

COMMITTENTE:



**DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA**

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA**

**ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI
RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE – ACQUEDOTTO PUGLIESE**

Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2 al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali

L'Appaltatore	COMPAT S.c.a.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	I progettisti (il Direttore della progettazione)	Ing. T. PELELLA
Data	Firma	Data	Firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 1	E	Z Z	C L	S I 0 2 0 0	0 0 1	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	F.Pagliuso	Novembre 2021	F.Trovati	Novembre 2021	V.Secreti	Novembre 2021	Ing. T. PELELLA
B	REVISIONE RDV	F.Pagliuso	Maggio 2022	M.Fabio	Maggio 2022	V.Secreti	Maggio 2022	Ing. T. PELELLA
C	REVISIONE RDV	F.Pagliuso	Giugno 2022	M.Fabio	Giugno 2022	V.Secreti	Giugno 2022	Ing. T. PELELLA

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>2 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	2 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	2 DI 65							

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	MATERIALI IMPIEGATI.....	4
4	BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	7
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	9
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	10
7	CRITERI DI VERIFICA	11
7.1	Tombino scatolare	11
7.1.1	Verifiche di sicurezza (SLU)	11
7.1.2	Verifiche di esercizio	14
7.2	Paratie	15
7.3	Combinazioni di carico.....	17
8	TOMBINO SCATOLARE	19
8.1	Geometria tombino scatolare.....	19
8.2	Caratteristiche terreni.....	20
8.3	Analisi dei carichi	21
8.3.1	Peso proprio degli elementi strutturali	21
8.3.2	Spinta delle terre	22
8.3.3	Peso portato	22
8.3.4	Carichi da traffico	23
8.3.5	Frenatura e avviamento	25
8.3.6	Azioni termiche.....	26
8.3.7	Viscosità e ritiro	26
8.4	Combinazioni di carico.....	29
8.5	Risultati di calcolo	30
8.6	Verifiche di resistenza degli elementi strutturali	33
8.6.1	Verifiche allo SLU.....	33
8.6.2	Verifiche allo SLE	38
8.7	Verifiche geotecniche (Carico limite verticale)	44

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>3 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	3 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	3 DI 65							

8.8	Incidenza armature	45
9	OPERE PROVVISORIALI.....	47
9.1	Dati paratia	47
9.2	Fasi di calcolo	48
9.3	Stratigrafia	49
9.4	Risultati di calcolo	49
9.4.1	Sollecitazioni	49
9.4.2	Spostamenti	50
9.4.3	Verifica di stabilità globale	52
9.4.4	Verifiche strutturali micropali	52
9.4.5	Verifica trave di ripartizione	54
9.4.6	Verifiche sui puntoni	57
10	PLATEA DI VARO.....	60
11	MURO REGGISPINTA.....	61
12	GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	64
13	ALLEGATI	65

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>4 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	4 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	4 DI 65							

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta nell'ambito della "Progettazione Esecutiva del Raddoppio della Linea Ferroviaria Pescara-Bari nel tratto Termoli-Lesina", in relazione agli interventi di potenziamento delle infrastrutture nazionali previste dalla legge n. 443/2001.

Oggetto del presente documento è il dimensionamento di un tombino scatolare di dimensioni interne 2.00x2.00m, previsto al fine di consentire l'attraversamento della condotta acquedottistica $\phi 400$ al di sotto della futura linea ferroviaria, e delle opere provvisionali propedeutiche alla realizzazione dello scavo.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti normativi per la redazione della presente relazione di calcolo sono i seguenti:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 147/01/2008 (NTC-2008);
- [N.2]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.3]. 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.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010;
- [N.5]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 B - Manuale di Progettazione delle Opere Civili del 22/12/2017;
- [N.6]. RFI DTC SICS SP IFS 001 B - Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili del 22/12/2017.

3 MATERIALI IMPIEGATI

Per la realizzazione del tombino scatolare è stato scelto un calcestruzzo C32/40 aventi le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica):	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 [(f_{ck}+8)/10]^{0.3} = 33642.78 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XC4+XA1+XS1
Copri ferro:	5 cm
Rapporto acqua-cemento (a/c): 0.50	

Per la realizzazione della paratia di micropali è stata scelta una miscela cementizia C25/30 aventi le seguenti caratteristiche:

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>5 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	5 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	5 DI 65							

Resistenza a compressione (cilindrica):	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 [(f_{ck}+8)/10]^{0.3} = 31447.16 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XC2
Copriferro:	4 cm

Per la realizzazione del muro reggispinta è stato scelto un calcestruzzo C30/37 aventi le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica):	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.71 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.06 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 [(f_{ck}+8)/10]^{0.3} = 33019.43 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XC3
Copriferro:	4 cm
Rapporto acqua-cemento (a/c):	0.55

Per la realizzazione della platea di varo è stato scelto un calcestruzzo C25/30 aventi le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica):	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 [(f_{ck}+8)/10]^{0.3} = 31447.16 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione:	XC3
Copriferro:	4 cm
Rapporto acqua-cemento (a/c):	0.60

Per la realizzazione del magrone di fondazione è stato scelto un calcestruzzo C12/15.

Per le armature metalliche si adottano barre in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Limite di snervamento:	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Limite di rottura:	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Fattore di sicurezza acciaio:	$\gamma_s = 1.15$

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>6 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	6 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	6 DI 65							

Resistenza a trazione di calcolo:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$$

Per le carpenterie metalliche ed i micropali si adotta acciaio S355 aventi le seguenti caratteristiche:

Limite di snervamento:

$$f_y \geq 355 \text{ N/mm}^2$$

Limite di rottura:

$$f_t \geq 510 \text{ N/mm}^2$$

Fattore di sicurezza acciaio:

$$\gamma_s = 1.15$$

Resistenza a trazione di calcolo:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 308.70 \text{ N/mm}^2$$

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>7 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	7 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	7 DI 65							

4 BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il tombino scatolare in progetto presenta dimensioni interne 2.00x2.00 m, con piedritti, soletta di copertura e soletta di fondazione di spessore pari a 0.30m. La suddetta opera ha uno sviluppo di circa 61m.

Nelle figure sottostanti viene illustrato il tombino scatolare in progetto.

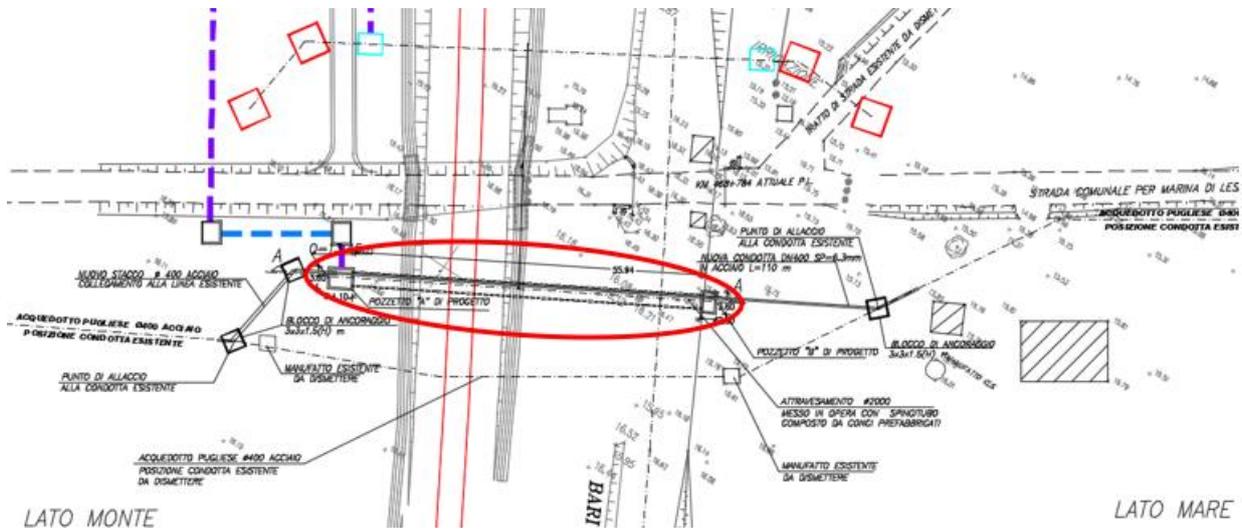


Figura 4-1 – Stralcio planimetrico con indicazione del tombino scatolare 2x2m.

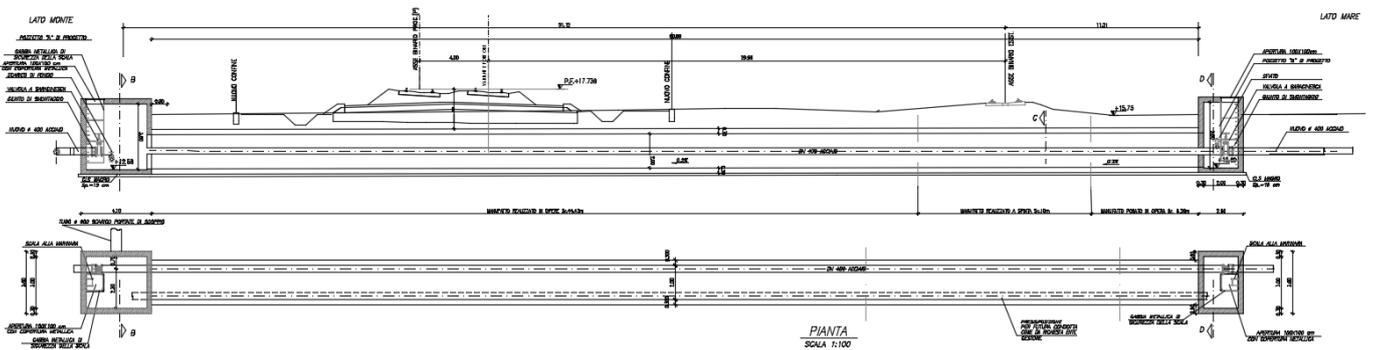


Figura 4-2 – Profilo e pianta del tombino scatolare 2x2m.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>8 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	8 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	8 DI 65							

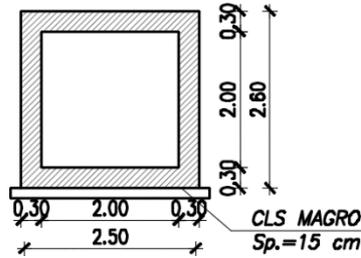


Figura 4-3 – Sezione trasversale del tombino scatolare 2x2m.

La realizzazione dello scatolare in progetto consta delle seguenti fasi costruttive:

- 1) Realizzazione paratie di micropali puntonate;
- 2) Montaggio ponte tipo Essen provvisorio per il sostegno del binario esistente;
- 3) Realizzazione dello scavo;
- 4) Realizzazione manufatti (tombino scatolare + pozzetti A e B);

Le paratie, distanti tra di loro di 3.35m, sono caratterizzate da micropali di diametro $\varnothing 250$ armati con tubolare metallico in acciaio S355 avente diametro esterno $\varnothing 168.30$ e spessore di 10mm. La lunghezza dei suddetti è pari a 10m per tutto lo sviluppo dell'opera con un interasse di 0.35m.

I puntoni sono posizionati a circa 0.50m dalla testa dei micropali e sono costituiti da profili tubolari $\varnothing 168.30$ mm spessore 10mm ad interasse 3.50m. A contrasto dei puntoni sono previste travi HEB260.

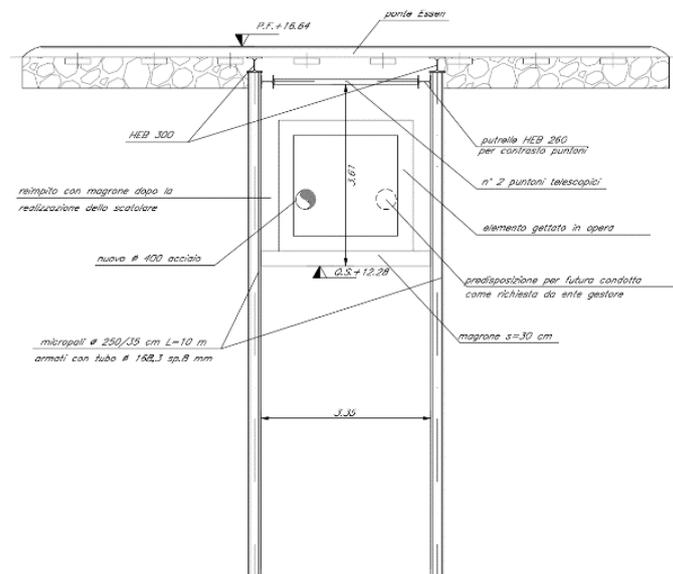


Figura 4-4 – Sezione trasversale dell'opera provvisoria propedeutica alla realizzazione del tombino scatolare.

Si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>9 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	9 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	9 DI 65							

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai fini del dimensionamento delle opere in progetto, in accordo a quanto riportato nella relazione geotecnica redatta nell'ambito della Progettazione Esecutiva, si fa riferimento ai seguenti parametri geotecnici caratteristici:

Unità	Descrizione	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	C_u (kPa)	φ' (°)
6AL	Argille limose e limi argillosi	20	5÷20	100÷350	23÷26
7AL	Argille limose e limi argillosi	19.50	5÷15	75÷350	24÷26

Tabella 5-1– Riepilogo parametri geotecnici di progetto.

Simbologia adottata:

- γ : peso dell'unità di volume;
- c' : coesione efficace;
- C_u : coesione non drenata;
- φ' : angolo di resistenza al taglio;

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>10 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	10 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	10 DI 65							

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le coordinate relative al tombino scatolare in progetto sono le seguenti:

Latitudine: 41.531139

Longitudine: 15.172172

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono:

- Vita nominale: VN = 75 anni
- Classe d'uso III (Cu=1.5)
- Periodo di riferimento: VR = 75 x 1.5 = 113 anni
- Categoria stratigrafica: C
- Categoria topografica del sito: T1

L'analisi in condizioni sismiche è eseguita con il metodo pseudo-statico. In particolare, l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente, in accordo con quanto indicato nel capitolo 7 delle NTC 08. Tale accelerazione è proporzionale alla massa mediante due coefficienti, orizzontale e verticali, di seguito definiti:

$$k_h = S_s \cdot S_t \cdot \frac{a_g}{g}$$

$$k_v = \pm \frac{k_h}{2}$$

I risultati ottenuti, sia allo SLU (SLV) e sia allo SLE (SLD), sono riportati nella figura sottostante:

N.T.C. 2008		SLU	SLE
Accelerazione al suolo a_g [m/s ²]		2,239	0,947
Accelerazione al suolo a_g [% di g]		0,228	0,097
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0		2,505	2,548
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*		0,400	0,339
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico S _s	Tipo C	1,357	1,500
Coefficiente di riduzione (β _m)	C	1,000	1,000
Coeff. amplificazione topografica S _T	T1	1,000	
$K_h = a_g/g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \beta_m$			
Coeff. di intensità sismica orizzontale Kh [%]		30,967	14,478
Intensità sismica Verticale/Orizzontale		0,50	

Figura 6-1 – Definizione dell'azione sismica.

Per quanto concerne la paratia di micropali, trattandosi di un intervento di carattere provvisorio non si è tenuto conto dell'azione sismica e pertanto l'analisi è stata condotta esclusivamente in condizioni statiche.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>11 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	11 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	11 DI 65							

7 CRITERI DI VERIFICA

Il dimensionamento delle opere è stato condotto in ottemperanza alle prescrizioni normative di riferimento secondo i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali. Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono (X_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate (ad), con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni (F_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate. La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione:

$$R_d \geq E_d$$

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

7.1 Tombino scatolare

Le verifiche agli stati limite sono state condotte con riferimento ai seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_p	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 7-1 – Coefficienti parziali delle azioni.

