

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

IN11 – Tombino scatolare e sistemazione canale km 7+859,01  
Relazione di calcolo muri

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 31/07/2023

firma

Data 31/07/2023

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 1 1 0 0	0 0 2	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Ing. M. Calderoni	Dicembre 2022	Ing. V. Calzona	Dicembre 2022	Ing. S. Canale	Dicembre 2022	
B	Emissione per RdV 254	Ing. M. Pugliese	Luglio 2023	Ing. M. Calderoni	Luglio 2023	Ing. S. Canale	Luglio 2023	Ing. M. Facchini Luglio 2023

File: LI0B02EZZCLIN1100002B.DOCX

n. Elab.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA</b>										
<b>IN11 - Relazione di calcolo muri</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	00	002	B	1

## INDICE

<b>1.. GENERALITA' .....</b>	<b>2</b>
<b>2.. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>4</b>
<b>4.. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>5.. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>6</b>
<b>7.. CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....</b>	<b>8</b>
<b>8.. MATERIALI.....</b>	<b>14</b>
<b>9.. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>16</b>
<b>9.1 PESO PROPRIO .....</b>	<b>16</b>
<b>9.2 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE.....</b>	<b>16</b>
<b>9.3 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA (COND. DI CARICO 4).....</b>	<b>17</b>
<b>9.4 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE .....</b>	<b>18</b>
<b>9.5 FORZA DI INERZIA .....</b>	<b>18</b>
<b>9.6 COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO.....</b>	<b>19</b>
<b>9.7 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI .....</b>	<b>19</b>
<b>9.8 AZIONI DEL SOVRACCARICO FERROVIARIO A TERGO DEL MURO .....</b>	<b>20</b>
<b>10. COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>21</b>
<b>11. CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE DI SOSTEGNO .....</b>	<b>27</b>
<b>11.1 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE.....</b>	<b>27</b>
<b>11.2 VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE .....</b>	<b>30</b>
<b>12. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI .....</b>	<b>32</b>
12.1 Verifica SLE .....	32
12.2 Verifica SLU .....	33
<b>13. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO .....</b>	<b>35</b>
<b>14. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI .....</b>	<b>35</b>
<b>14.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO SEZIONE A.....</b>	<b>35</b>
<b>14.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO SEZIONE B.....</b>	<b>54</b>

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>2</b>

**1. GENERALITA'**

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

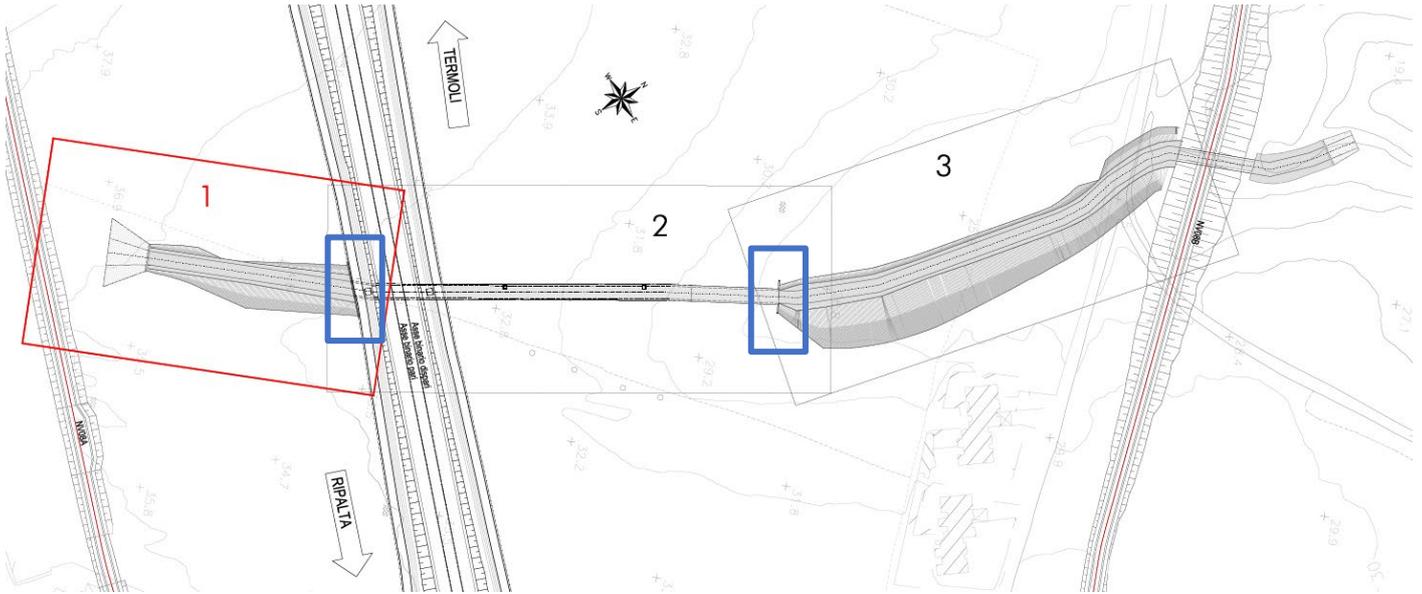


Figura 1 – Planimetria inquadramento attraversamento IN prog. 7+865.80

Le opere in oggetto vengono evidenziate in arancio sulla planimetria.

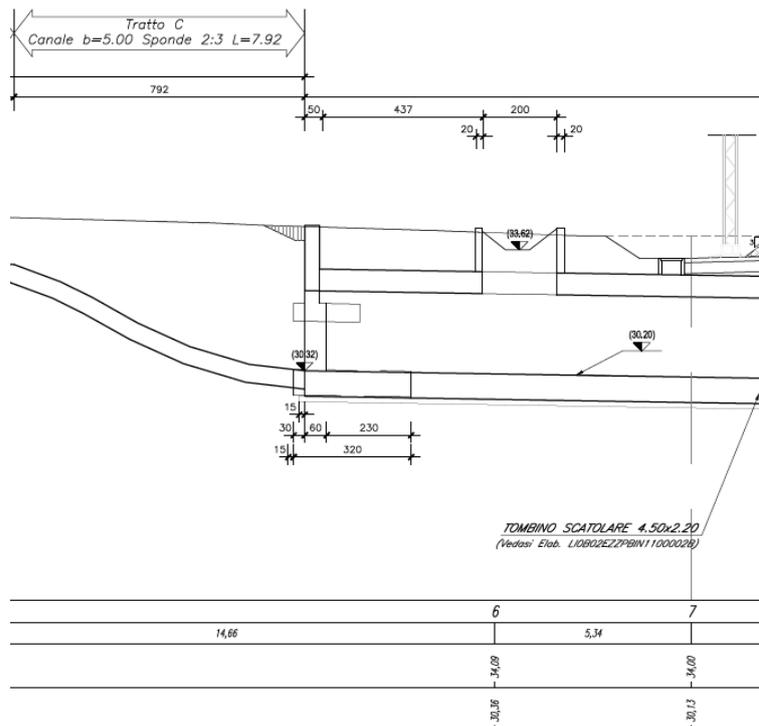


Figura 1 – Sezione Muri lato Ripalta

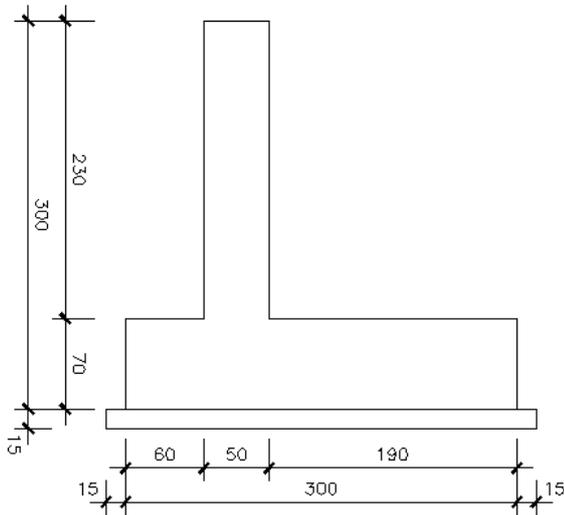


MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

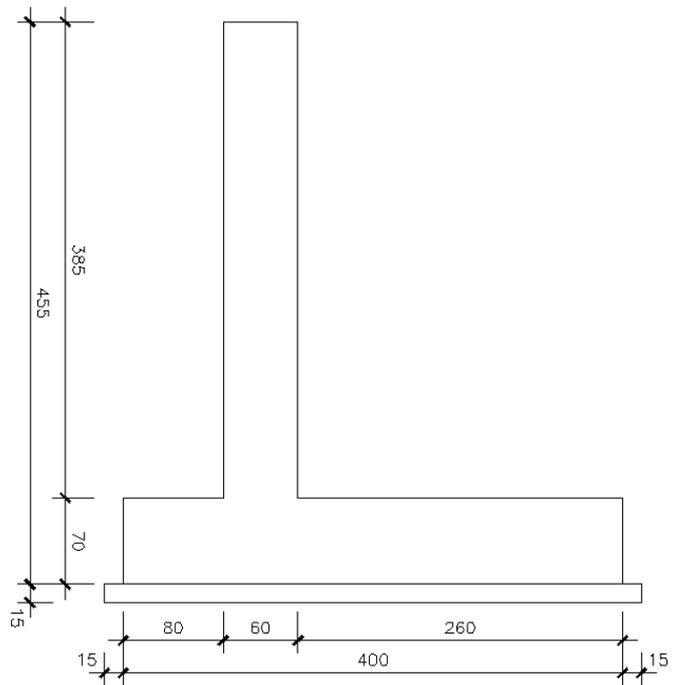
### 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Le opere di sostegno sono costituite da muri di linea in c.a.. Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle sezioni di muro presenti. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento:

**SEZIONE MURO TIPO "A" - Scala 1:50**



**SEZIONE MURO TIPO "B" - Scala 1:50**



*Figura 1 – Sezioni trasversale tipo*

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, mm
- per i carichi ⇒ kN, kN/m<sup>2</sup>, kN/m<sup>3</sup>
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ MPa

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>5</b>

#### 4. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

- L. n. 64 del 2/2/1974 "Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- L. n. 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- 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.
- Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- RFI DTC SI SP IFS 001 C- Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	6

## 5. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte tenendo conto di quanto risultante nel Profilo Geotecnico dell'opera, tenendo conto della Caratterizzazione dei Litotipi riportata nella Relazione e geotecnica Generale.

