

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

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

IN – SISTEMAZIONI IDRAULICHE
IN05 – Relazione di calcolo canale

L'Appaltatore

Ing. Gianguido Babini

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

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Ing. Massimo Facchini

Data Gen 2023

firma

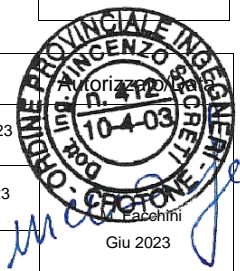
Data Gen 2023

firma



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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	Prima emissione	C.Cofone	Gen 2023	O.Caruso	Gen 2023	V.Secreti	Gen 2023
B	Seconda emissione	F.Pagliuso	Giu 2023	O.Caruso	Giu 2023	V.Secreti	Giu 2023



INDICE

1. PREMESSA	4
1.1 BREVE DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
1.2 TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	5
1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
2. MATERIALI	6
3. CENNI TEORICI - SOFTWARE DI CALCOLO SCAT V.14.....	7
3.1 SPINTA SUI PIEDRITTI.....	7
3.2 VERIFICA AL CARICO LIMITE.....	7
3.3 STRATEGIA DI SOLUZIONE	9
4. CRITERI DI VERIFICA	10
5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	15
6. PROGETTO DEL CANALE IN C.A.	18
6.1 GEOMETRIA.....	18
6.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	19
6.3 CONDIZIONI DI CARICO	20
6.4 COMBINAZIONI DI CARICO	21
6.5 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO.....	22
6.6 ANALISI DELLA SPINTA E VERIFICHE	24
6.7 SISMA	25
6.8 RISULTATI DI CALCOLO - INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI.....	26
6.9 VERIFICHE STRUTTURALI	29

IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	3

6.10 VERIFICHE GEOTECNICHE 35

6.11 INCIDENZA ARMATURE 36

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	4

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica contiene la verifica strutturale del canale di bonifica n.4 al km 3+876 in c.a. denominato IN05, previsto nell'ambito dell'appalto relativo ai "Lavori di RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA, rientrante nella categoria di opere d'arte minori.

1.1 BREVE DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera d'arte minore che sarà realizzata è rappresentata dal nuovo canale che attraversa sia la SS16 Adriatica, sia la sede ferroviaria attuale.

Il canale presenta una forma rettangolare aperta di dimensioni interne 12.00m x 2.80m, spessore dei setti di 60cm e delle fondazioni pari a 80 cm e dovrà sostituire il canale che allo stato attuale è situato sul lato sinistra della strada in direzione Nord-Est.

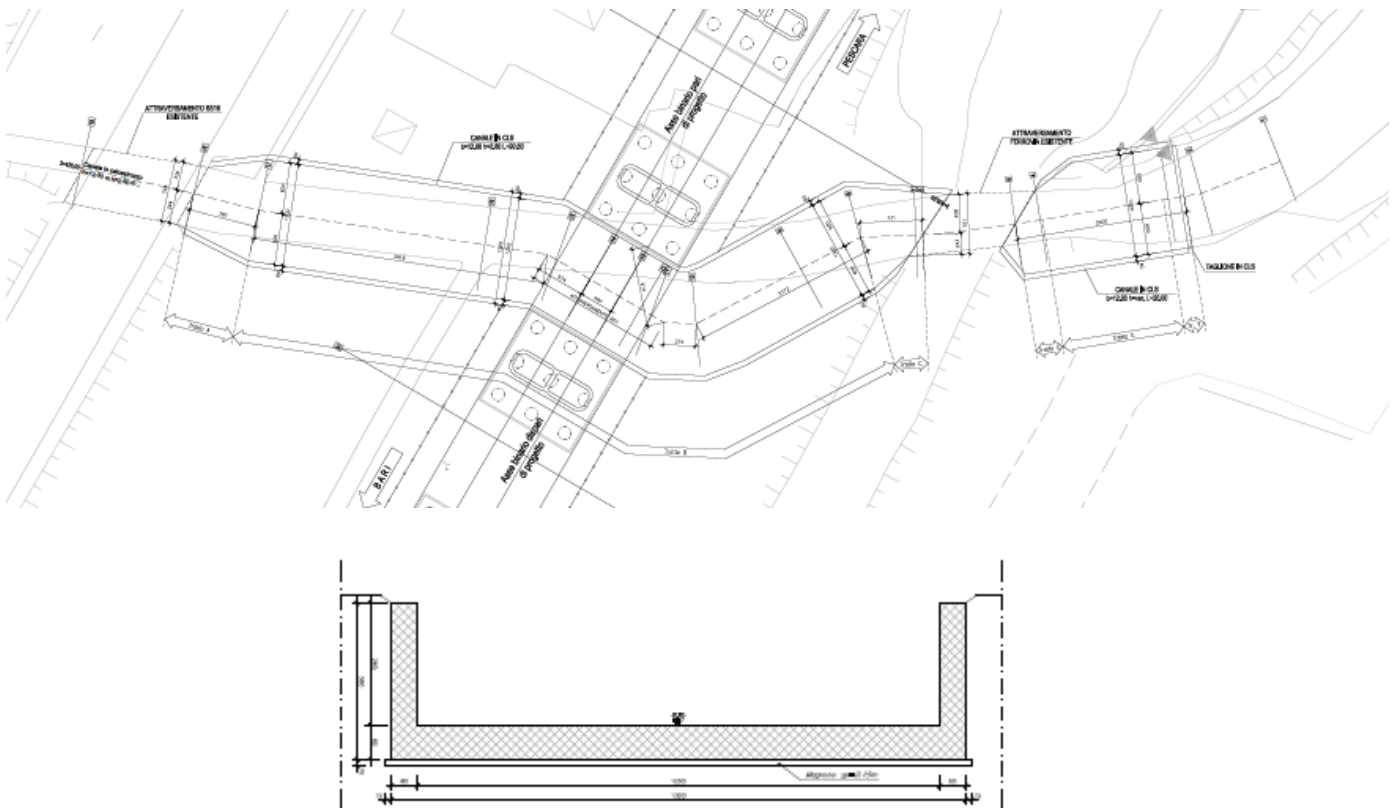




Figura 1-1 Planimetria e Sezione tipologica del canale

 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
	<p>IN05 – Relazione di calcolo canale</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	5

1.2 TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio del codice di calcolo automatico SCAT 14, sviluppato dalla Aztec Informatica srl, in condizioni di spinta a riposo.

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave mutuamente incastrati facendo riferimento ad una larghezza unitaria di struttura che viene pertanto risolta come struttura piana.

Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfiacco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione.