7.1.1 Verifiche di sicurezza (SLU)

7.1.1.1 Pressoflessione

Per la valutazione della resistenza ultima delle sezioni di elementi monodimensionali si adottano le seguenti ipotesi:

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>12 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	12 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	12 DI 65							

- 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.

Si assumeranno come diagrammi tensione-deformazione i diagrammi parabola-rettangolo e elastico perfettamente plastico per calcestruzzo e acciaio, rispettivamente.

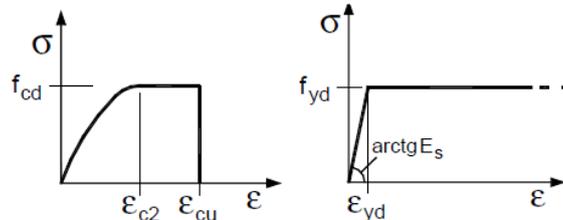


Figura 7-2 – Diagrammi $\sigma - \epsilon$.

Per la classe di calcestruzzo adoperata i valori di deformazione ϵ_{c2} e ϵ_{cu} valgono rispettivamente 0.2% e 0.35%. La deformazione ultima ϵ_{yd} dell'acciaio è pari all'1%.

Con riferimento alla sezione pressoinflessa in figura, la verifica di resistenza si conduce controllando che:

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

Dove:

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

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

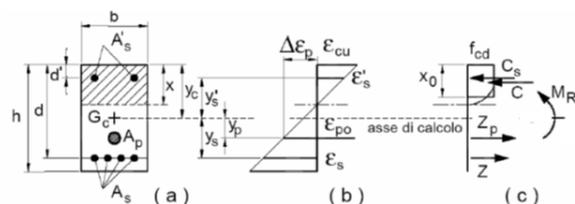


Figura 7-3 – Schema per la valutazione della capacità resistente di una sezione presso-inflessa.

7.1.1.2 Resistenza nei confronti di sollecitazione tagliante

Elementi senza armature trasversali resistenti al taglio

Se, sulla base del calcolo, non è richiesta armatura al taglio, è comunque necessario disporre un'armatura minima secondo quanto previsto al punto 4.1.6.1.1 delle NTC'08. È consentito omettere tale armatura

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>13 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	13 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	13 DI 65							

minima in elementi quali solai, piastre e membrature a comportamento analogo, purché sia garantita una ripartizione trasversale dei carichi.

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza di progetto a taglio si valuta con la seguente relazione:

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{1}{\gamma_c} 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

f_{ck} : resistenza caratteristica allo snervamento dell'acciaio, espressa in MPa;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}}$$

e dove:

d: altezza utile della sezione, espressa in mm;

ρ_l : rapporto geometrico di armatura longitudinale espresso mediante la seguente relazione:

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} < 0.02$$

σ_{cp} : tensione media di compressione nella sezione espressa mediante la seguente relazione:

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 f_{cd}$$

b_w : larghezza minima della sezione;

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza di progetto a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione Θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \cotg \Theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di progetto dello sforzo di taglio agente. Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di progetto a "taglio trazione" si calcola con:

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>14 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	14 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	14 DI 65							

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di progetto a "taglio compressione" si calcola con:

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

La resistenza di progetto a taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

dove:

d: altezza utile della sezione;

b_w : larghezza minima della sezione;

σ_{cp} : tensione media di compressione della sezione;

A_{sw} : area dell'armatura trasversale;

s: interasse tra due armature trasversali consecutive;

α : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

v : resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($v = 0.5$);

α_c : coefficiente maggiorativo pari a:

1 per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$ per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$

1,25 per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$

$2,5 (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$ per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

7.1.2 Verifiche di esercizio

I valori delle proprietà meccaniche da adoperare nell'analisi sono quelli caratteristici e i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza sono sempre unitari.

Per le verifiche in condizioni sismiche si fa riferimento allo Stato Limite di Danno (SLD).

7.1.2.1 Verifica delle tensioni di esercizio

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

In accordo al Manuale di Progettazione RFI, la massima tensione di compressione del calcestruzzo $\sigma_{c,max}$, deve rispettare la limitazione seguente:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.55 f_{ck}$ per combinazione caratteristica;
- $\sigma_{c,max} \leq 0.40 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente;

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>15 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	15 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	15 DI 65							

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

In accordo al Manuale di Progettazione RFI, la tensione massima, $\sigma_{s,max}$, per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica (rara) deve rispettare la limitazione seguente:

– $\sigma_{s,max} \leq 0.75 f_{yk}$

7.1.2.2 Stato limite di fessurazione

La classe di esposizione di progetto è la XC4+XA1+XS1.

Tale classe di esposizione rientra nelle condizioni ambientali aggressive, come desumibile dalla tabella sottostante:

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Alle prescrizioni normative presenti nell NTC di riferimenti si sostituiscono, in tal caso, quelle fornite dalle specifiche RFI (Specifiche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario – Requisiti concernenti la fessurazione per strutture in c.a., c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$\delta_f \leq w_1 = 0,2 \text{ mm (combinazione di carico caratteristica)}$$

Alla luce delle condizioni ambientali di progetto e della classe di calcestruzzo impiegata, il copriferro minimo è pari a 4cm. Nel caso di specie è stato assunto un copriferro di 5cm.

7.2 Paratie

In accordo al paragrafo 6.5.3.1.2 delle NTC, per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)
 - Collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - Collasso per carico limite verticale;
 - Sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - Instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
 - Instabilità del fondo scavo;

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>16 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	16 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	16 DI 65							

- Instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU* di tipo strutturale (*STR*)
 - Raggiungimento della resistenza di uno o più ancoraggi;
 - Raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
 - Raggiungimento della resistenza strutturale della paratia;

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno è stata effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1.

Le rimanenti verifiche sono state condotte secondo l'Approccio 1 considerando le due combinazioni:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1);
- Combinazione 2: (A2+M2+R1);

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle sottostanti.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 7-1 – Coefficienti parziali per le azioni.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0
	Sfavorevole		1,5

Tabella 7-2 – Coefficienti parziali per le verifiche nei confronti degli stati limite di sollevamento.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>17 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	17 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	17 DI 65							

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 7-3 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

Nelle condizioni di esercizio, devono essere valutati gli spostamenti del manufatto e del terreno circostante, dovuti alla deformazione dei terreni di fondazione e dell'opera, per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti.

7.3 Combinazioni di carico

Ai fini delle verifiche agli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni di calcolo:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione Caratteristica (Rara), generalmente impiegata per gli stati limite d'esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione Frequente, generalmente impiegata per gli stati limite d'esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione Quasi Permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione Sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
- Combinazione Eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Per quanto concerne il dimensionamento del tombino scatolare, si è fatto riferimento ai seguenti coefficienti di combinazione:

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>18 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	18 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	18 DI 65							

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione ψ delle azioni.

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

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

Tabella 7-4 – Coefficienti di combinazione delle azioni.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>19 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	19 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	19 DI 65							

8 TOMBINO SCATOLARE

Il dimensionamento del tombino scatolare è stato condotto con l'ausilio del software di calcolo dedicato SCAT 14 di "Aztec Informatica Srl".

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi.

Il terreno di rinfiacco e di fondazione viene invece schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa.

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento, K_e , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura K . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali p .

Indicando con u il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma

$$K u = p$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti u :

$$u = K^{-1} p$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

8.1 Geometria tombino scatolare

Si riepilogano le caratteristiche geometriche del modello di calcolo:

Descrizione:	Scatolare semplice	
Altezza esterna	2,60	[m]
Larghezza esterna	2,60	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,30	[m]
Spessore piedritto destro	0,30	[m]

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>21 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	21 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	21 DI 65							

Peso di volume	20,0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20,0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	24,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	16,00	[°]
Coesione	13	[kPa]
Costante di Winkler	15551	[kPa/m]
Tensione limite	438,64	[kPa]

La costante di Winkler, per il terreno di base, è stata determinata mediante la relazione empirica suggerita da *Terzaghi e Peck* (1948):

$$k_w = k_1 \cdot \left(\frac{B + b}{2 \cdot B}\right)^2 = 15551 \frac{kPa}{m}$$

dove:

- k_1 : valore tabellato in funzione della consistenza del terreno, assunto pari a 50 N/cm^3 (Consistenza molto compatta, $C_u=100-200 \text{ kPa}$);
- B: larghezza tombino scatolare;
- $b = 0.30 \text{ m}$;

B (m)	k_1 (N/cm^3)	b (m)	k_w (kN/m^3)
2.60	50	0.30	15551

Il calcolo della tensione limite è stato condotto con riferimento alla formula trinomia di Terzaghi:

Terreno	γ (kN/m^3)	c' (kPa)	ϕ' (°)	B (m)	N_c	N_γ	N_q	q_{lim} (kPa)
6AL	20	12.5	24	2.60	19.32	9.44	9.60	438.64

La costante di Winkler per il terreno di rifianco è stata assunta pari a:

$$k_h = 0.5 * k_w = 7775.50 \frac{kPa}{m}$$

8.3 Analisi dei carichi

Il calcolo è stato condotto con riferimento ad 1m di scatolare.

8.3.1 Peso proprio degli elementi strutturali

Il peso proprio delle parti strutturali è valutato sulla base della geometria della struttura in progetto. Si assume, per il calcestruzzo armato, un peso specifico $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>22 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	22 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	22 DI 65							

Il peso proprio degli elementi strutturali è calcolato automaticamente dal software di calcolo.

8.3.2 Spinta delle terre

L'analisi ad elementi finiti consente la valutazione del comportamento accoppiato di struttura e terreno nelle varie fasi realizzative per ciascuna delle quali si calcolano le spinte agenti sul manufatto.

Nel caso in esame, si è fatto riferimento ad una condizione di spinta a riposo. In condizioni sismiche, per il calcolo della sovra-spinta si è fatto ricorso al metodo di Wood (implementato nel software).

8.3.3 Peso portato

Ballast + armamento (rotaia + traversa)

Tale carico è stato determinato come segue:

$$P_{b+a} = \gamma_{b+a} * H_{b+a} = 18 \text{ kN/m}^3 * 0.80\text{m} = 14.40 \text{ kN/m}$$

Dove:

- γ_{b+a} : peso specifico ballast + armamento;
- H: spessore ballast + armamento;

Sub-ballast

Tale carico è stato determinato come segue:

$$P_{sb} = \gamma_{sb} * H_{sb} = 19 \text{ kN/m}^3 * 0.125\text{m} = 2.375 \text{ kN/m}$$

Dove:

- γ_{sb} : peso specifico sub-ballast;
- H_{sb} : spessore sub-ballast;

Supercompattato

Tale carico è stato determinato come segue:

$$P_{sc} = \gamma_{sc} * H_{sc} = 20 \text{ kN/m}^3 * 0.32\text{m} = 6.40 \text{ kN/m}$$

Dove:

- γ_{sc} : peso specifico super compattato;
- H_{sc} : spessore supercompattato;

Ricoprimento

Tale carico è stato determinato come segue:

$$P_{sc} = \gamma_{ric} * H_{ric} = 20 \text{ kN/m}^3 * 1.20\text{m} = 24 \text{ kN/m}$$

Dove:

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>23 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	23 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	23 DI 65							

- γ_{sc} : peso specifico ricoprimento;
- H_{sc} : spessore ricoprimento;

I carichi sopra riportati sono stati assimilati a carichi permanenti non strutturali.

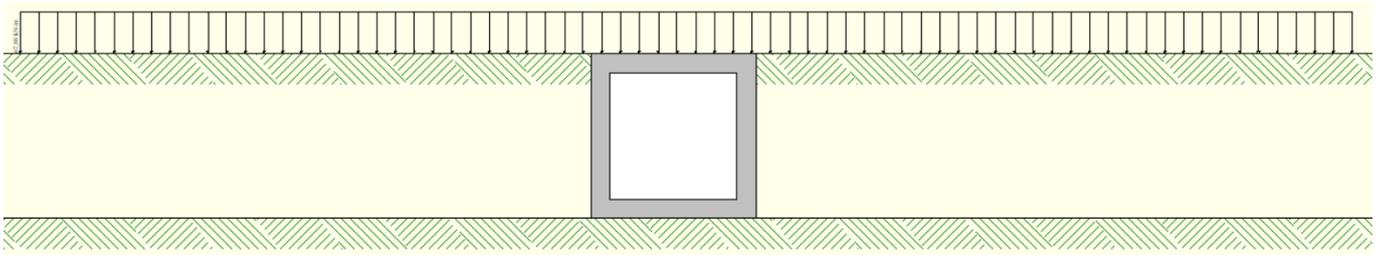


Figura 8-2– Peso portato.

8.3.4 Carichi da traffico

Treno LM71

Tale treno di carico, schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale e risulta costituito da:

- N.4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m;
- Carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni, a partire da 0,8 m dagli assi d'estremità e per una lunghezza illimitata;

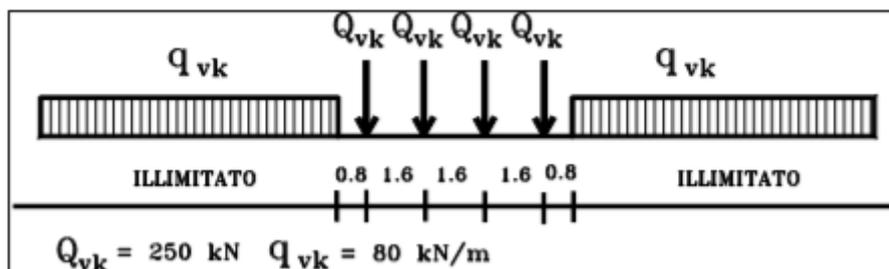


Figura 8-3– Treno di carico LM71.

Treno di carico SW/2

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante ed è caratterizzato da:

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>24 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	24 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	24 DI 65							

Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

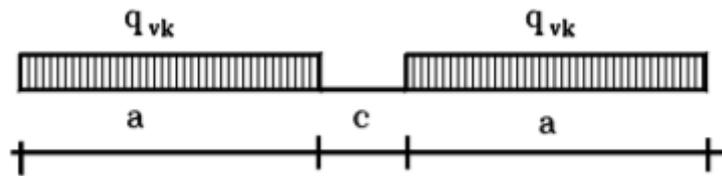


Figura 8-4– Treno di carico SW.

I sovraccarichi ferroviari sopra riportati (LM71 e SW/2) si distribuiscono attraverso il ricoprimento con una pendenza di $\frac{1}{4}$ all'interno del ballast, con un angolo di diffusione pari all'angolo di attrito interno del terreno nel sub-ballast, super compattato, rinterro e con un angolo di 45° all'interno della soletta di calcestruzzo.

Detta $L_{diff,trasv}$ la larghezza di diffusione del carico trasversale, considerando che la lunghezza della traversa sia pari a 2.40m, si ottiene che:

$$L_{diff,trasv} = L_{trav} + 2 \left[(H_{ball} \tan 14.3^\circ) + (H_{sb} + H_{sc} + H_{ric}) \tan 38^\circ + \frac{S_{sol}}{2} \right] = 5.38m$$

La larghezza di diffusione del carico, nella direzione longitudinale, è pari a:

$$L_{diff,long} = 6.40m$$

Tutti i valori dei carichi ferroviari sono stati distribuiti nelle due direzioni, longitudinale e trasversale, e moltiplicati per un coefficiente α di adattamento e per un coefficiente dinamico.

Il coefficiente dinamico Φ_3 (ridotto standard manutentivo), con riferimento alla Tab. 5.2.II, è stato assunto pari a 1.35 (p.to 5.4).