A tal riguardo, si riporta per chiarezza, uno stralcio del Profilo Geotecnico riferito all'area interessata dalla realizzazione dell'opere oggetto di dimensionamento nell'ambito del presente documento:

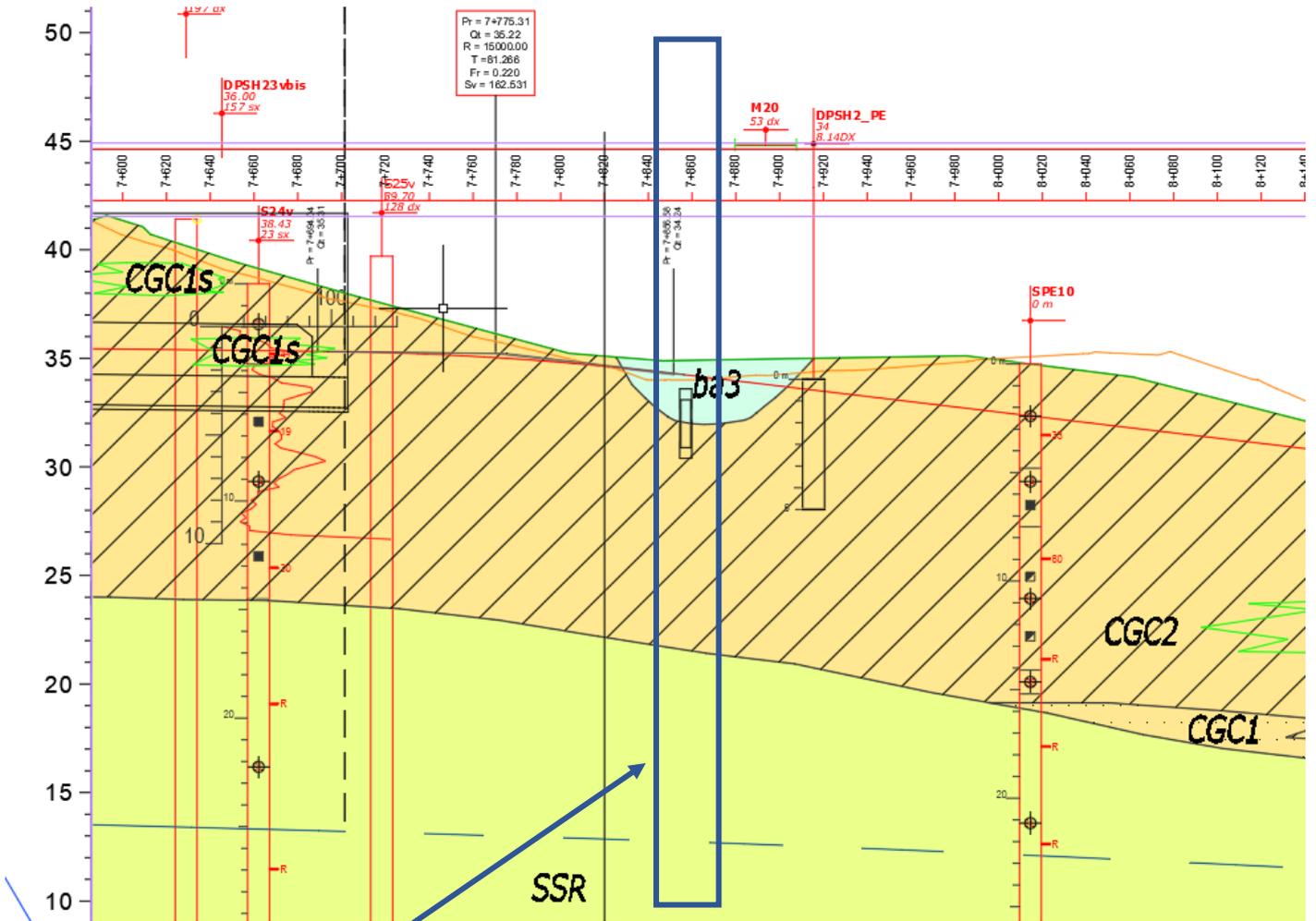


Figura 1. Stralcio del profilo geotecnico

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	7

### Conglomerati di Campomarino - Unità CGC2 (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 20 \div 28^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$N_{spt} = 15 \div 60$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 180 \div 320 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 60 \div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 160 \div 520 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

In merito al terreno di cui è costituito il riporto ferroviario, si riportano le seguenti caratteristiche desunte dal manuale di progettazione delle opere civili "RFI DTC SICS MA IFS 001 B del 22/12/2017".

$\gamma_{nat} = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$\nu = 0.20$	coefficiente di Poisson
$E_o = 300 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Il terreno di rinfiamento si considera cautelativamente il terreno in sito assumendo  $c'=0$  in virtù del rimaneggiamento a cui è sottoposto il terreno nelle operazioni di scavo e ritombamento.

Il livello di falda locale è posto a circa 20.0 -21.0 m dal piano campagna locale. Pertanto, il regime di pressioni non interagisce con l'opera.

In fase di analisi è stato dunque considerato il seguente modello geotecnico:

Terreno	Litotipo	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$E_o$
		( $\text{kN/m}^3$ )	( $^\circ$ )	( $\text{kPa}$ )	( $\text{MPa}$ )
<b>Terreno di Ricoprimento</b>	Rilevato ferroviario	20	38	0	350
<b>Terreno di Rinfiamento</b>	terreno in sito: CGC2	19.5	25	0	300
<b>Terreno di Fondazione</b>	CGC2	19.5	25	10	300

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>8</b>

## 7. CARATTERISTICHE DEL SITO E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell’azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008 nonché la valutazione delle sollecitazioni di verifica e di dimensionamento dei vari elementi strutturali secondo il criterio della Gerarchia delle Resistenze.

L’opera in questione rientra in particolare nell’ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria “Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina”, che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località tra cui Termoli(CB), Campomarino(CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieuti / Chieuti (FG), Serracapriola- Loc.SS16 (FG).

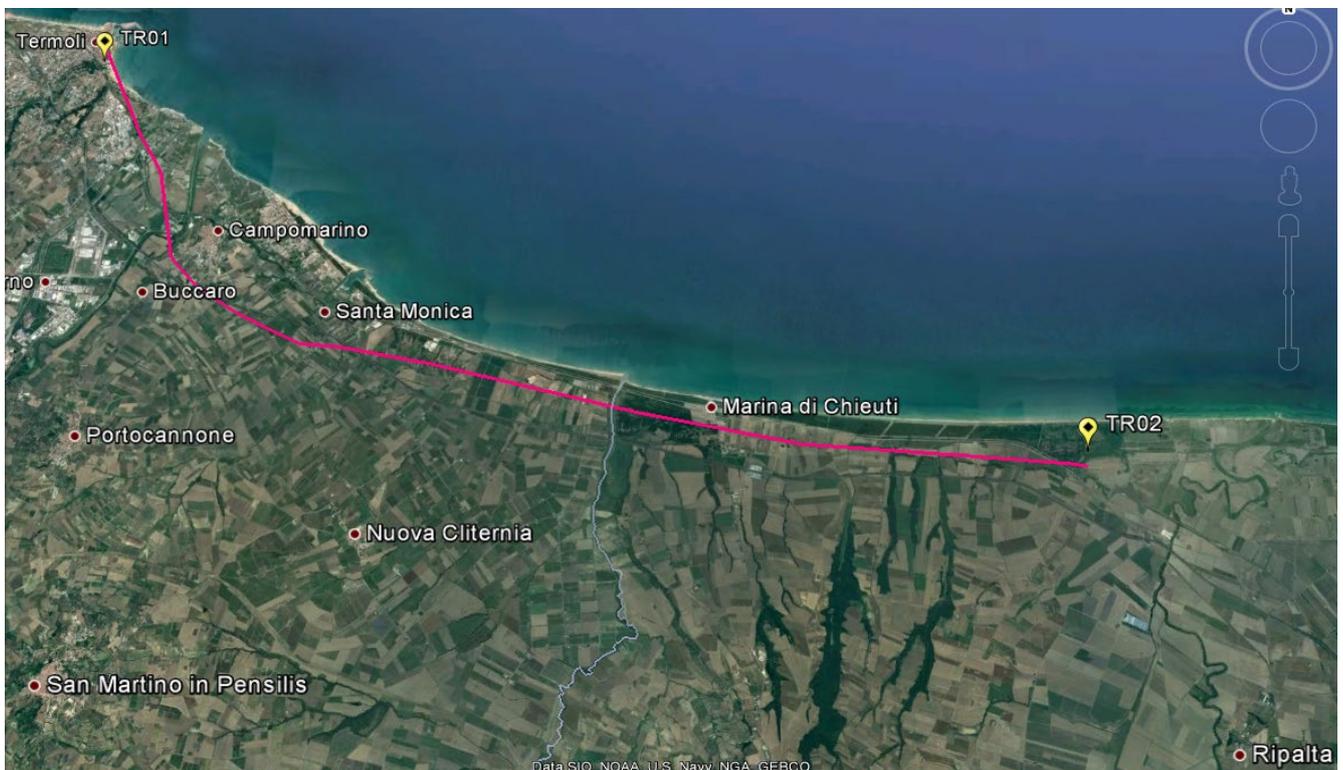


Figura 2 – Configurazione planimetrica tracciato

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell’ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in quattro sottozone sismiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell’area che evidenzia un graduale incremento dell’intensità sismica da nord verso sud; nella fattispecie le zone sismiche “omogenee” individuate, sono quelle di seguito elencate:

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	9

Tabella 1: Tabella di riepilogo località di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche per il progetto delle opere

Progr. Inizio	Progr. Fine	Località di Riferimento Azioni Sismiche	Zona sismica Locale
0	5.250,00	Campomarino(CB)	S1
5.250,00	10.000,00	Campomarino - Santa Monica (CB)	S2
10.000,00	18.650,00	Marina di Chieuti /Chieuti (FG)	S3
18.650,00	24.200,00	Serracapriola- Loc.SS16 (FG)	S4

Le opere in progetto si trovano nel comune di Campomarino - Santa Monica (CB). Quindi si farà riferimento alla zona S2.

