVX+ Sp(0.300) + + SLV Y(-1.000) +			SLVY+ Sp(1.000) + SLV Z(0.300) + SLV X(-0.300) G SLE(1.000)		
63	SLV-Y5E	Active	Add		
+ SLVX- Sp(0.300) + + SLV Y(1.000) +			SLVY- Sp(1.000) + SLV Z(-0.300) + SLV X(0.300) G SLE(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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	22

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)

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	23

8. MODELLAZIONE ED ANALISI STRUTTURALE

8.1 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 rigidezza 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.

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	24

8.1.1 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.

8.1.2 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.

8.2 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.

8.3 METODOLOGIA DI ANALISI

8.3.1 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.

8.3.2 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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	25

- 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,

8.4 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

8.5 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.

8.5.1 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.

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	26

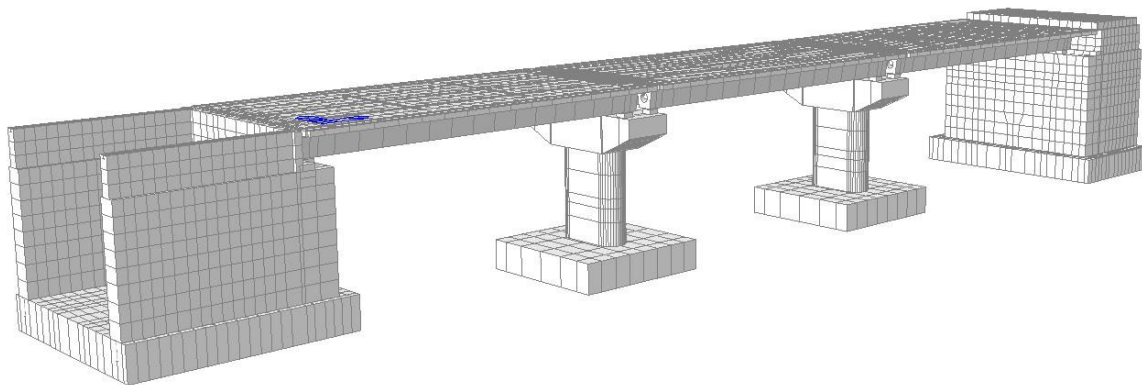


Figura 2 – Vista prospettica modello

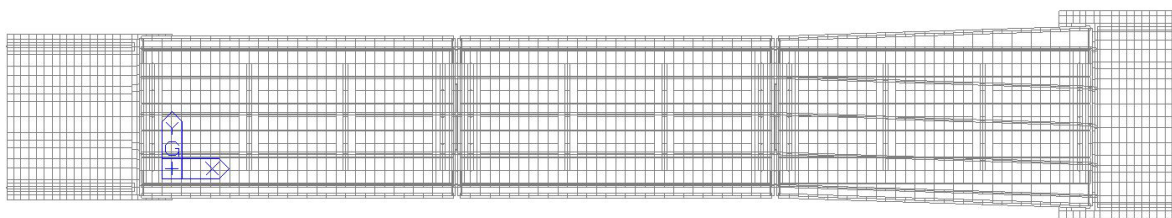


Figura 3 – Pianta impalcato

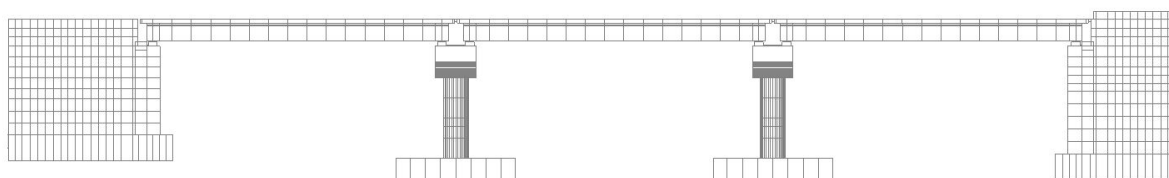


Figura 4 – Profilo

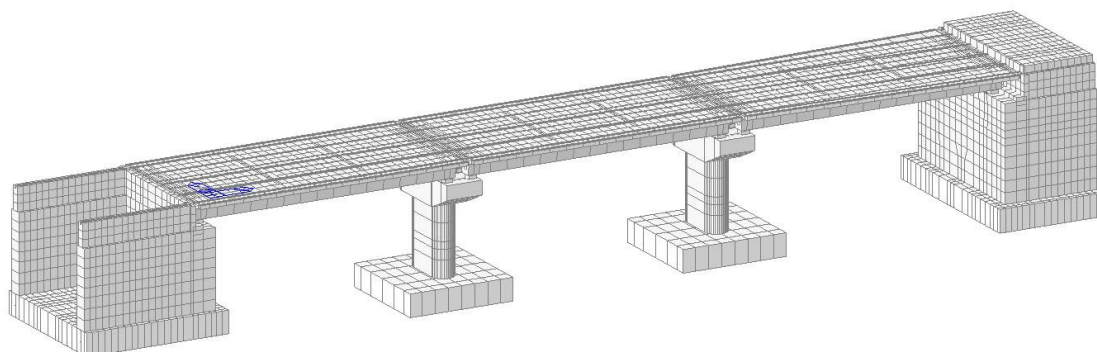


Figura 5 – Vista estrusa

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	27

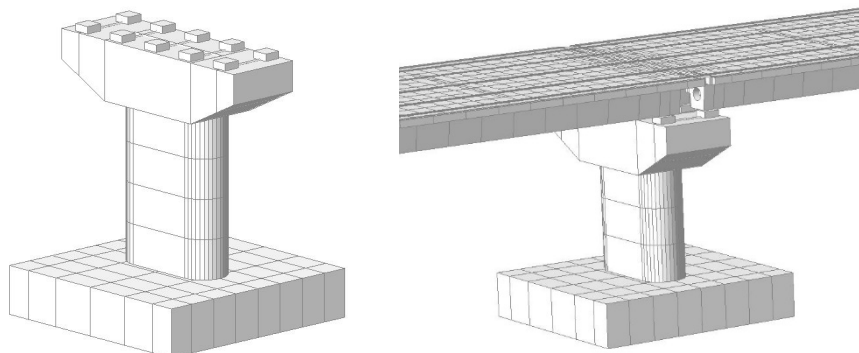


Figura 6 – Vista estrusa pila con impalcato

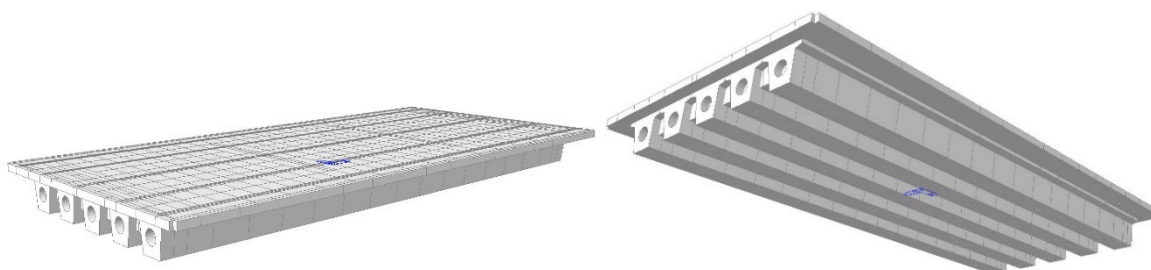


Figura 7 – Vista assonometrica impalcato

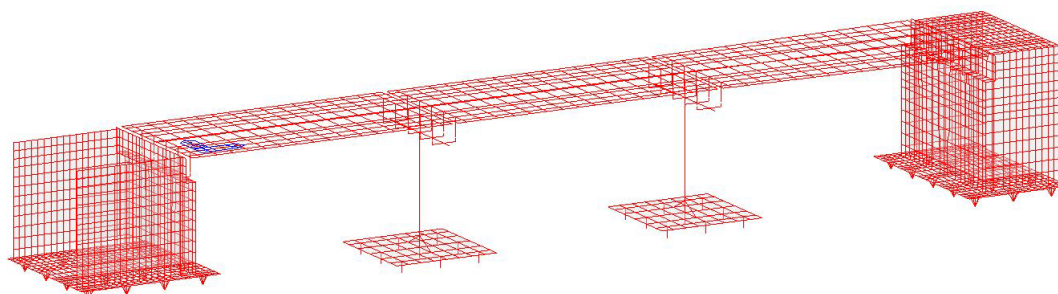


Figura 8 – Vista assonometrica wireframe

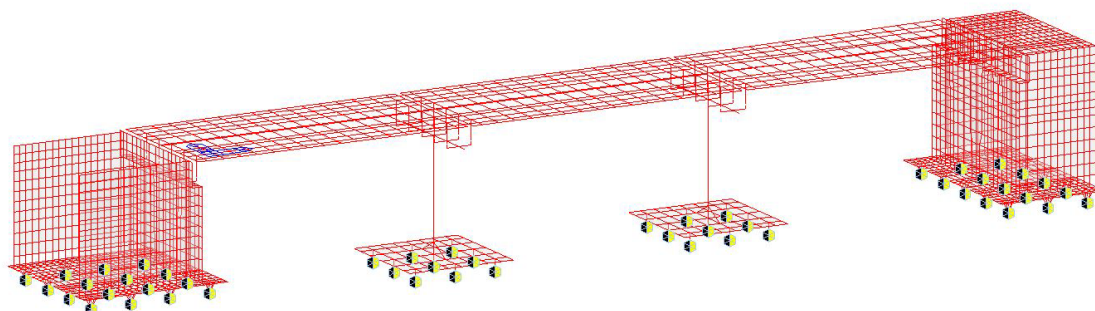


Figura 9 – Vista wireframe con vincoli

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	28

8.5.2 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 rigidzze assegnate ai vincoli sono le seguenti:

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

8.5.3 Vincoli interni

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

I dispositivi multi-direzionali offrono una rigidzza laterale sostanzialmente nulla (a meno dell'attrito, trattato in precedenza) della superficie di scorrimento. La rigidzza 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 rigidzza alla direzione considerata.

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

8.6 CARICHE E MASSE

8.6.1 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.

8.6.2 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.