Modello di carico	α	$P_{V,qvk}$ (kN/m)	$P_{V,qvk}$ (kN/m)
LM71	1.00	43.14	22.09
SW/2	1.10	-	37.65

Il treno di carico LM71 risulta più sfavorevole. Tali contributi sono stati assimilati a variabili da traffico.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>25 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	25 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	25 DI 65							

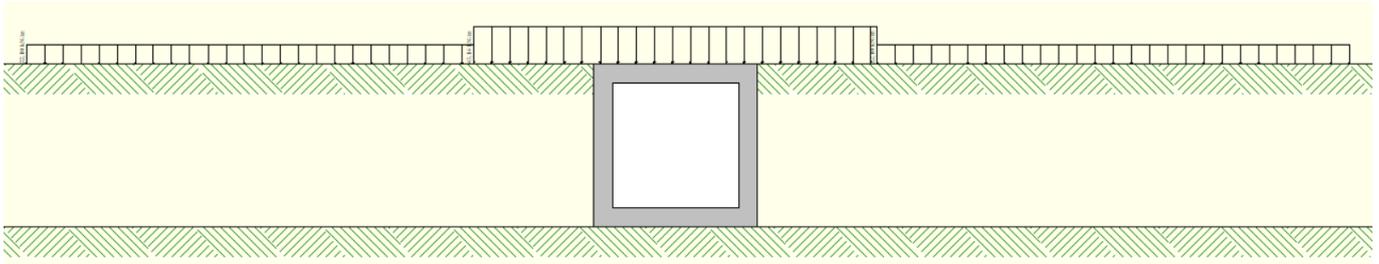


Figura 8-5 – Carico da traffico.

8.3.5 Frenatura e avviamento

In accordo al 5.2.2.4.3 delle NTC'08, le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario, nella direzione longitudinale dello stesso. Dette forze sono da considerarsi uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato.

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

Avviamento

$Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \cdot L[\text{m}] \leq 1000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM 71, SW/0, SW/2;

Frenatura

$Q_{lb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \cdot L[\text{m}] \leq 6000 \text{ kN}$ per modelli di carico LM 71, SW/0;

$Q_{lb,k} = 35 \text{ [kN/m]} \cdot L[\text{m}]$ per modelli di carico SW/2;

AVVIAMENTO			
Modello di carico	$Q_{la,k}$ (kN/m)	L (m)	q_{avv} (kN/m)
LM71, SW/0	33	5,38	6,14
FRENATURA			
Modello di carico	$Q_{lb,k}$ (kN/m)	L (m)	q_{fren} (kN/m)
LM71, SW/0	20	5,38	3,72
SW/2	35		6,51

Si è tenuto conto del carico indotto dalla forza di frenatura per il modello di carico LM71 pari a 6.14 kN/m.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>26 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	26 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	26 DI 65							

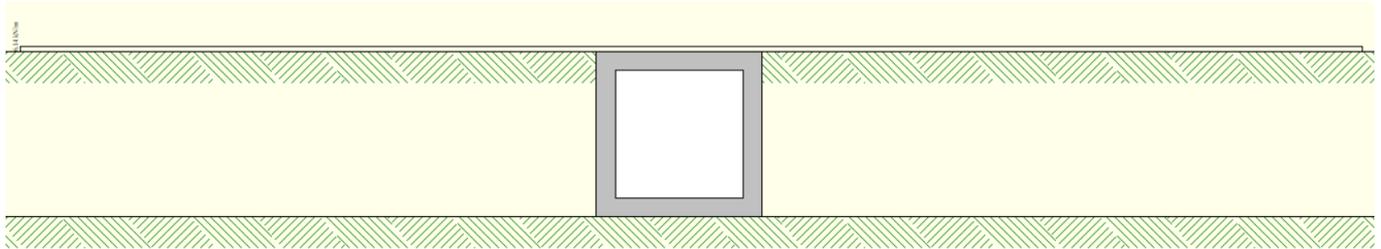


Figura 8-6– Carico indotto dall'azione di frenatura.

8.3.6 Azioni termiche

Alla soletta superiore è stata applicata una variazione termica uniforme pari a $\Delta T = \pm 15^\circ$, adottando per il coefficiente di espansione termica il valore $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

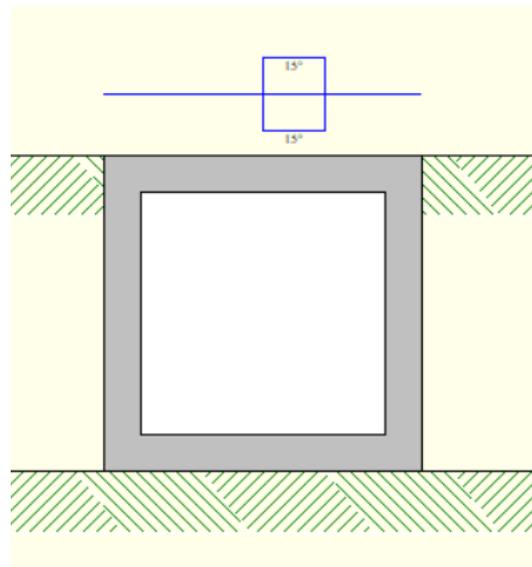


Figura 8-7 – Azione termica applicata in soletta superiore.

8.3.7 Viscosità e ritiro

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale $\epsilon_{cs}(t, t_0)$ e di viscosità $\phi(t, t_0)$ come definiti nell'EC 2 - UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D.M. 14-01-2008.

L'analisi viene svolta per una striscia di larghezza unitaria della sola soletta superiore, assumendo $h_0 = 60$ cm (dimensione convenzionale, pari a $2H$). Si assume inoltre un calcestruzzo C30/37, classe R (Rapido).

Caratteristiche della sezione

B=100 cm

H=30 cm

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>27 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	27 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	27 DI 65							

$$A = 3000 \text{ cm}^2$$

Tempo e ambiente

UR=75%	umidità relativa
$t_s = 2$ gg	età del calcestruzzo all'inizio del ritiro per essiccazione espressa in giorni
$t_0 = 2$ gg	età del calcestruzzo al momento del carico espressa in giorni
$t = 25550$ gg	età del calcestruzzo espressa in giorni

Deformazione da ritiro

La deformazione totale da ritiro è data dalla somma di due aliquote:

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd}$$

dove ε_{ca} è la deformazione dovuta al ritiro autogeno e ε_{cd} è la deformazione dovuta al ritiro per essiccazione.

La deformazione dovuta al ritiro autogeno è stata valutata secondo le seguenti relazioni:

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.50(f_{ck} - 10) * 10^{-6} = 0.0000536$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t)\varepsilon_{ca}(\infty) = 5.362 * 10^{-5}$$

La deformazione dovuta al ritiro per essiccazione è stata valutata secondo le seguenti relazioni:

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \left[\frac{t - t_s}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0.978$$

k_h è pari a 0.70; tale valore è stato desunto dalla Tab. 11.2.Vb in funzione del valore di h_0 .

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \exp\left(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] * 10^{-6} = 0.000434$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s)k_h\varepsilon_{cd,0} = 0.000297$$

I valori assunti per α_{ds1} e α_{ds2} sono rispettivamente pari a 6 e 0.11 in funzione della classe del calcestruzzo (R).

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>28 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	28 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	28 DI 65							

Sulla scorta di quanto descritto, la deformazione totale da ritiro è pari a:

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} = 0.000351$$

Effetto viscosità

Il ritiro viene considerato nel calcolo delle sollecitazioni come un'azione termica applicata alla soletta superiore di intensità pari a:

$$\Delta T_{rit} = -\frac{\varepsilon_r}{(1 + \phi(t, t_0)) * \alpha} = -9.23^\circ$$

Il coefficiente di viscosità $\phi(t, t_0)$ è stato assunto pari a 2.80.

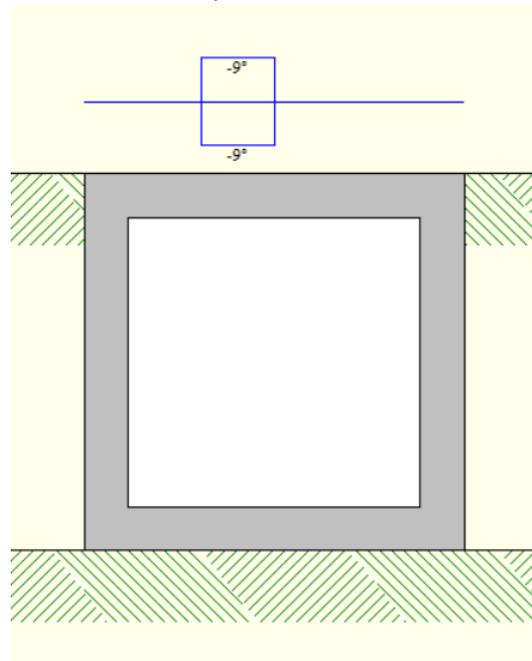


Figura 8-8 – Azione termica indotta dai fenomeni di ritiro e viscosità.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>29 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	29 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	29 DI 65							

8.4 Combinazioni di carico

Si elencano di seguito le combinazioni di carico:

Elenco Combinazioni APPROCCIO 1

Combinazioni generate nr. 47

Comb n°	Caso	Sisma orizzontale	Sisma verticale
1	A1-M1	Assente	--
2	A2-M2	Assente	--
3	A1-M1	Assente	--
4	A2-M2	Assente	--
5	A1-M1	Assente	--
6	A2-M2	Assente	--
7	A1-M1	Assente	--
8	A2-M2	Assente	--
9	A1-M1	Assente	--
10	A2-M2	Assente	--
11	A1-M1	Da SINISTRA	NEGATIVO
12	A1-M1	Da SINISTRA	POSITIVO
13	A2-M2	Da SINISTRA	POSITIVO
14	A2-M2	Da SINISTRA	NEGATIVO
15	A1-M1	Da SINISTRA	NEGATIVO
16	A1-M1	Da SINISTRA	POSITIVO
17	A2-M2	Da SINISTRA	POSITIVO
18	A2-M2	Da SINISTRA	NEGATIVO
19	A1-M1	Da DESTRA	POSITIVO
20	A1-M1	Da DESTRA	NEGATIVO
21	A2-M2	Da DESTRA	POSITIVO
22	A2-M2	Da DESTRA	NEGATIVO
23	A1-M1	Da DESTRA	NEGATIVO
24	A1-M1	Da DESTRA	POSITIVO
25	A2-M2	Da DESTRA	POSITIVO
26	A2-M2	Da DESTRA	NEGATIVO
27	SLER	Assente	--
28	SLEF	Assente	--
29	SLEQ	Assente	--
30	SLER	Assente	--
31	SLEF	Assente	--
32	SLER	Assente	--
33	SLEF	Assente	--
34	SLER	Assente	--
35	SLEF	Assente	--
36	SLER	Da SINISTRA	POSITIVO
37	SLER	Da SINISTRA	NEGATIVO
38	SLER	Da DESTRA	POSITIVO
39	SLER	Da DESTRA	NEGATIVO
40	SLEF	Da SINISTRA	POSITIVO
41	SLEF	Da SINISTRA	NEGATIVO
42	SLEF	Da DESTRA	POSITIVO
43	SLEF	Da DESTRA	NEGATIVO
44	SLEQ	Da SINISTRA	POSITIVO
45	SLEQ	Da SINISTRA	NEGATIVO
46	SLEQ	Da DESTRA	POSITIVO
47	SLEQ	Da DESTRA	NEGATIVO

Figura 8-9 – Combinazioni di carico.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>30 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	30 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	30 DI 65							

8.5 Risultati di calcolo

Nel seguente paragrafo si riportano gli involuipi in termini di sollecitazioni (flettenti, taglianti e di sforzo normale) dell'opera in esame.

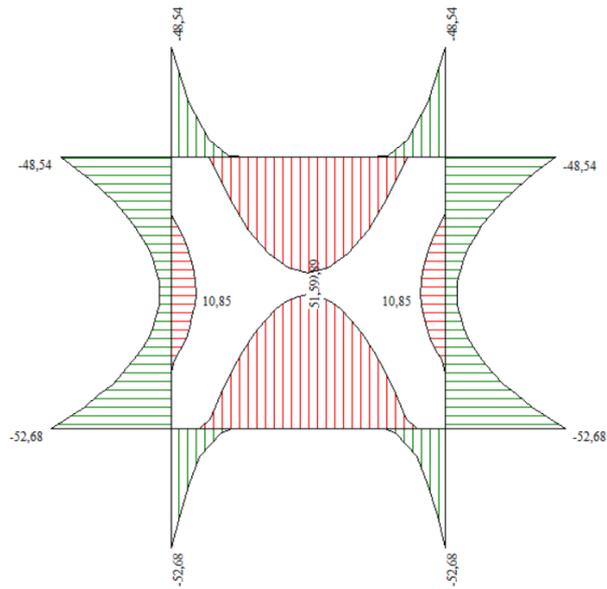


Figura 8-10 – Involuppo momento flettente (SLU)

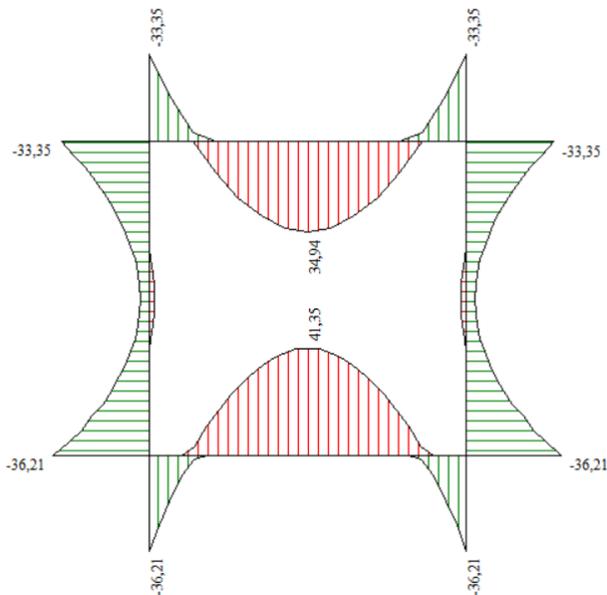


Figura 8-11 – Involuppo momento flettente (SLE)

ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI

Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 –
Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali

COMMESSA
L107

LOTTO
01

FASE CODIFICA DOCUMENTO
E ZZ CL SI0200001

REV.
C

FOGLIO
31 DI 65

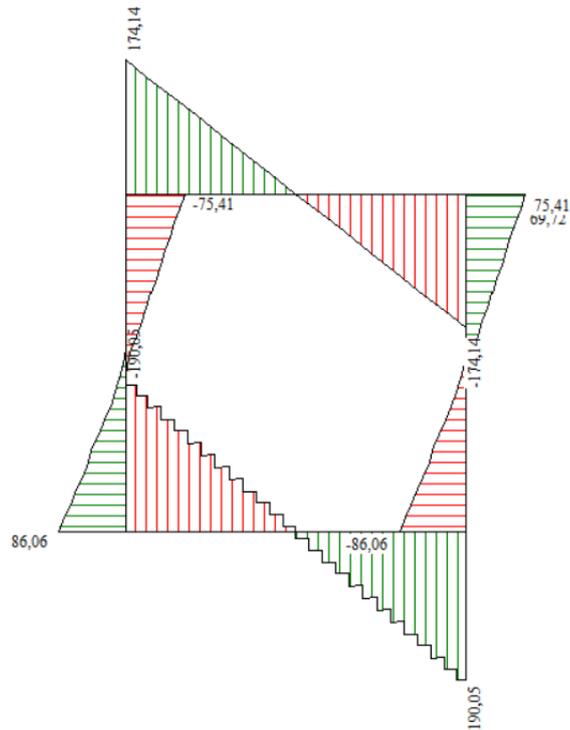


Figura 8-12 – Involuppo taglio (SLU).