Alle opere si definisce una vita nominale VN pari a 75 anni e una classe d'uso III a cui corrisponde il coefficiente Cu pari a 1.5 (§ 2.4.2, DM 14/01/2008). Di conseguenza il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica risulta pari a  $VR = VN \cdot Cu = 112.5$ .

Con riferimento alla probabilità di superamento dell'azione sismica, PVR, attribuita allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), nel periodo VR dell'opera in progetto, si determina il periodo di ritorno TR del sisma di progetto. Sulla base delle coordinate geografiche del sito e del tempo di ritorno del sisma di progetto, TR, sopra definito, si ricavano i parametri che caratterizzano il sisma di progetto relativo al sito di riferimento, rigido ed orizzontale (Tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14/01/2008):

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T^*c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per le opere provvisoriale di imbocco il periodo di ritorno si determina con l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Per tenere conto dei fattori locali del sito, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito è valutata con la relazione (DM 14/01/2008):

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)$$

dove:

$a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

$S_s$  è il fattore di amplificazione stratigrafica del terreno, funzione della categoria del sottosuolo di fondazione e dei parametri sismici  $F_0$  e  $a_g/g$  (Tabella 3.2.V del D.M. 14/01/2008);

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HY</b> pro	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

$S_T$  è il fattore di amplificazione che tiene conto delle condizioni topografiche, il cui valore dipende dalla categoria topografica e dall'ubicazione dell'opera (Tabella 3.2.VI del D.M. 14/01/2008).

I valori delle grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica sono riassunti nella seguente tabella:

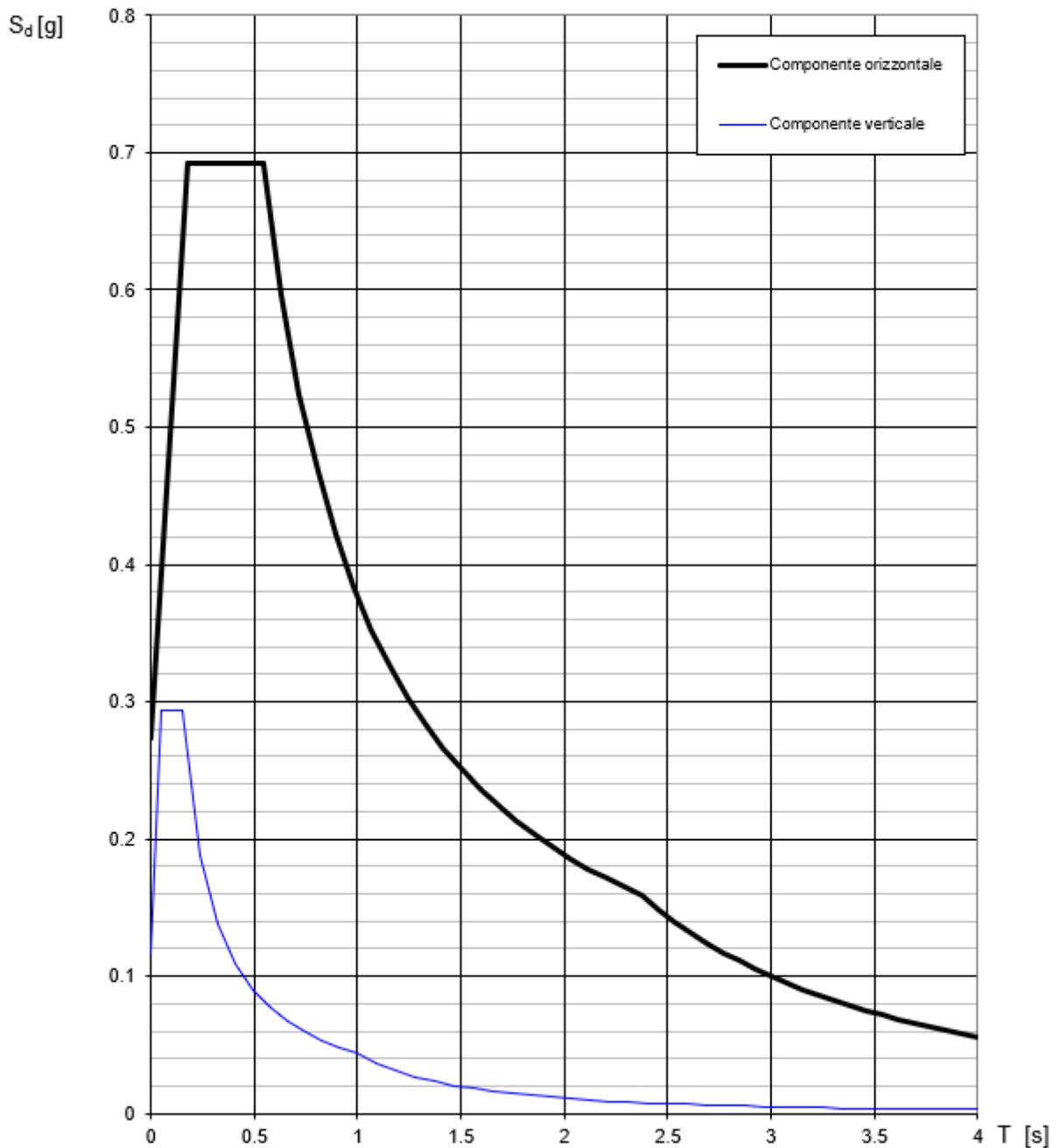
ZONA SISMICA	S2
LATITUDINE	41.94
LONGITUDINE	15.07
COMUNE	CAMPOMARINO - SANTA MONICA
PROVINCIA	CAMPOBASSO
STATO LIMITE	SLV
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	C
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1
VITA NOMINALE $V_N$	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO $C_U$	1.5
VITA DI RIFERIMENTO $V_R$	112.5
$a_g$ [g]	0.195
$F_o$	2.532
$T_c^*$ [s]	0.375
$S_s$	1.404
$C_c$	1.451
$S_T$	1.00
<b>PARAMETRI DIPENDENTI</b>	
S	1.404
$T_B$	0.181
$T_c$	0.544
$T_D$	2.380

Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto.

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	11

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

ZONA SISMICA	S2
LATITUDINE	41.94
LONGITUDINE	15.07
COMUNE	CAMPOMARINO - SANTA MONICA
PROVINCIA	CAMPOBASSO

STATO LIMITE	SLD
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	C
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1
VITA NOMINALE $V_N$	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO $C_U$	1.5
VITA DI RIFERIMENTO $V_R$	112.5
$a_g$ [g]	0.082
$F_o$	2.548
$T_c^*$ [s]	0.332
$S_s$	1.500
$C_c$	1.511
$S_T$	1.000

**PARAMETRI DIPENDENTI**

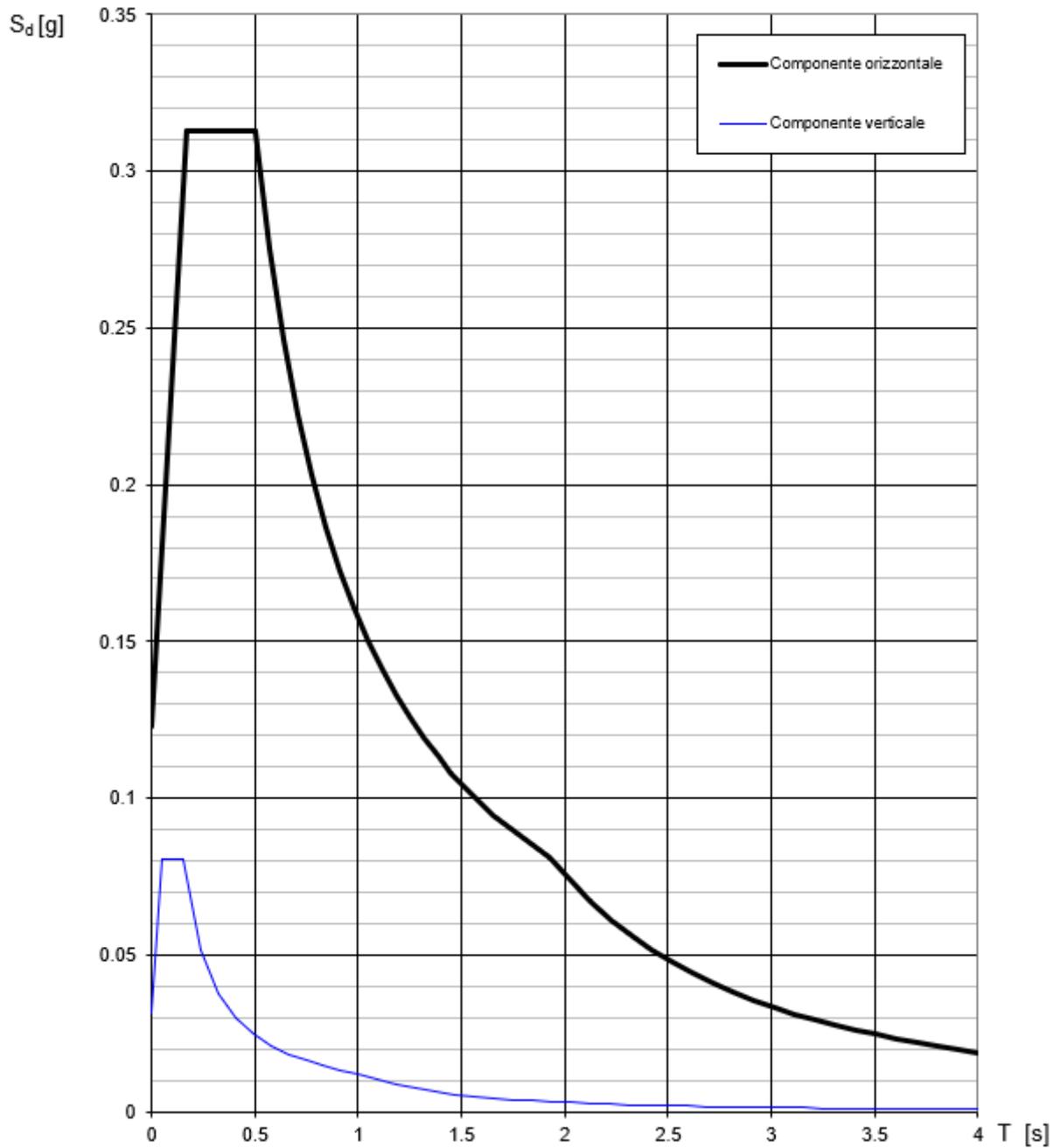
S	1.500
$T_B$	0.167
$T_c$	0.501
$T_D$	1.928

Tabella 1 – Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto.