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	29

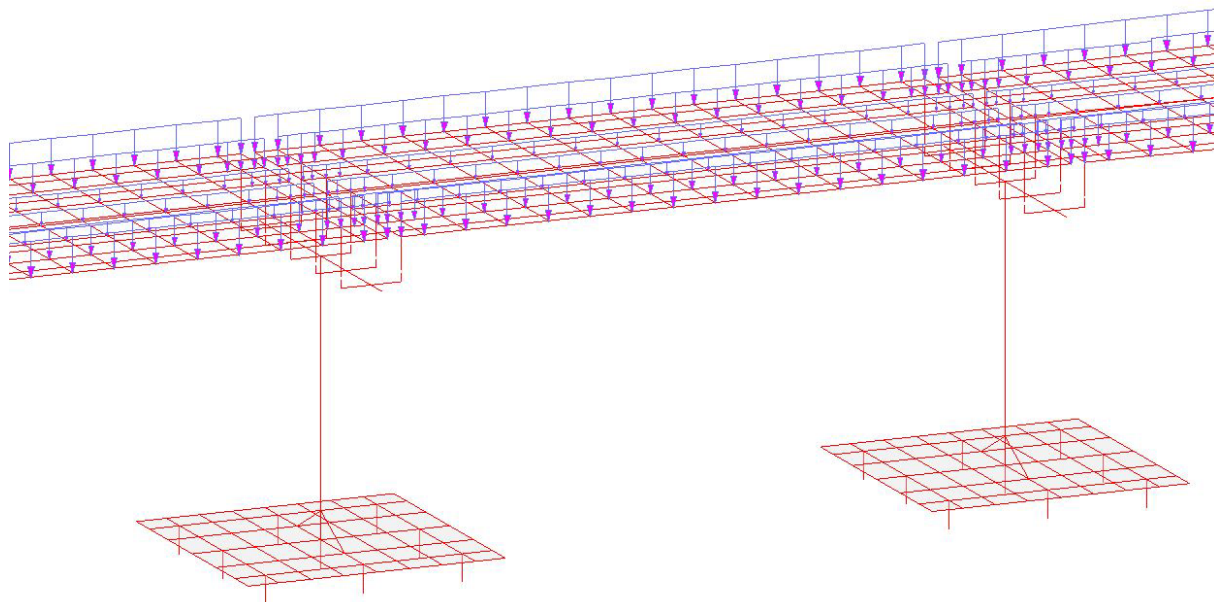


Figura 10 – Carichi G2

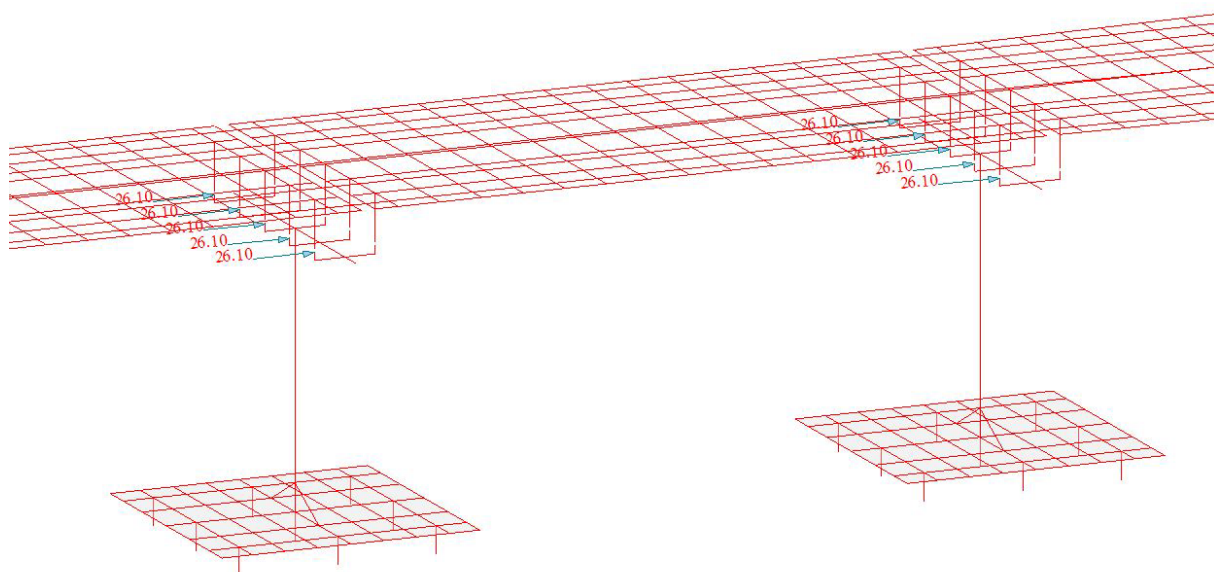


Figura 11 – Carichi attrito vincolo

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	30

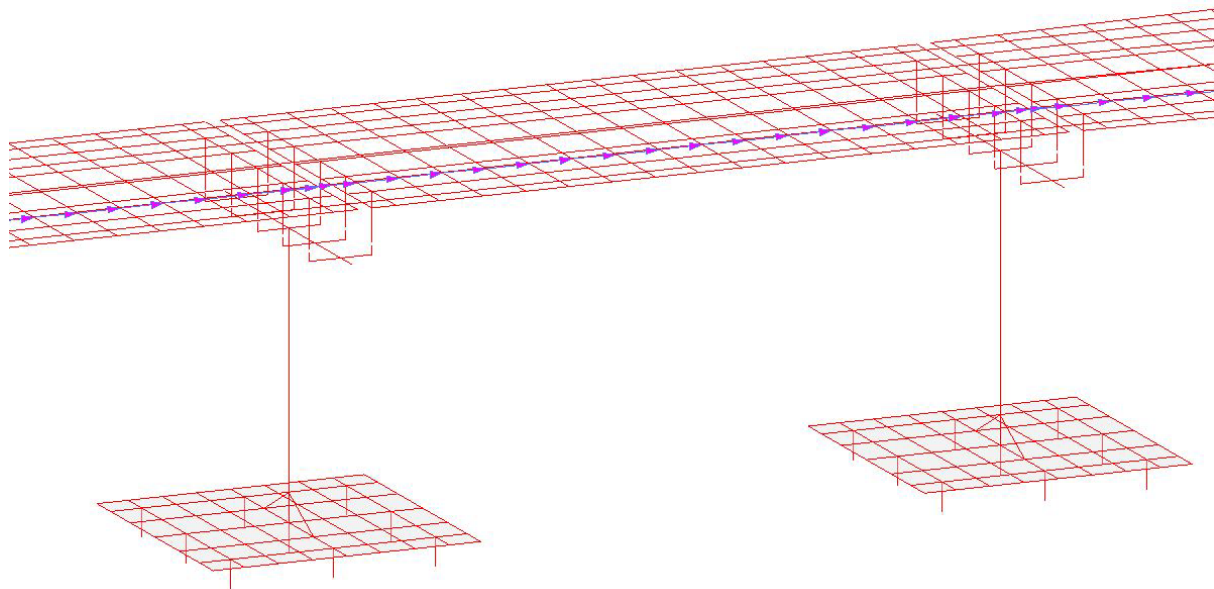


Figura 12 – Azione frenamento

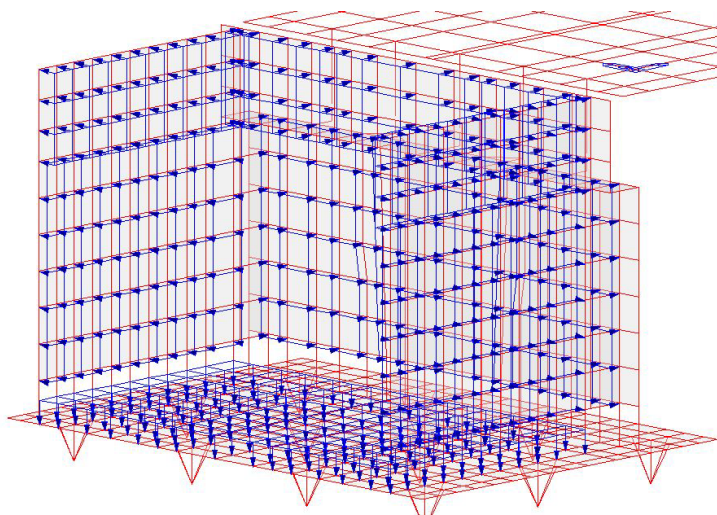


Figura 13 – Carichi mobili spalla

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	31

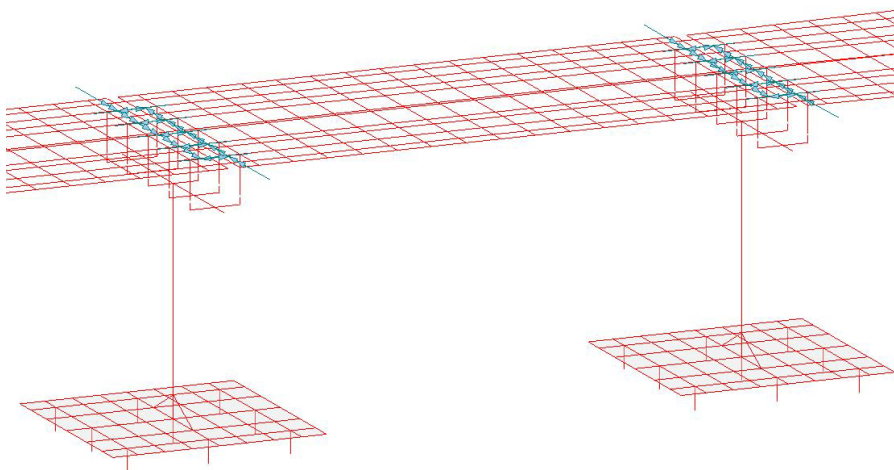


Figura 14 – Carichi ritiro

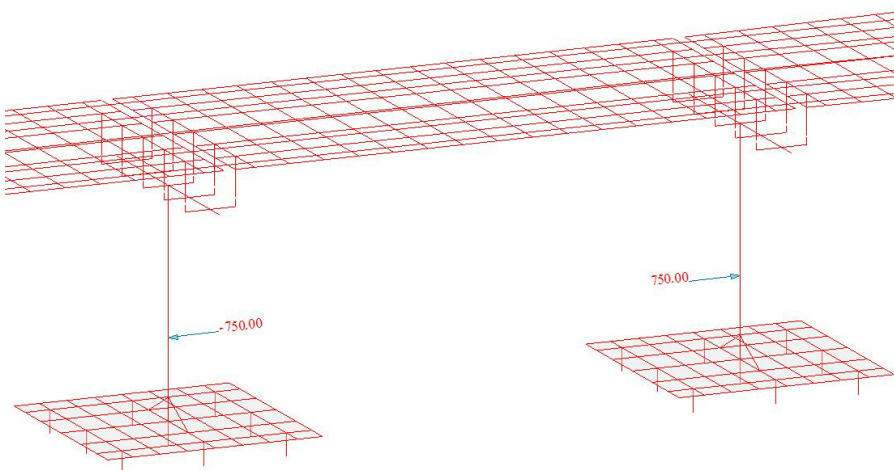


Figura 15 – Carichi urto ferroviario X

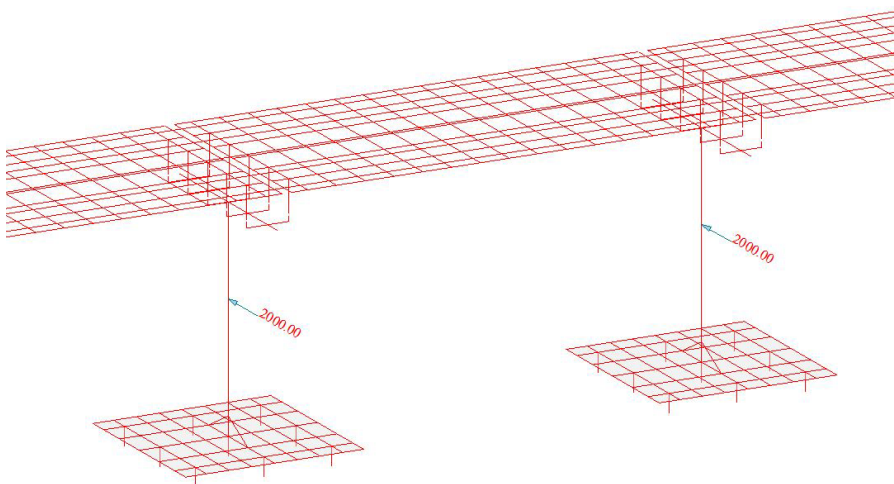


Figura 16 – Carichi urto ferroviario y

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	32

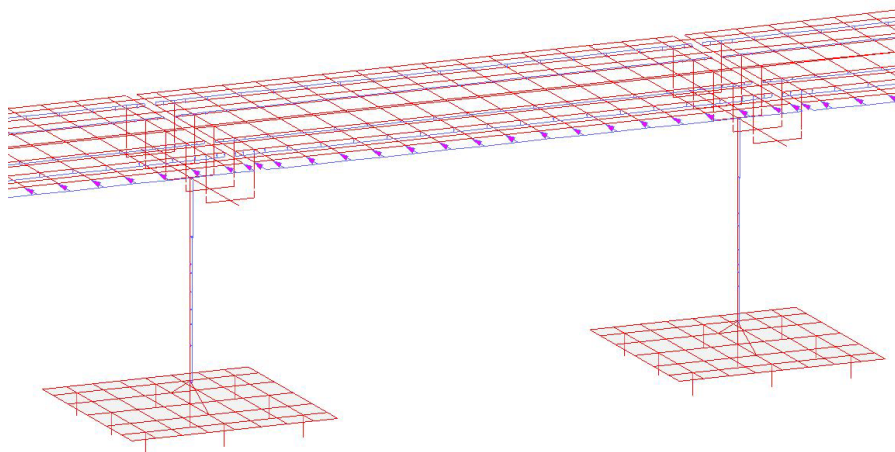


Figura 17 – Carichi vento x

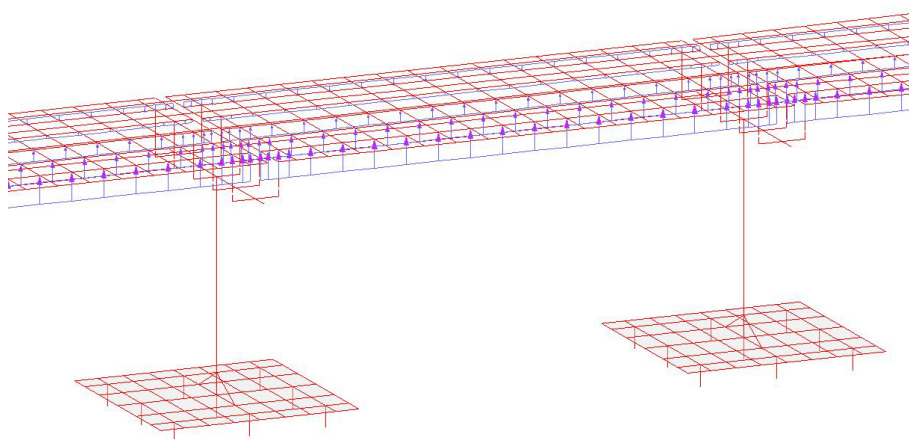


Figura 18 – Carichi vento z

8.6.3 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
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	33

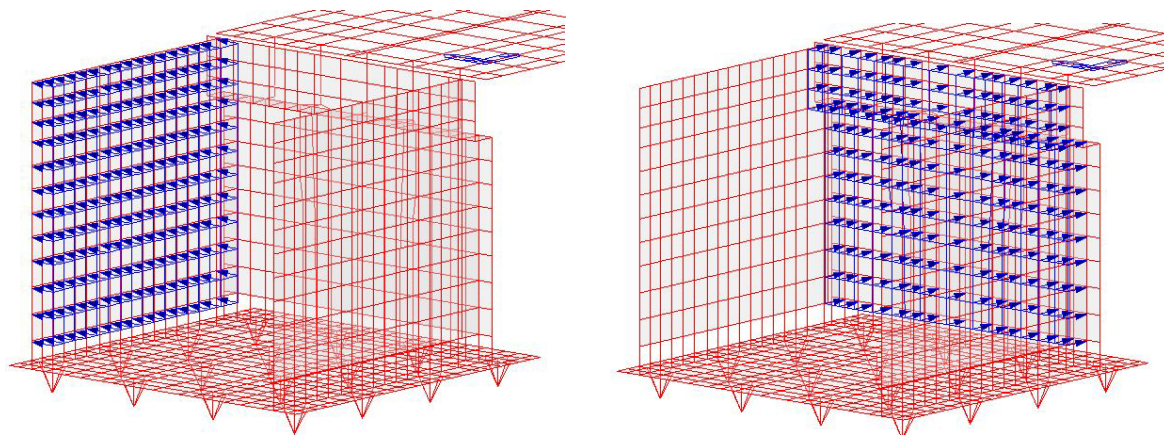


Figura 19 – Sovrappinte sismiche applicate alla Spalla A: SLVY+ (sx) e SLVX+(dx)

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	34

9. 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.

9.1 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.

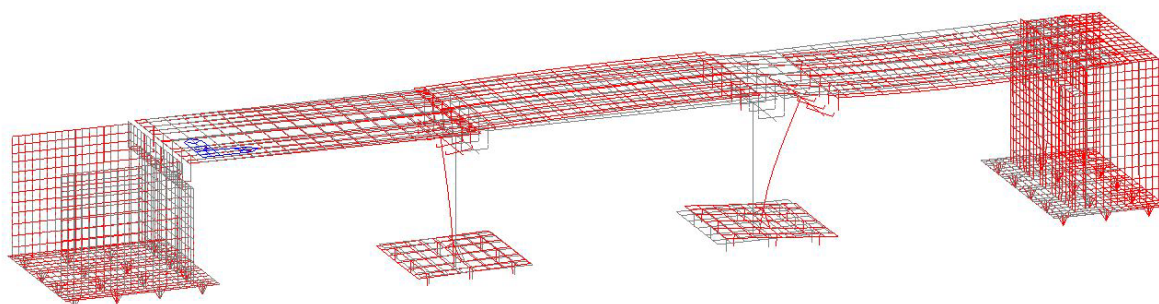


Figura 20 – Modo di vibrare 1 $T=0.485s$

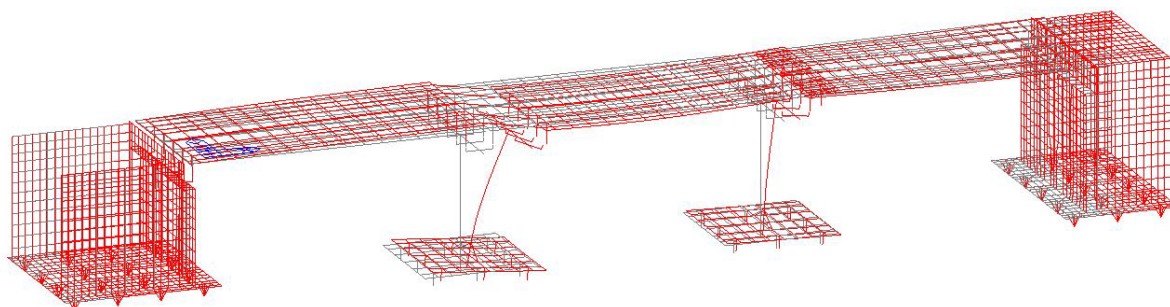


Figura 21 – Modo di vibrare 2 $T=0.477s$

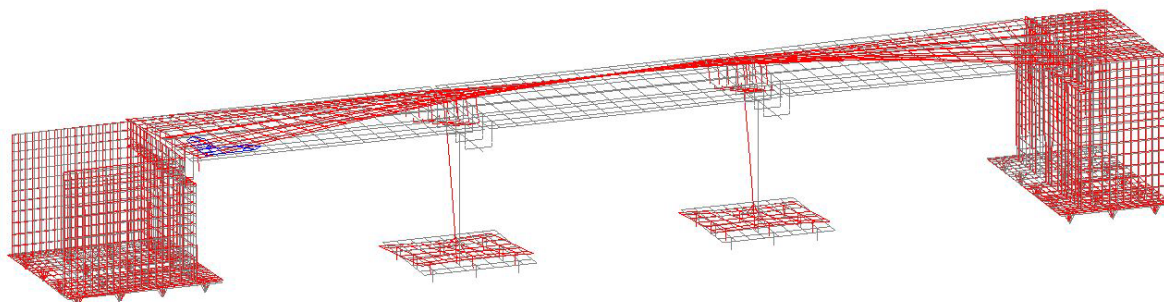


Figura 22 – Modo di vibrare 3 $T=0.385s$

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	35

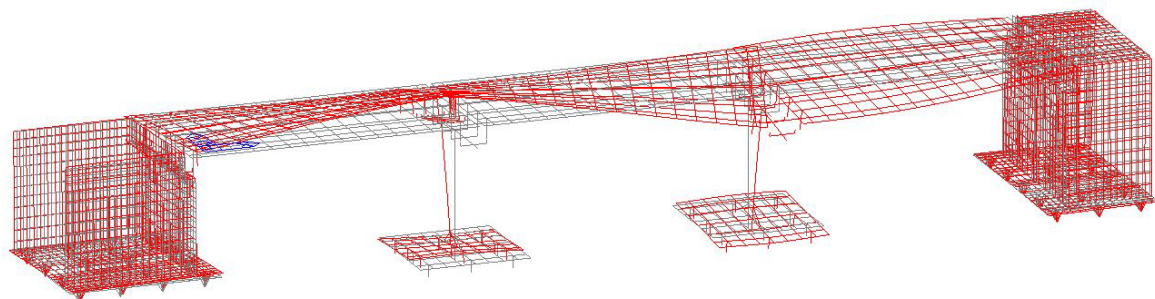


Figura 23 – Modo di vibrare 4 $T=0.323s$

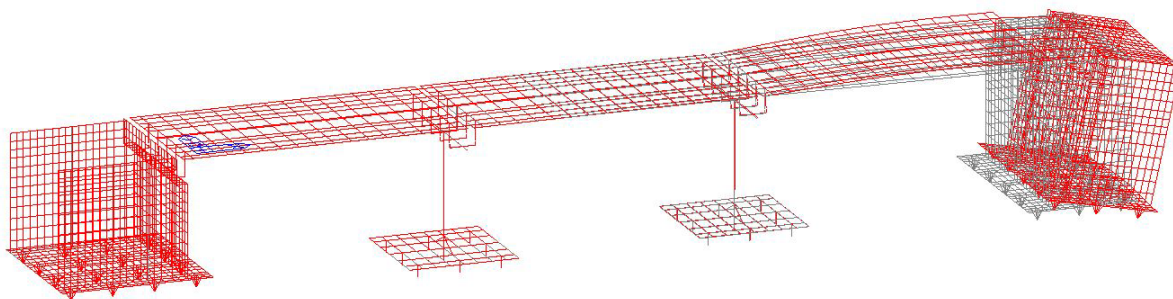


Figura 24 – Modo di vibrare 5 $T=0.279s$

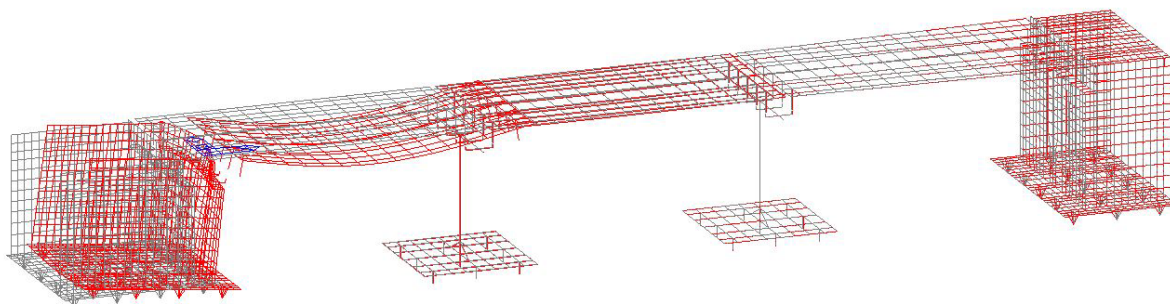


Figura 25 – Modo di vibrare 6 $T=0.276s$

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	36

10. CRITERI DI VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

Il presente paragrafo illustra nel dettaglio i criteri generali di verifica adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione ed a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio per la fessurazione e per le tensioni.

10.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Le verifiche di stato limite ultimo sono state eseguite nei confronti delle sollecitazioni di pressoflessione e taglio.

Nello specifico, per entrambe le spalle si adottano i seguenti criteri di verifica:

- Per tutte le verifiche allo SLU si fa riferimento alle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni di carico definite allo SLU con riferimento alle caratteristiche dei materiali calcolate secondo le indicazioni delle NTC18 (tensione snervamento e limitazione deformazione massima acciaio)
- Per le verifiche SLV di muro frontale, paraghiaia e muri andatori si fa riferimento alle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni di carico definite allo SLV con riferimento alle caratteristiche di resistenza dei materiali calcolate secondo le indicazioni delle NTC18 limitando la deformazione massima dell'acciaio al valore 0.1% al fine di garantire, secondo quanto espresso dalle NTC un limitato danneggiamento delle strutture anche per sisma allo SLV
- Per le verifiche di resistenza a flessione e taglio in condizioni sismiche SLV degli elementi di fondazione si fa riferimento alle sollecitazioni derivanti dall'analisi strutturale ottenute assumendo un fattore di struttura q unitario. (Calcolo elastico).

10.1.1 Verifica a pressoflessione

Le verifiche a pressoflessione vengono condotte confrontando le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando il corrispondente fattore di mobilitazione (FS) come rapporto tra la sollecitazione resistente e la massima agente.

Le verifiche flessionali allo SLU sono eseguite adottando le seguenti ipotesi:

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

Le tensioni nel calcestruzzo e nell'armatura sono state dedotte a partire dalle deformazioni utilizzando i rispettivi diagrammi tensione-deformazione.

Per quanto attiene la legge σ - ϵ del calcestruzzo si è utilizzata una curva parabola-rettangolo, considerando solo la porzione compressa e assumendo $\epsilon_{c2}=0,2\%$ e $\epsilon_{cu}=0,35\%$.

Per quanto riguarda l'acciaio si è assunto un diagramma bilineare elastico-perfettamente plastico.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	37

10.1.2 Verifica a taglio

La verifica allo SLU per taglio è stata condotta assumendo i seguenti valori della resistenza di calcolo:

- Resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ C_{Rd,c} \cdot k \cdot \left[(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

- Sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \vartheta$$

- Massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \vartheta + \tan \vartheta}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

- $k = 1 + \sqrt{200/d}$ con d in mm
- $\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d}$
- A_{sl} è l'area dell'armatura tesa
- b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa
- $\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd}$
- N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi
- A_c è l'area della sezione di calcestruzzo
- $C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$
- $k_1 = 0.15$
- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}$
- $v = 0.5$ per calcestruzzi fino a C70/85
- $1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio
- s è il passo delle staffe
- f_{yd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio
- $v_1 = v = 0.5$ è il coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo fessurato per taglio
- α_{cw} è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	38

10.2 VERIFICHE DI 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.

10.2.1 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 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	39

11. ANALISI STRUTTURALE SPALLA A

Nel presente capitolo si riportano i risultati di calcolo della spalla A.

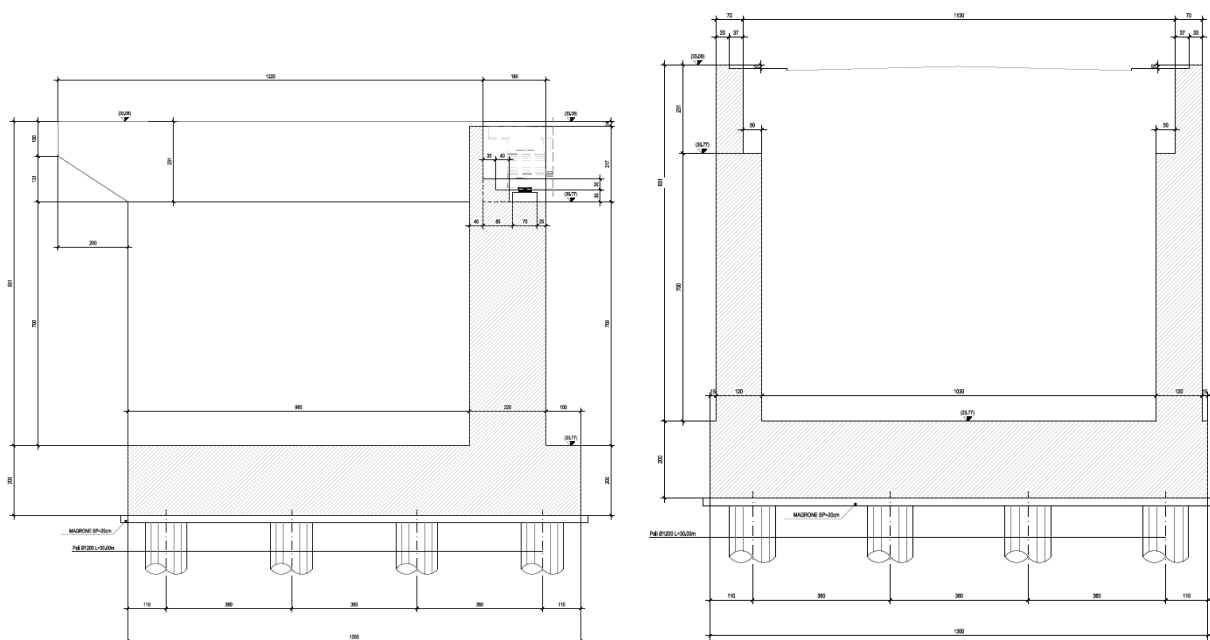


Figura 11-1: Sezioni Spalla A.

11.1 ANALISI GLOBALE DELLA SPALLA

Le spalle sono incluse nel modello globale del viadotto.

Il calcolo delle massime sollecitazioni sui pali di fondazione della spalla è stato condotto considerando le azioni relative alle spinte del terreno agenti, ai pesi propri, ai carichi permanenti, ai carichi accidentali, alle azioni sismiche e ai carichi trasmessi dall'impalcato.