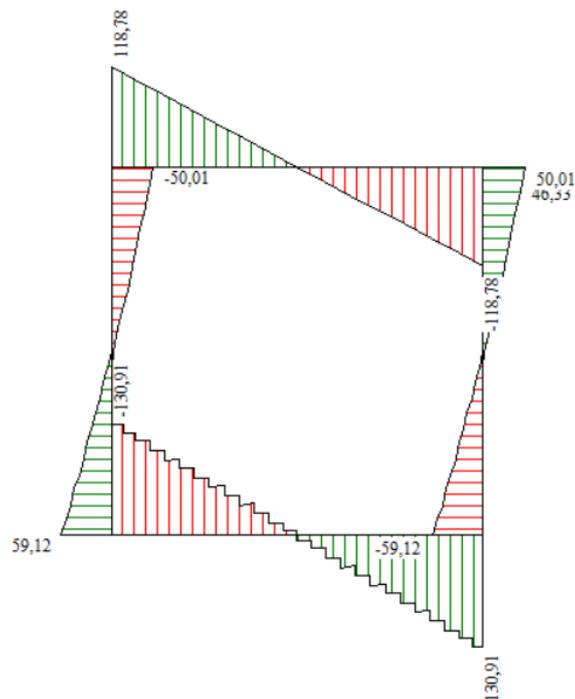


Figura 8-13 – Involuppo taglio (SLE).

ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI

Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 –
Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	32 DI 65

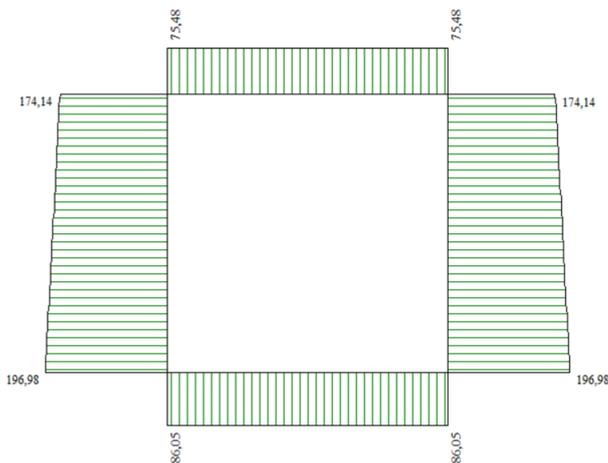


Figura 8-14 – Involuppo sforzo normale (SLU).

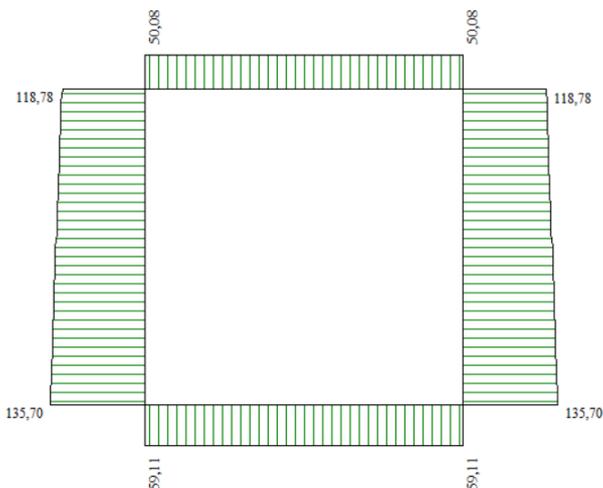


Figura 8-15 – Involuppo sforzo normale (SLE).

Si rimanda al tabulato di calcolo in allegato per una visione dettagliata dei risultati per ciascuna combinazione di calcolo.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>33 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	33 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	33 DI 65							

8.6 Verifiche di resistenza degli elementi strutturali

Nelle tabelle sottostanti si riepilogano i valori massimi delle sollecitazioni tra tutte le combinazioni di carico. Tali valori sono riferiti ad un metro lineare di sviluppo.

Soletta di fondazione			
Stato limite	M (kNm)	T (kN)	N (kN)
SLU	-52.68	190.05	86.05
SLE	41.35	130.91	59.11

Tabella 8-1 – Riepilogo delle sollecitazioni massime agenti soletta di fondazione.

Soletta di copertura			
Stato limite	M (kNm)	T (kN)	N (kN)
SLU	51.60	174.14	75.48
SLE	34.94	118.78	50.10

Tabella 8-2 – Riepilogo delle sollecitazioni massime agenti soletta di copertura.

Piedritti			
Stato limite	M (kNm)	T (kN)	N (kN)
SLU	-52.68	86.06	197
SLE	-36.21	59.12	135.70

Tabella 8-3 – Riepilogo delle sollecitazioni massime agenti piedritti.

Si assumono, per convenzione, positivi i momenti che tendono le fibre del lato interno degli elementi e negativi i momenti che tendono le fibre lato esterno degli elementi.

8.6.1 Verifiche allo SLU

Di seguito si espongono i risultati delle verifiche allo SLU condotte con l'ausilio del software SAX10 di Aztec Informatica Srl e di opportuno foglio di calcolo Excel.

Le sollecitazioni di calcolo per le verifiche fanno riferimento a quanto riportato in Tabella 8-1, 8-2 e 8-3. Si trascura, a vantaggio di sicurezza, lo sforzo normale.

8.6.1.1 Soletta di fondazione

La sezione di calcolo ha dimensioni 100x30cm e risulta armata con 1 ϕ 16/20cm (superiormente ed inferiormente) e ripartitori ϕ 12/40cm. Il copriferro è pari a 5cm.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>34 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	34 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	34 DI 65							

Flessione

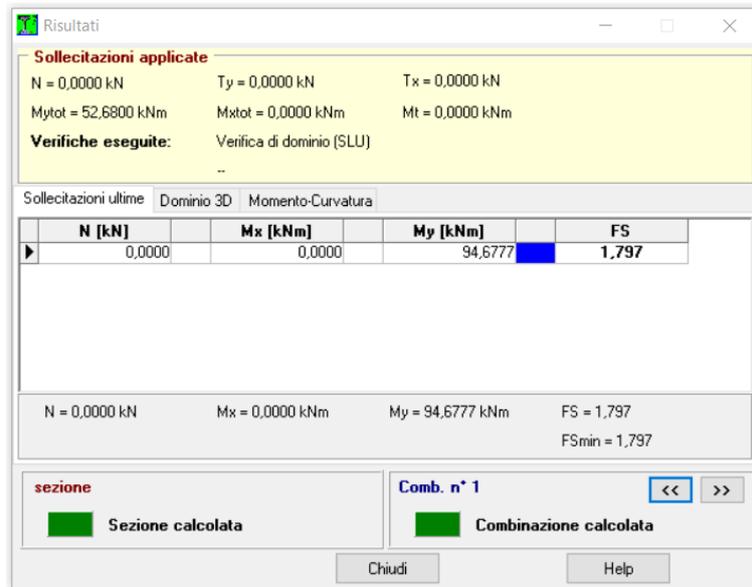


Figura 8-16 – Risultati verifica a flessione.

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$M_{Rd} = 94.68 \text{ kNm} > M_{Ed} = 52.68 \text{ kNm}$$

Pertanto, la verifica a flessione risulta soddisfatta.

Taglio (elementi senza armature trasversali)

Si riporta la verifica a taglio per elementi senza armature trasversali. Tale verifica, come da calcoli sottostanti, non risulta soddisfatta in quanto:

$$V_{Rd} = 134.82 \text{ kN} < V_{Ed} = 190.05 \text{ kN}$$

VERIFICA A TAGLIO SENZA ARMAURE TRASVERSALI				
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.	
Altezza utile della sezione in cls	d	250,00	mm	
Larghezza minima della sezione in cls	b _w	1000,00	mm	
Classe di calcestruzzo		C32/40		
Resistenza cilindrica caratteristica	f _{ck}	33,20	MPa	
Coefficiente di sicurezza	γ _c	1,50	-	
Acciaio di armatura		B450C		
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk}	450,00		
Armatura longitudinale di calcolo	A _{sl}	1005,31	mm ²	
armatura longitudinale in zona tesa minima	A _{s,min}	3197,04	mm ²	
Armatura massima	A _{s,min}	10000,00		
Valore di calcolo dello sforzo normale agente	N _{ed}		N	
-	k	1,89	-	
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ	0,004	-	
Tensione media di compressione sulla sezione	σ _{cp}	0,00	MPa	
-	v _{min}	0,53	MPa	
Resistenza a taglio di progetto minima	V _{min}	131,46	kN	
Resistenza a taglio di progetto	V _{rd}	134,82	kN	
Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V _{ed}	190,05	kN	
Non verificato	V _{ed} /V _{rd}	1,41	-	

Figura 8-17 – Risultati verifica a taglio per elementi senza armatura trasversale.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>35 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	35 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	35 DI 65							

Pertanto, occorre prevedere apposita armatura trasversale aggiuntiva consistente in ferri sagomati $\phi 16/30\text{cm}$.

VERIFICA A TAGLIO CON ARMATURE TRASVERSALI NELLE ZONE CRITICHE			
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.
Altezza utile della sezione in cls	d	250,00	mm
Larghezza minima della sezione in cls	b _w	1000,00	mm
Classe di calcestruzzo		C32/40	
Coefficiente di sicurezza	γ_c	1,50	-
Resistenza cilindrica caratteristica	f _{ck}	33,20	MPa
Resistenza cilindrica di progetto	f _{cd}	18,81	MPa
Acciaio di armatura		B450C	
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk}	450	MPa
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1,15	-
Tensione di snervamento di progetto	f _{yd}	391,30	MPa
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f' _{cd}	9,41	MPa
Tensione media di compressione sulla sezione	σ_{cp}	0,00	MPa
Area dell'armatura trasversale	A _{sw}	603,19	mm ²
Interasse tra due armature trasversali consecutive	s	333	mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	45	°
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave	θ	45	°
cotg θ	cotg θ	1	-
Coefficiente maggiorativo	α_c	1	-
Resistenza a taglio trazione	V _{Rsd}	225,54	kN
Resistenza a taglio compressione	V _{Rsd}	2116,50	kN
Resistenza a taglio della trave	V _{Rd}	225,54	kN
Taglio sollecitante	V _{Ed}	190,05	kN
	Verificato	V _{Ed} /V _{Rd}	0,84

Figura 8-18 – Risultati verifica a taglio per elementi con armatura trasversale.

8.6.1.2 Soletta di copertura

La sezione di calcolo ha dimensioni 100x30cm e risulta armata con 1 $\phi 16/20\text{cm}$ (superiormente ed inferiormente) e ripartitori $\phi 12/40\text{cm}$. Il copriferro è pari a 5cm.

Flessione

Risultati

Sollecitazioni applicate

N = 0,0000 kN T_y = 0,0000 kN T_x = 0,0000 kN
M_{ytot} = -51,6000 kNm M_{xtot} = 0,0000 kNm M_t = 0,0000 kNm

Verifiche eseguite: Verifica di dominio [SLU]

Sollecitazioni ultime Dominio 3D Momento-Curvatura

N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	FS
0,0000	0,0000	-94,6777	1,835

N = 0,0000 kN Mx = 0,0000 kNm My = -94,6777 kNm FS = 1,835
FS_{min} = 1,835

sezione

Sezione calcolata Comb. n° 2 Combinazione calcolata

Chiudi Help

Figura 8-19 – Risultati verifica a flessione.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L107</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">E ZZ CL SI0200001</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">36 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	L107	01	E ZZ CL SI0200001	C	36 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
L107	01	E ZZ CL SI0200001	C	36 DI 65							

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$M_{Rd} = 94.68 \text{ kNm} > M_{Ed} = 51.60 \text{ kNm}$$

Taglio (elementi senza armature trasversali)

Si riporta la verifica a taglio per elementi senza armature trasversali. Tale verifica, come da calcoli sottostanti, non risulta soddisfatta in quanto:

$$V_{Rd} = 134.87 \text{ kN} < V_{Ed} = 174.14 \text{ kN}$$

VERIFICA A TAGLIO SENZA ARMAURE TRASVERSALI			
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.
Altezza utile della sezione in cls	d	250,00	mm
Larghezza minima della sezione in cls	b _w	1000,00	mm
Classe di calcestruzzo		C32/40	
Resistenza cilindrica caratteristica	f _{ck}	33,20	MPa
Coefficiente di sicurezza	γ _c	1,50	-
Acciaio di armatura		B450C	
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk}	450,00	
Armatura longitudinale di calcolo	A _{stl}	1005,31	mm ²
armatura longitudinale in zona tesa minima	A _{s,min}	3197,04	mm ²
Armatura massima	A _{s,max}	10000,00	
Valore di calcolo dello sforzo normale agente	N _{Ed}	303,10	N
-	k	1,89	-
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ	0,004	-
Tensione media di compressione sulla sezione	σ _{cp}	0,00	MPa
-	v _{min}	0,53	MPa
Resistenza a taglio di progetto minima	V _{min}	131,51	kN
Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd}	134,87	kN
Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V _{Ed}	174,14	kN
Non verificato	V _{Ed} /V _{Rd}	1,29	-

Figura 8-20 – Risultati verifica a taglio per elementi senza armatura trasversale.

Pertanto, occorre prevedere apposita armatura trasversale aggiuntiva consistente in ferri sagomati φ16/30cm.

VERIFICA A TAGLIO CON ARMAURE TRASVERSALI NELLE ZONE CRITICHE			
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.
Altezza utile della sezione in cls	d	250,00	mm
Larghezza minima della sezione in cls	b _w	1000,00	mm
Classe di calcestruzzo		C32/40	
Coefficiente di sicurezza	γ _c	1,50	-
Resistenza cilindrica caratteristica	f _{ck}	33,20	MPa
Resistenza cilindrica di progetto	f _{cd}	18,81	MPa
Acciaio di armatura		B450C	
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk}	450	MPa
Coefficiente di sicurezza	γ _s	1,15	-
Tensione di snervamento di progetto	f _{yd}	391,30	MPa
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima	f _{'cd}	9,41	MPa
Tensione media di compressione sulla sezione	σ _{cp}	0,00	MPa
Area dell'armatura trasversale	A _{sw}	603,19	mm ²
Interasse tra due armature trasversali consecutive	s	333	mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave	α	45	°
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave	θ	45	°
cotg θ	cotg θ	1	-
Coefficiente maggiorativo	α _c	1	-
Resistenza a taglio trazione	V _{Rsd}	225,54	kN
Resistenza a taglio compressione	V _{Rsd}	2116,50	kN
Resistenza a taglio della trave	V_{Rd}	225,54	kN
Taglio sollecitante	V_{Ed}	174,14	kN
Verificato	V _{Ed} /V _{Rd}	0,77	-

Figura 8-21 – Risultati verifica a taglio per elementi con armatura trasversale.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>37 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	37 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	37 DI 65							

8.6.1.3 Piedritti

La sezione di calcolo ha dimensioni 100x30cm e risulta armata con 1ϕ16/20cm (superiormente ed inferiormente) e ripartitori ϕ12/40cm. Il copriferro è pari a 5cm.

Flessione

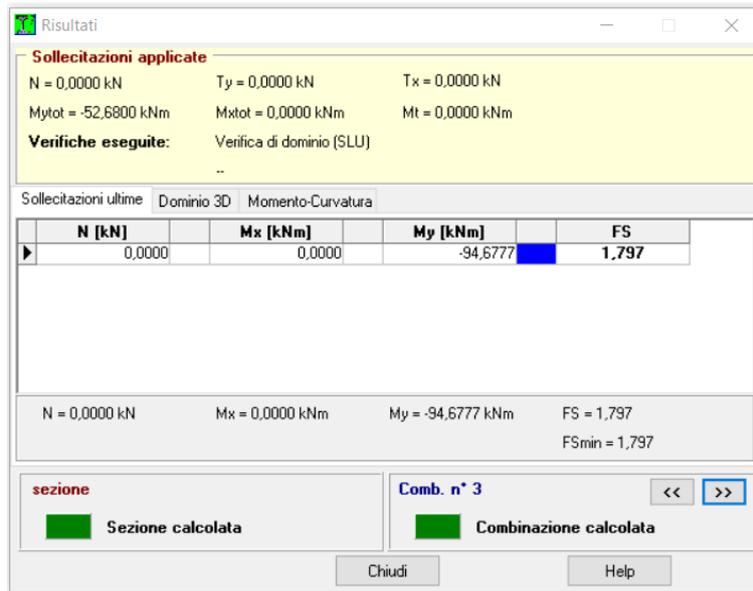


Figura 8-22 – Risultati verifica a flessione.