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	13

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**



MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

## 8. MATERIALI

Si riportano di seguito le principali caratteristiche dei diversi materiali impiegati nelle opere in progetto, con l'indicazione dei valori di resistenza e deformabilità adottati nelle verifiche, nel rispetto delle indicazioni del DM 14/01/2008 e del "Manuale di progettazione delle opere civili" RFI DTC SI MA IFS 001 B.

Nelle verifiche di resistenza dei calcestruzzi, a favore di sicurezza, viene sempre considerato un calcestruzzo di classe di resistenza C32/37.

Per la completa e puntuale definizione delle caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione dell'opera si rimanda all'elaborato specifico.

Per le opere in c.a. si adotta:

### Calcestruzzo

Classe di resistenza

**C30/37**

Resistenza cubica caratteristica a compressione  $R_{ck}$  = 37 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione  $f_{ck}$  = 30,71 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c$  = 1,5

Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine  $\alpha_{cc}$  = 0,85

Resistenza di progetto a compressione  $f_{cd}$  = 17,10 N/mm<sup>2</sup>

Valore medio della resistenza cilindrica a compressione  $f_{cm}$  = 38,70 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico medio  $E_{cm}$  = 33019,78 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm}$  = 2,94 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione per flessione  $f_{ctfm}$  = 3,53 N/mm<sup>2</sup>

### Barre di armatura

Tipologia

**B450C**

Resistenza caratteristica a snervamento  $f_{yk}$  = 450,00 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s$  = 1,15

Resistenza di progetto a snervamento  $f_{yd}$  = 391,30 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico longitudinale  $E_s$  = 210000,00 N/mm<sup>2</sup>

In merito alla verifica a fessurazione, la verifica consiste nel controllo dell'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio i cui valori limite sono stabiliti, nell'ambito del progetto di opere ferroviarie, nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 B – 2.5.1.8.3.2.4 (Manuale di progettazione delle opere civili del 22/12/2017).

In particolare, l'apertura convenzionale delle fessure  $\delta_f$  dovrà rispettare i seguenti limiti:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008 – Tab 4.1.III), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	15	

**Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali**

<b>CONDIZIONI AMBIENTALI</b>	<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite **w1=0,20** mm sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	16

## 9. ANALISI DEI CARICHI

Le azioni considerate per la verifica delle strutture di sostegno sono le seguenti:

- **azioni permanenti strutturali**: peso proprio degli elementi strutturali, spinta del terreno a monte e a valle dell'opera.
- **azioni permanenti Non strutturali**: peso del pacchetto stradale.
- **azioni variabili**: azione variabile da traffico.
- **azione sismica**: l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo è definita nel paragrafo 5.

In corrispondenza di un evento sismico è necessario tener conto dell'amplificazione/deamplificazione delle spinte del terreno a monte e a valle dell'opera.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazioni di esercizio (SLE)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0

Nel seguito si andranno ad esporre in dettaglio, le valutazioni di calcolo effettuate per ciascuna delle condizioni citate.

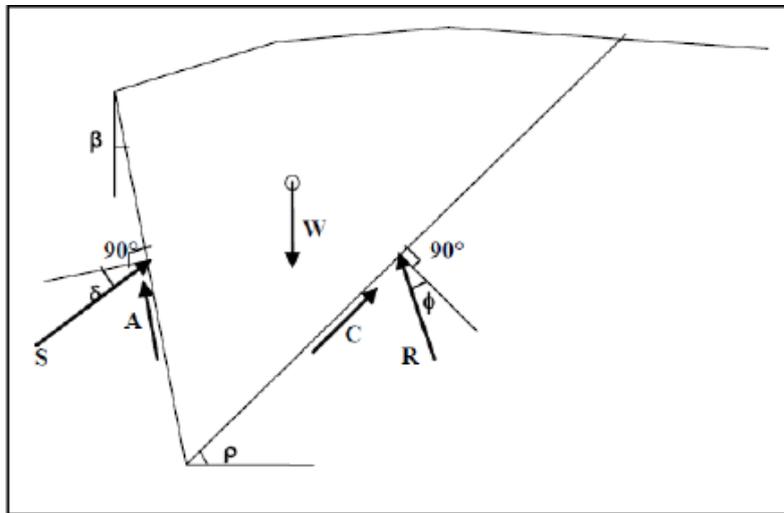
### 9.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, avendo considerato un peso dell'unità di volume del c.a.  $\gamma_{cls} = 25 \text{ KN/m}^3$ .

### 9.2 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI STATICHE

Nel caso di muro su fondazione diretta, la mobilitazione della spinta attiva si può considerare sempre verificata. In tal caso le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann. Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>



Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea. I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

### 9.3 SPINTA IN PRESENZA DI FALDA (COND. DI CARICO 4)

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma_a = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

#### 9.4 SPINTA DEL TERRENO IN CONDIZIONI SISMICHE

In condizioni sismiche si considera la spinta valutata in condizioni di spinta attiva a cui si aggiunge la sovraspinta simica valutata con il metodo di Mononobe e Okabe ed applicata ad H/3 (distribuzione triangolare).

#### 9.5 FORZA DI INERZIA

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico kh (coefficiente sismico orizzontale) o Kv (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

Forza sismica orizzontale  $F_h = k_h W$

Forza sismica verticale  $F_v = k_v W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali kh e verticale kv, relativi allo stato limite considerato, sono posti pari all'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo T=0, per la componente orizzontale, ed a quella corrispondente al periodo proprio T =T0, per la componente verticale.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

$a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.1. Il riportata nella stessa sezione della norma.

**Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,2 < a_s(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_s(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_s(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Figura 4 – Coefficienti sismici (estratto D.M. 14/01/2008 p.to 7.11.6.2.1)

Pertanto si ha:

ag/g =	0.195
$\beta_m$ =	0.24
Ss =	1.404
S <sub>T</sub> =	1.00

Kh =	0.065	coefficiente sismico orizzontale
Kv =	0.032	coefficiente sismico verticale

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	19

## 9.6 COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO

Per l'attrito paramento – terreno si utilizza il valore  $\delta = 0.6 \varphi'$  in fase statica e  $\delta = 0$  in fase sismica. Tuttavia, il software di calcolo utilizzato non consente di differenziare il valore del coefficiente di attrito nelle varie fasi di calcolo. Pertanto è stato utilizzato, per la valutazione dei coefficienti di spinta del terreno di rinterro, cautelativamente  $\delta=0$  sia in fase statica che in fase sismica. Tale assunzione, peraltro, non risulta essere particolarmente gravosa in quanto nella maggioranza dei casi esaminati la condizione di carico dimensionante è risultata essere quella sismica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno, in funzione dell'angolo d'attrito del terreno, si sono assunti i seguenti valori:

per	$\varphi < 30^\circ$	$\delta = \text{tg } \varphi'$ ;
per	$\varphi > 35^\circ$	$\delta = 0.85 \text{tg } \varphi'$ ;
per	$30^\circ \leq \varphi \leq 35^\circ$	$\delta$ si ricava per interpolazione lineare

Infine, l'adesione ca terra-opera sarà considerata nulla.

## 9.7 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Ove non si eseguano valutazioni più dettagliate, la determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata e dell'armamento (sovrastuttura ferroviaria) potrà effettuarsi assumendo, convenzionalmente, per linee in rettilineo, un peso di volume pari a 18,0 kN/m<sup>3</sup> applicato sull'impronta del ballast, per una altezza media fra il piano del ferro (P.F.) e l'estradosso del sub-ballast pari a 0,80 m. Per strutture su linee in curva, oltre al peso convenzionale sopraindicato andrà aggiunto il peso di tutte le parti di massicciata necessarie per realizzare il sovrizzo, valutato con la sua reale distribuzione geometrica e con un peso di volume pari a 20 kN/m<sup>3</sup>.

Salvo più accurate determinazioni, per le caratteristiche dei rilevati ferroviari si possono assumere i seguenti valori dei parametri geotecnici caratteristici:

- peso di volume  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;
- angolo di attrito  $\varphi' = 38^\circ$ ;
- coesione efficace  $c' = 0$ .

Pertanto si ha:

### BALLAST+ ARMAMENTO

$$\gamma_b = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{peso specifico Ballast+Armamento})$$

$$s_b = 0.80 \text{ m} \quad (\text{spessore ballast})$$

$$*Q_b = 16 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{carico ballast})$$

\*Applicato ad intradosso ballast

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

## 9.8 AZIONI DEL SOVRACCARICO FERROVIARIO A TERGO DEL MURO

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario a tergo del muro si applica il carico verticale dovuto al treno SW/2 pari a  $150 \cdot 1.0$  (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B par. 3.8.1.3.2.2) definito nella tabella 5.2.I senza incremento dinamico (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B par. 3.8.1.3.2.4):

### “5.2.2.3.1.2. Treno di carico SW”

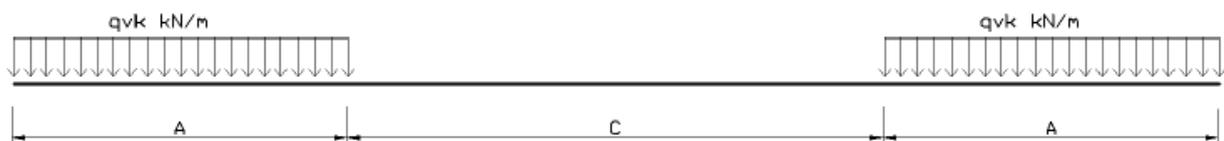


Fig. 5.2.2 Treno di carico SW

Tipo di carico	$Q_{vk}$ [kN/m]	A [m]	C [m]
SW/0	133	15,00	5,30
SW/2	150	25,00	7,00

Tab. 5.2.I. caratteristiche treni di carico SW

In accordo al punto 3.8.1.3.2.3 delle RFI DTC SI CS MA IFS 001 B, tale carico va ripartito ipotizzando una larghezza di ripartizione dei carichi ferroviari al livello del piano di regolamento pari alla larghezza della traversa più la larghezza dovuta alla diffusione del carico all'interno del ballast.