Si riportano di seguito estratti del modello di calcolo relativi a configurazioni deformate e contour delle sollecitazioni agenti

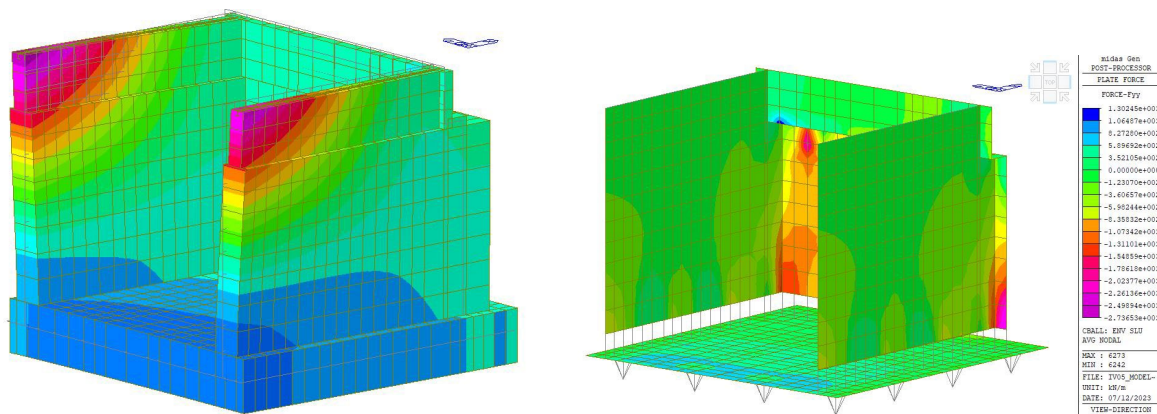


Figura 11-2: Spalla A deformata G1 e involucro SLU N

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA

LI0B

LOTTO

02

FASE

E

ENTE

ZZ

TIPO DOC

CL

OPERA 7 DISCIPLINA

IV

05

04

PROGR

001

REV

A

FOGLIO

40

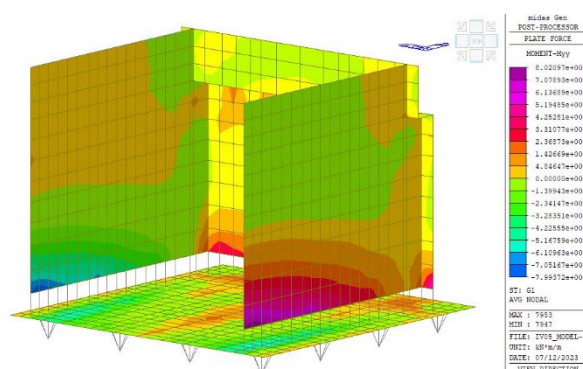
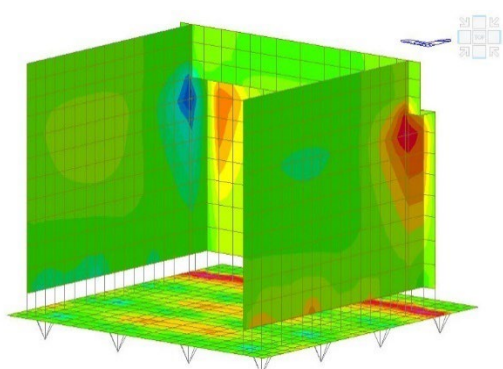


Figura 11-3: Spalla A Mxx G1; Myy G1

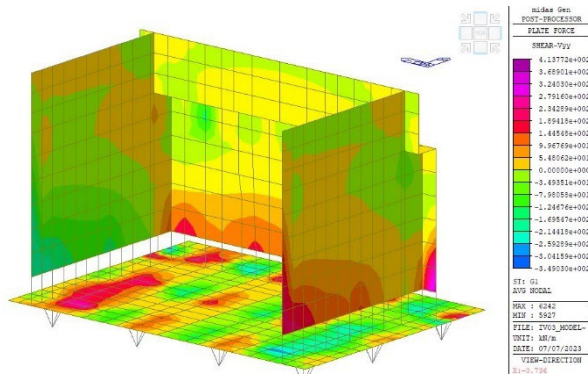
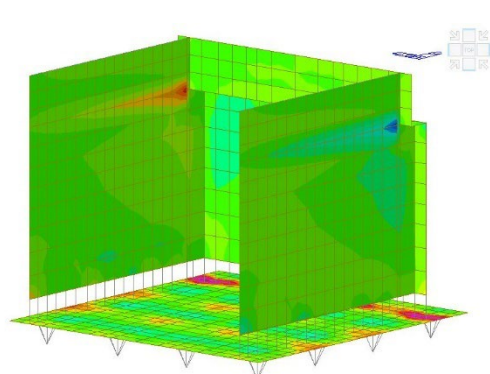


Figura 11-4: Spalla A Vxx G1; Vyy G1

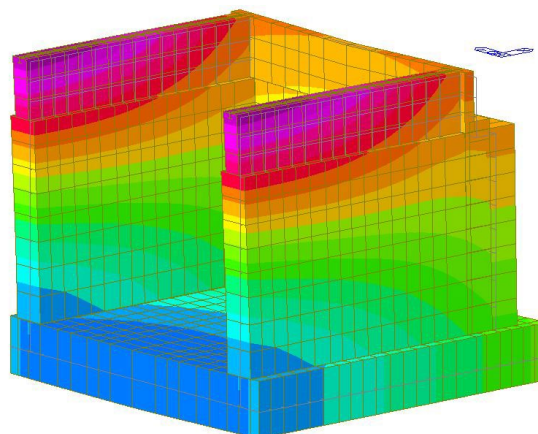
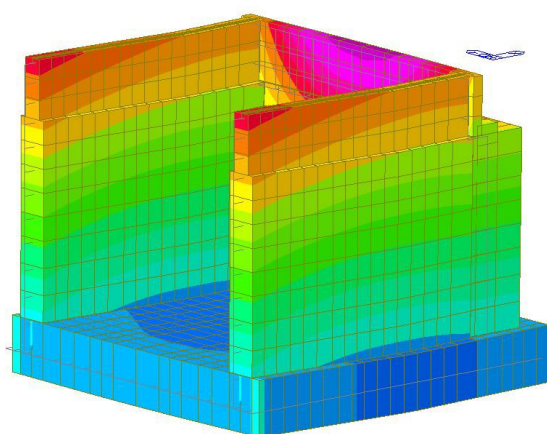


Figura 11-5: Spalla A deformata SLV,x e SLV,y

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	41

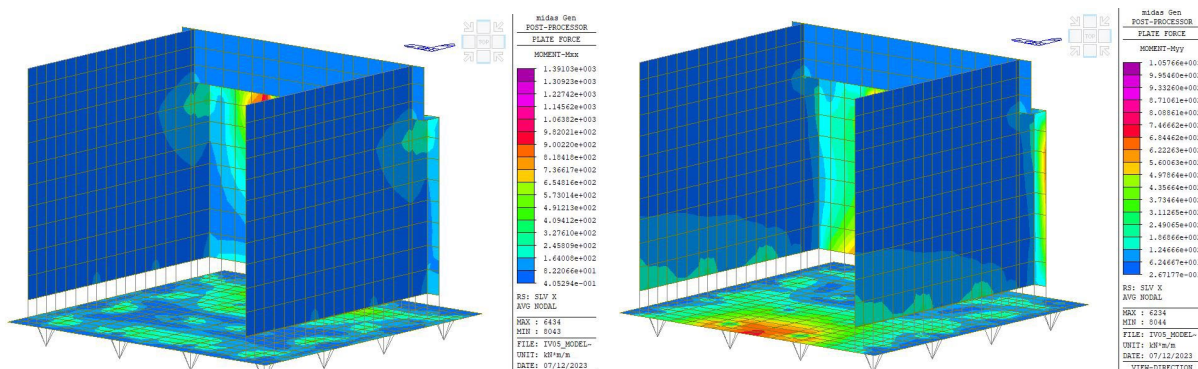


Figura 11-6: Spalla A SLVx M_{xx} (long) e M_{yy} (trasv)

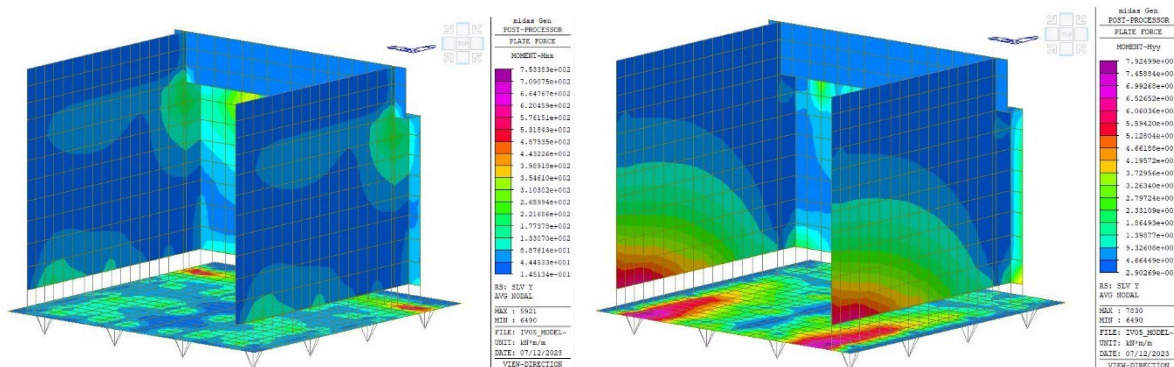


Figura 11-7: Spalla A SLVy M_{xx} (long) e M_{yy} (trasv)

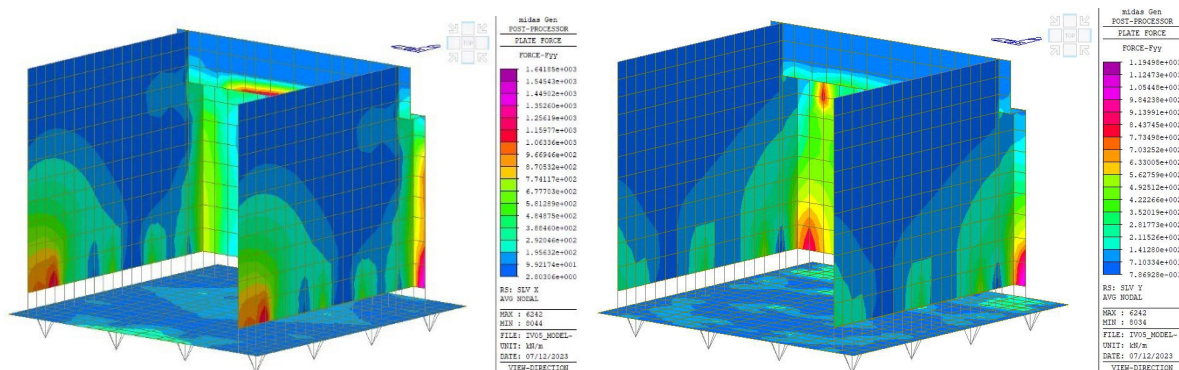


Figura 11-8: Spalla A SLVx N (long) e SLVy N

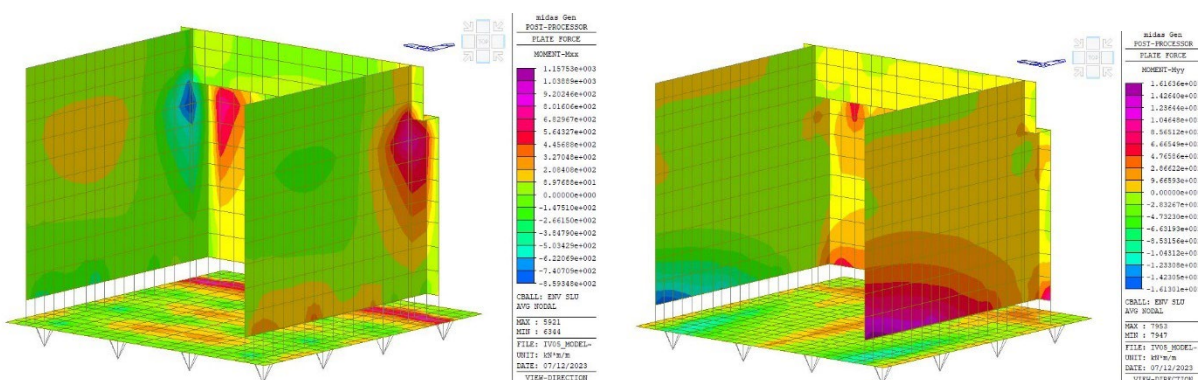


Figura 11-9: Spalla A involuopo SLU M_{xx} (long) e M_{yy} (trasv)

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA

LI0B

LOTTO

02

FASE

E

ENTE

ZZ

TIPO DOC

CL

OPERA 7 DISCIPLINA

IV 05 04

PROGR

001

REV

A

FOGLIO

42

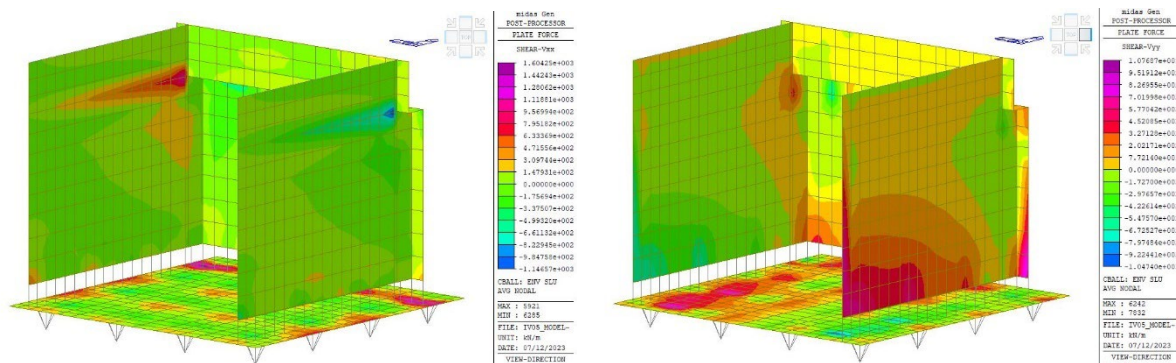


Figura 11-10: Spalla A involucro SLU Vxx e Vyy

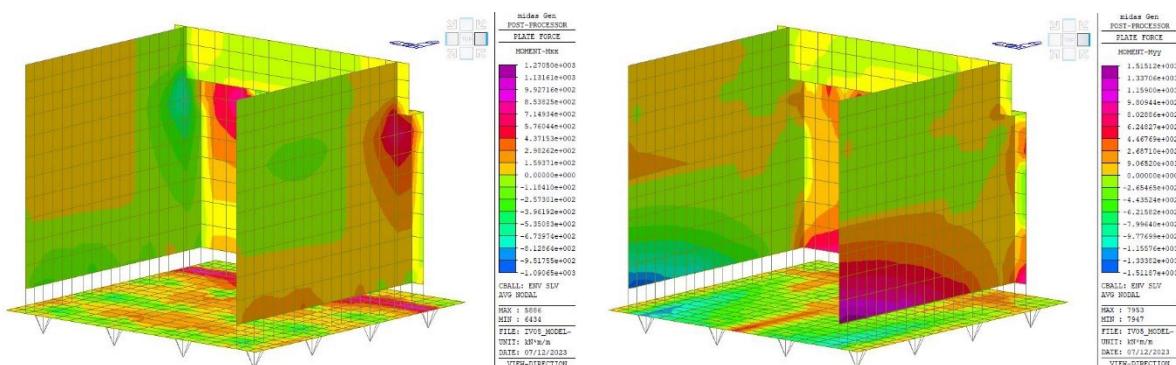


Figura 11-11: Spalla A involucro SLV Mxx (long) e Myy (trasv)

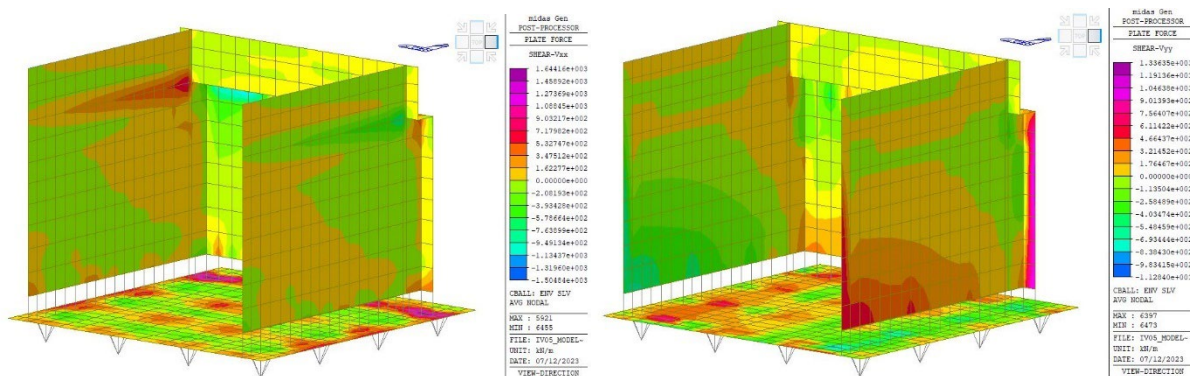


Figura 11-12: Spalla A involucro SLV Vxx e Vyy

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	43

11.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SPALLA

Le verifiche strutturali sono eseguite con riferimento alle azioni normali (sforzo normale N e momento flettente M) e alle azioni taglianti della combinazione di calcolo più gravosa ricavata dalle analisi condotte sulla spalla.

Gli elementi strutturali dimensionati costituenti la spalla sono:

- muro frontale;
- paraghiaia;
- muro di risvolto;
- platea di fondazione.

Le verifiche strutturali sono state condotte facendo riferimento ad un modello 3D delle spalle incluse nel modello globale del viadotto.

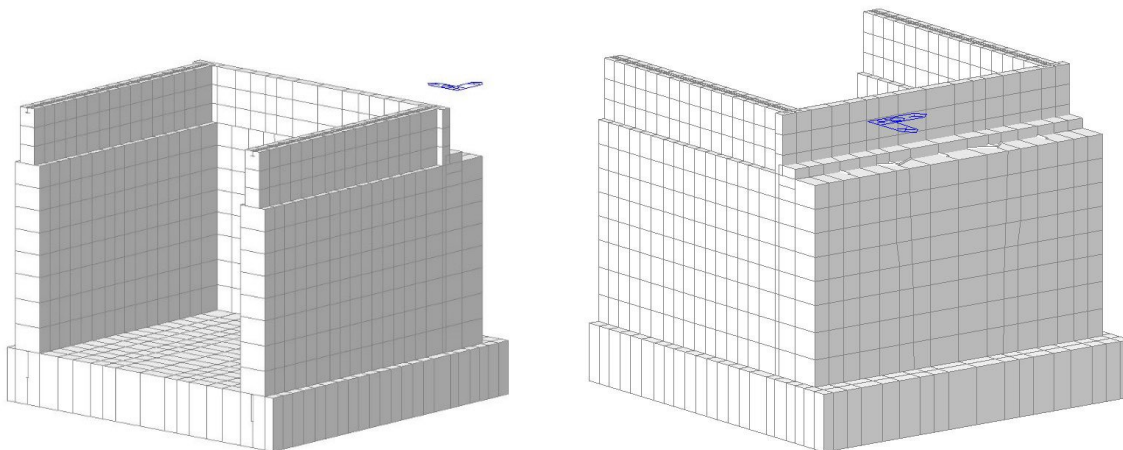


Figura 11-13: Estratto spalla A modello globale

11.2.1 Muro frontale

11.2.1.9 Verifiche SLU/SLV

Il muro frontale viene calcolato per unità di lunghezza, considerando agenti i pesi propri, il sovraccarico stradale a monte della parete, la spinta del terreno, le spinte sismiche, le forze di inerzia e le azioni trasmesse dall'impalato ad intradosso travi.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Muro frontale:

Muro frontale:

ENV SLU: $N = -1230 \text{ kN/m}$; $F_x = 0$; $M_{xx} = \pm 692 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 554 \text{ kNm/m}$; $V_{\max} = 559 \text{ kN/m}$

ENV SLV: $N = -1065 \text{ kN/m}$; $F_x = 0$; $M_{xx} = \pm 1091 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 995 \text{ kNm/m}$ (tende le armature verticali interne); $V_{\max} = 510 \text{ kN/m}$ (base muro)

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

B = 100cm

H = 220cm

Armatura verticale paramento interno (teso): $\phi 26/10 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento esterno: $\phi 26/20 \text{ cm}$

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	44

Spilli: $\phi 16/40 \times 40 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento interno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento esterno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

Figura 11-14: Verifica muro frontale verticale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 554 < 5328 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	45	

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale SLU_HOR

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	8
2	31.42	213

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -692 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} -2'559 kNm

Materiali

B450C C30/37

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} 17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 2.642 ‰
ε_s 67.5 ‰
d 212 cm
x 7.986 x/d 0.03767
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 11-15: Verifica muro frontale orizzontale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 692 < 2559 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale SLV_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	26.55	213

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1065 kN
M_{xEd} -995 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} -5'367 kNm

Materiali

B450C C30/37

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} 17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 44.66 ‰
d 212 cm
x 15.41 x/d 0.07268
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 11-16: Verifica muro frontale verticale SLV

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	46

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 995 < 5367 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale SLV_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	220	1	31.42	8
			2	31.42	213

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 0 kN
M xEd -1091 kNm
M yEd 0 kNm

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C30/37

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M xRd -2559 kNm
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 2.642 ‰
 ϵ_s 67.5 ‰
d 212 cm
x 7.986 x/d 0.03767
 δ 0.7

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

M-curvatura

Precompresso

Figura 11-17: Verifica muro frontale orizzontale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1091 < 2559 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

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

Si considera presente ai fini delle verifiche a taglio l'armatura in spilli di cui sopra.