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$M_{Rd} = 94.68 \text{ kNm} > M_{Ed} = 52.68 \text{ kNm}$$

Taglio (elementi senza armature trasversali)

Si riporta la verifica a taglio per elementi senza armature trasversali. Tale verifica, come da calcoli sottostanti, non risulta soddisfatta in quanto:

$$V_{Rd} = 134.87 \text{ kN} > V_{Ed} = 86.06 \text{ kN}$$

VERIFICA A TAGLIO SENZA ARMAURE TRASVERSALI			
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.
Altezza utile della sezione in cls	d	250,00	mm
Larghezza minima della sezione in cls	b _w	1000,00	mm
Classe di calcestruzzo		C32/40	
Resistenza cilindrica caratteristica	f _{ck}	33,20	MPa
Coefficiente di sicurezza	γ _c	1,50	-
Acciaio di armatura		B450C	
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk}	450,00	
Armatura longitudinale di calcolo	A _{sl}	1005,31	mm ²
armatura longitudinale in zona tesa minima	A _{s,min}	3197,04	mm ²
Armatura massima	A _{s,max}	10000,00	
Valore di calcolo dello sforzo normale agente	N _{ed}		N
-	k	1,89	-
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ	0,004	-
Tensione media di compressione sulla sezione	σ _{cp}	0,00	MPa
-	v _{min}	0,53	MPa
Resistenza a taglio di progetto minima	V _{min}	131,46	kN
Resistenza a taglio di progetto	V _{rd}	134,82	kN
Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V _{ed}	86,06	kN
Verificato	V _{ed} /V _{rd}	0,64	-

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>38 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	38 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	38 DI 65							

Figura 8-23 – Risultati verifica a taglio per elementi senza armatura trasversale.

Non occorre armatura a taglio aggiuntiva.

8.6.2 Verifiche allo SLE

Nei paragrafi successivi si espongono i risultati delle verifiche allo SLE condotte con l'ausilio del software SAX10 di Aztec Informatica Srl.

8.6.2.1 Soletta di fondazione

Le sollecitazioni ritenute più significative ai fini delle verifiche sono di seguito riassunte:

Soletta di fondazione - SLE Rara		
	Valore	Comb. n°
M (kNm)	41.35	27
T (kN)	131.46	27
N (kN)	59.11	27

Soletta di fondazione - SLE QP		
	Valore	Comb. n°
M (kNm)	24.23	29
T (kN)	78.04	29
N (kN)	37.81	29

Verifica delle tensioni di esercizio

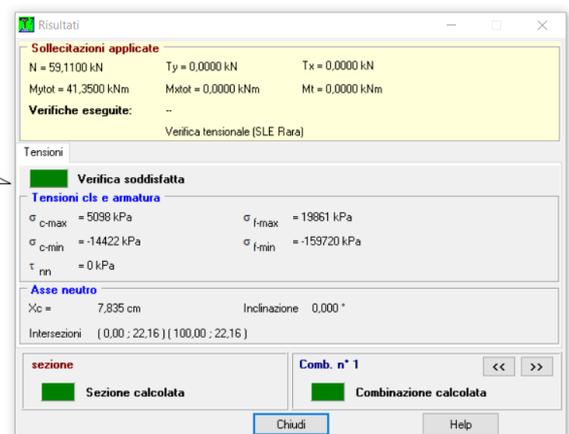
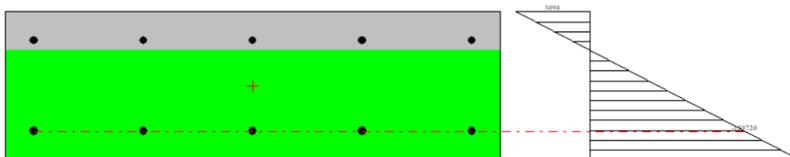


Figura 8-24 – Risultati verifica tensionale (Rara).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 5.10 \text{ MPa} < 0.55f_{ck} = 18.26 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 159.72 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisoriali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>39 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	39 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	39 DI 65							

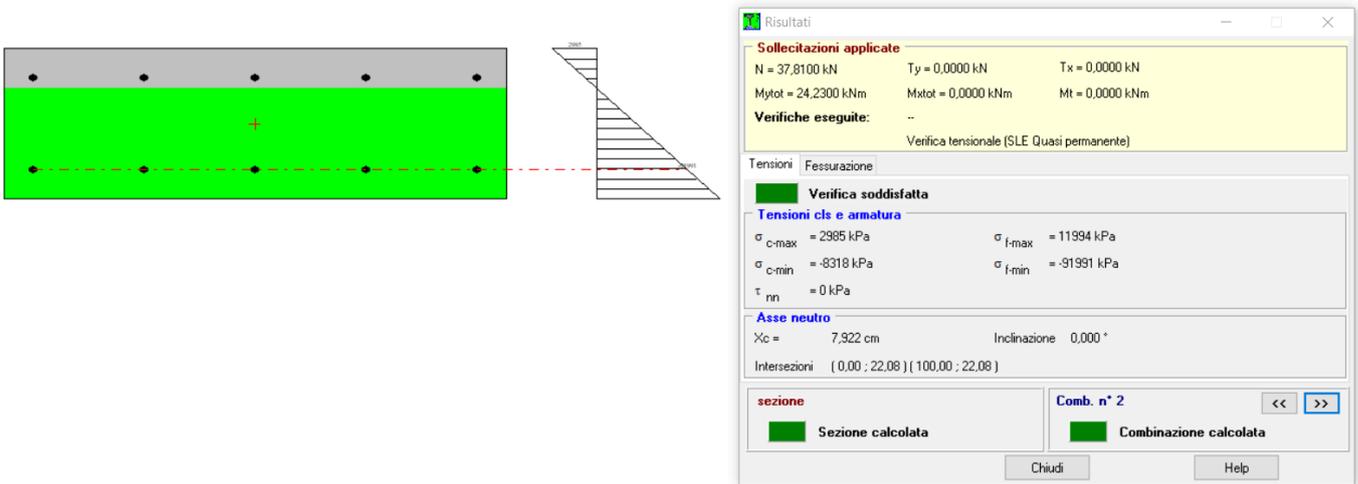


Figura 8-25 – Risultati verifica tensionale (QP).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 2.99 \text{ MPa} < 0.40f_{ck} = 13.28 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 92 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

Pertanto, la verifica tensionale è soddisfatta per ciascuna combinazione considerata.

Verifica a fessurazione

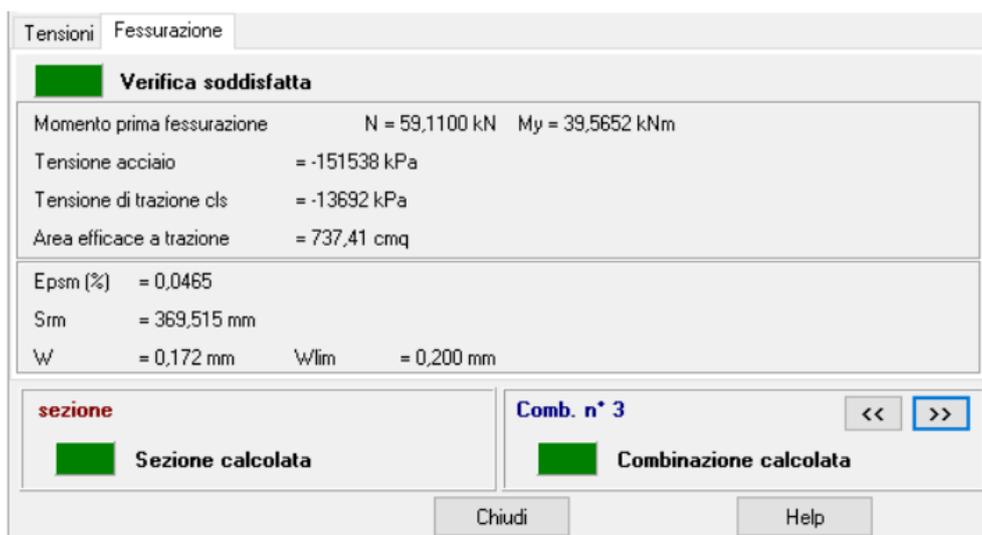


Figura 8-26 – Risultati verifica a fessurazione (Rara).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$w_d = 0.172 \text{ mm} < w_1 = 0.200 \text{ mm}$$

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>40 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	40 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	40 DI 65							

Pertanto, la verifica a fessurazione è soddisfatta.

8.6.2.2 Soletta di copertura

Le sollecitazioni ritenute più significative ai fini delle verifiche sono di seguito riassunte:

Soletta di copertura - SLE Rara		
	Valore	Comb. n°
M (kNm)	34.94	27
T (kN)	118.78	27
N (kN)	50.08	27

Soletta di copertura - SLE QP		
	Valore	Comb. n°
M (kNm)	-18.44	29
T (kN)	63.52	29
N (kN)	28.35	29

Verifica delle tensioni di esercizio

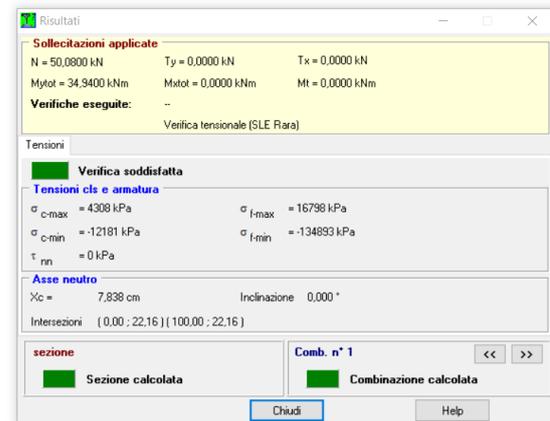
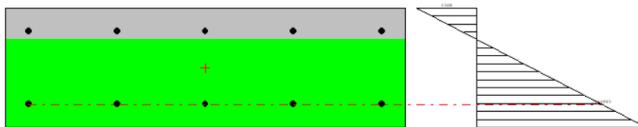


Figura 8-27 – Risultati verifica tensionale (Rara).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 4.31 \text{ MPa} < 0.55f_{ck} = 18.26 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 134.90 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>41 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	41 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	41 DI 65							

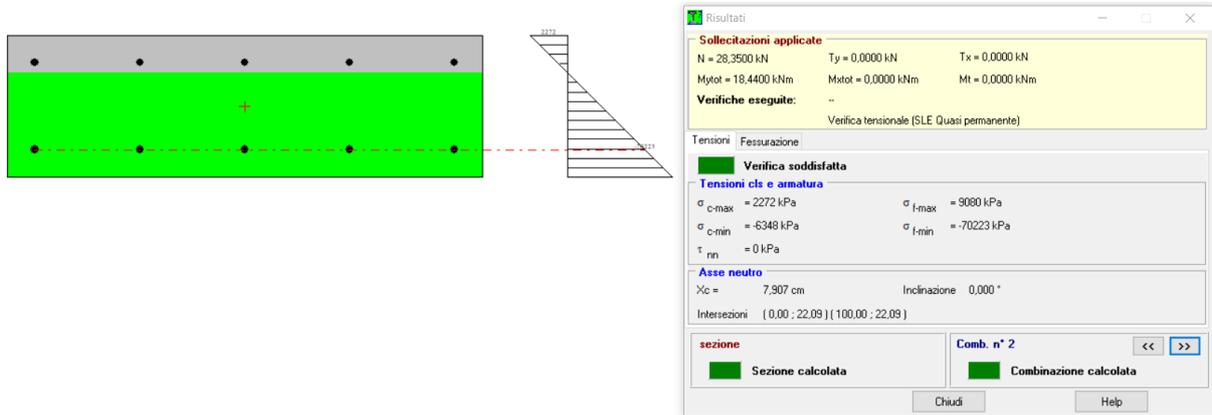


Figura 8-28 – Risultati verifica tensionale (QP).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 2.27 \text{ MPa} < 0.40f_{ck} = 13.28 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 70.22 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

Pertanto, la verifica tensionale è soddisfatta per ciascuna combinazione considerata.

Verifica a fessurazione

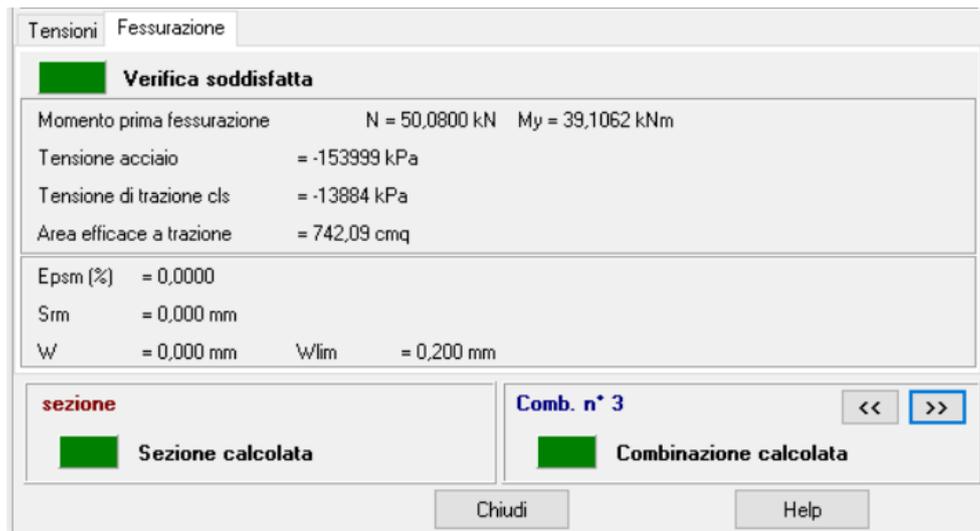


Figura 8-29 – Risultati verifica a fessurazione (Rara).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$w_d = 0.00 \text{ mm} < w_l = 0.200 \text{ mm}$$

Pertanto, la verifica a fessurazione è soddisfatta.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>42 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	42 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	42 DI 65							

8.6.2.3 Piedritti

Le sollecitazioni ritenute più significative ai fini delle verifiche sono di seguito riassunte:

Piedritti - SLE Rara		
	Valore	Comb. n°
M (kNm)	-36.21	27
T (kN)	59.12	27
N (kN)	135.70	27

Piedritti - SLE QP		
	Valore	Comb. n°
M (kNm)	-21.74	29
T (kN)	37.82	29
N (kN)	80.44	29

Verifica delle tensioni di esercizio

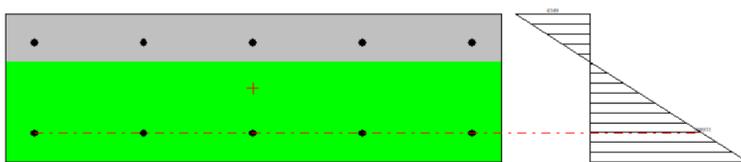


Figura 8-30 – Risultati verifica tensionale (Rara).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 4.35 \text{ MPa} < 0.55f_{ck} = 18.26 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 99 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 –</p> <p>Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>43 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	43 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	43 DI 65							

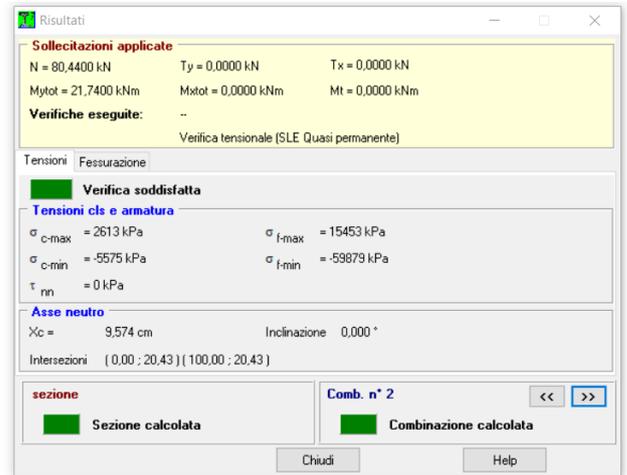
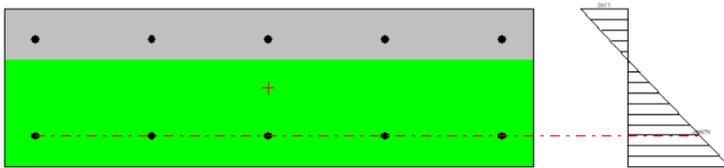


Figura 8-31 – Risultati verifica tensionale (QP).