Quest'ultima può essere assunta pari a  $45^\circ$  su un'altezza di 40 cm, senza tenere conto della presenza o meno di curve. All'interno del rilevato la ripartizione può essere proseguita con un angolo di diffusione pari all'angolo di attrito interno del terreno.

Pertanto avremo:

$q_{sw2} =$	150 kN/m <sup>2</sup>	RFI DTC SI CS MA IFS 001 B par. 3.8.1.3.2.2
$\alpha =$	1	(coefficiente di adattamento)
$\varphi_2 =$	1	(coefficiente di incremento dinamico)
$L_t =$	2.40 m	(Larghezza traversina)
$L_d =$	3.20 m	Larghezza di diffusione del carico nel ballast (par.3.8.1.3.2.1 RFI DTC SI CS MA IFS 001B)

\* $Q_{sw2} = 46.875 \text{ kN/m} \approx 50.0 \text{ kN/m}$  Sovraccarico Ferroviario

\*Applicato ad intradosso ballast

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	21

## 10. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si riportano per comodità le combinazioni delle azioni riportate nella normativa ponti alla quale è possibile fare riferimento per la simbologia adottata:

- 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 esercizi (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 esercizi (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{12} \cdot Q_{k2} + \psi_{13} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite esercizi (SLE) 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, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1,00 \cdot E_Y \pm 0,30 \cdot E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0,30 \cdot E_Y \pm 1,00 \cdot E_Z$$

Avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del D.M. 14/01/2008. In particolare, per ogni gruppo, viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione di carico alla quale la struttura dovrà essere verificata.

**Tabella 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte**

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	1,0 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )
	Altri	-	0,75 (LM 71 <sup>++</sup> SW/0 <sup>++</sup> )	-

<sup>(1)</sup> LM71<sup>++</sup>SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>22</b>

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
<b>Gruppo 1</b> (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
<b>Gruppo 2</b> (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
<b>Gruppo 3</b> (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
<b>Gruppo 4</b>	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc...)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente minore del precedente per gli effetti a favore di sicurezza.

In fase di combinazione, ai fini delle verifiche degli SLU e SLE per la verifica delle tensioni, si sono considerati i soli Gruppi di carico 1 e 3, mentre per la verifica a fessurazione è stato utilizzato il Gruppo 4. Nella tabella 5.2.III sono riportati i carichi da utilizzare in caso di impalcati con due, tre o più binari caricati.

I Gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come  $Q_{ki}$ . I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti. In particolare per il calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione A1-STR.

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	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 <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	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 <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> 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.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>23</b>

Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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	gr <sub>1</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr <sub>2</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr <sub>3</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr <sub>4</sub>	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	F <sub>wk</sub>	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 <sub>k</sub>	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  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Sulla base della definizione dei carichi di cui sopra, in accordo a quanto prescritto dal DM 14/01/2008, sono state individuate le combinazioni di carico per le verifiche di stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e in condizioni sismiche.

- combinazione fondamentale (SLU)
- combinazione di esercizio (SLE)
- combinazione sismica (SLV): il coefficiente di combinazione per il carico variabile  $Q_1$  è pari a 0

Ai fini della scelta dei coefficienti parziali da applicare alle azioni ( $\gamma$ ), la norma definisce inoltre, per il caso specifico delle opere di sostegno, due possibili approcci progettuali ovvero:

#### Approccio 1:

Fase Statica: A1+M1+R1 (STR – Combinazione per le verifiche strutturali)

A2+M2+R1 (GEO – Combinazione per le verifiche geotecniche)

Fase Sismica: 1+M1+R1 (EQK-STR – Combinazione per le verifiche strutturali in fase sismica)

1+M2+R1 (EQK-GEO – Combinazione per le verifiche geotecniche in fase sismica)

#### Approccio 2:

Fase Statica: A1+M1+R3 (STR / GEO – Combinazione per le verifiche strutturali e geotecniche)

Fase Sismica: 1+M1+R3 (EQK- STR/GEO – Combinazione per le verifiche strutturali e geotecniche in fase sismica)

essendo:

Nel caso in esame si opererà utilizzando l'APPROCCIO 2.

Di seguito un riepilogo delle Combinazioni di Calcolo considerate nelle analisi:

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1, fav}$	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1, sfav}$	1.30	1.10	1.10	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q, sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT, fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT, sfav}$	1.50	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso nell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.00	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.35	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.50	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.15	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso pacchetto ferroviario	1.50	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 11 - EQU H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 12 - EQU H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Carico variabile da traffico	1.00	1.00	Sfavorevole
Peso pacchetto ferroviario	1.00	--	Sfavorevole

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>27</b>

## 11. CRITERI DI VERIFICA DELLE OPERE DI SOSTEGNO

Le verifiche sono state condotte in accordo con le prescrizioni e le indicazioni del DM 14/01/2008 e della Circolare n.617/09.

### 11.1 VERIFICHE DI STABILITA' LOCALE

#### 11.1.1 Verifiche allo scorrimento

È stato verificato il rispetto della seguente condizione:

$$F_s = (a' \cdot B + N \cdot \tan \mu) / H > 1.0$$

Dove:

N = Risultante delle azioni ortogonali al piano di scorrimento

H = Risultante delle azioni parallele al piano di scorrimento

a' = adesione terreno fondazione, posta pari a zero,

B = Dimensione della Fondazione sul piano di scorrimento.

$\mu$  = Coefficiente di attrito fondazione - terreno

#### 11.1.2 Verifiche a ribaltamento

La verifica al ribaltamento rispetto al vertice esterno della fondazione è viene trattata secondo la normativa come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i relativi coefficienti sulle azioni di cui alla tabella 2.6.I delle NTC, adoperando i coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

Nella fattispecie, per ciascuna delle combinazioni di Verifica allo SLU statico e sismico rispetto alle quali è prescritta la verifica al ribaltamento, è stata verificata il rispetto della seguente condizione:

$$M_{STAB} \geq M_{RIB}$$

essendo

$M_{RIB}$  = Risultante momenti ribaltanti

$M_{STAB}$  = Risultante momenti stabilizzanti

#### 11.1.3 Verifica di Capacità Portante (Carico Limite fondazioni dirette)

Per la valutazione del carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Brinch-Hansen di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

c Coesione

ca Adesione lungo la base della fondazione ( $ca \leq c$ )

V Azione tagliante

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	28

- $\varphi$  Angolo d'attrito
- $\delta$  Angolo di attrito terreno fondazione
- $\gamma$  Peso specifico del terreno
- $K_p$  Coefficiente di spinta passiva espresso da  $K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$
- $B$  Larghezza della fondazione
- $L$  Lunghezza della fondazione
- $D$  Profondità del piano di posa della fondazione
- $\eta$  inclinazione piano posa della fondazione
- $P$  Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- $q_{ult}$  Carico ultimo della fondazione

Risulta:

#### Caso generale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

#### Caso di terreno puramente coesivo $\varphi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui  $d_c$ ,  $d_q$  e  $d_\gamma$  sono i fattori di profondità,  $s_c$ ,  $s_q$  e  $s_\gamma$  sono i fattori di forma,  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico,  $b_c$ ,  $b_q$  e  $b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e  $g_c$ ,  $g_q$  e  $g_\gamma$  sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = K_p e^{\pi \cdot \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

#### Fattori di forma

per $\varphi = 0$	per $\varphi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$
	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \tan \varphi$
	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

#### Fattori di profondità

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

#### Fattori inclinazione del carico

Indicando con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \cdot L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	29

fondazione B, L e all'eccentricità del carico  $e_B, e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$  e  $L' = L - 2e_L$ ) con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta = 0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$	
$i_c = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	
	$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$	
	Per $\eta = 0$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta > 0$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

Fattori inclinazione del piano di posa della fondazione      Fattori di inclinazione del terreno

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$ $b_q = e^{-2.7\eta\phi}$ $b_\gamma = e^{-2.7\eta\phi}$

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\text{tg}\beta)^\delta$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \text{tg}(\delta) + A_f c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

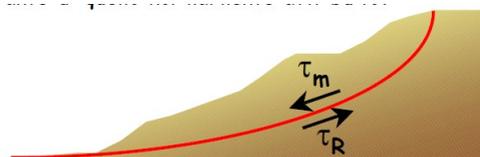
$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	30

## 11.2 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Per la analisi di stabilità globale presentate nel seguito del presente documento, si è fatto riferimento ai metodi dell'equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgestern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie.



Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b, interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Nel caso in esame, è stata utilizzato in particolare il metodo di Bishop, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b<sub>i</sub> ed α<sub>i</sub> sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i-esima rispetto all'orizzontale, W<sub>i</sub> è il peso della striscia i-esima e c<sub>i</sub> e φ<sub>i</sub> sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η. Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>31</b>

### 11.2.1 Verifiche in fase sismica

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W \text{ (azione sismica orizzontale)}$$

$$F_v = k_v \cdot W \text{ (azione sismica verticale)}$$

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1

**Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g \text{ (accelerazione massima attesa al sito)}$$

SS: coefficiente di amplificazione stratigrafica

ST: coefficiente di amplificazione topografica

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>32</b>

## 12. VERIFICHE STRUTTURALI – CRITERI GENERALI

### 12.1 VERIFICA SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio, il tasso di lavoro nei materiali e l'ampiezza delle fessure attese, secondo quanto di seguito specificato.

#### 12.1.1 Verifica alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento quelli previsti da manuale di progettazione [N.8].

#### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- Per combinazioni di carico caratteristica (rara):  $\sigma_{c,lim} < 0,55 \cdot f_{ck}$ ;
- Per combinazioni di carico quasi permanente:  $\sigma_{c,lim} < 0,40 \cdot f_{ck}$ ;

#### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie deve essere rispettato il seguente limite:  $\sigma_{s,lim} < 0,75 \cdot f_{yk}$ .