La verifica è svolta con riferimento alla combinazione SLU 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	47

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	220	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	215	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}	=	16			
braccia	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	12.566	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		cot(θ) = 2.50		(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 2378.88 (KN)		min(V _{Rsd} , V _{Rcd})			

Figura 11-18: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 559 < 2378 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

11.2.1.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro frontale:

SLE,rara: $N = -878 \text{ kN/m}$; $F_x = 0$; $M_{xx} = 494 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 395 \text{ kNm}$;

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	48

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale SLE_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	220	1	53.09	8
			2	26.55	213

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 878 kN
M_{xEd} 0 -395 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
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

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

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200000 N/mm²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c -0.8357 N/mm²
 σ_s 0.5472 N/mm²
 ϵ_s 0.002736 ‰
d 212 cm
x 203.1 x/d 0.9582
 δ 1

Verifica N° iterazioni: 3

☐ Precompresso

Figura 11-19: Verifica tensionale combinazione rara dir verticale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -0.83 \text{ Mpa}$

$\sigma_{smax} = 0.54 \text{ MPa}$

I valori di tensione di cls ed acciaio, molto modesti sono contenuti nei limiti indicati ai precedenti paragrafi. Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

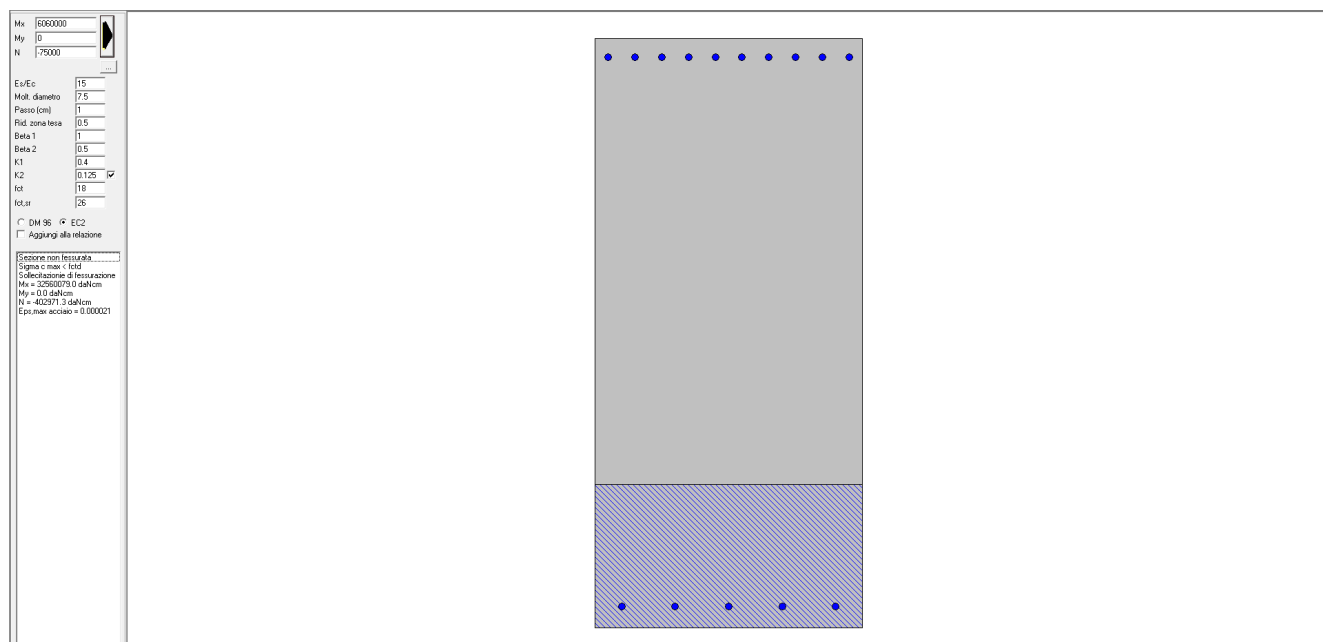


Figura 11-20: Verifica a fessurazione dir verticale

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	49

La sezione risulta non fessurata.

Con riferimento alle azioni nel piano orizzontale si ottiene:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro frontale SLE_HOR

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	220	1	31.42	8
			2	31.42	213

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} -494 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN yN

Materiali

B450C C30/37

ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} N/mm²
τ_{c1} N/mm²

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Metodo di calcolo

☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Verifica

N° iterazioni:

☐ Precompresso

Figura 11-21: Verifica tensionale combinazione rara dir orizzontale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -1.10 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 78.38 \text{ Mpa}$$

I valori di tensione di cls ed acciaio, molto modesti sono contenuti nei limiti indicati ai precedenti paragrafi. Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	50

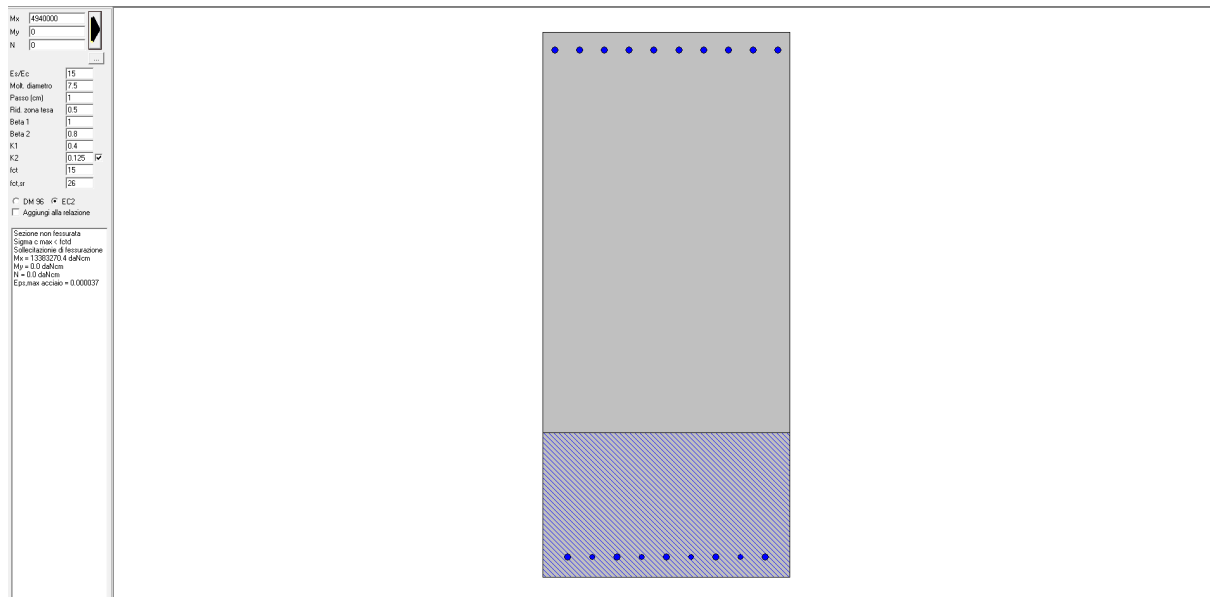


Figura 11-22: Verifica a fessurazione dir orizzontale

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	51

11.2.2 Paraghiaia

11.2.2.1 Verifiche SLU/SLV

Il paraghiaia viene calcolato per unità di lunghezza, considerando agenti i pesi propri, il sovraccarico stradale a monte della parete, la spinta del terreno, le spinte sismiche, le forze di inerzia e le azioni trasmesse dall'impalato ad intradosso travi.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Paraghiaia:

ENV SLU: $N = -220 \text{ kN/m}$; $F_x = 0$; $M_{xx} = 110 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 77 \text{ kNm/m}$; $V_{\max} = 158 \text{ kN/m}$

ENV SLV: $N = -22 \text{ kN/m}$; $M_{xx} = +/ - 87 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 36 \text{ kNm/m}$ (tende le armature verticali interne); $V_{\max} = 102 \text{ kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 40 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento interno (teso): $\phi 16/10 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento esterno: $\phi 16/20 \text{ cm}$

Spilli: $\phi 8/40 \times 40 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento interno: $\phi 16/20 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento esterno: $\phi 16/10 \text{ cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Paraghiaia SLU_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	7
			2	10.05	33

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 220 0 kN
M_{Ed} -77 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 C30/37
E_{su} 67.5 E_{c2} 2
f_{yd} 391.3 N/mm² E_{cu} 3.5
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
E_{syd} 1.957 G_{c,adm} 11.5
G_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

M_{Rd} -272.8 kN m
σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5
ε_s 12.58
d 33 cm
x 7.183 x/d 0.2177
δ 0.7121

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 11-23: Verifica paraghiaia verticale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 77 < 273 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO		
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	52		

Verifica C.A. S.L.U. - File: Paraghiaia SLU_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari

1

Zoom

N° strati barre

2

Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	7
			2	11.31	33

Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N_{Ed}

0

kN

M_{xEd}

-110

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}

-242.6

kN m

σ_c

-17

N/mm²

σ_s

391.3

N/mm²

ε_c

3.5

‰

ε_s

14.76

‰

d

33

cm

x

6.326

x/d

0.1917

δ

0.7

Materiali

B450C

C30/37

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}

17

E_s / E_c

15

f_{cc} / f_{cd}

0.8

?

ε_{syd}

1.957

‰

σ_{c,adm}

11.5

σ_{s,adm}

255

N/mm²

τ_{co}

0.6933

τ_{c1}

2.029

Tipo Sezione

Rettan.re

Trapezi

a T

Circolare

Rettangoli

Coord.

DXF

Metodo di calcolo

S.L.U. +

S.L.U. -

Metodo n

Tipo flessione

Retta

Devata

N° rett.

100

Calcola MRd

Calcolo M-N

L₀

0

cm

Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Figura 11-24: Verifica paraghiaia orizzontale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 110 < 242 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Paraghiaia SLV_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari

1

Zoom

N° strati barre

2

Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	7
			2	10.05	33

Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N_{Ed}

0

kN

M_{xEd}

36

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}

-242.5

kN m

σ_c

-17

N/mm²

σ_s

391.3

N/mm²

ε_c

3.5

‰

ε_s

14.86

‰

d

33

cm

x

6.29

x/d

0.1906

δ

0.7

Materiali

B450C

C30/37

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}

17

E_s / E_c

15

f_{cc} / f_{cd}

0.8

?

ε_{syd}

1.957

‰

σ_{c,adm}

11.5

σ_{s,adm}

255

N/mm²

τ_{co}

0.6933

τ_{c1}

2.029

Tipo Sezione

Rettan.re

Trapezi

a T

Circolare

Rettangoli

Coord.

DXF

Metodo di calcolo

S.L.U. +

S.L.U. -

Metodo n

Tipo flessione

Retta

Devata

N° rett.

100

Calcola MRd

Calcolo M-N

L₀

0

cm

Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Figura 11-25: Verifica paraghiaia verticale SLV

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	53

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 26 < 240 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Figura 11-26: Verifica paraghiaia orizzontale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 57 < 240 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 separatamente il taglio resistente della sezione con e senza armature a taglio (spilli).

La verifica è svolta con riferimento alla combinazione SLU 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	54

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	40	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	35	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}	=	12			
braccia	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	7.069	cm2 / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		cot(θ) = 2.50		(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 217.83 (KN)		min(V _{Rsd} , V _{Rcd})			

Figura 11-27: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 158 < 217 \text{ kN} \rightarrow$ 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	55

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	40	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	35	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 LONGITUDINALI					
Ø _l	=	16			
Numero	=	10			
A _{sl}	=	20.11	cm ²		
TAGLIO AGENTE		V _{Ed} =	0	(KN)	
SFORZO NORMALE		N _{Ed} =	0	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.76	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
ν _{min}	=	0.469	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{-1/2}$		
ρ _l	=	0.0057			
σ _{cp}	=	0.0	(Mpa)		
V _{Rd}	=	197.04	(KN)	>= OK	164.2 (KN)
V _{Rd}	=	197.04	(KN)		
α _c	=	1.00		Ned/Ac=	0.0000 (Mpa)

Figura 11-28: Resistenza a taglio sezione senza armature a taglio

Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente V_{Rd} → 158 < 197 kN → Verifica soddisfatta.

11.2.2.2 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro paraghiaia:

SLE,rara: N=-157kN/m; F_x= 0; M_{xx}=79kNm/m; M_{yy}=55kNm;

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	56

Verifica C.A. S.L.U. - File: Paraghiaia SLE_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	7
			2	10.05	33

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 157 kN
M_{xEd} 0 -55 kNm
M_{yEd} 0 0

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

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

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

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200000 N/mm²	f_{cd}	17 N/mm²
E_s / E_c	15	f_{cc} / f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c -3.235 N/mm²
 σ_s 57.04 N/mm²

ϵ_s 0.2852 ‰
d 33 cm
x 15.17 x/d 0.4597
 δ 1

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Figura 11-29: Verifica tensionale combinazione rara dir verticale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -3.23 \text{ Mpa}$

$\sigma_{smax} = 57.04 \text{ MPa}$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

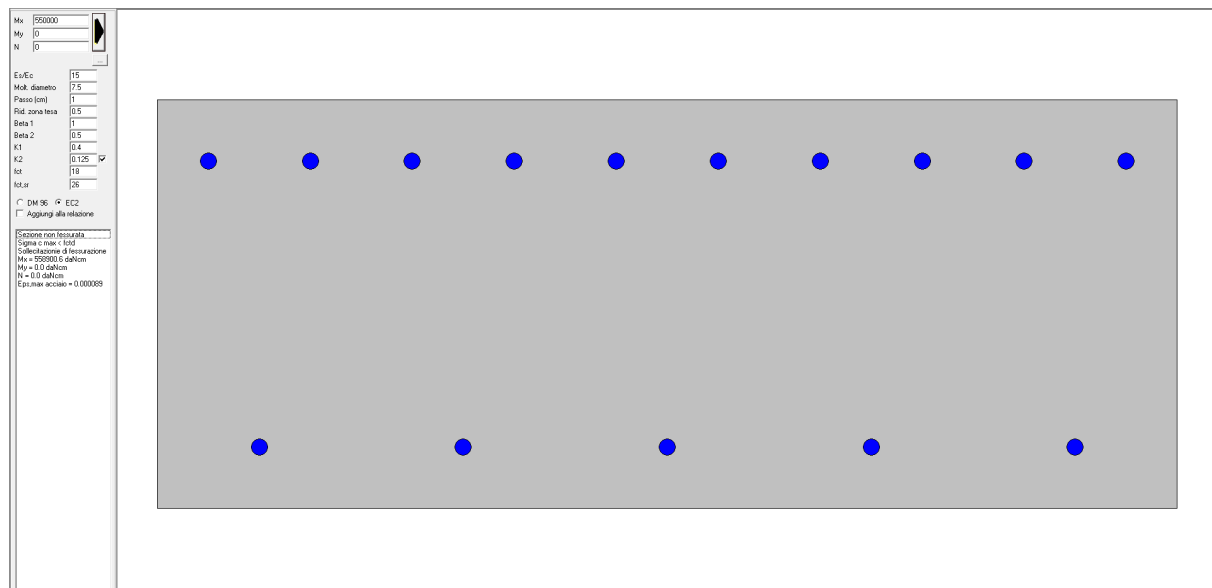


Figura 11-30: Verifica a fessurazione dir verticale

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	57

La sezione risulta non fessurata.

Con riferimento alle azioni nel piano orizzontale si ottiene:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Paraghiaia SLE_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	7
			2	10.05	33

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} -79 kNm
M_{yEd} 0

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

Materiali: B450C C30/37

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} 17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -4.503 N/mm²
σ_s 135.3 N/mm²
ε_s 0.6765 ‰
d 33 cm
x 10.99 x/d 0.333
δ 0.8563

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

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Figura 11-31: Verifica tensionale combinazione rara dir orizzontale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -4.50 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 135.3 \text{ MPa}$$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

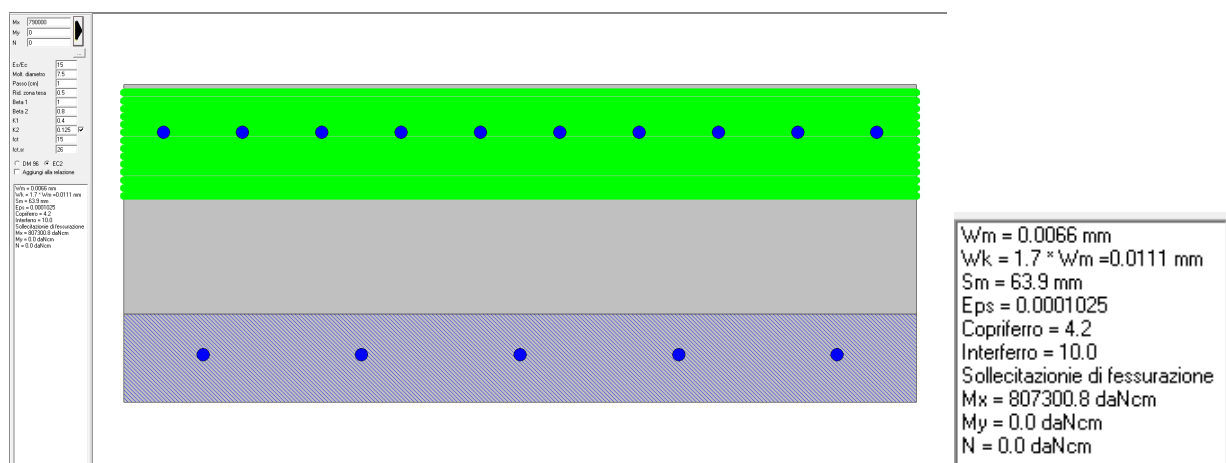


Figura 11-32: Verifica a fessurazione dir orizzontale

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	58

Risulta un valore di ampiezza delle fessure w_k pari a 0.011 mm, inferiore al limite $w_1 = 0.2\text{mm}$ di cui al §10.2.1

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	59

11.2.3 Muri andatori – sezione spiccato

11.2.3.9 Verifiche SLU/SLV

I muri andatori sono calcolati per unità di lunghezza, considerando agenti i pesi propri, il sovraccarico stradale a monte della parete, la spinta del terreno, le spinte sismiche e le forze di inerzia.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Muro andatore parte bassa (spessore 120cm):

ENV SLU: $N = -285 \text{ kN/m}$; F_x (sforzo normale orizzontale) = 170 kN/m ; $M_{xx} = 319 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 1616 \text{ kNm}$ (armature verticali interne tese); $V_{\max} = 432 \text{ kN/m}$

ENV SLV: $N = -190 \text{ kN/m}$; F_x (sforzo normale orizzontale) = 650 kN/m ; $M_{xx} = \pm 426 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 1515 \text{ kNm/m}$ (tende le armature verticali interne); $V_{\max} = 386 \text{ kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura parte bassa:

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 120 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento interno (teso): $\phi 26/10 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento esterno: $\phi 26/20 \text{ cm}$

Spilli: $\phi 16/40 \times 40 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento interno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento esterno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

Figura 11-33: Verifica muro andatore basso verticale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1616 < 2387 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO		
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	60		

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore SLU_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	31.42	7
			2	31.42	113

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -170

M_{Ed} 319

M_{yEd} 0

0

0

0

0

0

0

P.to applicazione N

Centro

Baricentro cls

Coord.[cm]

xN 0

yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -1'253

σ_c -17

σ_s 391.3

ε_c 3.5

ε_s 51.38

d 113

x 7.206

x/d 0.06377

δ 0.7

Materiali

B450C

C30/37

ε_{su} 67.5

f_{yd} 391.3

E_s 200'000

E_s/E_c 15

ε_{syd} 1.957

σ_{s,adm} 255

ε_{c2} 2

ε_{cu} 3.5

f_{cd} 17

f_{cc}/f_{cd} 0.8

σ_{c,adm} 11.5

τ_{co} 0.6933

τ_{c1} 2.029

Tipo Sezione

Rettan.re

Trapezi

a T

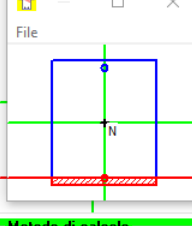
Circolare

Rettangoli

Coord.

DXF

File



Metodo di calcolo

S.L.U. +

S.L.U. -

Metodo n

Tipo flessione

Retta

Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ 0

Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Figura 11-34: Verifica muro andatore basso orizzontale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 319 < 1253 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore SLV_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	53.09	7
			2	26.55	113

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 190

M_{Ed} -1515

M_{yEd} 0

0

0

0

0

0

0

P.to applicazione N

Centro

Baricentro cls

Coord.[cm]

xN 0

yN 0

Tipo rottura

Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} -2'318

σ_c -16.68

σ_s 391.3

ε_c 1.725

ε_s 10

d 113

x 16.62

x/d 0.1471

δ 0.7

Materiali

B450C

C30/37

ε_{su} 10

f_{yd} 391.3

E_s 200'000

E_s/E_c 15

ε_{syd} 1.957

σ_{s,adm} 255

ε_{c2} 2

ε_{cu} 3.5

f_{cd} 17

f_{cc}/f_{cd} 0.8

σ_{c,adm} 11.5

τ_{co} 0.6933

τ_{c1} 2.029

Tipo Sezione

Rettan.re

Trapezi

a T

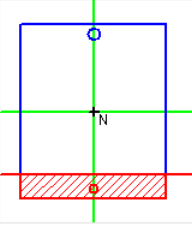
Circolare

Rettangoli

Coord.

DXF

File



Metodo di calcolo

S.L.U. +

S.L.U. -

Metodo n

Tipo flessione

Retta

Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ 0

Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Figura 11-35: Verifica muro andatore basso verticale SLV

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	61

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1515 < 2318 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore SLV_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	7
2	31.42	113

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -650 0 kN
M_{Ed} 426 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C30/37

ϵ_{su} 10 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

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

M-curvatura

☐ Precompresso

Calcoli:
M_{Rd} -978.9 kNm
 σ_c -10.9 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 0.8021 ‰
 ϵ_s 10 ‰
d 113 cm
x 8.39 x/d 0.07425
 δ 0.7

Figura 11-36: Verifica muro andatore basso orizzontale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 426 < 978 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 SLU 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	62

SEZIONE						
b _w	=	100	cm			
h	=	120	cm			
c	=	5	cm			
d	=	h-c	=	115	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}	=	16				
braccia	=	6.25				
ø _{st2}	=	0				
braccia	=	0				
passo	=	100	cm			
(A _{sw} / s)	=	12.566	cm ² / m			
α	=	90	°	(90° staffe verticali)		
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO						
Armatura trasversale				cot(θ) =	2.50	(θ) = 21.80
V _{Rd} = 1272.42 (KN)				min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

Figura 11-37: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente V_{Rd} → 695 < 1272 kN → Verifica soddisfatta.