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del Circolare n.7 del 21/01/2019 Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali confacenti il canale è eseguita con il metodo degli Stati Limite mediante il software di calcolo dedicato SAX v.10 di Aztec informatica srl.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- [N.1]. D.M. 05/11/01 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- [N.2]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 147/01/2008 (NTC-2008);
- [N.3]. ORD. P.C.M. n°3274 del 20.03.2003 e s.m.i.: “Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- [N.4]. D.M. 11.03.1988: “Indagini sui terreni e sulle rocce”;
- [N.5]. L.R. 11/7/94 n° 17: “Snellimento delle procedure precisate dalla L. 64/74 per costruzioni in zone sismiche”;
- [N.6]. D.lgs 50/2016 e successive modificazioni e integrazioni: Nuova normativa sui LL.PP;
- [N.7]. Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 17 aprile 2008 “Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8;

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			PROGR 001

[N.8]. Istruzioni delle Ferrovie dello Stato FS 44a_cavalcavia su sede ferroviaria;

[N.9]. L.R. 04/1998, n°7: Disciplina per le costruzioni ricadenti in zone sismiche. Snellimento delle procedure in attuazione dell'art. 20 della Legge 10 Dicembre 1981, n°741;

[N.10]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 B - Manuale di Progettazione delle Opere Civili del 22/12/2017.

2. MATERIALI

Per la realizzazione del canale 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 caratteristica	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
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	XA1+XS1
Classe minima di consistenza	S4
Copriferro	5 cm
Rapporto acqua-cemento (a/c)	0.50
Diametro massimo inerti	25 mm

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: $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	7

- Fattore di sicurezza acciaio: $\gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo: $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

3. CENNI TEORICI - SOFTWARE DI CALCOLO SCAT V.14

3.1 SPINTA SUI PIEDRITTI

3.1.1 SPINTA A RIPOSO

Si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo.

Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione

$$K_0 = 1 - \sin f$$

dove f rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfianco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono

$$s = g z K_0 + p_v K_0$$

$$S = 1/2 g H^2 K_0 + p_v K_0 H$$

dove p_v è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

3.1.2 SPINTA IN PRESENZA DI SISMA - FORMULA DI WOOD

Spinta del terreno nel caso di strutture rigide.

Nel caso di strutture rigide completamente vincolate, in modo tale che non può svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, nonché nel caso di muri verticali con terrapieno a superficie orizzontale, l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato come:

$$D P_d = a g H^2$$

$$a = a g / g * S_s * b_m * S_t$$

H è l'altezza sulla quale agisce la spinta. Il punto di applicazione va preso a metà altezza.

3.2 VERIFICA AL CARICO LIMITE

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a h_q . Cioè, detto

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			PROGR 001

Qu, il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq h_q$$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = cN_{cs} + qN_q + 0.5B_gN_{gs}$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- f angolo di attrito del terreno in fondazione;
- g peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75p-f/2)} \tan(f)}{2 \cos^2(45 + f/2)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan(f)$$

$$N_g = \frac{\tan(f)}{2} \left(\frac{K_{pg}}{\cos^2 f} - 1 \right)$$

I fattori di forma s_c e s_g che compaiono nella espressione di q_u dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.

Il termine K_{pg} che compare nell'espressione di N_g non ha un'espressione analitica.

Pertanto si assume per N_g l'espressione proposta da Meyerof

$$N_g = (N_q - 1) \tan(1.4 * f)$$

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	9

3.3 STRATEGIA DI SOLUZIONE

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

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 rinfianco 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 rigidità del singolo elemento, K_e , si assembla la matrice di rigidità 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			PROGR 001

4. 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 (a_d), 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).

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00	PROGR 001	REV B

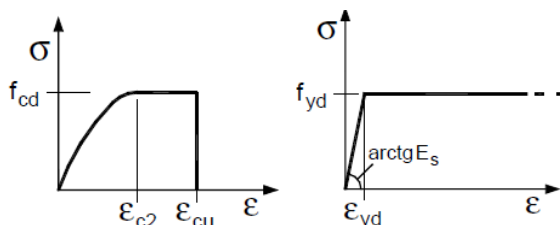
4.1.1 VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Pressoflessione

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

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

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



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:

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

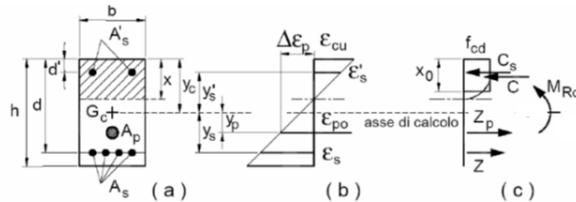
Dove:

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.

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	12



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 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:

$$VRd > VEd$$

dove VEd 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:

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HY pro <small>S.P.A.</small>	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00	PROGR 001	REV B

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

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:

$$1 < \cotg \Theta < 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

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:

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

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

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

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

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

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	14

dove:

- d: altezza utile della sezione;
- bw: 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;
- u_{fcd} : resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($u=0.5$);
- α : coefficiente maggiorativo pari a:

1	per membrane 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 $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

4.1.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

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).

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:

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

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro <small>S.P.A.</small>	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR
	LI0B		02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B

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:

$$- \sigma_{s,max} < 0.75 f_{yk}$$

Stato limite di fessurazione

La classe di esposizione di progetto è la 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

Nel caso in esame, l'apertura convenzionale delle fessure in condizioni aggressive 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 è stato assunto un copriferro di 5cm.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

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

Latitudine: 41.664799

Longitudine: 14.664799

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: B

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	16

- 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 (output da software di calcolo):

Opzioni sisma

D.M. 1996
Coefficiente di intensità sismica %: 7.00

N.T.C. 2008

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo a_g [m/s ²]	3.124	1.192
Accelerazione al suolo a_g [% di g]	0.318	0.121
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.417	2.416
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.385	0.331
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico S _s	Tipo B	1.092
Coefficiente di riduzione (β _m)	C	1.000
Coeff. amplificazione topografica S _T	T1	1.000
Kh = a_g/g * S_s * S_t * β_m		
Coeff. di intensità sismica orizzontale Kh [%]	34.781	14.576
Intensità sismica Verticale/Orizzontale	0.50	
Forma diagramma incremento sismico	<input type="radio"/> Triangolare <input checked="" type="radio"/> Rettangolare	
Calcolo incremento sismico	<input checked="" type="radio"/> Mononobe-Okabe <input type="radio"/> Wood	

<< Importa parametri sismici >> Dettagli >>

Accetta Annulla Help

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	17

Calcolo Parametri Sismici ✕

Parametri sismici	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [...]	T_C^* [s]
SLO	68	0.921	2.383	0.321
SLD	114	1.192	2.416	0.331
SLV	1073	3.124	2.417	0.385
SLC	2203	4.080	2.387	0.425

ID Punto 1 = 29877
 ID Punto 2 = 29876
 ID Punto 3 = 30098
 ID Punto 4 = 30099

Dati sismici rilevati correttamente.