#### 12.1.2 Verifiche a fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio è possibile definire l'apertura limite delle fessure secondo il prospetto seguente:

Tabella 2. Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione.

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_{d,lim}$	Stato limite	$w_{d,lim}$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

risultando:

$$-w_1=0,2 \text{ mm};$$

$$-w_2=0,3 \text{ mm};$$

$$-w_3=0,4 \text{ mm}.$$

Per le verifiche a fessurazione del calcestruzzo armato si adotta la classe di esposizione **XC4** ed una tipologia di armatura poco sensibile. Tale classe di esposizione rientra nelle condizioni ambientali aggressive, come desumibile dalla tabella 4.1.III del D.M. 14/01/2008.

Alle prescrizioni normative presenti nell'NTC si sostituiscono nel caso specifico quelle fornite dal manuale di progettazione opere civili RFI al §2.5.1.8.3.2.4 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, qual è il caso delle strutture in esame così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del D.M. 14/01/2008, per tutte le strutture a permanente contatto

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

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

## 12.2 VERIFICA SLU

### 12.2.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali.

La verifica delle sezioni viene eseguita secondo il metodo degli stati limite basato sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Calcestruzzo non resistente a trazione;
- Perfetta aderenza acciaio-calcestruzzo.

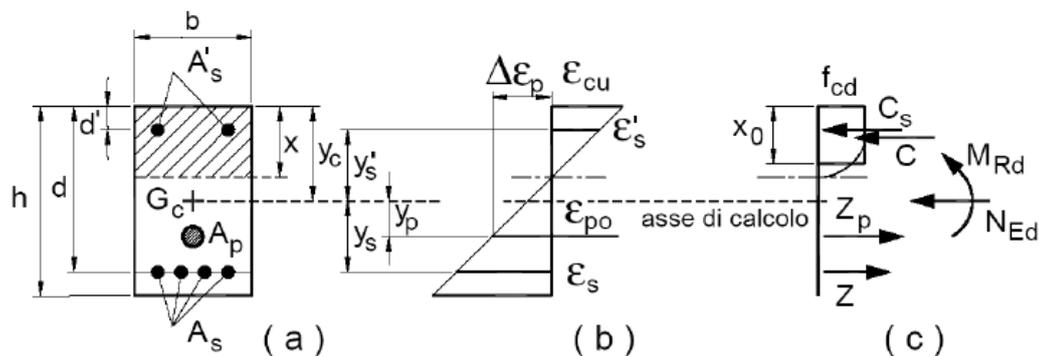


Figura 3. Schema per la valutazione della capacità resistente di una sezione presso-inflessa.

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

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

dove

- $M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;
- $N_{Ed}$  è il valore di calcolo della compressione assiale (sforzo normale) dell'azione;
- $M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione

MANDATARIA  MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>34</b>

## 12.2.2 Taglio

### 12.2.2.9 Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  della membratura a sezione rettangolare priva di specifiche armature trasversali risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot f_{ck}^{1/2} \cdot k^{3/2}$$

e dove

- $d$  è l'altezza utile della sezione in [mm];
- $\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );
- $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 \cdot f_{cd}$ );
- $b_w$  è la larghezza minima della sezione in [mm]

### 12.2.2.10 Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  è pari al minimo tra la resistenza di calcolo a "taglio trazione"  $V_{Rsd}$  e la resistenza di calcolo a "taglio compressione"  $V_{Rcd}$ .

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

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot \theta^2)$$

essendo  $\theta$  l'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento che deve soddisfare le seguenti limitazioni:

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

e dove si è posto:

- $A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;
- $s$  interasse tra due armature trasversali consecutive;
- $\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;
- $f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo ( $f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$ );

$\alpha_c$	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 $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0,5 f_{cd}$
		$2,5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

### 13. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

A riguardo si precisa che i calcoli sono stati effettuati, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria, mediante Ausilio del Software commerciale GEO5

### 14. RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURI

Di seguito si riportano i risultati delle analisi dei muri in oggetto per le tipologie definite al paragrafo 1.

#### 14.1 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO SEZIONE A

##### 14.1.1 Modello di calcolo

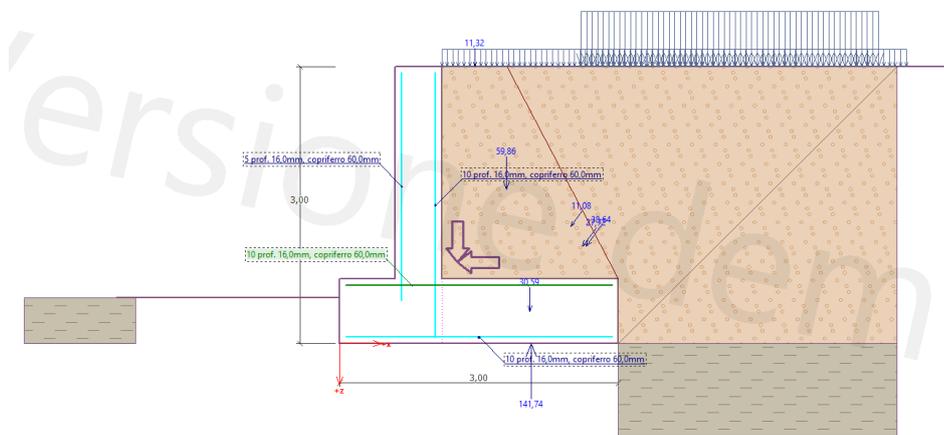


Figura 4 – Modello di calcolo muro

50

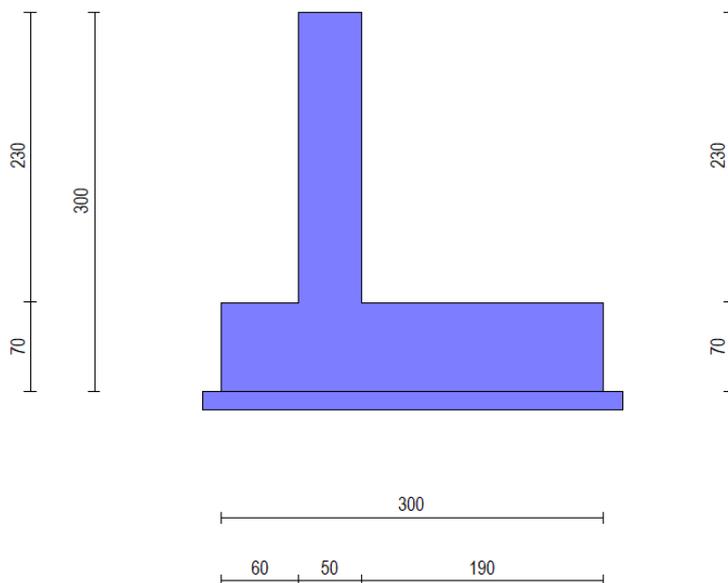


Figura 5 – Geometria muro

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>36</b>

### 14.1.2 Verifiche strutturali e geotecniche

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	Φ16/10 cm	Φ16/10 cm	FONDAZIONE	Φ16/10 cm	Φ16/10 cm

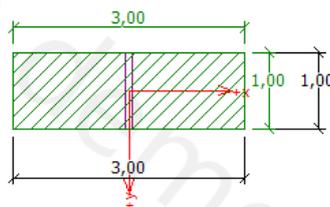
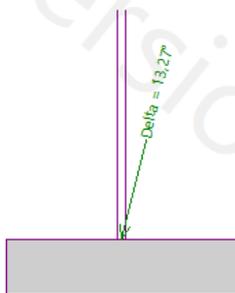
Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 6 cm.

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a non armati a taglio, tuttavia, si prevede un minimo di armatura a taglio costituita da spilli 6Φ8/mq.

Per ulteriori dettagli circa i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo specifici per l'opera in oggetto.

### 14.1.3 Verifiche

#### Carico Limite



#### Verifica della capacità portante della fondazione superficiale

##### Verifica della capacità portante verticale

Forma della pressione di contatto : rettangolo  
 Caso di carico più sfavorevole N.3. (LC 3).  
 Resistenza di progetto  $R_d = 308,46 \text{ kPa}$   
 Pressione di contatto (limite)  $\sigma = 92,74 \text{ kPa}$

Fattore di sicurezza =  $3,33 > 1,50$

Capacità portante nella direzione verticale SODDISFATTA

##### Verifica dell'eccentricità del carico

Max. eccentricità in direzione x  $e_x = 0,000 < 0,333$

Max. eccentricità in direzione y  $e_y = 0,000 < 0,333$

Eccentricità complessiva  $e_t = 0,000 < 0,333$

Eccentricità del carico SODDISFATTA

##### Verifica della capacità portante orizzontale (scorrimento)

Caso di carico più sfavorevole N.5. (LC 5).

Capacità portante orizzontale (resistenza allo scorrimento)  $R_{dh} = 131,99 \text{ kN}$

Forza orizzontale  $H = 56,76 \text{ kN}$

Fattore di sicurezza =  $2,33 > 1,50$

Capacità portante nella direzione orizzontale SODDISFATTA

Capacità portante della fondazione SODDISFATTA

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	37

**Verifica delle fondazioni superficiali**

**Dati inseriti:**

**Impostazioni**

Standard - fattori di sicurezza

**Materiali e standard**

Cemento armato : EN 1992-1-1 (EC2)  
Coefficienti EN 1992-1-1 : standard

**Cedimento**

Metodo di analisi : Analisi effettuata usando il modulo edometrico  
Restrizione della zona di influenza : per percentuale di Sigma, 0  
Coeff. di restrizione della zona di influenza : 10,0 [%]

**Fondazioni superficiali**

Metodologia di verifica : Fattori di sicurezza (ASD)  
Analisi per le condizioni drenate : Approccio standard  
Analisi del sollevamento : Standard  
Eccentricità accettabile : 0,333

Fattori di sicurezza		
Situazione di progetto permanente		
Fattore di sicurezza per la portata verticale :	SF <sub>v</sub> =	1,50 [-]
Fattore di sicurezza per la resistenza allo scorrimento :	SF <sub>h</sub> =	1,50 [-]

**Parametri del terreno di base**

N.	Nome	Retino	Φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>su</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	δ [°]
1	Rilevato		35,00	0,00	20,00	10,00	25,00
2	CGC2		25,00	10,00	19,00	10,00	17,00

Tutti i terreni sono considerati non coesivi per l'analisi della spinta a riposo.