11.2.3.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro andatore parte bassa:

SLE,rara: N=-203kN/m; F_x= 121kN/m; M_{xx}=227kNm/m; M_{yy}=1154kNm;

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	63

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore SLU_vert_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	53.09	7
			2	26.55	113

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

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N Ed 0 203 kN
M xEd 0 -1154 kNm
M yEd 0 0

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

Materiali
B450C C30/37
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -5.924 N/mm²
 σ_s 194.9 N/mm²
 ϵ_s 0.9744 ‰
d 113 cm
x 35.39 x/d 0.3132
 δ 0.8315

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

Verifica
N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Figura 11-38: Verifica tensionale combinazione rara dir verticale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -5.924$ Mpa

$\sigma_{smax} = 194.9$ 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:

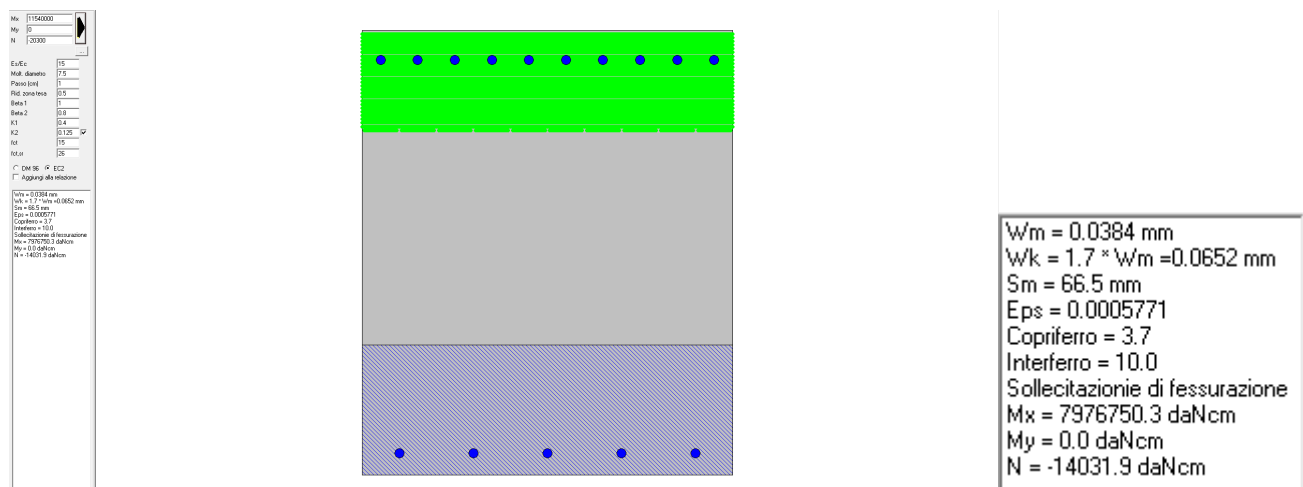


Figura 11-39: Verifica a fessurazione dir verticale

Risulta un valore di ampiezza delle fessure w_k pari a 0.065 mm, inferiore al limite $w_1 = 0.2$ mm di cui al §10.2.1

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	64

Con riferimento alle azioni nel piano orizzontale si ottiene:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore SLU_hor_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	7
2	31.42	113

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed: 0
MxEd: -121 kNm
MyEd: -227 kNm

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

Materiali
B450C C30/37
 ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200000 N/mm² f_{cd} : 17 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6933
 τ_{c1} : 2.029

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

σ_c : -1.205 N/mm²
 σ_s : 87.22 N/mm²
 ϵ_s : 0.4361 ‰
d: 113 cm
x: 19.39 x/d: 0.1716
 δ : 0.7

Verifica
N° iterazioni: 5
Precompresso

Figura 11-40: Verifica tensionale combinazione rara dir orizzontale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -1.20 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 87.22 \text{ MPa}$$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	65

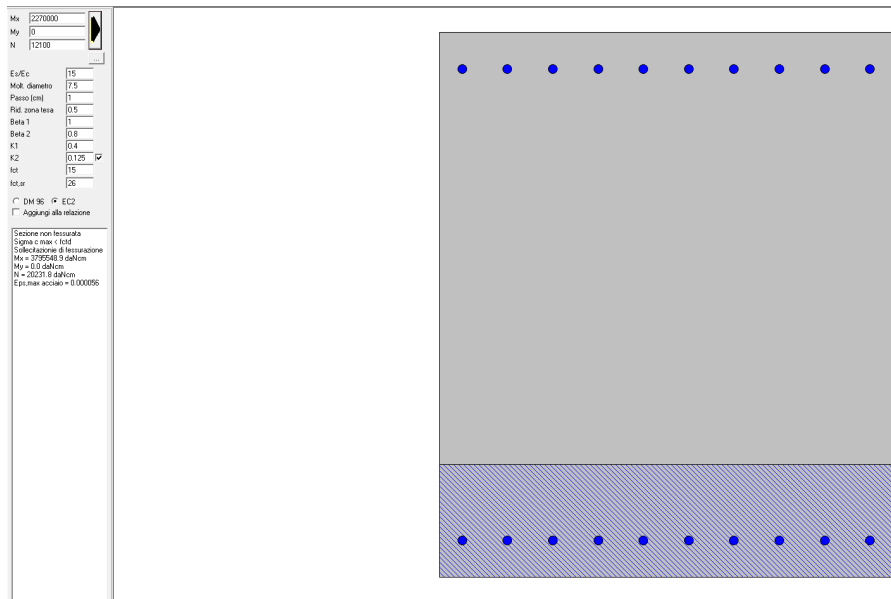


Figura 11-41: Verifica a fessurazione dir orizzontale

La sezione non è 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	66

11.2.4 Muri andatori – parte alta

11.2.4.9 Verifiche SLU/SLV

I muri andatori sono calcolati per unità di lunghezza, considerando agenti i pesi propri, il sovraccarico stradale a monte della parete, la spinta del terreno, le spinte sismiche e le forze di inerzia.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Muro andatore parte alta (spessore 70cm)

ENV SLU: $N = -52 \text{ kN/m}$; F_x (sforzo normale orizzontale) = 115 kN/m ; $M_{xx} = 136 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 37 \text{ kNm}$; $V_{\max} = 151 \text{ kN/m}$

ENV SLV: $N = -37 \text{ kN/m}$; $M_{xx} = \pm 114 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 167 \text{ kNm/m}$ (tende le armature verticali interne); $V_{\max} = 133 \text{ kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura parte alta:

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 70 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento interno (teso): $\phi 20/10 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento esterno: $\phi 20/20 \text{ cm}$

Spilli: $\phi 12/40 \times 40 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento interno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento esterno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

Figura 11-42: Verifica muro andatore alto verticale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 37 < 745 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

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 spalle						COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
						LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	67

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore alto SLU_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	7
2	31.42	63

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -115 0 kN
M_{xEd} -136 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 C30/37

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} 17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ‰
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933 ‰
τ_{c1} 2.029 ‰

M_{xRd} -696.1 kN m
σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 26.53 ‰
d 63 cm
x 7.342 x/d 0.1165
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 11-43: Verifica muro andatore alto orizzontale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 136 < 696 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore alto SLV_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	7
2	15.71	63

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 32 0 kN
M_{xEd} -167 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

B450C C30/37

ε_{su} 10 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 17 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ‰
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 ‰
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933 ‰
τ_{c1} 2.029 ‰

M_{xRd} -733.4 kN m
σ_c -16.93 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 1.872 ‰
ε_s 10 ‰
d 63 cm
x 9.932 x/d 0.1577
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 11-44: Verifica muro andatore alto verticale SLV

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	68

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 167 < 733 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore alto SLV_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	70	1	31.42	7
			2	31.42	63

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 0 kN
M xEd -114 kNm
M yEd 0 kNm

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C30/37

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M xRd -728.6 kNm
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 25.43 ‰
d 63 cm
x 7.621 x/d 0.121
 δ 0.7

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

M-curvatura

Precompresso

Figura 11-45: Verifica muro andatore alto orizzontale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 114 < 728 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 SLU 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	69

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	70	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	65	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}	=	12			
braccia	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	7.069	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		cot(θ) = 2.50		(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 404.55 (KN)		min(V _{Rsd} , V _{Rcd})			

Figura 11-46: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 151 < 404 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

11.2.4.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro andatore parte alta:

SLE,rara: $N = -36 \text{ kN/m}$; $F_x = 82 \text{ kN/m}$; $M_{xx} = 97 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 26 \text{ kNm}$;

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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	70	

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore alto SLU_vert_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	7
2	15.71	63

Tipo Sezione
☒ Rettang. ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 -28 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

Materiali
 B450C C30/37
 ε_{su} 67 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 f_s 200'000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933

σ_c -0.4515 N/mm²
 σ_s 15.75 N/mm²
 ε_s 0.07874 ‰
 d 63 cm
 x 18.95 x/d 0.3007

Verifica

N° iterazioni: 4

Figura 11-47: Verifica tensionale combinazione rara dir verticale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -0.45 \text{ Mpa}$

$\sigma_{smax} = 15.75 \text{ MPa}$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

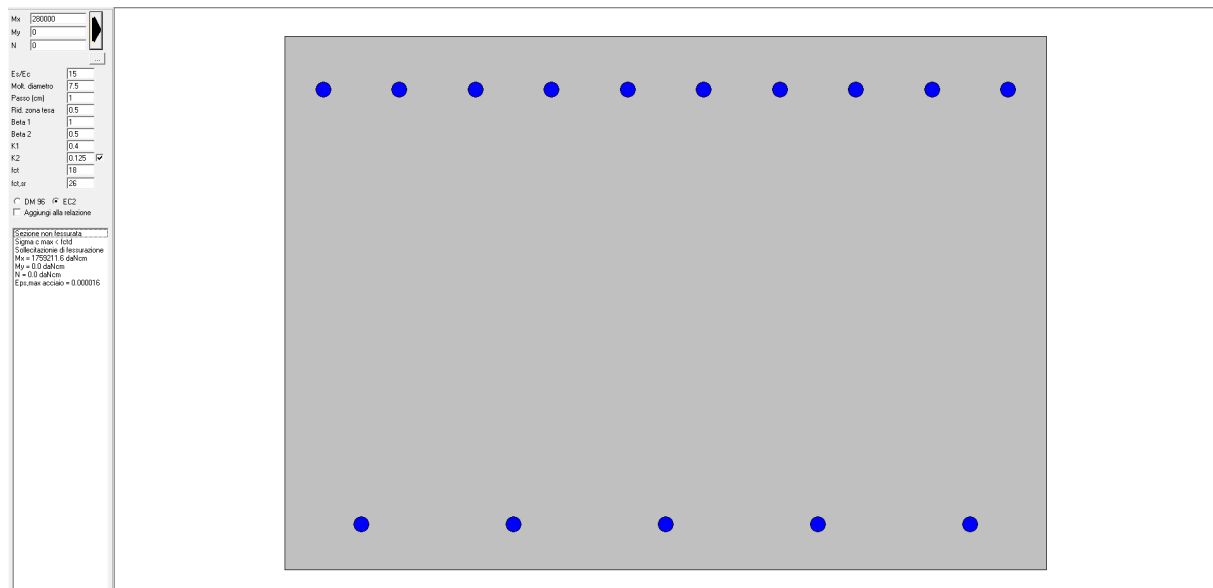


Figura 11-48: Verifica a fessurazione dir verticale

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	71

La sezione risulta non fessurata.

Con riferimento alle azioni nel piano orizzontale si ottiene:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Andatore alto SLU_hor_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	70	1	31.42	7
			2	31.42	63

Sollecitazioni
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐
 N_{Ed} -82 kN
 M_{Ed} -97 kNm
 M_{yEd} 0

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

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

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

Materiali
 B450C C30/37
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} ‰
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:
☐ Precompresso

Figura 11-49: Verifica tensionale combinazione rara dir orizzontale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -1.33 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 66.99 \text{ MPa}$$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	72

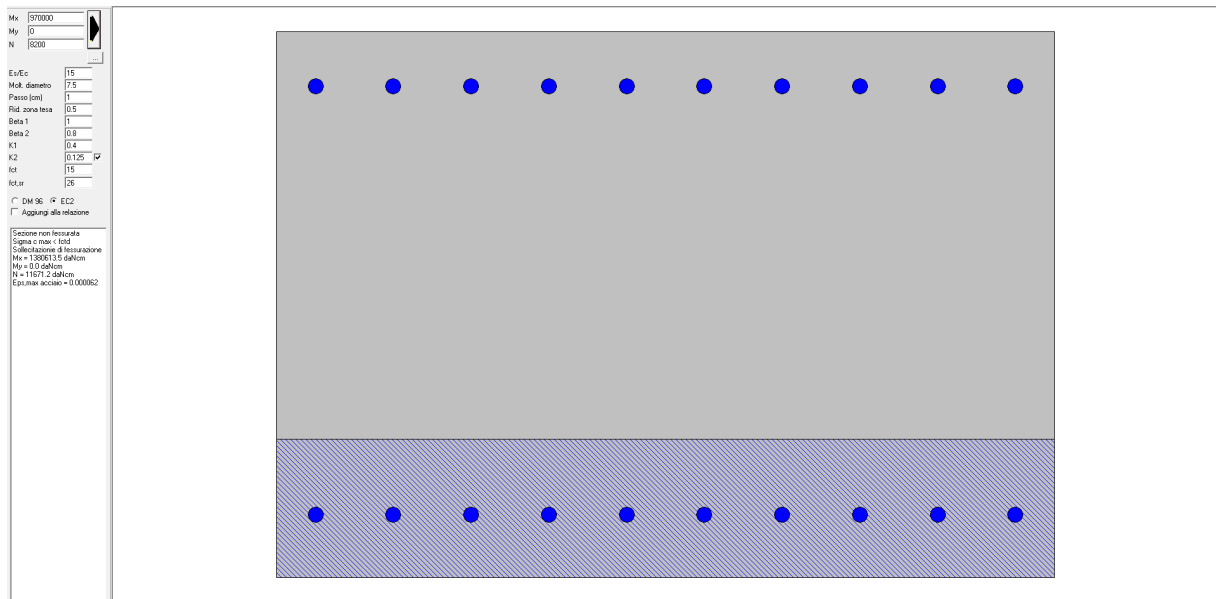


Figura 11-50: Verifica a fessurazione dir orizzontale

La sezione non è 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	73

11.2.5 Platea di fondazione

11.2.5.9 Verifiche SLU/SLV

La platea di fondazione è dimensionata sulla base delle sollecitazioni dell'analisi strutturale derivante dalla risoluzione del modello globale della struttura.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Platea fondazione (M_{xx} momento in direzione longitudinale)

ENV SLU: $M_{xx,max}=878\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-597\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=421\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-1305\text{kNm/m}$, $V_{max}=623\text{kN/m}$

ENV SLV: $M_{xx,max}=1270\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-757\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=601\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-1420\text{kNm/m}$, $V_{max}=752\text{kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

$B = 100\text{cm}$

$H = 200\text{cm}$

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

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

Spilli: $\phi 16/40 \times 40\text{cm}$

Armatura trasversale superiore: $\phi 26/20\text{cm}$ (prevedere infittimento di ulteriori $\phi 26/20\text{cm}$ palo – palo trasversale)

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

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

In direzione longitudinale:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Long_26_10

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	53.09	8
			2	53.09	192

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

Metodo di calcolo

S.L.U. + Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

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 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75

$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6

M xRd 3'866 kN m

σ_c -14.17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 60.81 ‰

d 192 cm

x 10.45 x/d 0.05442

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L0 0 cm Col. modello

Figura 11-51: Verifica platea 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	74

Con riferimento al momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1270 < 3866 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Con riferimento al momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1420 < 3866 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

In direzione trasversale:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trasn 26_20

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	26.55	8
			2	26.55	192

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

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

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_{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

M_{xRd} 1954 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.11 ‰
 ϵ_s 67.5 ‰
d 192 cm
x 8.458 x/d 0.04405

Figura 11-52: Verifica platea direzione trasversale

Con riferimento al momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 601 < 1954 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Con riferimento al momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 421 < 1954 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	75

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	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	12.566	cm2 / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale			cot(θ) = 2.50	(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 2157.58 (KN)			min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

Figura 11-53: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 962 < 2157 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

11.2.5.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Platea di fondazione:

SLE,rara: $M_{xx,max}=633\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-426\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=300\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-932\text{kNm/m}$

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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO		
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	76		

Verifica C.A. S.L.U. - File: Long 26_10_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	53.09	192

Tipo Sezione
☒ Rettang. ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N°	Ed	Ed	Ed
N	0	0	0
M	0	-932	0
M	0	0	0

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

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

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_{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
	τ_{c1} 1.829

σ_c -1.869 N/mm²
 σ_s 97.96 N/mm²
 ϵ_s 0.4898 %
 d 192 cm
 x 42.72 x/d 0.2225
 δ 0.7181

Verifica

N° iterazioni:

☐ Precompresso

Figura 11-54: Verifica tensionale combinazione rara dir longitudinale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -1.87$ Mpa

$\sigma_{smax} = 97.96$ 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:

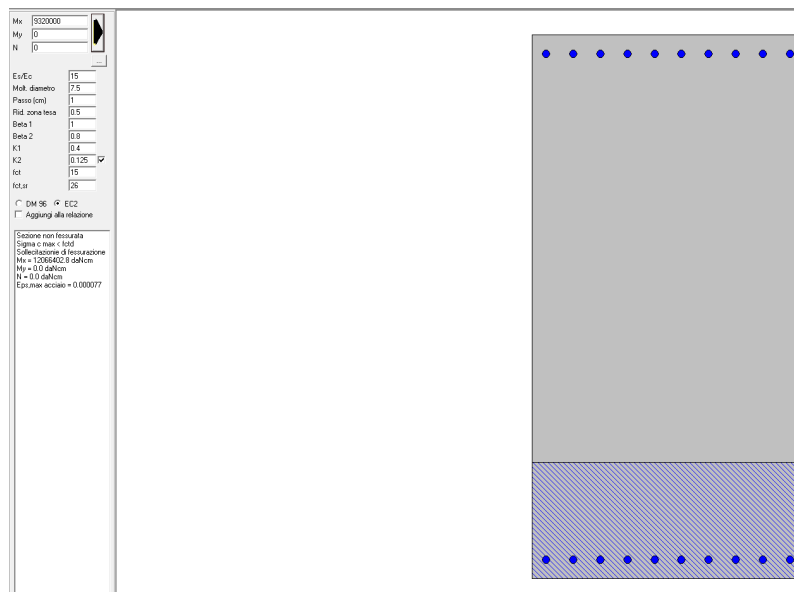


Figura 11-55: Verifica a fessurazione dir longitudinale

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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO		
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	77		

La sezione risulta non fessurata.

In Direzione trasversale:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trasn 26_20_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	200	1	26.55	8
			2	26.55	192

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{Ed} -300 kNm
M_{yEd} 0

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

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

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

Materiali
B450C C25/30
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co} N/mm²
τ_{c1} N/mm²

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Verifica
N° iterazioni:

☐ Precompresso

Figura 11-56: Verifica tensionale combinazione rara dir trasversale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -0.85 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 62.24 \text{ MPa}$$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	78

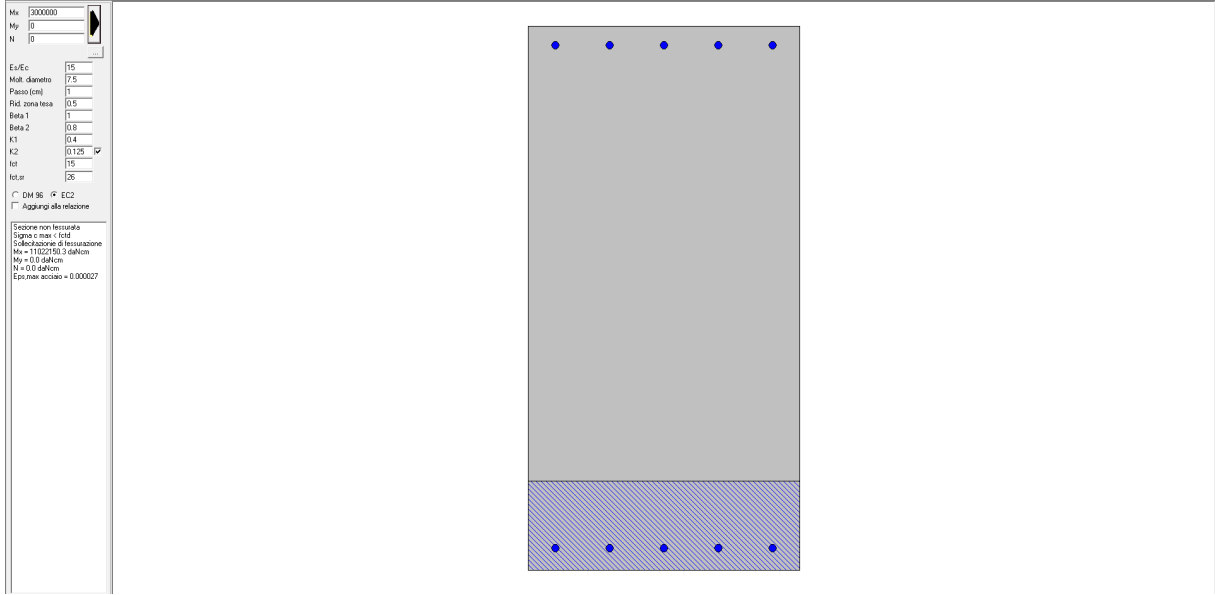


Figura 11-57: Verifica a fessurazione dir trasversale

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	79

12. ANALISI STRUTTURALE SPALLA B

Nel presente capitolo si riportano i risultati di calcolo della spalla B.