<< Indietro
Avanti >>

Stato Limite Ultimo

SLV Nessun valore
 SLC

Stato Limite Esercizio

SLO Nessun valore
 SLD

Esporta dati >>
Chiudi

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	18

6. PROGETTO DEL CANALE IN C.A.

6.1 GEOMETRIA

Descrizione: Scatolare tipo vasca

Altezza esterna	3.60	[m]
Larghezza esterna	13.20	[m]
Spessore piedritto sinistro	0.60	[m]
Spessore piedritto destro	0.60	[m]
Spessore fondazione	0.80	[m]

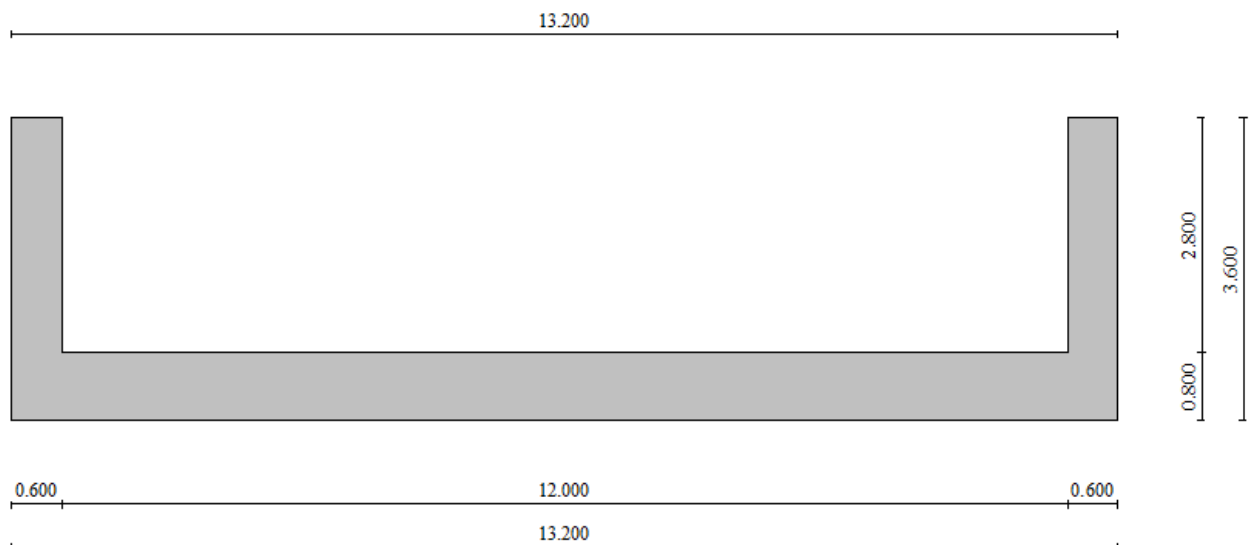


Figura 6-1 – Geometria del canale IN05

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HY pro <small>S.P.A.</small>	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	19

6.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Strato di rinfianco

Descrizione Terreno di rinfianco (ba3)

Peso di volume 19.00 [kN/mc]

Peso di volume saturo 19.00 [kN/mc]

Angolo di attrito 24.50 [°]

Angolo di attrito terreno struttura 16.33 [°]

Coesione 7.5 [kPa]

Strato di base

Descrizione Terreno di base (ba3)

Peso di volume 19.00 [kN/mc]

Peso di volume saturo 19.00 [kN/mc]

Angolo di attrito 24.50 [°]

Angolo di attrito terreno struttura 16.33 [°]

Coesione 7.5 [kPa]

Costante di Winkler 6537 [kPa/m]

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

$$k_w = k_1 \cdot \left(\frac{B + b}{2 \cdot B}\right)^2 = 6537 \frac{kPa}{m}$$

dove:

- k_1 : valore tabellato in funzione della consistenza del terreno, assunto cautelativamente pari a 25 N/cm³ (Consistenza compatta, Cu=50-100 kPa);
- B: larghezza canale;
- b = 0.30 m;

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABLE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			PROGR 001

B (m)	k_1 (N/cm ³)	b (m)	k_w (kPa/m)
13.20	25	0.30	6537

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

$$k_h = 0.5 * k_w = 3268.70 \text{ kPa/m}$$



Figura 6-2 – Modello di calcolo

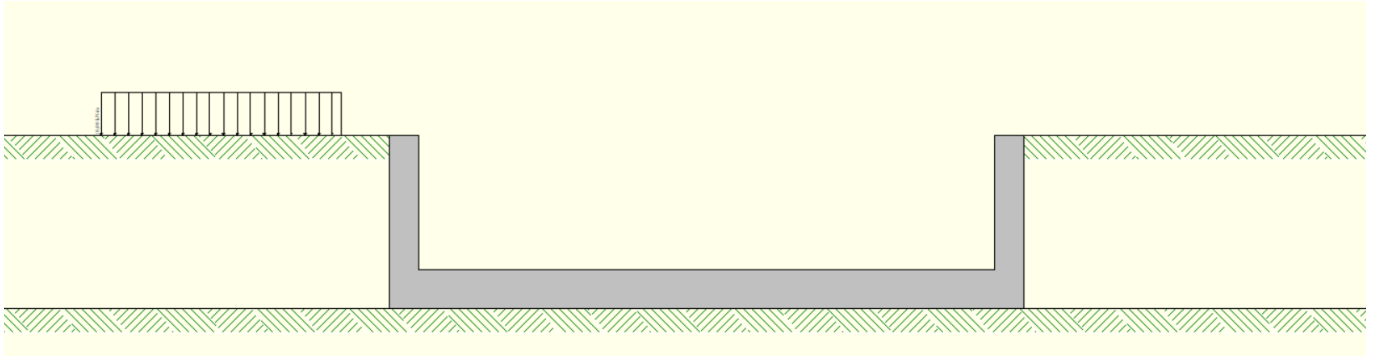
6.3 CONDIZIONI DI CARICO

- Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)
- Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)
- Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)
- Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)
- Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)
- Condizione di carico n° 7 (Carico cantiere da sx)

Distr Terreno $X_i = -6,00$ $X_i = -1,00$ $V_{ni} = 10,00$ $V_{ni} = 10,00$

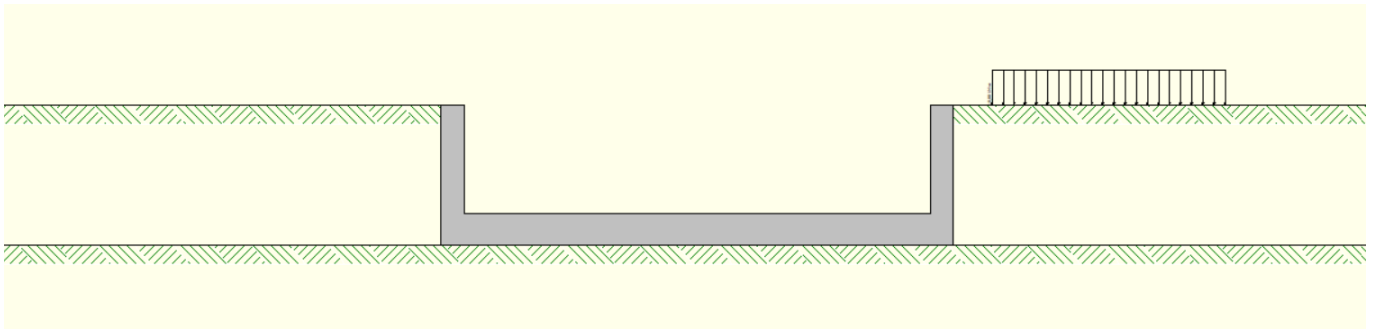
IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	21



- Condizione di carico n° 8 (Carico cantiere da dx)

Distr Terreno $X_i = 14,20$ $X_i = 20,20$ $V_{ni} = 10,00$ $V_{ni} = 10,00$



6.4 COMBINAZIONI DI CARICO

Si sintetizzano nel seguito le combinazioni di carico considerate nel calcolo:

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	22

Elenco Combinazioni APPROCCIO 1

Combinazioni generate nr. 35

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	Da SINISTRA	NEGATIVO
6	A1-M1	Da SINISTRA	POSITIVO
7	A2-M2	Da SINISTRA	POSITIVO
8	A2-M2	Da SINISTRA	NEGATIVO
9	A1-M1	Da SINISTRA	NEGATIVO
10	A1-M1	Da SINISTRA	POSITIVO
11	A2-M2	Da SINISTRA	POSITIVO
12	A2-M2	Da SINISTRA	NEGATIVO
13	A1-M1	Da DESTRA	POSITIVO
14	A1-M1	Da DESTRA	NEGATIVO
15	A2-M2	Da DESTRA	POSITIVO
16	A2-M2	Da DESTRA	NEGATIVO
17	A1-M1	Da DESTRA	POSITIVO
18	A1-M1	Da DESTRA	NEGATIVO
19	A2-M2	Da DESTRA	POSITIVO
20	A2-M2	Da DESTRA	NEGATIVO
21	SLER	Assente	--
22	SLEF	Assente	--
23	SLEQ	Assente	--
24	SLER	Da SINISTRA	POSITIVO
25	SLER	Da SINISTRA	NEGATIVO
26	SLER	Da DESTRA	POSITIVO
27	SLER	Da DESTRA	NEGATIVO
28	SLEF	Da SINISTRA	POSITIVO
29	SLEF	Da SINISTRA	NEGATIVO
30	SLEF	Da DESTRA	POSITIVO
31	SLEF	Da DESTRA	NEGATIVO
32	SLEQ	Da SINISTRA	POSITIVO
33	SLEQ	Da SINISTRA	NEGATIVO
34	SLEQ	Da DESTRA	POSITIVO
35	SLEQ	Da DESTRA	NEGATIVO

Elimina combinazione Elimina combinazioni uguali Duplica combinazione

6.5 IMPOSTAZIONI DI PROGETTO

Verifica materiali:

Stato Limite Ultimo

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	23

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo g_c 1.50

Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica 0.83

Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo 0.85

Coefficiente di sicurezza acciaio 1.15

Coefficiente di sicurezza per la sezione 1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100.0 \cdot r_l \cdot f_{ck})^{1/3} / g_c + 0.15 \cdot s_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot s_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctga} + \text{ctgq}) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot a_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg}(q) + \text{ctg}(a)) / (1.0 + \text{ctg}q^2)$$

con:

d altezza utile sezione [mm]

b_w larghezza minima sezione [mm]

s_{cp} tensione media di compressione [N/mm²]

r_l rapporto geometrico di armatura

A_{sw} area armatura trasversale [mm²]

s interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]

a_c coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e s_{cp}

$$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro <small>S.P.A.</small>	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			PROGR 001

$$v_{min}=0.035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}$$

Stato Limite di Esercizio

Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) 0.60 fck

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) 0.45 fck

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) 0.80 fyk

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [m]

Apertura limite fessure w1=0.00020 w2=0.00030 w3=0.00040

Metodo di calcolo aperture delle fessure:

- NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5

Resistenza a trazione per Flessione

Verifiche secondo : Norme Tecniche 2018

Copriferro sezioni 0,05 [m]

6.6 ANALISI DELLA SPINTA E VERIFICHE

Simbologia adottata ed unità di misura

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti verso il basso



X ascisse (espresse in m) positive verso destra

Y ordinate (espresse in m) positive verso l'alto

M momento espresso in kNm

V taglio espresso in kN

SN sforzo normale espresso in kN

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			PROGR 001

ux spostamento direzione X espresso in m

uy spostamento direzione Y espresso in m

st pressione sul terreno espressa in kPa

Tipo di analisi

Pressione in calotta Pressione geostatica

I carichi applicati sul terreno sono stati diffusi secondo angolo di attrito

Metodo di calcolo della portanza Terzaghi

Spinta sui piedritti a Riposo

6.7 SISMA

Identificazione del sito

Latitudine 41.664799

Longitudine 14.664799

Comune Campobasso

Provincia Campobasso

Regione Molise

Punti di interpolazione del reticolo 29877 – 29876 – 30098 – 30099

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria

Vita nominale 75 anni



Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose

Vita di riferimento 113 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g = 3.12 \text{ [m/s}^2\text{]}$

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.09

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	IN05 – Relazione di calcolo canale	<small>COMMESSA</small> LI0B	<small>LOTTO</small> 02	<small>FASE</small> E	<small>ENTE</small> ZZ	<small>TIPO DOC</small> CL	<small>OPERA 7 DISCIPLINA</small> IN	05	00	<small>PROGR</small> 001	<small>REV</small> B

Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (bm)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$kh=(ag/g*bm*St*Ss) = 34.78$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$kv=0.50 * kh = 17.39$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $ag =$	1.19 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.20
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (bm)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$kh=(ag/g*bm*St*Ss) = 14.58$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$kv=0.50 * kh = 7.29$
Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare
Spinta sismica	Mononobe-Okabe
Angolo diffusione sovraccarico	30,00 [°]

6.8 RISULTATI DI CALCOLO - INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI

Nel seguente paragrafo si riportano gli involuppi in termini di sollecitazioni (flettenti, taglianti e di

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	27

sforzo normale) dell'opera in esame.