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 2.61 \text{ MPa} < 0.40f_{ck} = 13.28 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 59.90 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

Pertanto, la verifica tensionale è soddisfatta per ciascuna combinazione considerata.

Verifica a fessurazione

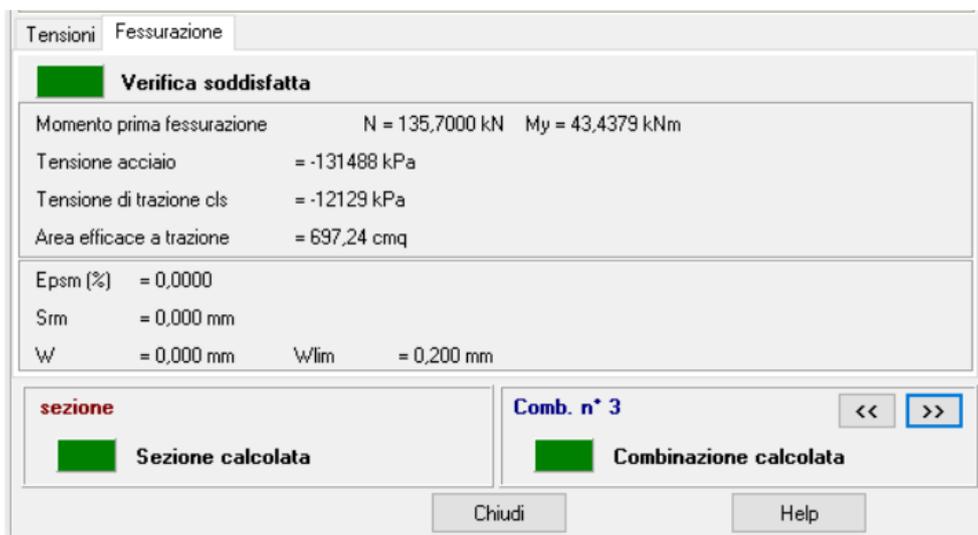


Figura 8-32 – Risultati verifica a fessurazione (Rara).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>44 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	44 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	44 DI 65							

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

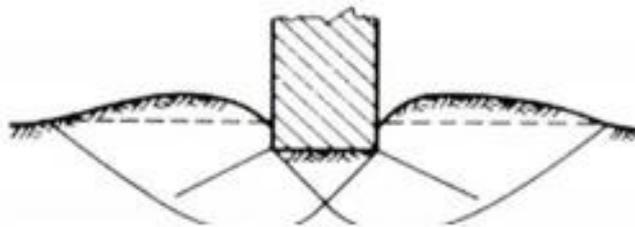
$$w_d = 0.00 \text{ mm} < w_1 = 0.200 \text{ mm}$$

Pertanto, la verifica a fessurazione è soddisfatta.

8.7 Verifiche geotecniche (Carico limite verticale)

La determinazione del carico limite è stata eseguita ipotizzando un meccanismo di rottura generale ed impiegando la formulazione proposta da Terzaghi (1943) in termini di pressioni efficaci:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + c' N_c + \gamma D N_q$$



dove:

- N_γ , N_c , N_q : fattori di capacità portante dedotti in funzione dell'angolo di attrito dell'unità 6AL ("Fondazioni", C. Viggiani);
- γ : peso per unità di volume del terreno;
- B : larghezza fondazione scatolare;

Tenuto conto delle dimensioni in pianta dello scatolare, la fondazione è stata assimilata come nastriforme ($L \gg B$).

Si riassumono in tabella i risultati della verifica:

γ (kN/m ³)	c' (kPa)	Φ' (°)	D (m)	B (m)	L (m)	N_q	N_γ	N_c	q_{lim} (kPa)
20	5	23	2	2.60	61	8.66	18.05	8.20	650

La verifica allo SLU, con il riferimento alla combinazione A1+M1+R3, prevede che

$$Q_{lim,d} \geq Q_{es,d}$$

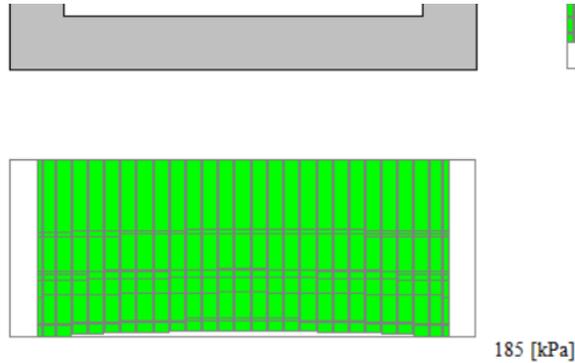
con

$$Q_{lim,d} = \frac{q_{lim}}{2.30} = 282.61 \text{ kPa}$$

$$Q_{es,d} = 1.30 \cdot 185 \text{ kPa} = 240.50 \text{ kN}$$

Suddetto valore è stato desunto dalle analisi e corrisponde alla massima pressione agente sul terreno.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>45 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	45 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	45 DI 65							



La verifica risulta soddisfatta, essendo $Q_{lim,d} > Q_{es,d}$

8.8 Incidenza armature

Per il calcolo dell'incidenza si faccia riferimento alla tabella ferri riportata nell'elaborato di progetto LI0701EZZBZSI0200002C.

Nel calcolo è stato applicato un incremento del 15% per tener conto delle sovrapposizioni delle armature.

Scatolare 2x2m

Soletta di fondazione

Caratteristiche geometriche				
b (m)	h (m)	L (m)	A (mq)	V (mc)
2.60	0.30	1	0.78	0.78

pos.	ϕ (mm)	n.	peso barra (kg/m)	l (m)	peso barre (kg)	sovrapp. (kg)	peso tot (kg)
48	16	10	1.578	2.90	45.76		45.76
45	12	18	0.888	1	15.98	2.40	18.38
53	8	16	0.395	0.40	2.53		2.528
49	16	15	1.578	1.63	25.72		25.72
							92.40

$$\text{Incidenza a metro lineare} = \frac{\text{Peso tot (kg)}}{V \text{ (mc)}} = \frac{92.40 \text{ kg}}{0.78 \text{ mc}} = 118.45 \frac{\text{kg}}{\text{mc/m}}$$

Piedritto dx

Caratteristiche geometriche				
b (m)	h (m)	L (m)	A (mq)	V (mc)
0.30	2.00	1	0.60	0.60

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>46 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	46 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	46 DI 65							

pos.	φ (mm)	n.	peso barra (kg/m)	l (m)	peso tot (kg)	sovrapp. (kg)	tot (kg)
50	16	10	1.578	2.90	45.76		45.76
45	12	16	0.888	1	14.21	2.13	16.34
53	8	12	0.395	0.40	1.90		1.900
							64.00

$$\text{Incidenza a metro lineare} = \frac{\text{Peso tot (kg)}}{V (mc)} = \frac{64.00 \text{ kg}}{0.60 \text{ mc}} = 107.00 \text{ kg/mc/m}$$

Piedritto sx

Caratteristiche geometriche				
b (m)	h (m)	L (m)	A (mq)	V (mc)
0.30	2.00	1	0.60	0.60

pos.	φ (mm)	n.	peso barra (kg/m)	l (m)	peso tot (kg)	sovrapp. (kg)	tot (kg)
50	16	10	1.578	2.90	45.76		45.76
45	12	16	0.888	1	14.21	2.13	16.34
53	8	12	0.395	0.40	1.90		1.900
							64.00

$$\text{Incidenza a metro lineare} = \frac{\text{Peso tot (kg)}}{V (mc)} = \frac{64.00 \text{ kg}}{0.60 \text{ mc}} = 107.00 \text{ kg/mc/m}$$

Soletta di copertura

Caratteristiche geometriche				
b (m)	h (m)	L (m)	A (mq)	V (mc)
2.60	0.30	1	0.78	0.78

pos.	φ (mm)	n.	peso barra (kg/m)	l (m)	peso barre (kg)	sovrapp. (kg)	peso tot (kg)
51	16	10	1.578	2.90	45.76		45.76
45	12	18	0.888	1	15.98	2.40	18.38
53	8	16	0.395	0.40	2.53		2.528
52	16	15	1.578	1.63	25.72		25.72
							92.40

$$\text{Incidenza a metro lineare} = \frac{\text{Peso tot (kg)}}{V (mc)} = \frac{92.40 \text{ kg}}{0.78 \text{ mc}} = 118.45 \text{ kg/mc/m}$$

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>47 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	47 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	47 DI 65							

9 OPERE PROVVISORIALI

Il dimensionamento delle opere provvisionali è stato eseguito con il software di calcolo dedicato PAC 16 di "Aztec Informatica Srl".

L'analisi è stata condotta per fasi successive in ottemperanza con quanto prescritto nelle NTC'08, considerando le diverse condizioni di carico a cui è soggetta l'opera durante le operazioni di scavo e di installazione dei puntoni. Il calcolo ha riguardato una sezione trasversale avente un fuori terra di 4.40m e profondità d'infissione pari a 5.60m (condizione più gravosa).

9.1 Dati paratia

Nella tabella seguente si riepilogano le caratteristiche geometriche dei micropali previsti in progetto:

D (m)	i (m)	L (m)
0.25	0.35	10

Tabella 9-1 – Caratteristiche geometriche dei micropali.

con

- D: diametro micropali;
- i: interasse micropali;
- L: lunghezza micropali;

Di seguito si illustra il modello di calcolo:

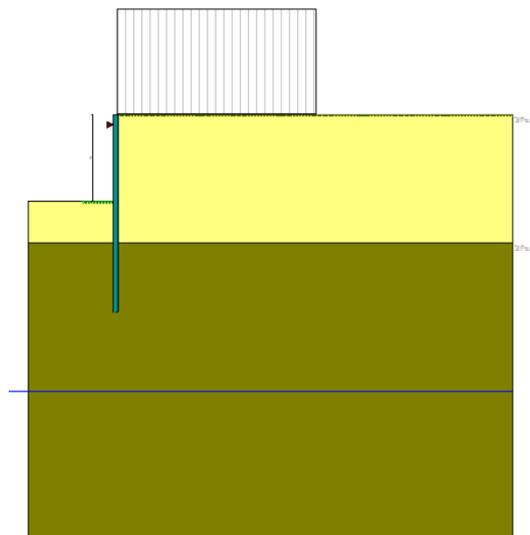


Figura 9-1 – Modello di calcolo.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>48 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	48 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	48 DI 65							

In accordo alla configurazione di progetto, è stato inserito un vincolo alla traslazione orizzontale a 0.50m rispetto alla testa dei micropali, al fine di simulare l'azione di contrasto dei puntoni.

Inoltre, a tergo della paratia è stato applicato un sovraccarico ferroviario uniformemente distribuito per uno sviluppo di 10m avente intensità pari a 40 kPa.

9.2 Fasi di calcolo

Si riportano le fasi di calcolo considerate nel calcolo:

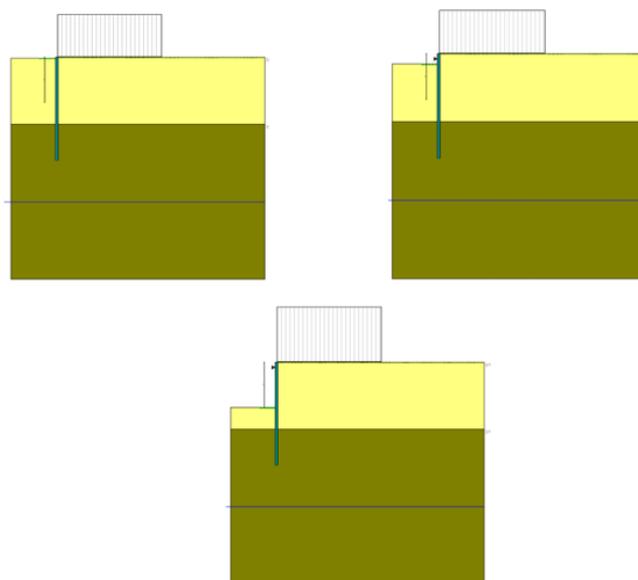
n°	Fase	Tempo
1	Quota falda valle 14.00 metri - Quota falda monte 14.00 metri [Hscavo=0.10]	0
2	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=0.10]	0
3	Scavo fino alla profondità di 0.10 metri	0
4	Inserimento vincolo 1 (X=-0.50) [Hscavo=1.00]	1
5	Scavo fino alla profondità di 1.00 metri	1
6	Scavo fino alla profondità di 4.40 metri	2

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito

Fase Descrizione dell'i-esima fase

Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo



	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>49 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	49 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	49 DI 65							

Figura 9-2 – Riepilogo fasi di calcolo più significative.

9.3 Stratigrafia

Nella figura sottostante si illustra la stratigrafia di calcolo:

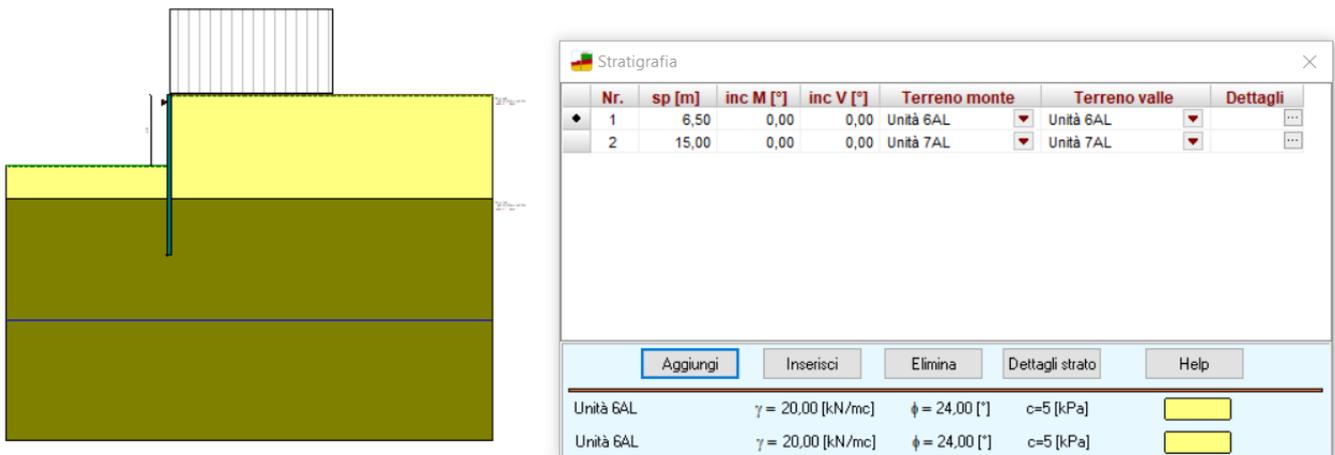


Figura 9-3 – Stratigrafia di progetto.

Per quanto concerne i valori dei parametri geotecnici si faccia riferimento al cap. 5 del presente elaborato.