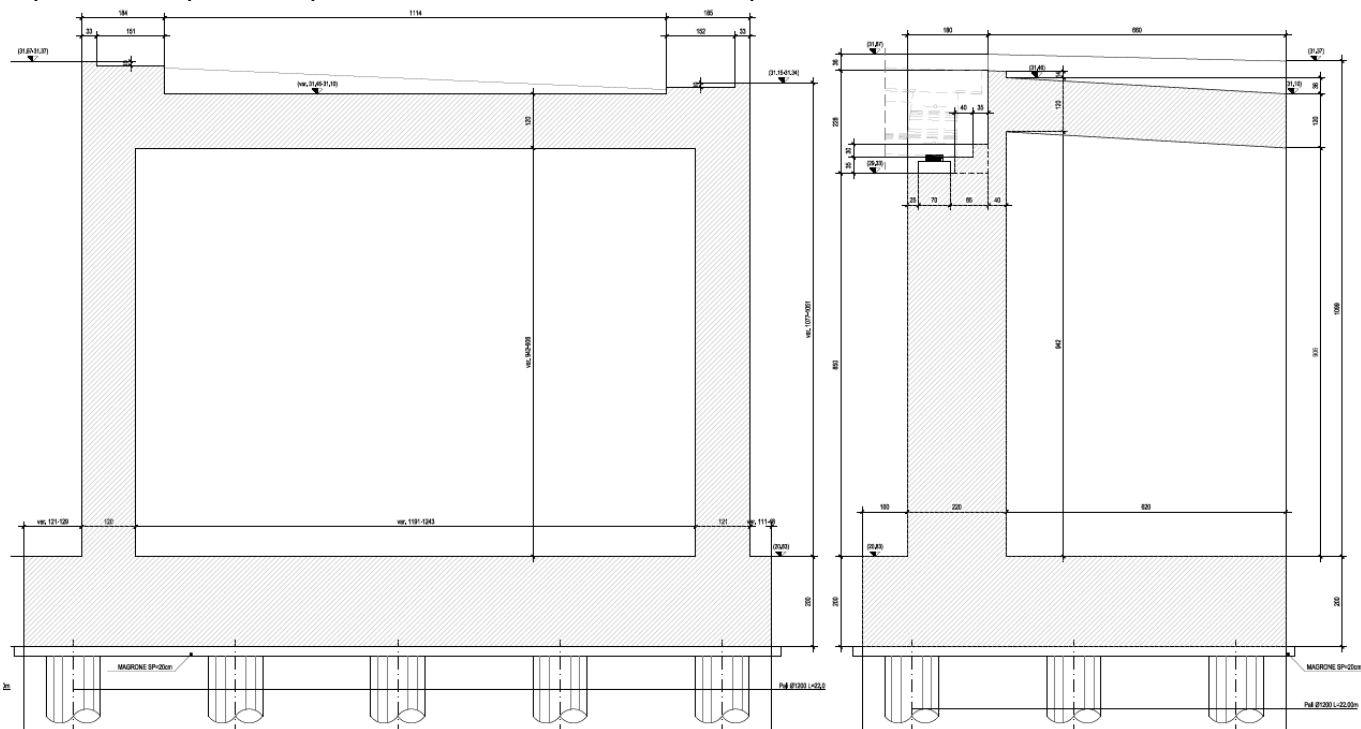


Figura 12-1: Sezioni Spalla B.

12.1 ANALISI GLOBALE DELLA SPALLA

Le spalle sono incluse nel modello globale del viadotto.

Il calcolo delle massime sollecitazioni sui pali di fondazione della spalla è stato condotto considerando le azioni relative alle spinte del terreno agenti, ai pesi propri, ai carichi permanenti, ai carichi accidentali, alle azioni sismiche e ai carichi trasmessi dall'impalcato.

Si riportano di seguito estratti del modello di calcolo relativi a configurazioni deformate e contour delle sollecitazioni agenti

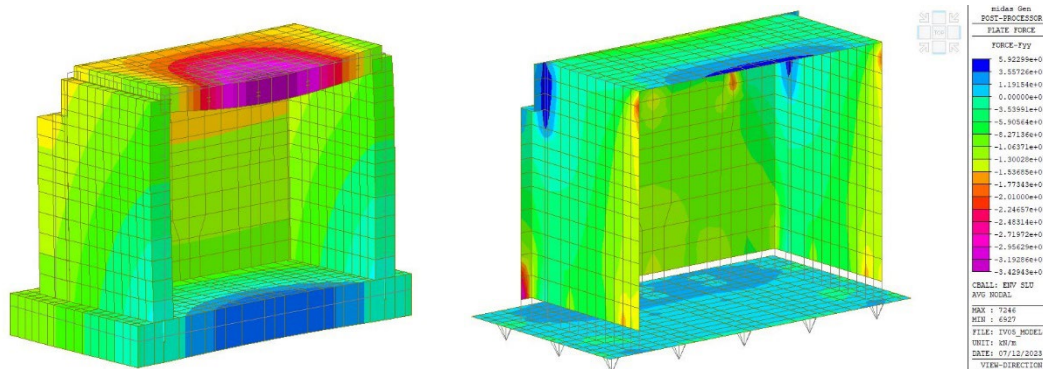


Figura 12-2: Spalla B deformata G1 e involucro SLU N

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	80

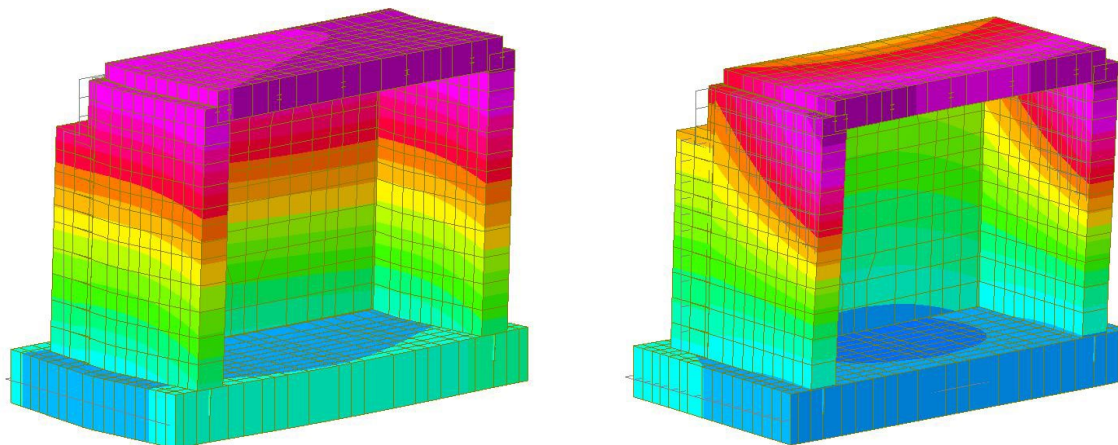


Figura 12-3: Spalla B deformata SLV,x e SLV,y

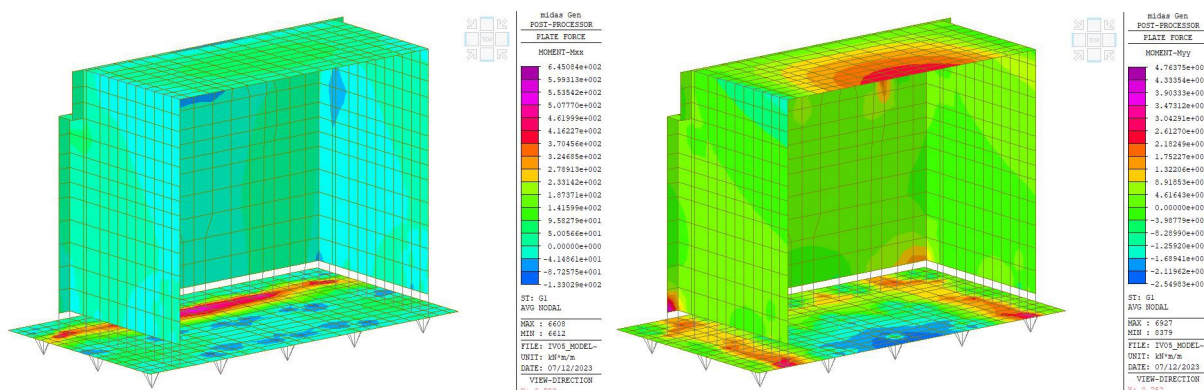


Figura 12-4: Spalla B G1 Mxx e Myy

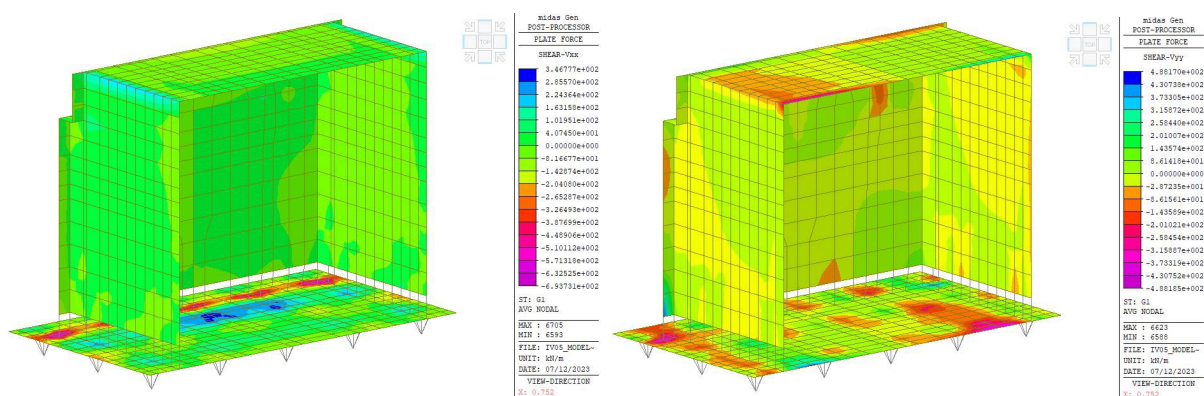


Figura 12-5: Spalla B G1 Mxx e Myy

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA

LOTTO

FASE

ENTE

TIPO DOC

OPERA 7 DISCIPLINA

PROGR

REV

FOGLIO

LI0B

02

E

ZZ

CL

IV

05

04

001

A

81

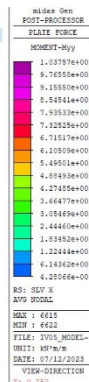
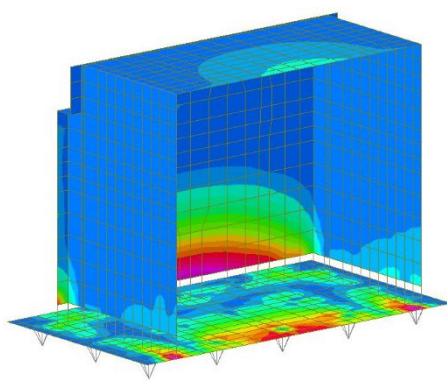
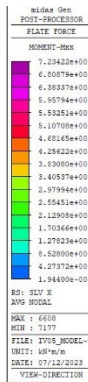
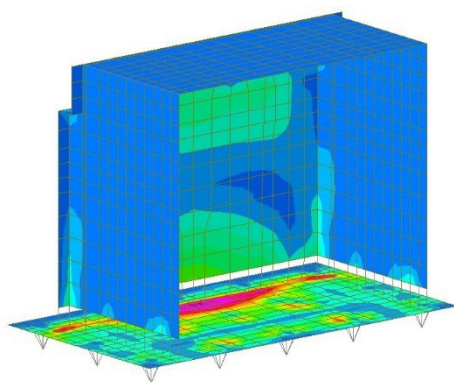


Figura 12-6: Spalla B SLVx Mxx (long) e Myy (trasv)

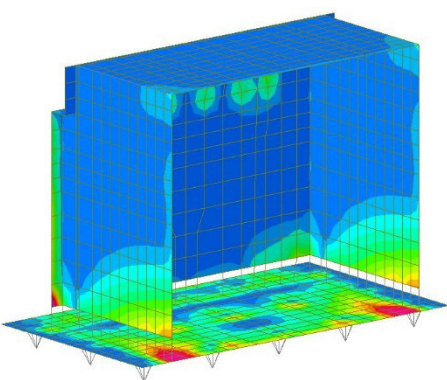
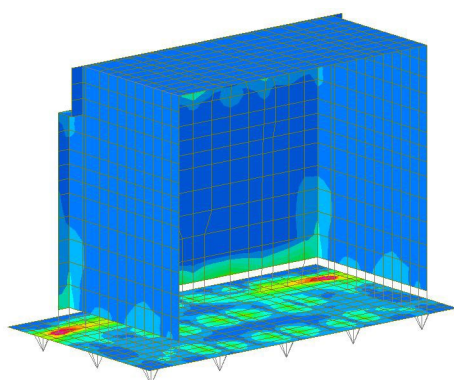


Figura 12-7: Spalla B SLVy Mxx (long) e Myy (trasv)

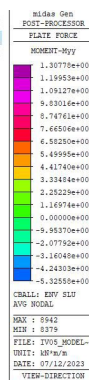
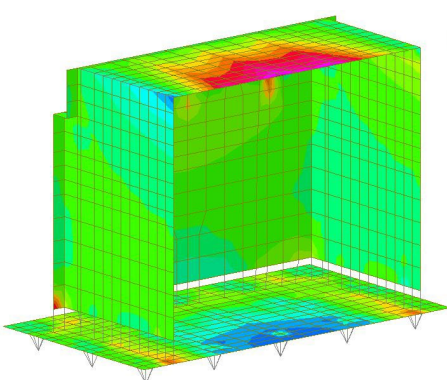
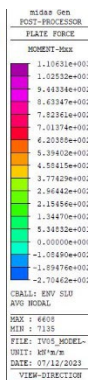
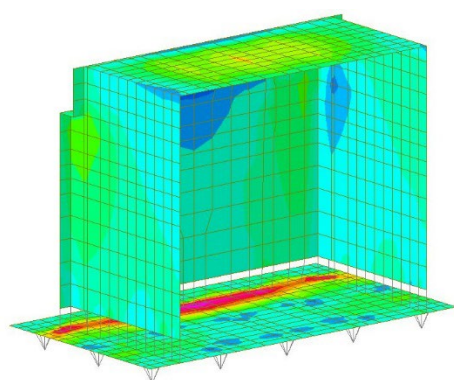


Figura 12-8: Spalla B involucro SLU Mxx (long) e Myy (trasv)

**IV05- Relazione di calcolo
spalle**

COMMESSA

LI0B

LOTTO

02

FASE

E

ENTE

ZZ

TIPO DOC

CL

OPERA 7 DISCIPLINA

IV 05 04

PROGR

001

REV

A

FOGLIO

82

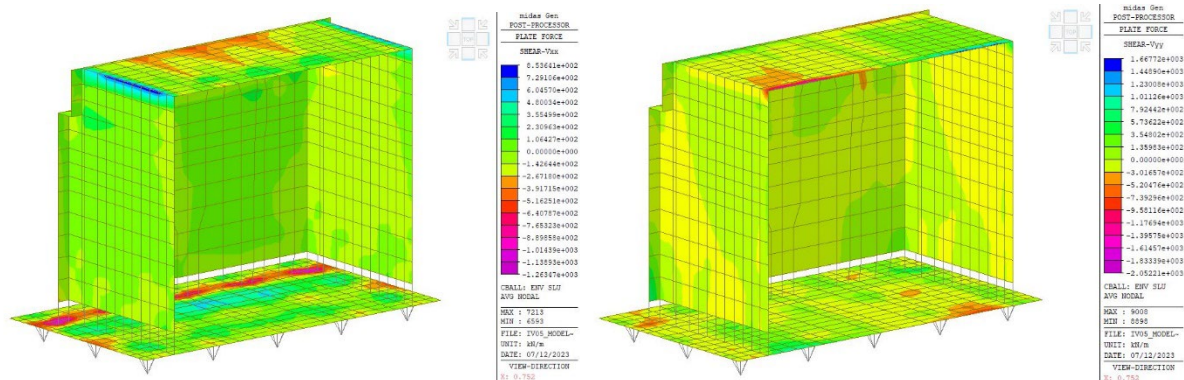


Figura 12-9: Spalla B involucro SLU Vxx e Vyy

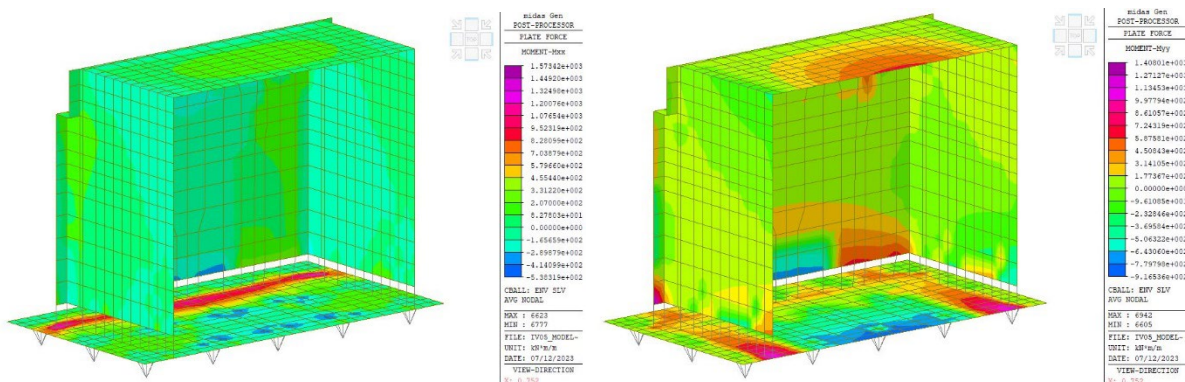


Figura 12-10: Spalla B involucro SLV Mxx (long) e Myy (trasv)

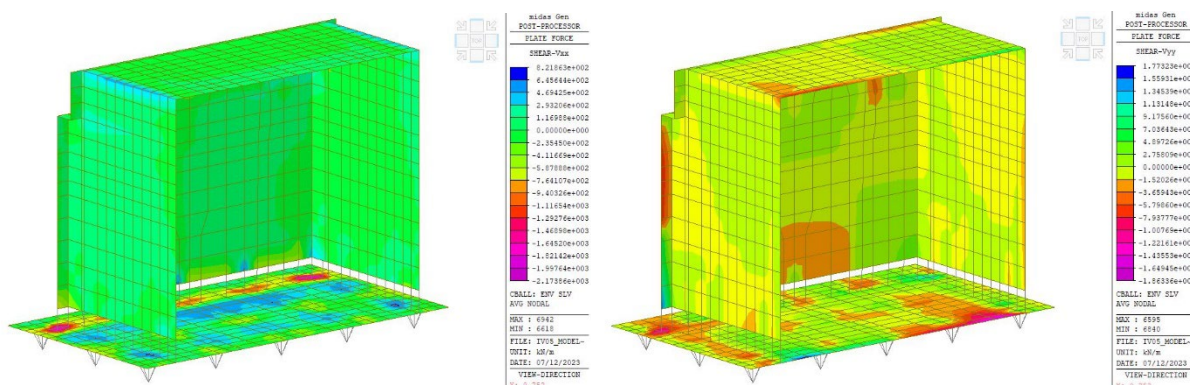


Figura 12-11: Spalla B involucro SLV Vxx e Vyy

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	83

12.2 VERIFICHE STRUTTURALI DELLA SPALLA

Le verifiche strutturali sono eseguite con riferimento alle azioni normali (sforzo normale N e momento flettente M) e alle azioni taglianti della combinazione di calcolo più gravosa ricavata dalle analisi condotte sulla spalla.

Gli elementi strutturali dimensionati costituenti la spalla sono:

- muro frontale;
- paraghiaia;
- muro di risvolto;
- solettone di copertura
- platea di fondazione.

Le verifiche strutturali sono state condotte facendo riferimento ad un modello 3D delle spalle incluse nel modello globale del viadotto.