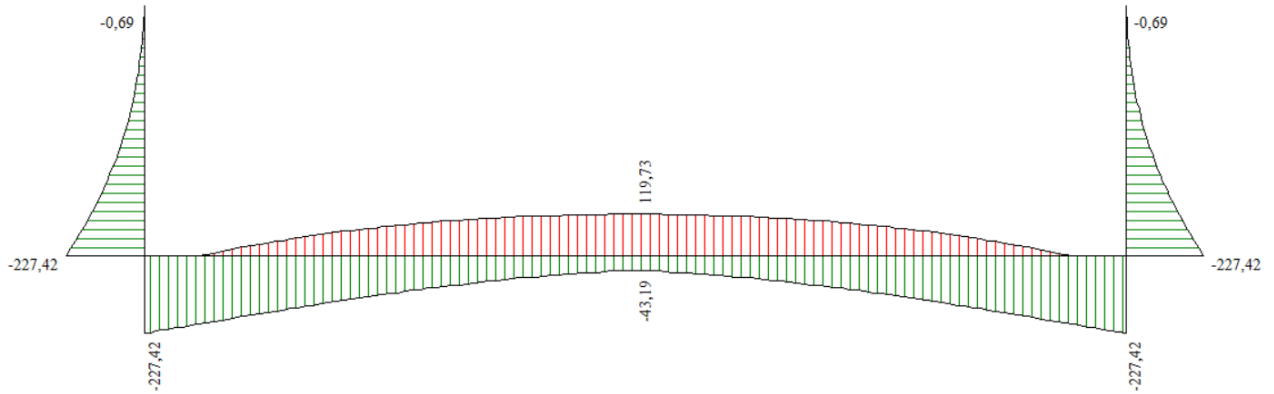


Figura 6-3 – SLU: Involuppo momento flettente

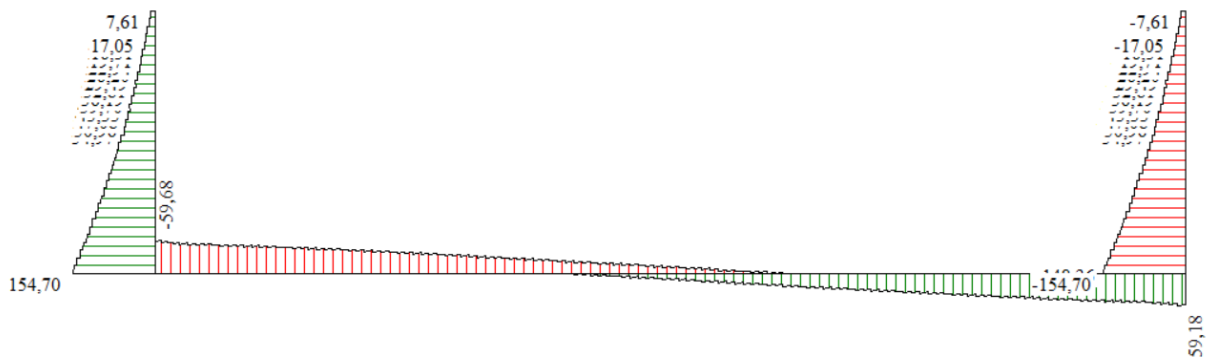
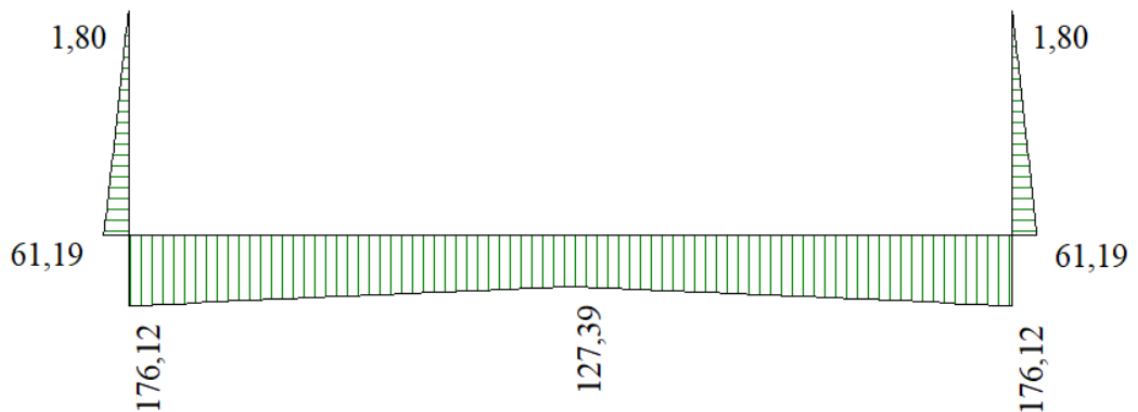


Figura 6-4 – SLU: Involuppo taglio



IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	28

Figura 6-5 – SLU: Involuppo sforzo normale

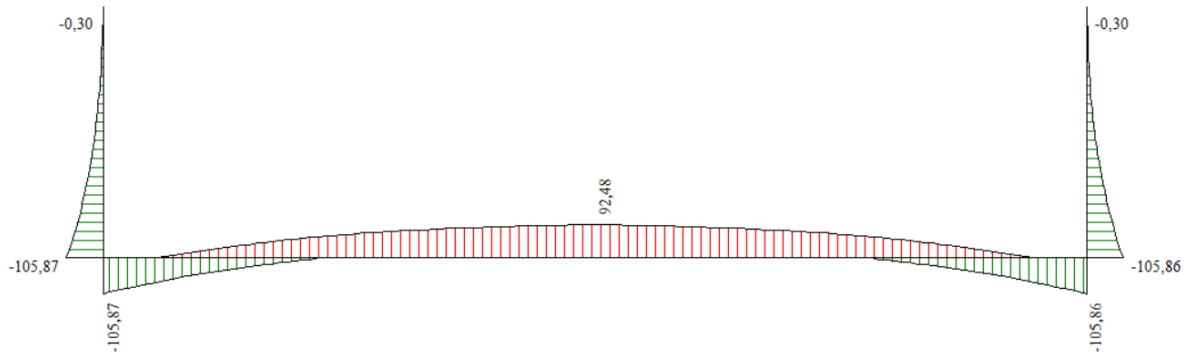


Figura 6-6 – SLE: Involuppo momento flettente

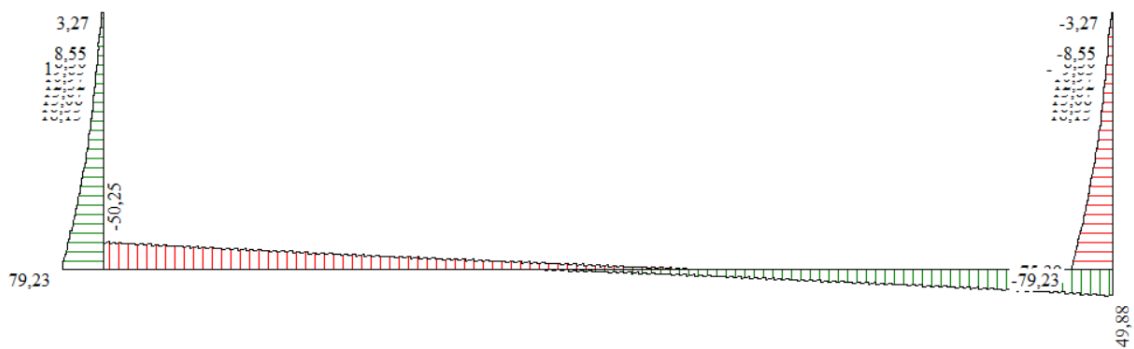


Figura 6-7 – SLE: Involuppo taglio

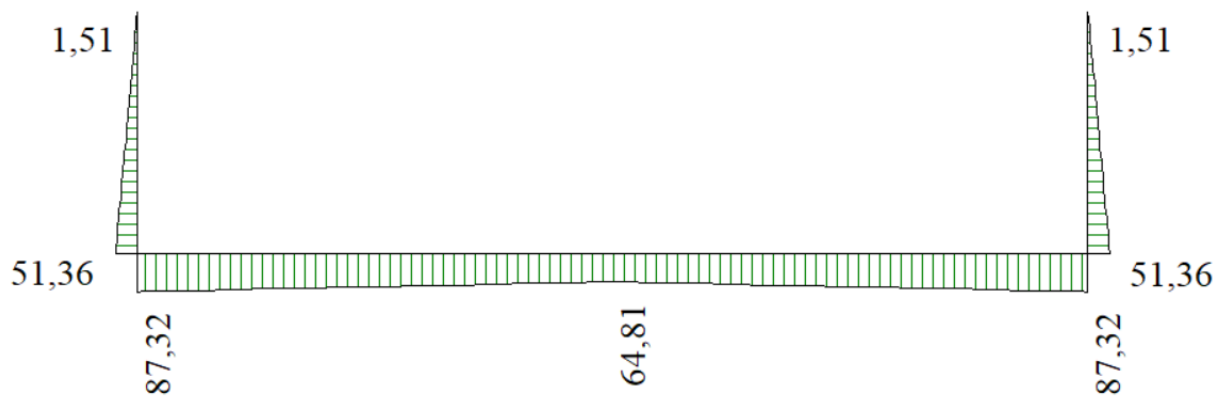


Figura 6-8 – SLE: Involuppo sforzo normale

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HY pro <small>S.P.A.</small>	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN	05	00	PROGR 001

6.9 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali sono state condotte con l'ausilio del software SAX v.10 di Aztec Informatica Srl e di apposito foglio di calcolo (verifiche a taglio).