9.4 Risultati di calcolo

9.4.1 Sollecitazioni

Nella tabella sottostante si riepilogano i valori massimi e minimi delle sollecitazioni per metro di paratia:

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	ESE	0,00	0,00	0,00	0,00	32,49	10,00	MAX
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MIN
2	ESE	0,61	0,50	3,65	0,50	32,49	10,00	MAX
		-0,93	0,95	-6,42	0,50	0,00	0,00	MIN
3	ESE	42,67	6,85	54,07	5,00	32,49	10,00	MAX
		-82,55	3,10	-56,77	0,50	0,00	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	32,49	10,00	MAX
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MIN
2	SLU - STR	1,07	0,50	6,28	0,50	32,49	10,00	MAX
		-1,77	1,00	-11,15	0,50	0,00	0,00	MIN
3	SLU - STR	67,49	7,00	80,60	5,20	32,49	10,00	MAX
		-127,74	3,15	-87,82	0,50	0,00	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	32,49	10,00	MAX
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	1,17	0,50	6,81	0,50	32,49	10,00	MAX
		-2,80	1,15	-13,51	0,50	0,00	0,00	MIN

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>50 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	50 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	50 DI 65							

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
3	SLU - GEO	67,66	8,05	79,03	5,80	32,49	10,00	MAX
		-168,44	3,50	-103,33	0,50	0,00	0,00	MIN

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

Di seguito si illustrano gli involuipi delle sollecitazioni normali, taglienti e flettenti:

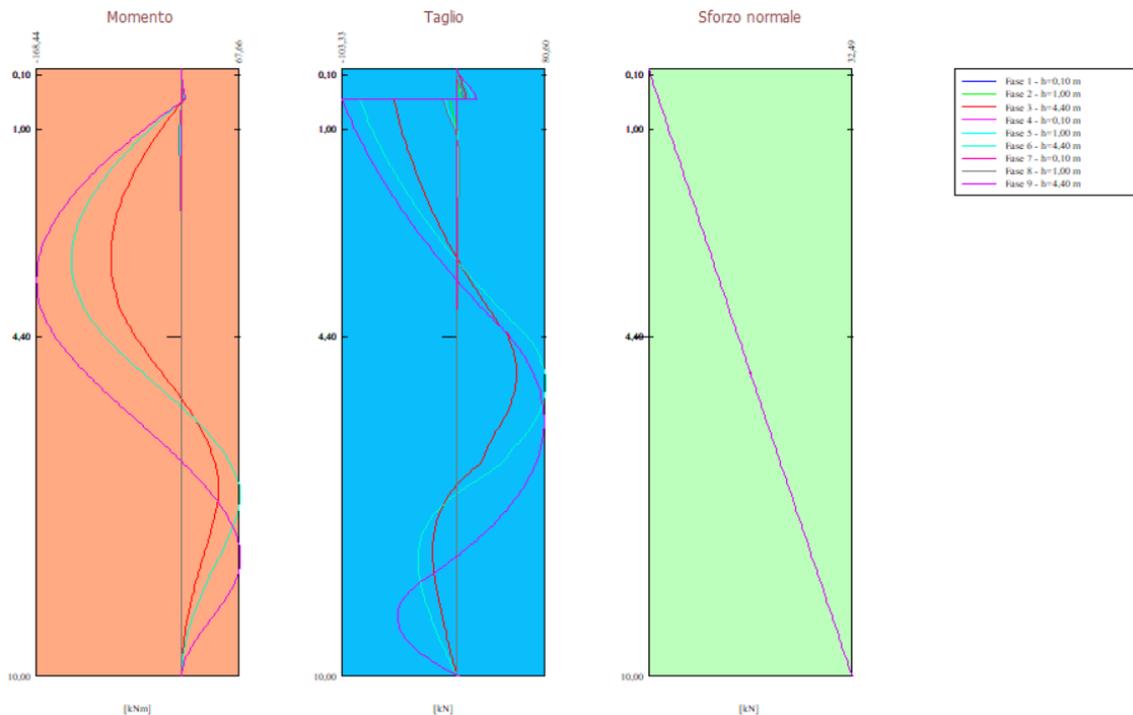


Figura 9-4 – Involuppo delle sollecitazioni normale, tagliente e flettente per ciascuna fase di calcolo.

9.4.2 Spostamenti

Nella tabella sottostante si riepilogano i valori massimi e minimi degli spostamenti per metro di paratia:

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>51 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	51 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	51 DI 65							

n°	Tipo	U [m]	Y _U [m]	V [m]	Y _V [m]	
1	ESE	0,000000	0,00	0,000041	0,00	MAX
		0,000000	0,00	0,000000	0,00	MIN
2	ESE	0,000021	2,05	0,000041	0,00	MAX
		-0,000012	0,00	0,000000	0,00	MIN
3	ESE	0,008783	3,40	0,000041	0,00	MAX
		-0,002399	0,00	0,000000	0,00	MIN

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
- V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

Di seguito si illustra l'andamento degli spostamenti (SLE – Fase 3):

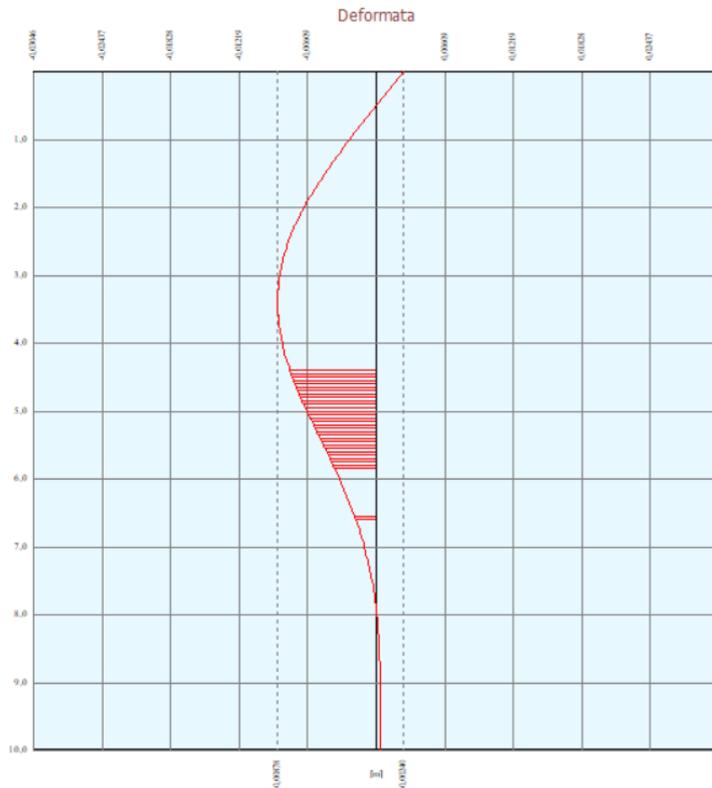


Figura 9-5 – Deformata SLE (Fase 3).

Lo spostamento massimo in esercizio è pari a 0.88 cm.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>52 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	52 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	52 DI 65							

9.4.3 Verifica di stabilità globale

Di seguito si espongono i risultati della verifica di stabilità globale condotta secondo il metodo di Bishop:

n°	Tipo	X _C , Y _C [m]	R [m]	X _V , Y _V [m]	X _M , Y _M [m]	FS	R
1	SLU - GEO	-2,00; 2,00	12,17	-13,99; -0,06	10,01; 0,00	6.376	1.100
2	SLU - GEO	-2,00; 2,00	12,17	-13,80; -0,98	10,01; 0,00	4.473	1.100
3	SLU - GEO	-2,00; 2,00	12,17	-12,36; -4,38	10,01; 0,00	1.796	1.100

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

9.4.4 Verifiche strutturali micropali

I micropali sono armati con tubolare in acciaio S355 di diametro esterno pari a 168.30mm e spessore pari a 10mm. Nella tabella sottostante ne vengono sintetizzate le caratteristiche:

Acciaio	f _{yk} (N/mm ²)	D _{est} (mm)	S _p (mm)	A (mm ²)	I _y (mm ⁴)
S355	355	168.30	10	4973	15639900

Tabella 9-2 – Caratteristiche tubolari in progetto.

dove:

- f_{yk}: resistenza allo snervamento acciaio;
- D_{est}: diametro esterno del profilo tubolare;
- S_p: spessore del profilo tubolare;
- A: area della sezione trasversale del profilo tubolare;
- I_y: momento d'inerzia della sezione trasversale;

La classe del tubolare è stata determinata in accordo alla tab. 4.2.III delle NTC'08. Il tubolare in esame risulta di classe 1.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>53 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	53 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	53 DI 65							

A vantaggio di sicurezza, le verifiche sono state condotte con riferimento alle massime sollecitazioni di calcolo (SLU – GEO Fase 9) pari a:

$$N_{ed} = 32.49 \frac{kN}{m} * 0.35m = 11.37 kN$$

$$V_{ed} = -103.33 \frac{kN}{m} * 0.35m = 36.16 kN$$

$$M_{ed} = -169.44 \frac{kNm}{m} * 0.35m = 59 kNm$$

Verifica a compressione

Con riferimento al par.4.2.4.1.2 delle NTC'08, deve essere rispettata la seguente condizione:

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

Dove N_{ed} è la sollecitazione di calcolo e $N_{c,Rd}$ è la sollecitazione resistente determinata mediante la seguente relazione:

$$N_{c,rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Si espongono di seguito i risultati della verifica:

f_{yk} (N/mm ²)	A (mm ²)	γ_{M0}	N_{ed} (kN)	$N_{c,Rd}$ classe 1.2.3 (kN)	Esito
355	4973	1.05	11.37	1681.35	ok

Tabella 9-3 – Riepilogo verifica a compressione.

Verifica a taglio

Con riferimento al par.4.2.4.1.2 delle NTC'08, deve essere rispettata la seguente condizione:

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

Dove V_{ed} è la sollecitazione di calcolo e $V_{c,Rd}$ è la sollecitazione resistente determinata mediante la seguente relazione:

$$V_{c,rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Per sezioni circolari cave e tubi di spessore:

$$A_v = \frac{2A}{\pi}$$

Si espongono di seguito i risultati della verifica:

f_{yk} (N/mm ²)	A_v (mm ²)	γ_{M0}	V_{ed} (kN)	$V_{c,Rd}$ classe 1.2.3 (kN)	Esito
----------------------------------	-----------------------------	---------------	------------------	---------------------------------	-------

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>54 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	54 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	54 DI 65							

355	3167.52	1.05	36.16	617.89	ok
-----	---------	------	-------	--------	----

Tabella 9-4 – Riepilogo verifica a taglio.

Verifica a flessione

Con riferimento al par.4.2.4.1.2 delle NTC'08, deve essere rispettata la seguente condizione:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Dove M_{ed} è la sollecitazione di calcolo e $M_{c,Rd}$ è la sollecitazione resistente determinata mediante la seguente relazione:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Si espongono di seguito i risultati della verifica:

f_{yk} (N/mm ²)	W_{pl} (mm ³)	γ_{M0}	M_{ed} (kN*m)	$M_{c,Rd}$ classe 1.2.3 (kN*m)	Esito
355	251	1.05	59	84.86	ok

Tabella 9-5 – Riepilogo verifica a flessione.

Le verifiche strutturali risultano soddisfatte.

9.4.5 Verifica trave di ripartizione

La trave di ripartizione è stata schematizzata come trave continua su appoggi ad interasse (i) pari a quello dei puntoni e soggetta ad un carico uniformemente distribuito q rappresentato dallo sforzo a metro lineare sui puntoni (N).

Le sollecitazioni massime cui è soggetta la trave sono state determinate mediante le seguenti relazioni:

$$M_{max} = \frac{q * i^2}{8}$$

$$T_{max} = \frac{q * i}{2}$$

Il carico q fa riferimento alla Fase 9.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>55 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	55 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	55 DI 65							

Fase n°	h [m]	R/ml [kN]	M/ml [kNm]	u [m]
1	0,10	---	---	0,000000
2	1,00	-10,07	0,00	0,000000
3	4,40	-65,74	0,00	0,000000
4	0,10	---	---	0,000000
5	1,00	-17,43	0,00	0,000000
6	4,40	-102,55	0,00	0,000000
7	0,10	---	---	0,000000
8	1,00	-20,31	0,00	0,000000
9	4,40	-121,46	0,00	0,000000

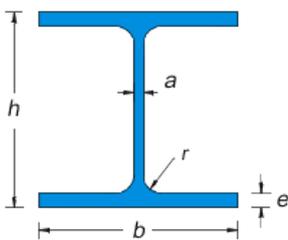
Figura 9-6 – Sforzo normale agente sul puntone a metro lineare per ciascuna Fase.

Di seguito le sollecitazioni massime:

q (kN/m)	T _{max} (kN)	M _{max} (kN*m)
121.46	212.55	186

Tabella 9-7 – Riepilogo sollecitazioni massime agenti.

Si considera una trave di ripartizione costituita da un profilo HEB260 in acciaio S355 aventi le seguenti caratteristiche geometriche:



b (mm)	h (mm)	a (mm)	e (mm)	r (mm)	Area (cm ²)	J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)
260	260	10	17.50	24	118.40	14920	5135	1148	395

dove:

- W_x: modulo di resistenza elastico nella direzione x;
- W_y: modulo di resistenza elastico nella direzione y;
- J_x: momento d'inerzia rispetto all'asse x;
- J_y: momento d'inerzia rispetto all'asse y;

Taiglio

Con riferimento al par.4.2.4.1.2 delle NTC'08, deve essere rispettata la seguente condizione:

$$\frac{V_{ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

Dove V_{ed} è la sollecitazione di calcolo e V_{c,Rd} è la sollecitazione resistente determinata mediante la seguente relazione:

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>56 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	56 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	56 DI 65							

$$V_{c,rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Nel caso in esame, l'area resistente a taglio è pari a:

$$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$$

con:

- A: area lorda della sezione;
- b: larghezza delle ali;
- t_f: spessore delle ali;
- r: raggio di raccordo tra anima ed ala;
- t_w: spessore dell'anima;

Di seguito i risultati ottenuti:

f _{yk} (N/mm ²)	A _v (mm ²)	γ _{M0}	V _{c,rd} (kN)	V _{ed} (kN)
355	1725	1.05	336.50	212.55

Tabella 9-8 – Riepilogo risultati verifica a taglio.

Flessione

Con riferimento al par.4.2.4.1.2 delle NTC'08, deve essere rispettata la seguente condizione:

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Dove M_{ed} è la sollecitazione di calcolo e M_{c,Rd} è la sollecitazione resistente determinata mediante la seguente relazione:

$$M_{c,rd} = \frac{W_{pl} f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Di seguito i risultati ottenuti:

f _{yk} [N/mm ²]	W _{pl} [cm ³]	γ _{M0}	M _{c,rd} [kN*m]	M _{ed} [kN*m]
355	1282.91	1.05	433.78	186

Tabella 9-9 – Riepilogo risultati verifica a flessione.

Le verifiche risultano soddisfatte.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisoriali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>57 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	57 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	57 DI 65							

9.4.6 Verifiche sui puntoni

Nel presente paragrafo si riportano i risultati di calcolo afferenti alle verifiche condotte sui puntoni in progetto. Nella tabella sottostante se ne sintetizzano le caratteristiche:

Tipo	f_{yk} (N/mm ²)	Φ_{est} (mm)	s_p (mm)	A (cm ²)	W (cm ³)	I (cm ⁴)	i (m)	L (m)	Classe
S355	355	168.30	10	49.73	185.86	1564	3.50	2.85	1

Tabella 9-10 – Caratteristiche geometriche puntoni.