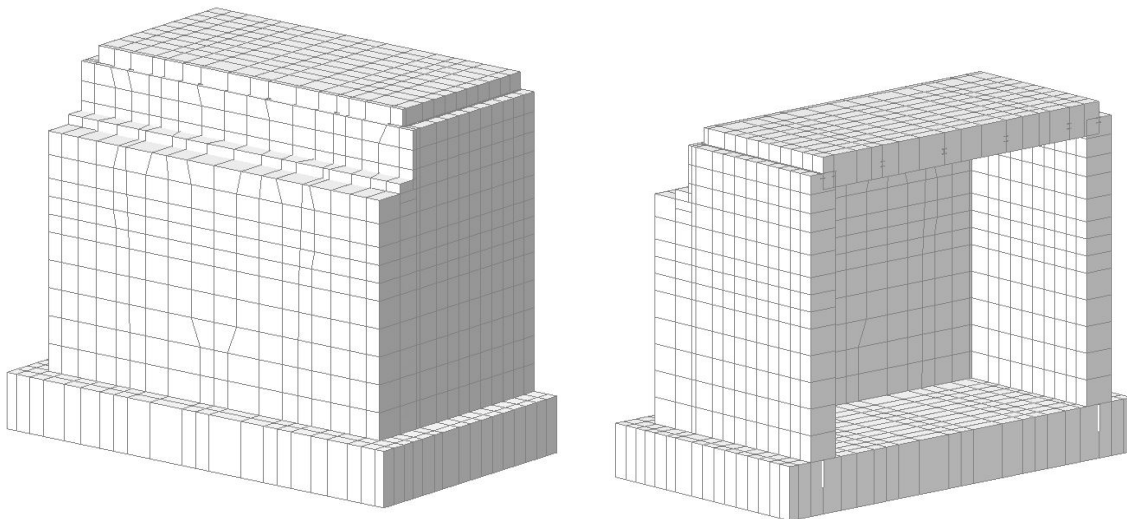


Figura 12-12: Estratto spalla B modello globale

12.2.1 Muro frontale

12.2.1.9 Verifiche SLU/SLV

Il muro frontale viene calcolato per unità di lunghezza, considerando agenti i pesi propri, il sovraccarico stradale a monte della parete, la spinta del terreno, le spinte sismiche, le forze di inerzia e le azioni trasmesse dall'impalato ad intradosso travi.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Muro frontale:

ENV SLU: $N = -1210 \text{ kN/m}$; $F_x = 0$; $M_{xx} = \pm 271 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 311 \text{ kNm}$; $V_{\max} = 339 \text{ kN/m}$

ENV SLV: $N = -1118 \text{ kN/m}$; $F_x = 0$; $M_{xx} = \pm 370 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 726 \text{ kNm/m}$ (tende le armature verticali interne); $V_{\max} = 239 \text{ kN/m}$ (base muro)

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

B = 100cm

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	84

H= 220cm

Armatura verticale paramento interno (teso): $\phi 26/10\text{cm}$

Armatura verticale paramento esterno: $\phi 26/20\text{cm}$

Spilli: $\phi 16/40 \times 40\text{cm}$

Armatura orizzontale paramento interno: $\phi 20/10\text{cm}$

Armatura orizzontale paramento esterno: $\phi 20/10\text{cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Muro frontale SLU_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO :

N° figure elementari **1** Zoom N° strati barre **2** Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	220	1	53.09	8
			2	26.55	213

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} **1210** kN
M_{Ed} **-311** kNm
M_{yEd} **0** kNm

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
B450C **C30/37**
 ϵ_{su} **67.5** ‰ ϵ_{c2} **2** ‰
 f_{yd} **391.3** N/mm² ϵ_{cu} **3.5** ‰
 E_s **200000** N/mm² f_{cd} **17** N/mm²
 E_s/E_c **15** f_{cc}/f_{cd} **0.8** ?
 ϵ_{syd} **1.957** ‰ $\sigma_{c,adm}$ **11.5** N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ **255** N/mm² τ_{co} **0.6933** N/mm²
 τ_{c1} **2.029** N/mm²

M **-5509** kNm
 σ_c **-17** N/mm²
 σ_s **391.3** N/mm²
 ϵ_c **3.5** ‰
 ϵ_s **42.06** ‰
d **212** cm
x **16.29** x/d **0.07683**
 δ **0.7**

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T a T
Rettagoli Rettangoli
DXF 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
M-curvatura
Precompresso

Figura 12-13: Verifica muro frontale verticale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 311 < 5509 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	85	

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Muro frontale SLU_HOR

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	8
2	31.42	213

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -271 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} -2559 kNm

Materiali

B450C C30/37

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 2.642 ‰
ε_s 67.5 ‰
d 212 cm
x 7.986 x/d 0.03767
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 12-14: Verifica muro frontale orizzontale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 190 < 2559 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Muro frontale SLV_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	26.55	213

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 1118 kN
M_{xEd} -726 kNm
M_{yEd} 0

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

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} -5334 kNm

Materiali

B450C C30/37

ε_{su} 10 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

σ_c -15.88 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 1.486 ‰
ε_s 10 ‰
d 212 cm
x 27.43 x/d 0.1294
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 12-15: Verifica muro frontale verticale SLV

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	86

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 726 < 5334 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Muro frontale SLV_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	220	1	31.42	8
			2	31.42	213

Solllecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} -370 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Tipo rottura: Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali: B450C C30/37

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} 17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

M_{xRd} -2'559 kNm
σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 2.642 ‰
ε_s 67.5 ‰
d 212 cm
x 7.986 x/d 0.03767
δ 0.7

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

M-curvatura

Precompresso

Figura 12-16: Verifica muro frontale orizzontale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 370 < 2559 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

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

Si considera presente ai fini delle verifiche a taglio l'armatura in spilli di cui sopra.

La verifica è svolta con riferimento alla combinazione SLU 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	87

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	220	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	215	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}	=	16			
braccia	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	12.566	cm2 / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale			cot(θ) = 2.50	(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 2378.88 (KN)			min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

Figura 12-17: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 339 < 2378 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

12.2.1.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro frontale:

SLE,rara: $N=-864\text{kN/m}$; $F_x=0$; $M_{xx}=194\text{kNm/m}$; $M_{yy}=222\text{kNm}$;

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	88

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Muro frontale SLE_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	220	1	53.09	8
			2	26.55	213

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 864 kN
M_{xEd} 0 -222 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
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

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

Materiali

B450C		C30/37	
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}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	11.5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6933
		τ _{c1}	2.029

σ_c -0.6342 N/mm²
ε_s -0.01032 ‰

Verifica

N° iterazioni: 0

☐ Precompresso

Figura 12-18: Verifica tensionale combinazione rara dir verticale

La sezione risulta interamente compressa:
 $\sigma_{cmax} = -0.63 \text{ Mpa}$

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

La verifica a fessurazione è omessa stante i limiti tensionali su riscontrati.

Con riferimento alle azioni nel piano orizzontale si ottiene:

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 spalle	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	89	

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Muro frontale SLE_HOR

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	220

N°	As [cm²]	d [cm]
1	31.42	8
2	31.42	213

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	0	864 kN
M _{xEd}	0	-194 kNm
M _{yEd}	0	0

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

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

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200000 N/mm²	f_{cd}	17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c -0.5927 N/mm²

ϵ_s -0.01321 ‰

Verifica

N° iterazioni: 0

☐ Precompresso

Figura 12-19: Verifica tensionale combinazione rara dir orizzontale

La sezione è interamente compressa. Si omette la verifica a fessurazione.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	90

12.2.2 Paraghiaia

12.2.2.9 Verifiche SLU/SLV

Il paraghiaia viene calcolato per unità di lunghezza, considerando agenti i pesi propri, il sovraccarico stradale a monte della parete, la spinta del terreno, le spinte sismiche, le forze di inerzia e le azioni trasmesse dall'impalato ad intradosso travi.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Paraghiaia:

ENV SLU: $N = -135 \text{ kN/m}$; $F_x = 0$; $M_{xx} = 67 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 182 \text{ kNm/m}$; $V_{\max} = 164 \text{ kN/m}$

ENV SLV: $N = -75 \text{ kN/m}$; $M_{xx} = \pm 67 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 187 \text{ kNm/m}$ (tende le armature verticali interne); $V_{\max} = 75 \text{ kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 40 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento interno (teso): $\phi 16/10 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento esterno: $\phi 16/20 \text{ cm}$

Spilli: $\phi 8/40 \times 40 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento interno: $\phi 16/20 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento esterno: $\phi 16/10 \text{ cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

Figura 12-20: Verifica paraghiaia verticale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 182 < 261 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	91

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Paraghaia SLU_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	7
2	11.31	33

Tipo Sezione

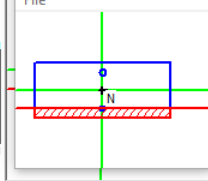
☒ Rettan.re
☐ Trapezi

☐ a T
☐ Circolare

☐ Rettangoli
☐ Coord.

☐ DXF

File



Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N_{Ed}

0

kN

M_{xEd}

-67

kNm

M_{yEd}

0

P.to applicazione N

☒ Centro
☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm]

xN

0

yN

0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C

C30/37

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}

17

E_s/E_c

15

f_{cc}/f_{cd}

0.8

ε_{syd}

1.957

‰

σ_{c,adm}

11.5

σ_{s,adm}

255

N/mm²

τ_{co}

0.6933

τ_{c1}

2.029

M_{Rd}

-242.6

kN m

σ_c

-17

N/mm²

σ_s

391.3

N/mm²

ε_c

3.5

‰

ε_s

14.76

‰

d

33

cm

x

6.326

x/d

0.1917

δ

0.7

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

M-curvatura

☐ Precompresso

Figura 12-21: Verifica paraghaia orizzontale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 67 < 242 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Paraghaia SLV_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	7
2	10.05	33

Tipo Sezione

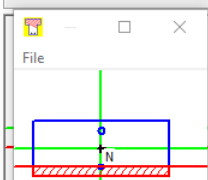
☒ Rettan.re
☐ Trapezi

☐ a T
☐ Circolare

☐ Rettangoli
☐ Coord.

☐ DXF

File



Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N_{Ed}

75

kN

M_{xEd}

187

kNm

M_{yEd}

0

P.to applicazione N

☒ Centro
☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm]

xN

0

yN

0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C

C30/37

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}

17

E_s/E_c

15

f_{cc}/f_{cd}

0.8

ε_{syd}

1.957

‰

σ_{c,adm}

11.5

σ_{s,adm}

255

N/mm²

τ_{co}

0.6933

τ_{c1}

2.029

M_{Rd}

-252.9

kN m

σ_c

-17

N/mm²

σ_s

391.3

N/mm²

ε_c

3.5

‰

ε_s

14.05

‰

d

33

cm

x

6.583

x/d

0.1995

δ

0.7

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

M-curvatura

☐ Precompresso

Figura 12-22: Verifica paraghaia verticale SLV

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	92

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 187 < 259 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Paraghiaia SLV_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	7
			2	11.31	33

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -67 kNm
M_{yEd} 0 kNm

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

Materiali: B450C C30/37

ε_{su} 10 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 11.5 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
τ_{c1} 2.029

M_{xRd} -240.9 kNm
g_c -17 N/mm²
g_s 391.3 N/mm²
E_c 2.496 ‰
E_s 10 ‰
d 33 cm
x 6.592 x/d 0.1998
δ 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 12-23: Verifica paraghiaia orizzontale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 67 < 240 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 separatamente il taglio resistente della sezione con e senza armature a taglio (spilli).

La verifica è svolta con riferimento alla combinazione SLU 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	93

SEZIONE						
b _w	=	100	cm			
h	=	40	cm			
c	=	5	cm			
d	=	h-c	=	35	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}	=	12				
braccia	=	6.25				
ø _{st2}	=	0				
braccia	=	0				
passo	=	100	cm			
(A _{sw} / s)	=	7.069	cm ² / m			
α	=	90	°	(90° staffe verticali)		
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO						
Armatura trasversale			cot(θ) =	2.50	(θ) =	21.80
V _{Rd} =		217.83 (KN)	min(V _{Rsd} , V _{Rcd})			

Figura 12-24: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente V_{Rd} → 164 < 217 kN → 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	94

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	40	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	35	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 LONGITUDINALI					
Ø _l	=	16			
Numero	=	10			
A _{sl}	=	20.11	cm ²		
TAGLIO AGENTE		V _{Ed} =	0	(KN)	
SFORZO NORMALE		N _{Ed} =	0	(KN)	
ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO					
k	=	1.76	$1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		
ν _{min}	=	0.469	$0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{-1/2}$		
ρ _l	=	0.0057			
σ _{cp}	=	0.0	(Mpa)		
V _{Rd}	=	197.04	(KN)	>= OK	164.2 (KN)
V _{Rd}	=	197.04	(KN)		
α _c	=	1.00		Ned/Ac=	0.0000 (Mpa)

Figura 12-25: Resistenza a taglio sezione senza armature a taglio

Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente V_{Rd} → 164 < 197 kN → Verifica soddisfatta.

12.2.2.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro frontale:

SLE,rara: N=-96kN/m; F_x= 0; M_{xx}=48kNm/m; M_{yy}=130kNm;

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	95

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Paraghiaia SLU_vert_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	40	1	20.11	7
			2	10.05	33

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 96 kN
M_{xEd} 0 -130 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Materiali

B450C		C30/37	
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}	17
E_s / E_c	15	f_{cc} / f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c -7.518 N/mm²
 σ_s 198.8 N/mm²

ϵ_s 0.9942 ‰
d 33 cm
x 11.94 x/d 0.3619
 δ 0.8924

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

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Figura 12-26: Verifica tensionale combinazione rara dir verticale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -7.52$ Mpa

$\sigma_{smax} = 198.8$ 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:

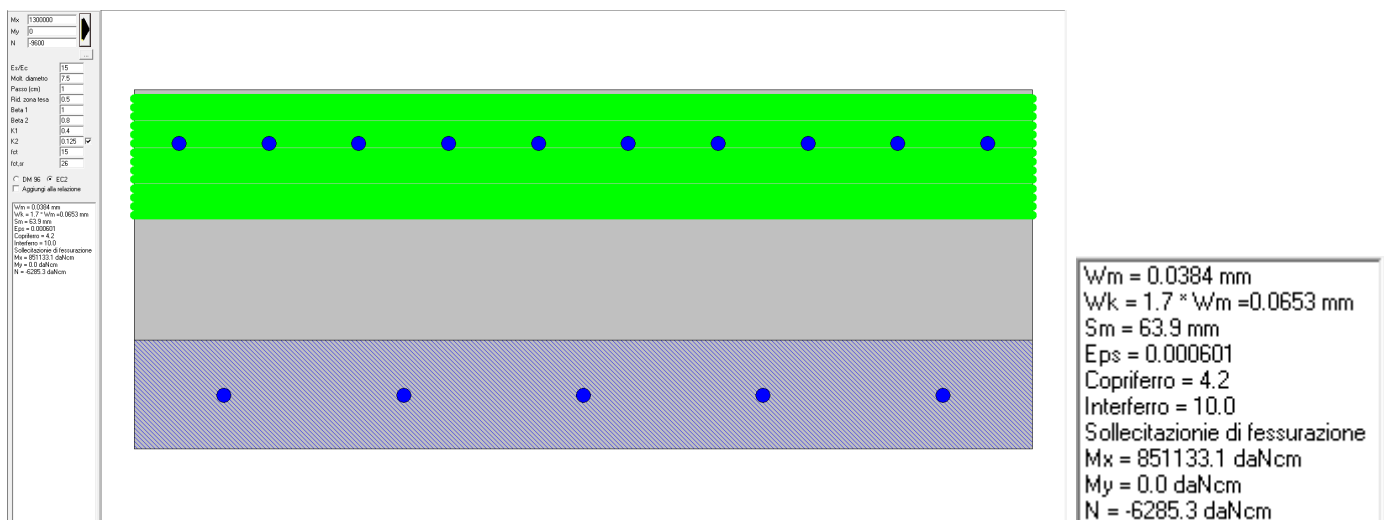


Figura 12-27: Verifica a fessurazione dir verticale

Risulta un valore di ampiezza delle fessure w_k pari a 0.065 mm, inferiore al limite $w_1 = 0.2$ mm di cui al §10.2.1.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	96

Con riferimento alle azioni nel piano orizzontale si ottiene:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Paraghiaia SLE_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	7
2	10.05	33

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

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N Ed 0 kN
M xEd 0 -47 kNm
M yEd 0 0

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

Materiali
B450C C30/37
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

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

Verifica
N° iterazioni: 4

Precompresso ☐

Calculated stresses:
 σ_c -2.679 N/mm²
 σ_s 80.49 N/mm²
 ϵ_s 0.4025 ‰
d 33 cm
x 10.99 w/d 0.333
 δ 0.8563

Figura 12-28: Verifica tensionale combinazione rara dir orizzontale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -2.67 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 80 \text{ MPa}$$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

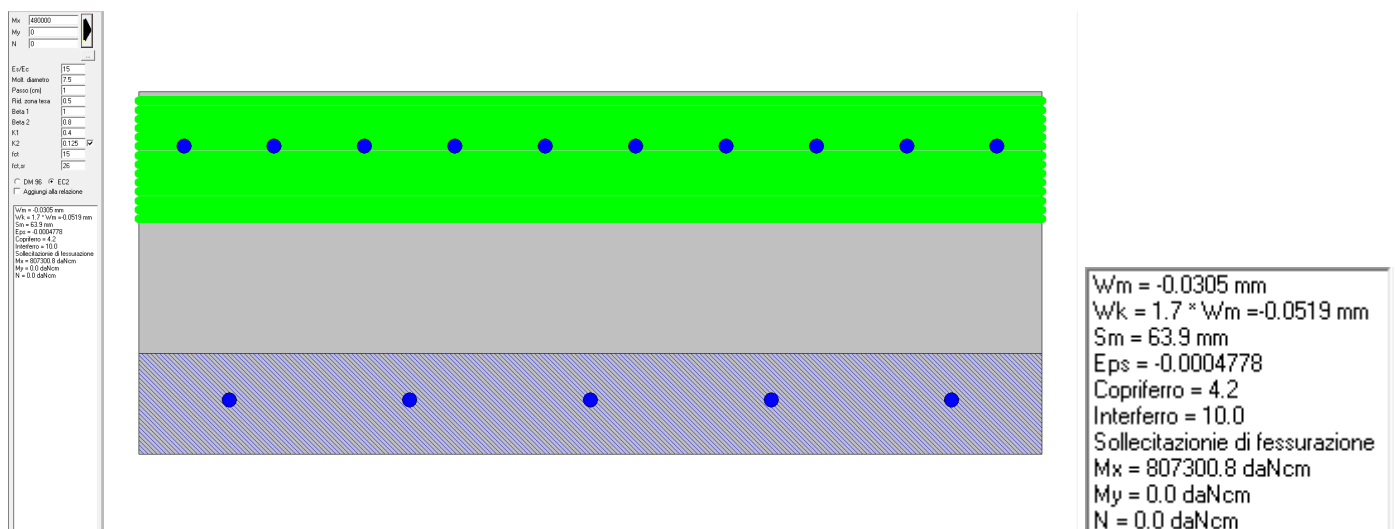


Figura 12-29: Verifica a fessurazione dir orizzontale

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	97

Risulta un valore di ampiezza delle fessure w_k pari a 0.0032 mm, inferiore al limite $w_1 = 0.2\text{mm}$ di cui al §10.2.1.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	98

12.2.3 Muri andatori – sezione spiccato

12.2.3.9 Verifiche SLU/SLV

I muri andatori sono calcolati per unità di lunghezza, considerando agenti i pesi propri, il sovraccarico stradale a monte della parete, la spinta del terreno, le spinte sismiche e le forze di inerzia. Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Muro andatore parte bassa (spessore 120cm):

ENV SLU: $N = -498 \text{ kN/m}$; F_x (sforzo normale orizzontale) = 133 kN/m ; $M_{xx} = 208 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 1003 \text{ kNm}$ (armature verticali interne tese); $V_{\max} = 319 \text{ kN/m}$

ENV SLV: $N = -87 \text{ kN/m}$; F_x (sforzo normale orizzontale) = 239 kN/m ; $M_{xx} = \pm 153 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 630 \text{ kNm/m}$ (tende le armature verticali interne); $V_{\max} = 360 \text{ kN/m}$

ENV SLU2: $N = 850 \text{ kN/m}$; F_x (sforzo normale orizzontale) = 0 kN/m ; $M_{xx} = 0 \text{ kNm/m}$; $M_{yy} = 382 \text{ kNm}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura parte bassa:

$B = 100 \text{ cm}$

$H = 120 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento interno (teso): $\phi 26/10 \text{ cm}$

Armatura verticale paramento esterno: $\phi 26/20 \text{ cm}$

Spilli: $\phi 16/40 \times 40 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento interno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Armatura orizzontale paramento esterno: $\phi 20/10 \text{ cm}$

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

Figura 12-30: Verifica muro andatore verticale SLU

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	99

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1003 < 2496 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Andatore SLU2_vert

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	53.09	7
			2	26.55	113

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed -850 0 kN
M xEd -382 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 C30/37

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} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M xRd -1'792 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 47.96 ‰
d 113 cm
x 7.685 x/d 0.06801
 δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 382 < 1792 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Andatore SLU_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	31.42	7
			2	31.42	113

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed -133 0 kN
M xEd -208 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 C30/37

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} 17 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

M xRd -1'272 kN m
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 50.73 ‰
d 113 cm
x 7.293 x/d 0.06454
 δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	100

Figura 12-31: Verifica muro andatore orizzontale SLU

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 208 < 1272 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Figura 12-32: Verifica muro andatore basso verticale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 562 < 2310 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	101	

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Andatore SLV_hor

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	31.42	7
			2	31.42	113

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 87 0 kN
M_{xEd} -153 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_{xRd} -1390 kN m