Nelle tabelle sottostanti si riepilogano i valori delle sollecitazioni più significativi ai fini delle verifiche. Tali valori sono riferiti ad un metro lineare di sviluppo.

Soletta di fondazione			
Stato limite	M (kNm)	T (kN)	N (kN)
SLU	-227.42	59.68	176.12
SLE (Rara)	-105.86	50.25	87.32
SLE (QP)	-105.86	50.25	87.32

Piedritti			
Stato limite	M (kNm)	T (kN)	N (kN)
SLU	-227.42	154.70	61.19
SLE (Rara)	-105.86	79.23	51.36
SLE (QP)	-105.86	79.23	51.36

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.

6.9.1 VERIFICHE SLU

Soletta di fondazione

La sezione di calcolo ha dimensioni 100x80cm e risulta armata come segue:

- Armatura principale: 1 ϕ 16/20cm superiori
1 ϕ 16/20cm inferiori

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro <small>S.P.A.</small>	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			PROGR 001

– Ripartitori: $\phi 12/35\text{cm}$

Si prevedono inoltre n.9 ganci $\phi 8/\text{mq}$.

Il copriferro è pari a 5cm.

Flessione

Si trascura a vantaggio di sicurezza lo sforzo normale agente

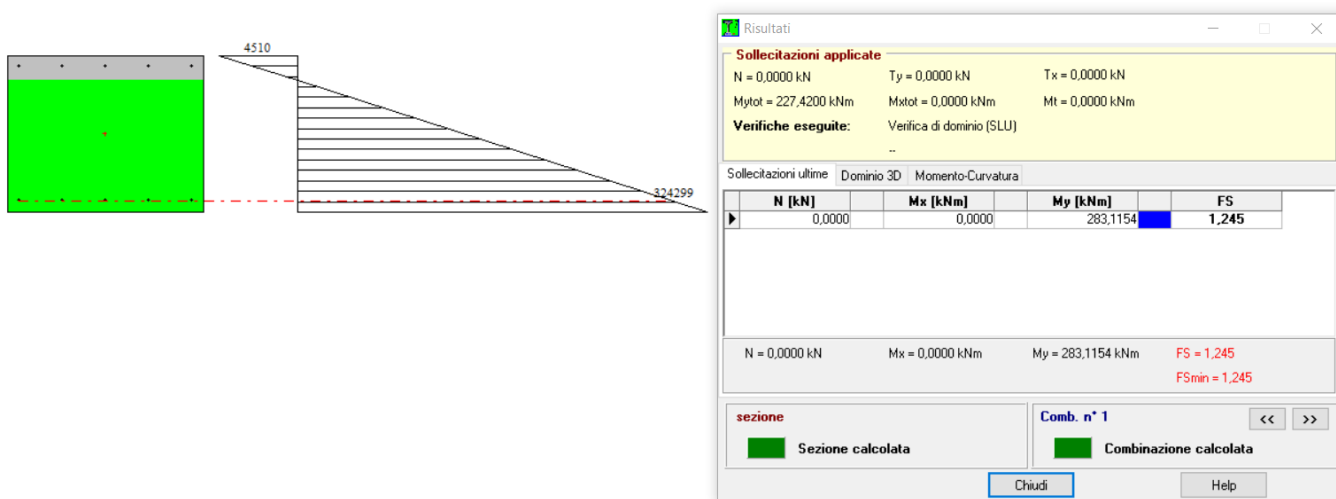


Figura 6-9 – Verifica a flessione

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$M_{Rd} = 283.11 \text{ kNm} > M_{Ed} = 227.42 \text{ kNm}$$

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, risulta soddisfatta in quanto:

$$V_{Rd} = 224.48 \text{ kN} > V_{Ed} = 59.68 \text{ kN}$$

VERIFICA A TAGLIO SENZA ARMAURE TRASVERSALI			
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.
Altezza utile della sezione in cls	d	750,00	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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN	05	00	PROGR 001

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	$A_{s,min}$	9591,11	mm ²
Armatura massima	$A_{s,min}$	30000,00	
Valore di calcolo dello sforzo normale agente	N_{ed}	0,00	N
-	k	1,52	-
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ	0,001	-
Tensione media di compressione sulla sezione	σ_{cp}	0,00	MPa
-	v_{min}	0,38	MPa
Resistenza a taglio di progetto minima	V_{min}	282,43	kN
Resistenza a taglio di progetto	V_{rd}	224,48	kN
Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{ed}	59,68	kN
Verificato	V_{ed}/V_{rd}	0,27	-

Figura 6-10 – Verifica a taglio

Pertanto non occorre prevedere apposita armatura trasversale aggiuntiva.

Piedritti

La sezione di calcolo ha dimensioni 100x60cm e risulta armata come segue:

- Armatura principale: 1 ϕ 18/20cm lato monte
1 ϕ 14/20cm lato valle
- Ripartitori: ϕ 12/25cm

Si prevedono inoltre n.9 ganci ϕ 8/mq.

Il copriferro è pari a 5cm.

Flessione

Si rascura a vantaggio di sicurezza lo sforzo normale agente.

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	32

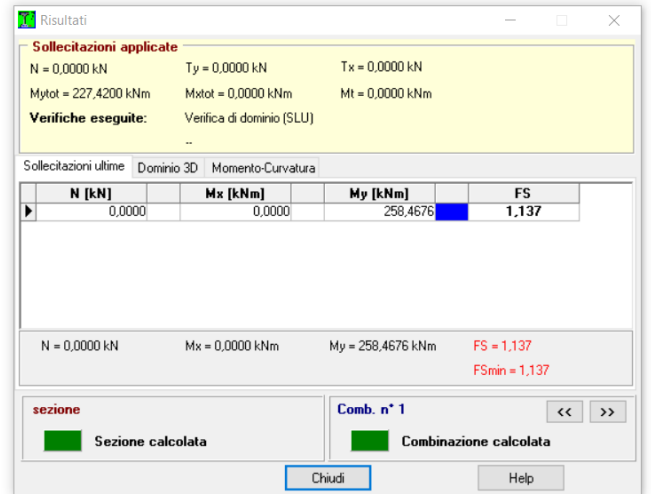
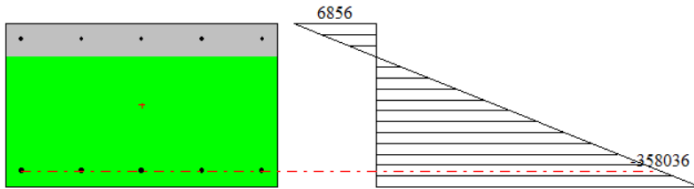