Simbologia adottata:

- Tipo: tipologia acciaio;
- Φ_{est} : diametro esterno del profilo tubolare;
- s_p : spessore del profilo tubolare;
- A: area della sezione trasversale del profilo tubolare;
- W: modulo di resistenza;
- I: momento d'inerzia della sezione trasversale;
- i: interasse puntoni;
- L: lunghezza del profilo tubolare;

Compressione

Con riferimento al par.4.2.4.1.2 delle NTC'08, deve essere rispettata la seguente condizione:

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

Dove N_{ed} è la sollecitazione di calcolo e $N_{c,Rd}$ è la sollecitazione resistente determinata mediante la seguente relazione:

$$N_{c,rd} = \frac{A f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

La verifica è stata condotta con riferimento al valore massimo della reazione vincolare (Fase di calcolo n.9).

Si espongono di seguito i risultati della verifica:

f_{yk} (N/mm ²)	A (mm ²)	γ_{M0}	N_{ed} (kN/m)	N_{ed} (kN)	$N_{c,Rd}$ classe 1.2.3 (kN)	Esito
355	4973	1.05	121.46	425.11	1680.66	ok

Tabella 9-11 – Riepilogo verifica a compressione.

Stabilità delle membrature

Con riferimento al par. 4.2.4.1.3 delle NTC'08, la verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa e risulta soddisfatta se:

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>58 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	58 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	58 DI 65							

$$\frac{N_{ed}}{N_{b,rd}} \leq 1$$

Dove N_{ed} è la forza di compressione di calcolo e $N_{b,rd}$ è resistenza all'instabilità nell'asta compressa. Quest'ultima grandezza viene ricavata come segue:

$$N_{b,rd} = \frac{A \cdot \chi \cdot f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad (\text{sezioni di classe 1,2,3})$$

con:

- A: area della sezione trasversale;
- f_{yk} : resistenza caratteristica allo snervamento;
- γ_{M1} : coefficiente di sicurezza desunto da Tab. 4.2.V;

Tabella 4.2.V Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità

Resistenza delle Sezioni di Classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1,10$
Resistenza, nei riguardi della frattura, delle sezioni tese (indebolite dai fori)	$\gamma_{M2} = 1,25$

Il coefficiente χ dipende dal tipo di sezione e dal tipo di acciaio impiegato. Tale parametro, è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

dove $\Phi = 0.5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$, α è il fattore di imperfezione assunto pari a 0.21 dalla (Tab. 4.2.VI delle NTC'08). La snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$ e pari a:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$$

N_{cr} è il carico critico Eurliano e viene calcolato come segue:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 (E/I)}{l_0^2}$$

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>59 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	59 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	59 DI 65							

in cui l_0 è la lunghezza libera d'inflessione. Tale grandezza è stata assunta pari alla lunghezza di progetto del puntone secondo uno schema statico di trave appoggiata – appoggiata.

Con riferimento alle relazioni sopra indicate si ottengono i seguenti valori propedeutici alla verifica:

l_0 (mm)	N_{cr} (kN)	$\bar{\lambda}$	α	Φ	χ	Verifica χ
2850	3984.75	0.586	0.21	0.770	0.863	ok

Tabella 9-12 – Riepilogo valori delle grandezze assunti nei calcoli.

La verifica è stata condotta con riferimento al valore massimo della reazione vincolare riscontrato in corrispondenza della fase di calcolo n.9. Si riportano di seguito i risultati di calcolo ottenuti:

f_{yk} (N/mm ²)	γ_{M0}	N_{ed} (kN)	$N_{b,Rd}$ classe 1,2,3 (kN)	Esito
355	1.05	425.11	1450.93	ok

Tabella 9-13 – Riepilogo risultati verifica instabilità.

Le verifiche sui puntoni risultano soddisfatte.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>60 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	60 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	60 DI 65							

10 PLATEA DI VARO

Ai fini del dimensionamento della platea di varo è stata analizzata la condizione (fase 1 – distacco) in cui il manufatto si trova per tutta la lunghezza sulla platea. La forza di trazione agente sulla agente viene calcolata come segue:

$$T = R_m - R_t$$

dove:

- R_m : resistenza in fase di distacco pari a $P_m \cdot \mu$, dove P_m è il peso dello scatolare e μ è il coefficiente di attrito di primo distacco assunto unitario;
- R_t : resistenza al livello del terreno pari a $P_{tot} \cdot \tan(\delta)$, dove P_{tot} è la somma dei pesi dello scatolare e della platea e δ è l'angolo di attrito terreno-platea assunto uguale a 2/3 dell'angolo di resistenza al taglio del terreno di fondazione (unità 6AL);

P_m (kN)	μ	R_m (kN)	P_{tot} (kN)	δ (°)	R_t (kN)	T (kN)
690	1.00	690	1053	(2/3)*24°=16°	305.40	384.60

La platea di varo ha lunghezza pari a 13.00m, larghezza pari a 3.70m e spessore di 0.30m.

L'armatura resistente a trazione deve dunque assorbire una forza pari a 384.60 kN.

$$A_{s,tot} = \frac{T}{f_{yd}} = \frac{384.60 \text{ kN}}{391.30 \text{ MPa}} = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{A_{s,tot}}{L} = \frac{10 \text{ cm}^2}{13 \text{ m}} = 0.80 \text{ cm}^2/\text{m}$$

dove L è la lunghezza della platea di varo.

L'armatura longitudinale prevista sulla platea di varo ed ancorata al muro reggispinta è pari a 4+4 ϕ 12/m (superiori ed inferiori).

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>L107</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>61 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	L107	01	E ZZ CL SI0200001	C	61 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
L107	01	E ZZ CL SI0200001	C	61 DI 65							

11 MURO REGGISPINTA

Ai fini del dimensionamento del muro reggispinta si fa riferimento alla condizione in cui lo scatolare è totalmente immerso nel terreno (fase 2).

La spinta dei martinetti da utilizzare nella verifica deve essere tale da contrastare la resistenza (R_{max}) dovuta al peso dello scatolare (R_m) e la resistenza dovuta all'attrito laterale tra lo scatolare ed il terreno (R_l).

Quest'ultima grandezza è stata determinata come segue:

$$R_l = 2 * S_{lat} * \tan\delta * p$$

dove:

- S_{lat} : superficie laterale scatolare;
- p : pressione laterale a riposo pari a $\gamma * k_0 * H_{scat}$, dove γ è il peso dell'unità di volume del terreno di riempimento, k_0 è il coefficiente di spinta a riposo determinato secondo la relazione di Jacky e H_{scat} è l'altezza dello scatolare;
- δ : angolo di attrito terreno di riempimento-scatolare assunto pari a 2/3 dell'angolo di resistenza al taglio del terreno di riempimento;

R_m (kN)	S_{lat} (m ²)	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	δ (°)	H_{scat} (m)	R_l (kN)	R_{max} (kN)
690	26	20	38	(2/3)*38=25.33	2.60	492	690+492=1182

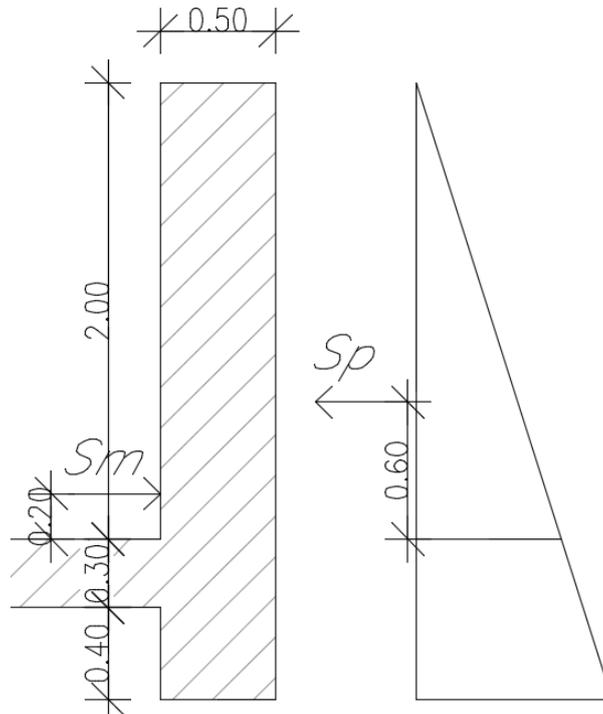
La spinta dei martinetti (S) risulta 1300 kN.

Il muro reggispinta ha le seguenti dimensioni:

- Altezza: 2.70m;
- Larghezza: 4.80m;
- Spessore: 0.50m;

Il calcolo dell'armatura da disporre nel muro è stato condotto con riferimento alla mensola verticale di altezza 2.00m schematizzata come trave incastrata alla base e soggetta alla spinta passiva del terreno di riempimento a tergo del muro e dalla spinta esercitata dai martinetti.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>62 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	62 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	62 DI 65							



La spinta passiva S_p è stata calcolata come segue:

$$S_p = \frac{1}{2} k_p \gamma H^2 = \frac{1}{2} (8.70) (20 \frac{kN}{m^3}) (2m)^2 = 348.00 \frac{kN}{m}$$

Il coefficiente di spinta passiva è stato determinato impiegando il metodo di Caquot-Kerisel.

La spinta esercitata dai martinetti S_m è stata uniformemente distribuita su tutta la larghezza del muro:

$$S_m = \frac{S}{L} = \frac{1300 kN}{4.80 m} = 271.00 \frac{kN}{m}$$

Le sollecitazioni taglianti e flettenti nella sezione d'incastro, con riferimento all'Approccio A1+M1+R3, valgono:

$$M_{ed} = -1.30 * S_p * (0.60m) + 1.50 * S_m * (0.20m) = -190.14 \frac{kNm}{m} \text{ (antiorario positivo)}$$

$$T_{ed} = -1.30 * S_p + 1.50 * S_m = -45.90 \frac{kN}{m}$$

Si riportano di seguito i risultati delle verifiche agli SLU condotte con il software SAX v.10 di Aztec Informatica srl con riferimento ad una sezione rettangolare 0.50x1.00m.

Il paramento risulta armato con $5\phi 16/m$ lato valle e con $5\phi 18/m$ lato monte. Si prevedono inoltre ferri ripartitori $\phi 12/25cm$.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina										
ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>FASE CODIFICA DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>63 DI 65</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	63 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	63 DI 65							

Flessione

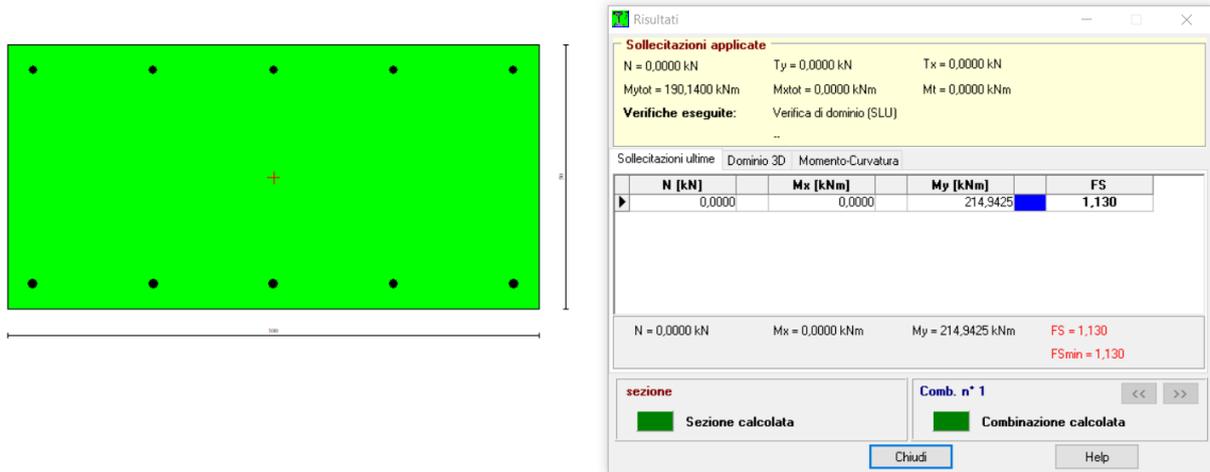


Figura 11-1 – Risultati verifica a flessione.

Risulta che:

$$M_{RD} = 215.00 \text{ kNm} > M_{ED} = 190.14 \text{ kNm}$$

La verifica a flessione è soddisfatta.

Taglio (elementi senza armature trasversali)

Suddetta verifica, come da calcoli sottostanti, risulta soddisfatta in quanto:

$$V_{RD} = 167.56 \text{ kN} > V_{ED} = 45.90 \text{ kN}$$

VERIFICA A TAGLIO SENZA ARMAURE TRASVERSALI			
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.
Altezza utile della sezione in cls	d	500,00	mm
Larghezza minima della sezione in cls	b _w	1000,00	mm
Classe di calcestruzzo		C30/37	
Resistenza cilindrica caratteristica	f _{ck}	30,71	MPa
Coefficiente di sicurezza	γ _c	1,50	-
Acciaio di armatura		B450C	
Tensione di snervamento caratteristica	f _{yk}	450,00	
Armatura longitudinale di calcolo	A _{sl}	1005,31	mm ²
armatura longitudinale in zona tesa minima	A _{s,min}	5914,52	mm ²
Armatura massima	A _{s,max}	20000,00	
Valore di calcolo dello sforzo normale agente	N _{ed}	0,00	N
-	k	1,63	-
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ	0,002	-
Tensione media di compressione sulla sezione	σ _{cp}	0,00	MPa
-	v _{min}	0,40	MPa
Resistenza a taglio di progetto minima	V _{min}	202,27	kN
Resistenza a taglio di progetto	V _{rd}	179,69	kN
Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V _{ed}	45,90	kN
Verificato	V _{ed} /V _{rd}	0,26	-

Figura 11-2 – Risultati verifica a taglio.

Non occorre dunque specifica armatura a taglio.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>64 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	64 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	64 DI 65							

12 GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

In accordo con le indicazioni contenute nel capitolo 10 delle NTC 2008, a commento delle verifiche riportate nei precedenti capitoli si precisa quanto segue:

- Le verifiche degli elementi strutturali, laddove eseguite con programmi di calcolo automatico, sono state effettuate mediante l'utilizzo di codici di riconosciuta affidabilità ed impiego in ambito nazionale: tali codici contengono adeguata documentazione, nonché numerosi test di verifica e validazione circa l'affidabilità dei risultati ottenuti;
- I file di input e output dei programmi, riportati nella presente relazione e nell'apposito allegato, sono stati sottoposti a verifica mediante:
 - controllo dei dati inseriti in merito a caratteristiche dei materiali, carichi e parametri di resistenza e deformabilità dei terreni, condizioni di vincolo imposte e coerenza con gli schemi statici rappresentati negli elaborati di progetto, nonché della successione delle fasi costruttive imposte nel progetto stesso;
 - valutazione delle reazioni ai vincoli e verifica equilibrio globale della struttura analizzata;
 - analisi speditiva dei risultati per confronto con schemi di calcolo semplificati, oppure con i risultati ed i dimensionamenti già svolti in sede di Progetto Definitivo: questi ultimi, in particolare, hanno costituito un primario riferimento per il dimensionamento delle opere e la valutazione dei risultati, nonché per la comprensione/ elaborazione del giudizio di accettabilità in presenza di eventuali scostamenti, qualora osservati a motivo delle diverse ipotesi di carico/vincolo e sequenze operative imposte.

	<p>LINEA PESCARA - BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto 1: Ripalta - Lesina</p>										
<p>ELABORATI SERVIZI INTERFERENTI</p> <p>Acquedotto Pugliese – Scatolare 2x2m al km 4+400 – Relazione di calcolo scatolare e opere provvisionali</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE CODIFICA DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI07</td> <td>01</td> <td>E ZZ CL SI0200001</td> <td>C</td> <td>65 DI 65</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	65 DI 65
COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO							
LI07	01	E ZZ CL SI0200001	C	65 DI 65							

13 ALLEGATI

Si allegano al presente elaborato:

- Tabulato di calcolo Scatolare 2x2m;
- Tabulato di calcolo Opera provvisoria;