Materiali

B450C		C30/37	
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200000 N/mm²	f _{cd}	17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ε _{syd}	1.957 ‰	σ _{c,adm}	11.5
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6933
		τ _{c1}	2.029

σ_c -17 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 46.98 ‰
d 113 cm
x 7.835 x/d 0.06933
δ 0.7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

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
M-curvatura
Precompresso

Figura 12-33: Verifica muro andatore basso orizzontale SLV

Il momento flettente agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 153 < 1390 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	102

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	120	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	115	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}	=	16			
braccia	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	12.566	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale			cot(θ) = 2.50	(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 1272.42 (KN)			min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

Figura 12-34: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 360 < 1272 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

12.2.3.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro andatore parte bassa:

SLE,rara: $N=-355\text{kN/m}$; $F_x=95\text{kN/m}$; $M_{xx}=149\text{kNm/m}$; $M_{yy}=716\text{kNm}$;

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	103

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Andatore SLU_vert_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	53.09	7
			2	26.55	113

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 0 355 kN
M xEd 0 -716 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
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

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

Materiali

B450C		C30/37	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200000 N/mm²	f_{cd}	17 N/mm²
E_s / E_c	15	f_{cc} / f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11.5 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.6933
		τ_{c1}	2.029

σ_c -3.825 N/mm²
 σ_s 102.7 N/mm²
 ϵ_s 0.5137 ‰
d 113 cm
x 40.49 x/d 0.3583
 δ 0.8879

Verifica N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Figura 12-35: Verifica tensionale combinazione rara dir verticale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -3.83 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 102.7 \text{ MPa}$$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

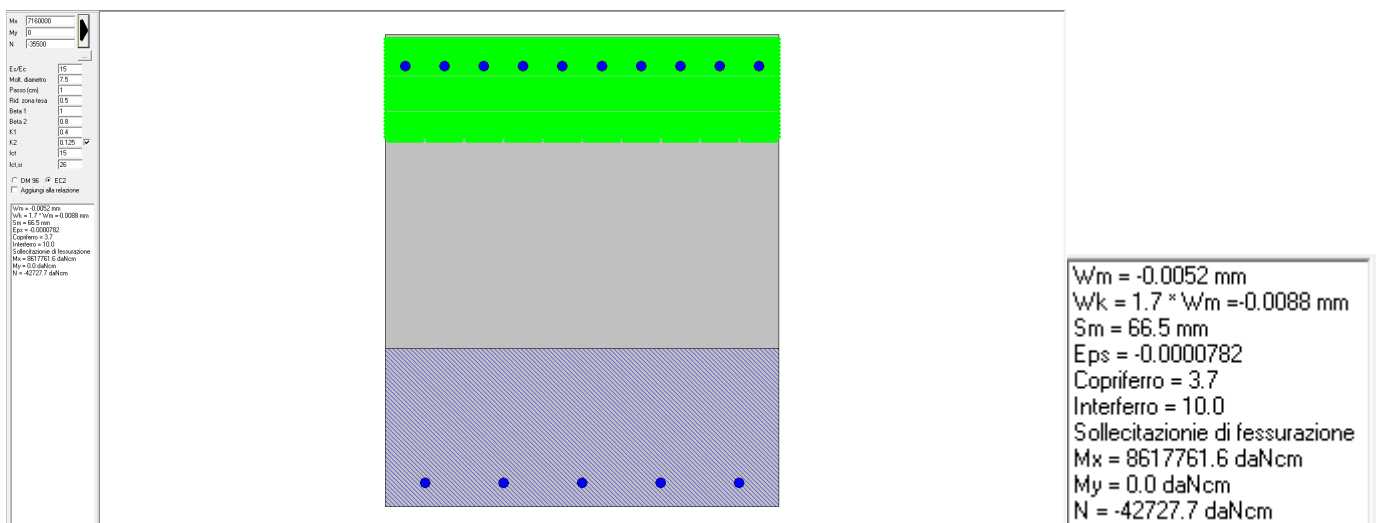


Figura 12-36: Verifica a fessurazione dir verticale

Risulta un valore di ampiezza delle fessure w_k pari a 0.0032 mm, inferiore al limite $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ di cui al §10.2.1

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	104

Con riferimento alle azioni nel piano orizzontale si ottiene:

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Andatore SLU_hor_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	31.42	7
			2	31.42	113

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N Ed 0 -95 kN
M Ed 0 -148 kNm
M yEd 0 0

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

Materiali: B450C C30/37

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} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -0.7614 N/mm²
 σ_s 59.36 N/mm²
 ϵ_s 0.2968 ‰
d 113 cm
x 18.23 x/d 0.1613
 δ 0.7

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

Verifica N° iterazioni: 5

Precompresso

Figura 12-37: Verifica tensionale combinazione rara dir orizzontale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -0.76 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 59.36 \text{ MPa}$$

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

La verifica a fessurazione, considerati i limiti tensionali ottenuti, è omessa.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	105

12.2.4 Platea di fondazione

12.2.4.9 Verifiche SLU/SLV

La platea di fondazione è dimensionata sulla base delle sollecitazioni dell'analisi strutturale derivante dalla risoluzione del modello globale della struttura.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Platea fondazione (Mxx momento in direzione longitudinale)

ENV SLU: $M_{xx,max}=1012\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-273\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=372\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-552\text{kNm/m}$, $V_{max}=616\text{kN/m}$

ENV SLV: $M_{xx,max}=1116\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-553\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=935\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-1304\text{kNm/m}$, $V_{max}=1120\text{kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

B = 100cm

H= 200cm

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

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

Spilli: $\phi 16/40 \times 40\text{cm}$

Armatura trasversale superiore: $\phi 26/20\text{cm}$ (prevedere infittimento di ulteriori $\phi 26/20\text{cm}$ palo – palo trasversale)

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

Le verifiche a pressoflessione sono svolte con l'ausilio del software VcaSLU.

In direzione longitudinale:

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

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	53.09	192

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

Metodo di calcolo

S.L.U. + Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L0 0 cm Col. modello

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

M xRd 3866 kN m

σ_c -14.17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 %

ϵ_s 60.81 %

d 192 cm

x 10.45 x/d 0.05442

Figura 12-38: Verifica platea 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	106

Con riferimento al momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1116 < 3866 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Con riferimento al momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 553 < 3866 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

In direzione trasversale:

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Titolo:** B_Trasv 26_20
- Normativa:** NTC 2008
- Tipo Sezione:** Rettan.re (selected), Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- N° figure elementari:** 1, **N° strati barre:** 2
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	8
2	26.55	192
- Sollecitazioni:** S.L.U. (selected), Metodo n
- Materiali:** B450C, C25/30. Properties: $E_{su} = 67.5 \text{ GPa}$, $f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$, $E_s/E_c = 15$, $E_{syd} = 1.957 \text{ GPa}$, $\sigma_{s,adm} = 255 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{co} = 0.6$, $\epsilon_{c2} = 2 \text{‰}$, $\epsilon_{cu} = 3.5 \text{‰}$, $f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$, $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$, $\sigma_{c,adm} = 9.75 \text{ N/mm}^2$.
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm] (xN=0, yN=0)
- Tipo rottura:** Lato acciaio - Acciaio snervato
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n
- Tipo flessione:** Retta (selected), Deviata
- Calculated values:** $M_{Rd} = 1954 \text{ kNm}$, $\sigma_c = -14.17 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 391.3 \text{ N/mm}^2$, $\epsilon_c = 3.11 \text{‰}$, $\epsilon_s = 67.5 \text{‰}$, $d = 192 \text{ cm}$, $x = 8.458 \text{ cm}$, $x/d = 0.04405$.
- Buttons:** Calcola MRd, Dominio M-N, N° rett. 100, L0 0 cm, Col. modello

Figura 12-39: Verifica platea direzione trasversale

Con riferimento al momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 935 < 1954 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Con riferimento al momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1304 < 1954 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	107

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	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	12.566	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale		cot(θ) = 2.50		(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 2157.58 (KN)		min(V _{Rsd} , V _{Rcd})			

Figura 12-40: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base Il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 1120 < 2157 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

12.2.4.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro andatore parte bassa:

SLE,rara: $M_{xx,max}=722\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-195\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=265\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-394\text{kNm/m}$

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 spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	108

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Long_26_10_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	53.09	8
2	53.09	192

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 -722 kNm
 M_{yEd} 0 0

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

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

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 ‰	σ _{c,adm}	9.75 N/mm²
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0.6
		τ _{c1}	1.829

σ_c -1.448 N/mm²
 σ_s 75.89 N/mm²
 ε_s 0.3794 ‰
 d 192 cm
 x 42.72 x/d 0.2225
 δ 0.7181

Verifica

N° iterazioni: 4

☐ Precompresso

Figura 12-41: Verifica tensionale combinazione rara dir longitudinale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -1.48 \text{ Mpa}$

$\sigma_{smax} = 75.89 \text{ MPa}$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

Mu 7220000
 My 0
 N 0

Ev/Ec 15
 Mod. diametro 7.5
 Passo (cm) 1
 Rid. zona testa 0.5
 Beta 1 1
 Beta 2 0.8
 K1 0.4
 K2 0.125
 Iot 15
 Iot,ur 26

☐ DM 96 ☒ EC2
☐ Aggiungi alla relazione

Sezione non fessurata
 Signa c max < fctd
 Sollecitazione di fessurazione
 Mu = 1206402.5 daNcm
 Mu = 0.0 daNcm
 N = 0.0 daNcm
 Eps max acciaio = 0.00005

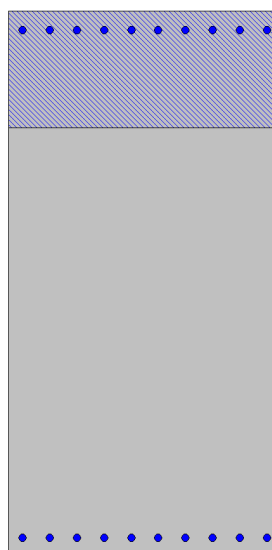


Figura 12-42: Verifica a fessurazione dir longitudinale

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	109

La sezione risulta non fessurata.

In Direzione trasversale:

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays the following data:

- Titolo:** (empty)
- N° figure elementari:** 1 (Zoom)
- N° strati barre:** 2 (Zoom)
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	200
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	26.55	8
2	26.55	192
- Sollecitazioni:** S.L.U. (selected), Metodo n
- Materiali:**
 - B450C:** ϵ_{su} 67.5 ‰, f_{yd} 391.3 N/mm², E_s 200'000 N/mm², E_s/E_c 15, ϵ_{syd} 1.957 ‰, $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²
 - C25/30:** ϵ_{c2} 2 ‰, ϵ_{cu} 3.5 ‰, f_{cd} 14.17 N/mm², f_{cc}/f_{cd} 0.8, $\sigma_{c,adm}$ 9.75 N/mm², τ_{co} 0.6, τ_{c1} 1.829
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord. [cm] (xN 0, yN 0)
- Metodo di calcolo:** S.L.U. + (selected), S.L.U. -, Metodo n
- Verifica:**
 - σ_c -0.7534 N/mm²
 - σ_s 54.98 N/mm²
 - ϵ_s 0.2749 ‰
 - d 192 cm
 - x 32.73, x/d 0.1705
 - δ 0.7
- N° iterazioni:** 5
- Precompresso:** (unchecked)

Figura 12-43: Verifica tensionale combinazione rara dir trasversale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -0.75 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 54.98 \text{ MPa}$$

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

Considerati i modesti valori delle tensioni ottenuti, la verifica a fessurazione è omessa.

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	110

12.2.5 Solettone di copertura

12.2.5.9 Verifiche SLU/SLV

Il solettone di copertura è dimensionato sulla base delle sollecitazioni dell'analisi strutturale derivante dalla risoluzione del modello globale della struttura.

Le verifiche sono state condotte per le combinazioni di carico più gravose.

Solettone di copertura (M_{xx} momento in direzione longitudinale)

ENV SLU: $M_{xx,max}=380\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-208\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=1187\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-1031\text{kNm/m}$, $V_{max}=705\text{kN/m}$

ENV SLV: $M_{xx,max}=150\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-140\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=594\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-630\text{kNm/m}$, $V_{max}=1120\text{kN/m}$

Dati sezione di verifica e quantitativi di armatura:

$B = 100\text{cm}$

$H = 120\text{cm}$

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

Armatura longitudinale inferiore: $\phi 26/20\text{cm}$

Spilli: $\phi 16/40 \times 40\text{cm}$

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.

In direzione longitudinale:

The screenshot shows the VcaSLU software interface for longitudinal verification. Key input and output data include:

- Section Dimensions:** $b = 100\text{ cm}$, $h = 120\text{ cm}$
- Material Properties:** Concrete B450C ($f_{cd} = 17\text{ N/mm}^2$), Steel C30/37 ($f_{yk} = 355\text{ N/mm}^2$)
- Applied Moment:** $M_{sd} = 1131\text{ kNm}$
- Calculated Values:**
 - Stress $\sigma_c = -17\text{ N/mm}^2$, $\sigma_s = 391.3\text{ N/mm}^2$
 - Strain $\epsilon_c = 3.5\text{ ‰}$, $\epsilon_s = 46.6\text{ ‰}$
 - Reinforcement ratio $\rho = 0.7$
- Section Diagram:** A cross-section of the slab showing the reinforcement layout.

Figura 12-44: Verifica direzione longitudinale

Con riferimento al momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 380 < 1131\text{ kNm} \rightarrow$ 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	111

Con riferimento al momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 208 < 1131 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

In direzione trasversale:

Figura 12-45: Verifica direzione trasversale

Con riferimento al momento flettente positivo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1187 < 3232 \text{ kNm} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

Con riferimento al momento flettente negativo agente M_{sd} è minore del momento resistente $M_{Rd} \rightarrow 1031 < 3232 \text{ kNm} \rightarrow$ 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 SLU 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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	112

SEZIONE					
b _w	=	100	cm		
h	=	120	cm		
c	=	5	cm		
d	=	h-c	=	115	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}	=	16			
braccia	=	6.25			
ø _{st2}	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	100	cm		
(A _{sw} / s)	=	12.566	cm ² / m		
α	=	90	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
Armatura trasversale			cot(θ) = 2.50	(θ) = 21.80	
V _{Rd} = 1272.42 (kN)			min(V _{Rsd} , V _{Rcd})		

Figura 12-46: Resistenza a taglio sezione con spilli

Nella sezione di base il taglio agente V_{sd} è minore del taglio resistente $V_{Rd} \rightarrow 705 < 1272 \text{ kN} \rightarrow$ Verifica soddisfatta.

12.2.5.10 Verifiche SLE

Risultano i seguenti valori di sollecitazioni in combinazione rara

Muro andatore parte bassa:

SLE,rara: $M_{xx,max}=271\text{kNm/m}$, $M_{xx,min}=-148\text{kNm/m}$; $M_{yy,max}=847\text{kNm/m}$, $M_{yy,min}=-736\text{kNm/m}$

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	113

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Long 26_20_tensioni

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	26.55	8
			2	26.55	112

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

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N Ed 0 0 kN
M xEd 0 271 kNm
M yEd 0 0

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

Materiali
B450C C30/37
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

σ_c -1.781 N/mm²
 σ_s 98.14 N/mm²
 ϵ_s 0.4907 ‰
d 112 cm
x 23.96 x/d 0.2139
 δ 0.7074

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

Verifica
N° iterazioni: 5

☐ Precompresso

Figura 12-47: Verifica tensionale combinazione rara dir longitudinale

Risulta:

$\sigma_{cmax} = -1.78 \text{ Mpa}$

$\sigma_{smax} = 98.14 \text{ MPa}$

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

Con riferimento alla verifica a fessurazione si ottiene:

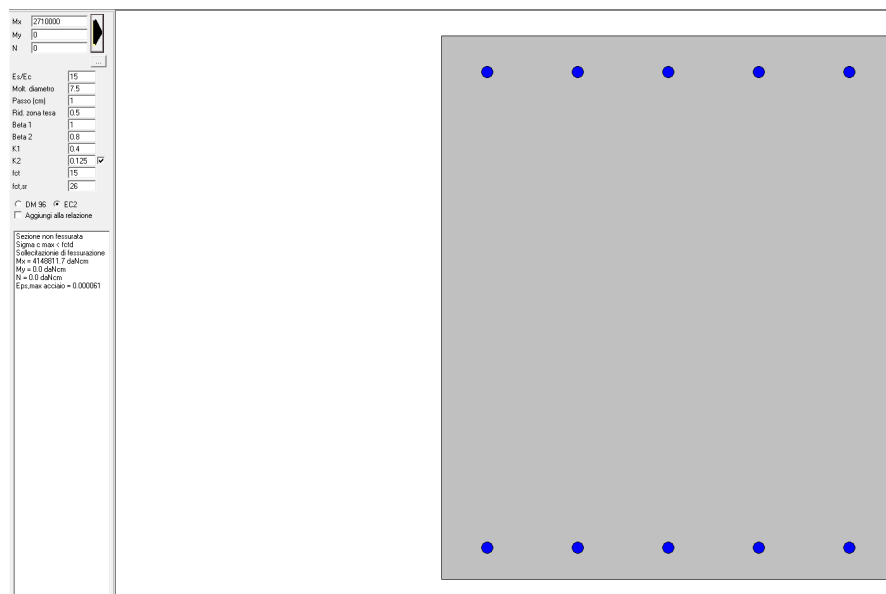


Figura 12-48: Verifica a fessurazione dir longitudinale

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	114

La sezione risulta non fessurata.

In Direzione trasversale:

Verifica C.A. S.L.U. - File: B_Trasv 26_10 + 26_20_tensioni

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	53.09	8
			2	53.09	112
			3	26.55	14
			4	26.55	106

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n
N Ed 0 0 kN
M xEd 0 847 kNm
M yEd 0 0

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

Materiali
B450C C30/37
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933 N/mm²
 τ_{c1} 2.029 N/mm²

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

Verifica
N° iterazioni: 4
Precompresso

Calculated Values:
 σ_c -3.301 N/mm²
 σ_s 110.1 N/mm²
 ϵ_s 0.5506 ‰
d 112 cm
x 34.74 x/d 0.3102
 δ 0.8277

Figura 12-49: Verifica tensionale combinazione rara dir trasversale

Risulta:

$$\sigma_{cmax} = -3.301 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{smax} = 110 \text{ MPa}$$

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

Con riferimento alla fessurazione:

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 spalle				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	115

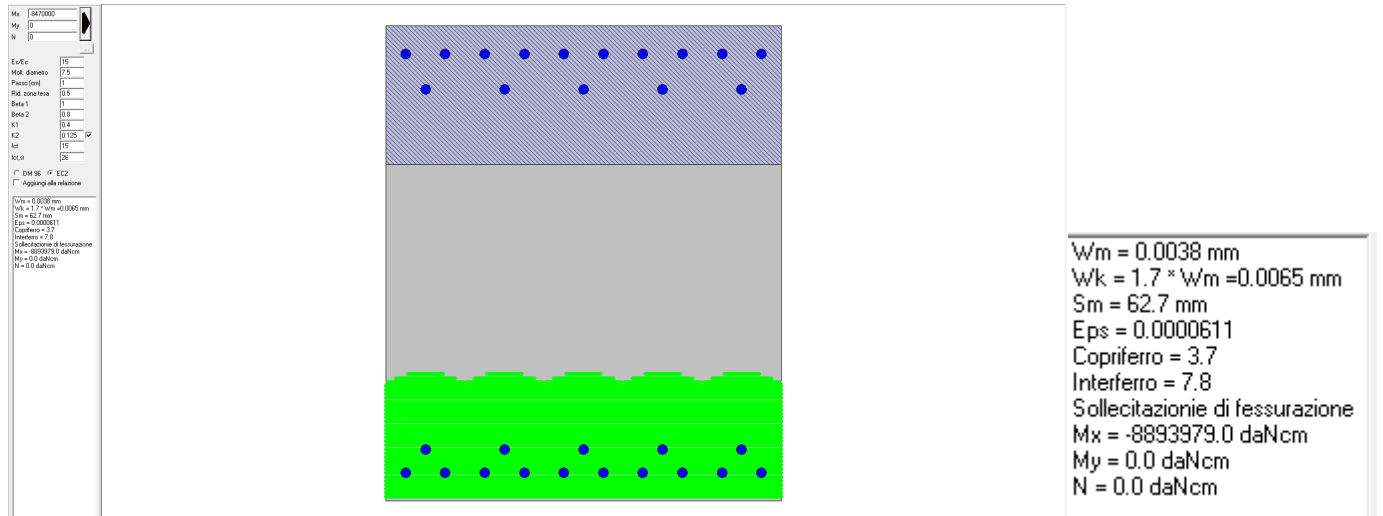


Figura 12-50: Verifica a fessurazione dir trasversale

Risulta un valore di ampiezza delle fessure w_k pari a 0.0065 mm, inferiore al limite $w_1 = 0.2\text{mm}$ di cui al §10.2.1

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L. MANDANTI HY pro INGEGNERIA		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
IV05- Relazione di calcolo spalle		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IV	05	04	001	A	116

13. RITEGNI SISMICI

Si rimanda alla relazione di calcolo delle pile.

14. GIUNTI

Si rimanda alla relazione di calcolo dell'impalcato.