Figura 6-11 – Verifica a flessione

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$M_{Rd} = 258.47 \text{ kNm} > M_{Ed} = 227.42 \text{ kNm}$$

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, risulta soddisfatta in quanto:

$$VRd = 208.74 \text{ kN} > VEd = 154.70 \text{ kN}$$

VERIFICA A TAGLIO SENZA ARMAURE TRASVERSALI			
Significato dei simboli	Parametro	Valore	u.d.m.
Altezza utile della sezione in cls	d	550,00	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}	1272,35	mm ²
armatura longitudinale in zona tesa minima	A _{s,min}	7033,48	mm ²
Armatura massima	A _{s,min}	22000,00	
Valore di calcolo dello sforzo normale agente	N _{ed}	0,00	N
-	k	1,60	-
Rapporto geometrico di armatura longitudinale	ρ	0,002	-
Tensione media di compressione sulla sezione	σ _{cp}	0,00	MPa
-	V _{min}	0,41	MPa
Resistenza a taglio di progetto minima	V _{min}	225,12	kN

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00	PROGR 001	REV B

Resistenza a taglio di progetto	V_{rd}	208,74	kN
Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente	V_{ed}	154,70	kN
Verificato	V_{ed}/V_{rd}	0,74	-

Figura 6-12 – Verifica a taglio

Pertanto non occorre prevedere apposita armatura trasversale aggiuntiva.

6.9.2 VERIFICHE SLE

Soletta di fondazione

Verifica delle tensioni di esercizio

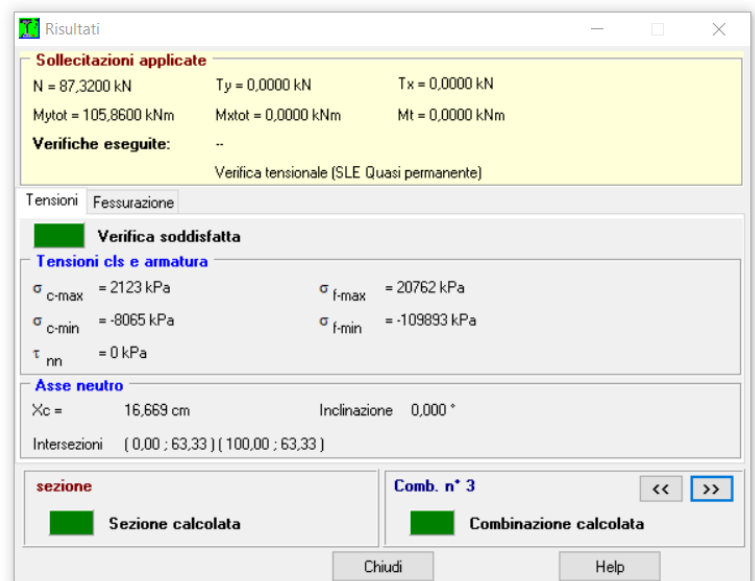
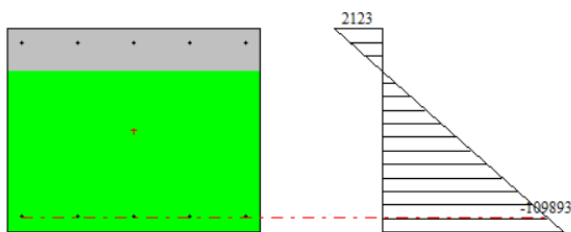


Figura 6-13 – Verifica tensionale (Comb. QP)

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 2.12 \text{ MPa} < 0.40f_{ck} = 13.28 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 109.89 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

Verifica a fessurazione

Si trascura a vantaggio di sicurezza lo sforzo normale agente.

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	34

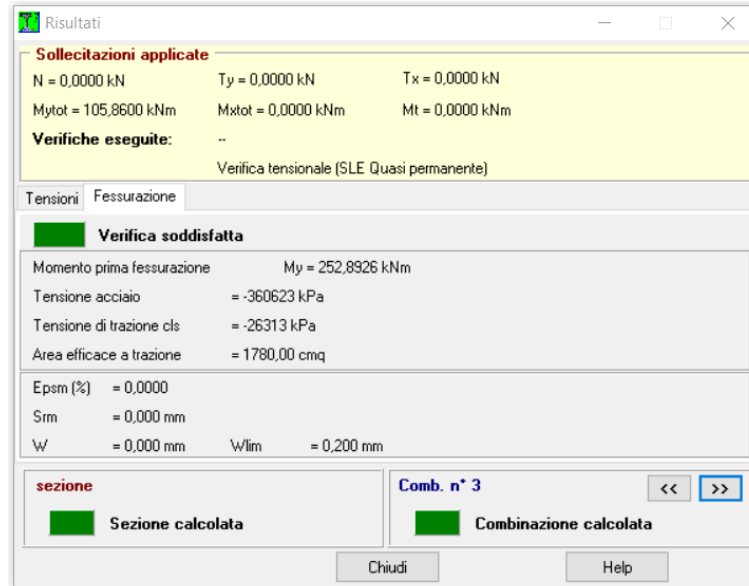


Figura 6-14 – Verifica a fessurazione (Comb. Rara)

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$w_d = 0.000 \text{ mm} < w_{LIM} = 0.200 \text{ mm}$$

Piedritti

Verifica delle tensioni di esercizio

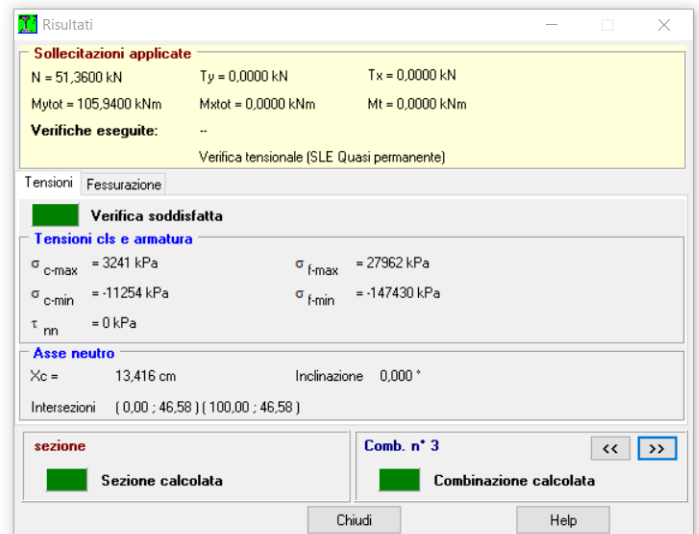
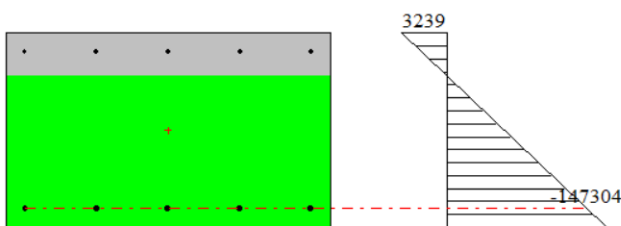


Figura 6-15 – Verifica tensionale (Comb. QP)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN 05 00			Progr 001

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

$$\sigma_c = 3.24 \text{ MPa} < 0.40f_{ck} = 13.28 \text{ MPa (calcestruzzo)}$$

$$\sigma_s = 147.43 \text{ MPa} < 0.75f_{yk} = 337.50 \text{ MPa (acciaio di armatura)}$$

Verifica a fessurazione

Si trascura a vantaggio di sicurezza lo sforzo normale agente.