**Parametri terreno**

**Rilevato**

Peso unitario : γ = 20,00 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito interno : Φ<sub>ef</sub> = 35,00 °  
Coesione del terreno : c<sub>ef</sub> = 0,00 kPa  
Modulo edometrico : E<sub>oed</sub> = 300,00 MPa  
Peso unitario saturo : γ<sub>sat</sub> = 20,00 kN/m<sup>3</sup>

**CGC2**

Peso unitario : γ = 19,00 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito interno : Φ<sub>ef</sub> = 25,00 °  
Coesione del terreno : c<sub>ef</sub> = 10,00 kPa  
Modulo edometrico : E<sub>oed</sub> = 300,00 MPa  
Peso unitario saturo : γ<sub>sat</sub> = 20,00 kN/m<sup>3</sup>

**Fondazione**

**Tipo della fondazione: Fondazione a trave rovescia**

Profondità dal piano campagna h<sub>z</sub> = 3,00 m  
Profondità dalla fondazione inferiore d = 0,50 m

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	38

Spessore della fondazione  $t = 0,70$  m  
Incl. del terreno di riporto  $s_1 = 0,00$  \*  
Incl. del piano di posa  $s_2 = 0,00$  \*

**Sovraccaricato**

Tipo: peso dell'unità di volume di input  
Peso unitario del terreno sopra la fondazione = 20,00 kN/m<sup>3</sup>

**Geometria della struttura**

**Tipo della fondazione: Fondazione a trave rovescia**

Lunghezza complessiva della fondazione a trave rovescia = 10,00 m  
Larghezza della fondazione a trave rovescia (x) = 3,00 m  
Larghezza della colonna nella direzione di x = 0,10 m

Il carico inserito è considerato per la lunghezza unitaria dell'arco continuo della fondazione.

Volume della fondazione a trave rovescia = 2,10 m<sup>3</sup>/m  
Volume di scavo = 1,50 m<sup>3</sup>/m  
Volume di riporto = 0,00 m<sup>3</sup>/m

**Materiale della struttura**

Peso unitario  $\gamma = 23,00$  kN/m<sup>3</sup>  
Analisi delle strutture in cls effettuata secondo la normativa EN 1992-1-1 (EC2).

**Calcestruzzo: C 30/37**

Resistenza cilindrica a compressione  $f_{ck} = 30,00$  MPa  
Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2,90$  MPa  
Modulo di elasticità  $E_{cm} = 33000,00$  MPa

**Acciaio longitudinale: B450C**

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450,00$  MPa

**Acciaio trasversale: B500B**

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 500,00$  MPa

**Profilo geologico e terreni assegnati**

N.	Spessore dello strato t [m]	Profondità z [m]	Terreno assegnato	Retino
1	3,00	0,00 .. 3,00	Rilevato	
2	-	3,00 .. ∞	CGC2	

**Carico**

N.	Carico		Nome	Tipo	N [kN/m]	M <sub>y</sub> [kNm/m]	H <sub>x</sub> [kN/m]
	nuovo	modifica					
1	Si		LC 1	Caratteristico	208,30	-44,18	-63,11
2	Si		LC 2	Di progetto	208,30	-44,18	-63,11
3	Si		LC 3	Caratteristico	229,92	-45,94	-65,63
4	Si		LC 4	Di progetto	229,92	-45,94	-65,63
5	Si		LC 5	Caratteristico	170,42	-39,73	-56,76
6	Si		LC 6	Di progetto	170,42	-39,73	-56,76
7	Si		LC 7	Caratteristico	170,42	-39,73	-56,76
8	Si		LC 8	Di progetto	170,42	-39,73	-56,76

**Impostazioni generali**

Tipo di analisi : analisi per le condizioni drenate

**Impostazioni della fase di progetto**

Situazione del progetto : permanente

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	39

### Verifica N. 1

#### Verifica della combinazione di carico

Nome	$e_x$ [m]	$e_y$ [m]	$\sigma$ [kPa]	$R_d$ [kPa]	Uso [%]	Soddisfatto
LC 1	0,00	0,00	85,53	300,40	42,71	Si
LC 3	0,00	0,00	92,74	308,46	45,10	Si
LC 5	0,00	0,00	72,91	289,68	37,75	Si
LC 7	0,00	0,00	72,91	289,68	37,75	Si

Analisi effettuata con selezione automatica dei casi di carico più sfavorevoli.

Peso proprio calcolato della fondazione a trave travescia  $G = 48,30$  kN/m

Peso caratteristico del terreno di riporto  $Z = 0,00$  kN/m

#### Verifica della capacità portante verticale

Forma della pressione di contatto: rettangolo

Caso di carico più sfavorevole N.3. (LC 3).

Parametri della superficie di scorrimento sotto le fondazioni:

Profondità della superficie di scorrimento  $z_{sp} = 4,04$  m

Lunghezza della superficie di scorrimento  $l_{sp} = 11,29$  m

Resistenza di progetto  $R_d = 308,46$  kPa

Pressione di contatto (limite)  $\sigma = 92,74$  kPa

Fattore di sicurezza = 3,33 > 1,50

**Capacità portante nella direzione verticale SODDISFATTA**

#### Verifica dell'eccentricità del carico

Max. eccentricità in direzione x  $e_x = 0,000 < 0,333$

Max. eccentricità in direzione y  $e_y = 0,000 < 0,333$

Eccentricità complessiva  $e_t = 0,000 < 0,333$

**Eccentricità del carico SODDISFATTA**

#### Verifica della capacità portante orizzontale (scorrimento)

Caso di carico più sfavorevole N.5. (LC 5).

Spinta del terreno: non considerato

Capacità portante orizzontale (resistenza allo scorrimento)  $R_{dh} = 131,99$  kN

Forza orizzontale  $H = 56,76$  kN

Fattore di sicurezza = 2,33 > 1,50

**Capacità portante nella direzione orizzontale SODDISFATTA**

**Capacità portante della fondazione SODDISFATTA**

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	40

### Verifiche strutturali e geotecniche

#### Analisi del muro a mensola

##### Dati inseriti:

##### Progetto

Data : 25/07/2023

##### Impostazioni

Standard - fattori di sicurezza

##### Materiali e standard

Cemento armato : EN 1992-1-1 (EC2)  
Coefficienti EN 1992-1-1 : standard

##### Analisi della parete

Metodologia di verifica : Fattori di sicurezza (ASD)  
Calcolo spinta attiva terreno : Coulomb  
Calcolo spinta passiva terreno : Caquot-Kerisel  
Analisi sismica : Mononobe-Okabe  
Forma del cuneo di spinta : Calcola come inclinazione  
Dente : Il dente è considerato come piano di posa inclinato  
Eccentricità accettabile : 0,333

Fattori di sicurezza		
Situazione di progetto permanente		
Fattore di sicurezza per il ribaltamento :	$SF_o =$	1,50 [-]
Fattore di sicurezza per la resistenza allo scivolamento :	$SF_s =$	1,50 [-]
Fattore di sicurezza per la portata :	$SF_b =$	1,50 [-]

##### Materiale della struttura

Peso unitario  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Analisi delle strutture in cls effettuata secondo la normativa EN 1992-1-1 (EC2).

##### Calcestruzzo: C 30/37

Resistenza cilindrica a compressione  $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

##### Acciaio longitudinale: B450C

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450,00 \text{ MPa}$

##### Geometria della struttura

N.	Coordinate X [m]	Profondità Z [m]
1	0,00	0,00
2	0,00	2,30
3	1,90	2,30
4	1,90	3,00
5	-1,10	3,00
6	-1,10	2,30
7	-0,50	2,30
8	-0,50	0,00

L'origine [0,0] è collocata nel punto destro più alto della parete.

Area della sezione della parete =  $3,25 \text{ m}^2$ .

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	41

**Parametri del terreno di base**

N.	Nome	Retino	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Rilevato		35,00	0,00	20,00	10,00	25,00
2	CGC2		25,00	10,00	19,00	10,00	17,00

Tutti i terreni sono considerati non coesivi per l'analisi della spinta a riposo.

**Parametri terreno**

**Rilevato**

Peso unitario :  $\gamma = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>  
 Tensione : efficace  
 Angolo di attrito interno :  $\varphi_{ef} = 35,00$  °  
 Coesione del terreno :  $c_{ef} = 0,00$  kPa  
 Angolo di attrito strutt.-terreno :  $\delta = 25,00$  °  
 Terreno : non coesivo  
 Peso unitario saturo :  $\gamma_{sat} = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>

**CGC2**

Peso unitario :  $\gamma = 19,00$  kN/m<sup>3</sup>  
 Tensione : efficace  
 Angolo di attrito interno :  $\varphi_{ef} = 25,00$  °  
 Coesione del terreno :  $c_{ef} = 10,00$  kPa  
 Angolo di attrito strutt.-terreno :  $\delta = 17,00$  °  
 Terreno : non coesivo  
 Peso unitario saturo :  $\gamma_{sat} = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>

**Riempimento**

Terreno assegnato : Rilevato  
 Scarpata = 45,00 °

**Profilo geologico e terreni assegnati**

N.	Spessore dello strato t [m]	Profondità z [m]	Terreno assegnato	Retino
1	3,00	0,00 .. 3,00	Rilevato	
2	-	3,00 .. ∞	CGC2	

**Fondazione**

Tipo di fondazione : terreno dal profilo geologico

**Profilo del terreno**

Il terreno a monte è pianeggiante.

**Influenza dell'acqua**

Livello della falda acquifera collocato sotto la struttura.

**Sovraccarichi di superficie**

N.	Sovraccarico		Azione	Grand.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Grand.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Lunghezza l [m]	Profondità z [m]
	nuovo	modifica						
1	Si		permanente	16,00		0,00	5,00	sul terreno
2	Si		variabile	50,00		1,50	3,20	sul terreno

N.	Nome
1	Qb

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	42

N.	Nome
2	Qsw2

**Resistenza sul fronte anteriore della struttura**

Resistenza sul fronte anteriore della struttura: a riposo  
Terreno sul fronte anteriore della struttura - CGC2  
Spessore del terreno a valle  $h = 0,50$  m  
Il terreno a valle è pianeggiante.