Come si evince dalla figura sopra riportata, risulta che:

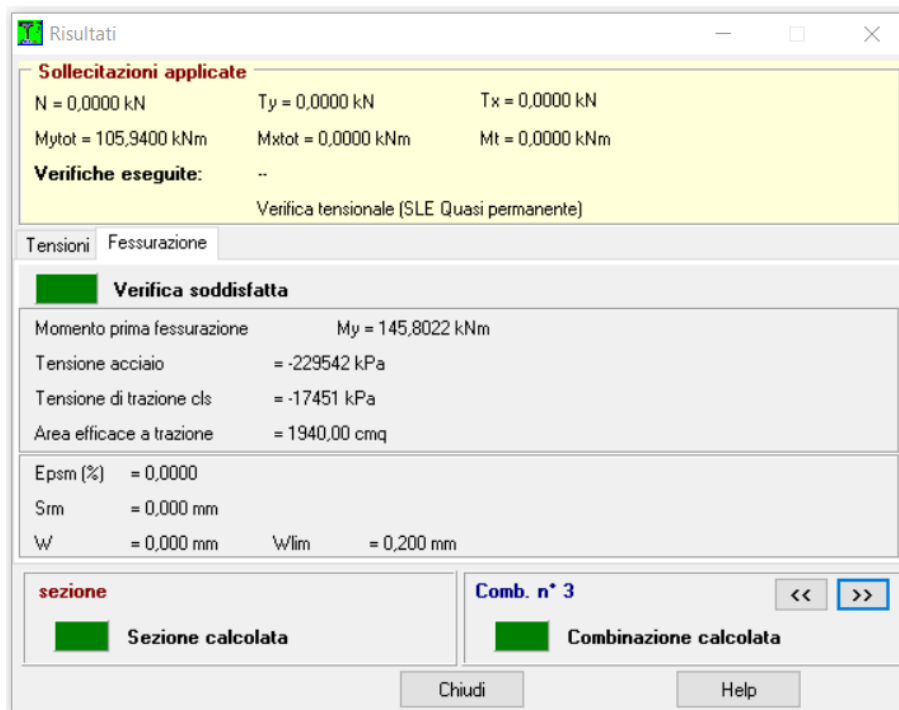


Figura 6-16 – Verifica a fessurazione (Comb. Rara)

$$w_d = 0.000 \text{ mm} < w_{LIM} = 0.200 \text{ mm}$$

6.10 VERIFICHE GEOTECNICHE

Simbologia adottata

- IC Indice della combinazione
- Nc, Nq, Ng Fattori di capacità portante
- Nc, Nq, Ng Fattori di capacità portante corretti per effetto forma, inclinazione del carico,

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A.R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI- LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		IN05 – Relazione di calcolo canale	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA IN	05	00	PROGR 001

affondamento, etc.

- qu Portanza ultima del terreno, espressa in [kPa]
- QU Portanza ultima del terreno, espressa in [kN]/m
- QY Carico verticale al piano di posa, espressa in [kN]/m
- FS Fattore di sicurezza a carico limite

IC	Nc	Nq	N γ	N'c	N'q	N' γ	qu	QU	Q γ	FS
1	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1962	25896,71	443,66	58,37
2	17,73	7,46	3,44	17,73	7,46	3,44	1056	13934,15	341,28	40,83
3	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1962	25896,71	443,66	58,37
4	17,73	7,46	3,44	17,73	7,46	3,44	1056	13934,15	341,28	40,83
5	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1859	24534,05	273,99	89,54
6	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1888	24924,87	408,56	61,01
7	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1888	24924,87	408,56	61,01
8	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1859	24534,05	273,99	89,54
9	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1862	24578,93	273,99	89,71
10	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1890	24949,51	408,56	61,07
11	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1890	24949,51	408,56	61,07
12	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1862	24578,93	273,99	89,71
13	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1888	24924,87	408,56	61,01
14	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1859	24534,05	273,99	89,54
15	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1888	24924,87	408,56	61,01
16	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1859	24534,05	273,99	89,54
17	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1890	24949,51	408,56	61,07
18	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1862	24578,94	273,99	89,71
19	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1890	24949,51	408,56	61,07
20	24,23	12,04	7,53	24,23	12,04	7,53	1862	24578,94	273,99	89,71

6.11 INCIDENZA ARMATURE

Si premette che nel calcolo dell'incidenza è stato applicato un incremento del 15% per tener conto delle sovrapposizioni delle armature correnti.

Soletta di fondazione

Caratteristiche geometriche				
b (m)	h (m)	L (m)	A (mq)	V (mc)
13.20	0.80	1	10.56	10.56

Armatura	ϕ (mm)	n.	peso barra (kg/m)	l (m)	peso barra (kg)	sovrap. (kg)	peso tot (kg)
Principali	16	10	1.578	14.50	22.88	-	228.80
Ripartitori	12	76	0.888	1.00	0.888	0.133	77.60

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	37

Ganci	8	48	0.395	0.92	0.363	-	17.44
							323.84

$$\text{Incidenza a metro lineare} = \frac{\text{Peso tot (kg)}}{V (\text{mc})} = \frac{323.84 \text{ kg}}{10.56 \text{ mc}} = 30.66 \text{ kg/mc/m}$$

Piedritto dx

Caratteristiche geometriche				
b (m)	h (m)	L (m)	A (mq)	V (mc)
0.60	2.80	1	1.68	1.68

Armatura	φ (mm)	n.	peso barra (kg/m)	l (m)	peso barra (kg)	sovrap. (kg)	peso tot (kg)
Principali	18	5	1.998	4.50	8.99	-	45.00
	14	5	1.208	4.50	6.04	-	30.20
Ripartitori	12	22	0.888	1.00	0.888	0.133	22.46
Ganci	8	25	0.395	0.72	0.284	-	7.11
							104.80

$$\text{Incidenza a metro lineare} = \frac{\text{Peso tot (kg)}}{V (\text{mc})} = \frac{101.10 \text{ kg}}{1.68 \text{ mc}} = 62.40 \text{ kg/mc/m}$$

Piedritto sx

Caratteristiche geometriche				
b (m)	h (m)	L (m)	A (mq)	V (mc)
0.60	2.80	1	1.68	1.68

IN05 – Relazione di calcolo canale

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	05	00	001	B	38

Armatura	φ (mm)	n.	peso barra (kg/m)	l (m)	peso barra (kg)	sovrapp. (kg)	peso tot (kg)
Principali	18	5	1.998	4.50	8.99	-	45.00
	14	5	1.208	4.50	6.04	-	30.20
Ripartitori	12	22	0.888	1.00	0.888	0.133	22.46
Ganci	8	25	0.395	0.72	0.284	-	7.11
							104.80

$$Incidenza \text{ a metro lineare} = \frac{Peso \text{ tot (kg)}}{V (mc)} = \frac{101.10 \text{ kg}}{1.68 \text{ mc}} = 62.40 \text{ kg/mc/m}$$