**Sisma**

Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = 0,0650$   
Coefficiente sismico verticale  $K_v = -0,0320$

L'acqua sotto il L.F. è limitata.

**Impostazioni della fase di progetto**

Situazione del progetto : permanente  
La parete è libera di muoversi. Considerata la spinta attiva.

**Verifica N. 1**

**Forze agenti sulla costruzione**

Nome	$F_{hor}$ [kN/m]	Punto appl. z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-0,88	74,75	1,27	1,000
Sisma - costr.	4,86	-0,88	2,39	1,27	0,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-1,67	59,86	1,80	1,300
Sisma - cuneo del terreno	3,89	-1,67	1,92	1,80	0,000
Spinta attiva	22,55	-1,05	31,37	2,65	1,300
Sisma - spinta attiva	3,39	-2,01	6,26	2,29	0,000
Qb	6,53	-1,27	8,95	2,49	1,500
Qsw2	16,91	-1,06	21,97	2,61	1,500
Qb	0,00	-3,00	11,24	1,45	1,500

**Dettaglio delle verifiche**

**Verifica di stabilità a ribaltamento**

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 486,70$  kNm/m  
Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 69,96$  kNm/m

Fattore di sicurezza = 6,96 > 1,50

**Verifica a ribaltamento SODDISFATTA**

**Verifica a scorrimento**

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 179,67$  kN/m  
Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 63,11$  kN/m

Fattore di sicurezza = 2,85 > 1,50

**Verifica a scorrimento SODDISFATTA**

**Verifica globale - PARETE SODDISFATTA**

**Verifica N. 2**

**Forze agenti sulla costruzione**

Nome	$F_{hor}$ [kN/m]	Punto appl. z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-0,88	74,75	1,27	1,300

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	43

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Sisma - costr.	4,86	-0,88	2,39	1,27	0,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-1,67	59,86	1,80	1,300
Sisma - cuneo del terreno	3,89	-1,67	1,92	1,80	1,300
Spinta attiva	22,55	-1,05	31,37	2,65	1,300
Sisma - spinta attiva	3,39	-2,01	6,26	2,29	0,000
Qb	6,53	-1,27	8,95	2,49	1,500
Qsw2	16,91	-1,06	21,97	2,61	1,350
Qb	0,00	-3,00	11,24	1,45	1,500

Dettaglio delle verifiche

Verifica di stabilità a ribaltamento

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 511,05$  kNm/m

Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 75,74$  kNm/m

Fattore di sicurezza = 6,75 > 1,50

Verifica a ribaltamento **SODDISFATTA**

Verifica a scorrimento

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 194,81$  kN/m

Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 65,63$  kN/m

Fattore di sicurezza = 2,97 > 1,50

Verifica a scorrimento **SODDISFATTA**

Verifica globale - PARETE **SODDISFATTA**

Verifica N. 3

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-0,88	74,75	1,27	1,000
Sisma - costr.	4,86	-0,88	2,39	1,27	1,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-1,67	59,86	1,80	1,000
Sisma - cuneo del terreno	3,89	-1,67	1,92	1,80	1,000
Spinta attiva	22,55	-1,05	31,37	2,65	1,000
Sisma - spinta attiva	3,39	-2,01	6,26	2,29	1,000
Qb	6,53	-1,27	8,95	2,49	1,000
Qsw2	16,91	-1,06	21,97	2,61	1,000
Qb	0,00	-3,00	11,24	1,45	1,000

Dettaglio delle verifiche

Verifica di stabilità a ribaltamento

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 402,33$  kNm/m

Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 67,33$  kNm/m

Fattore di sicurezza = 5,98 > 1,50

Verifica a ribaltamento **SODDISFATTA**

Verifica a scorrimento

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	44

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 153,15$  kN/m

Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 56,76$  kN/m

Fattore di sicurezza = 2,70 > 1,50

**Verifica a scorrimento SODDISFATTA**

**Verifica globale - PARETE SODDISFATTA**

**Verifica N. 4**

**Forze agenti sulla costruzione**

Nome	$F_{hor}$ [kN/m]	Punto appl. z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-0,88	74,75	1,27	1,000
Sisma - costr.	4,86	-0,88	2,39	1,27	1,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-1,67	59,86	1,80	1,000
Sisma - cuneo del terreno	3,89	-1,67	1,92	1,80	1,000
Spinta attiva	22,55	-1,05	31,37	2,65	1,000
Sisma - spinta attiva	3,39	-2,01	6,26	2,29	1,000
Qb	6,53	-1,27	8,95	2,49	1,000
Qsw2	16,91	-1,06	21,97	2,61	1,000
Qb	0,00	-3,00	11,24	1,45	1,000

**Dettaglio delle verifiche**

**Verifica di stabilità a ribaltamento**

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 402,33$  kNm/m

Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 67,33$  kNm/m

Fattore di sicurezza = 5,98 > 1,50

**Verifica a ribaltamento SODDISFATTA**

**Verifica a scorrimento**

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 153,15$  kN/m

Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 56,76$  kN/m

Fattore di sicurezza = 2,70 > 1,50

**Verifica a scorrimento SODDISFATTA**

**Verifica globale - PARETE SODDISFATTA**

**Capacità portante del terreno di fondazione**

**Carico caratteristico che agisce al centro del piano di posa**

N.	Momento [kNm/m]	Forza norm. [kN/m]	Forza di taglio [kN/m]	Eccentricità [-]	Tensione [kPa]
1	-31,84	256,60	63,11	0,000	85,53
2	-17,97	278,22	65,63	0,000	92,74
3	-6,93	218,72	56,76	0,000	72,91
4	-6,93	218,72	56,76	0,000	72,91

**Carico di progetto agente al centro del piano di posa**

N.	Momento [kNm/m]	Forza norm. [kN/m]	Forza di taglio [kN/m]
1	-31,84	256,60	63,11
2	-17,97	278,22	65,63

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	45

N.	Momento [kNm/m]	Forza norm. [kN/m]	Forza di taglio [kN/m]
3	-6,93	218,72	56,76
4	-6,93	218,72	56,76

Dimensionamento N. 1

Verifica parete - Armatura lato anteriore

Spinta a riposo a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	2,30	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	
2	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	

Distribuzione spinta a riposo a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2,30	45,94	0,00	19,59	19,59	0,00
2	2,30	45,94	0,00	19,59	19,59	0,00
	2,30	45,98	0,00	19,60	19,60	0,00

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	6,82	0,00
2	0,08	6,82	0,00
3	0,16	6,82	0,00
4	0,25	6,82	0,00
5	0,33	6,82	0,00
6	0,41	6,82	0,00
7	0,49	6,82	0,00
8	0,57	6,82	0,00
9	0,66	6,82	0,00
10	0,74	6,82	0,00
11	0,82	6,82	0,00
12	0,90	6,82	0,00
13	0,99	6,82	0,00
14	1,07	6,82	0,00
15	1,15	6,82	0,00
16	1,23	6,82	0,00
17	1,31	6,82	0,00
18	1,40	6,82	0,00
19	1,48	6,82	0,00
20	1,56	6,82	0,00
21	1,64	6,82	0,00
22	1,72	6,82	0,00
23	1,81	6,82	0,00
24	1,89	6,82	0,00
25	1,97	6,82	0,00
26	2,05	6,82	0,00
27	2,13	6,82	0,00

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	46

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
28	2,22		6,82
29	2,30		6,82
30	2,30		6,82

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,08	2,37	0,00
3	0,16	4,69	0,00
4	0,25	6,94	0,00
5	0,33	9,08	0,00
6	0,41	11,07	0,00
7	0,49	12,91	0,00
8	0,57	14,57	0,00
9	0,66	16,05	0,00
10	0,74	17,34	0,00
11	0,82	18,45	0,00
12	0,90	19,37	0,00
13	0,99	20,14	0,00
14	1,07	20,74	0,00
15	1,15	21,20	0,00
16	1,23	21,32	0,00
17	1,31	21,32	0,00
18	1,40	21,32	0,00
19	1,48	21,32	0,00
20	1,56	21,32	0,00
21	1,64	21,32	0,00
22	1,72	21,32	0,00
23	1,81	21,25	0,00
24	1,89	20,96	0,00
25	1,97	20,64	0,00
26	2,05	20,29	0,00
27	2,13	19,92	0,00
28	2,22	19,53	0,00
29	2,30	19,13	0,00
30	2,30	19,12	0,00

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,15	26,44	0,25	1,000
Sisma - costr.	1,72	-1,15	0,85	0,25	1,000
Spinta a riposo	22,53	-0,77	0,00	0,50	1,000
Sisma - spinta a riposo	7,09	-1,15	0,00	0,50	1,000
Qb	15,68	-1,15	0,00	0,50	1,000
Qsw2	39,11	-0,96	0,00	0,50	1,000

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	47

Verifica parete - Armatura lato anteriore

L'armatura anteriore non è richiesta.

Verifica parete - Armatura lato posteriore

Spinta a riposo a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\Phi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	2,30	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	
2	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	

Distribuzione spinta a riposo a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2,30	45,94	0,00	19,59	19,59	0,00
2	2,30	45,94	0,00	19,59	19,59	0,00
	2,30	45,98	0,00	19,60	19,60	0,00

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	6,82	0,00
2	0,08	6,82	0,00
3	0,16	6,82	0,00
4	0,25	6,82	0,00
5	0,33	6,82	0,00
6	0,41	6,82	0,00
7	0,49	6,82	0,00
8	0,57	6,82	0,00
9	0,66	6,82	0,00
10	0,74	6,82	0,00
11	0,82	6,82	0,00
12	0,90	6,82	0,00
13	0,99	6,82	0,00
14	1,07	6,82	0,00
15	1,15	6,82	0,00
16	1,23	6,82	0,00
17	1,31	6,82	0,00
18	1,40	6,82	0,00
19	1,48	6,82	0,00
20	1,56	6,82	0,00
21	1,64	6,82	0,00
22	1,72	6,82	0,00
23	1,81	6,82	0,00
24	1,89	6,82	0,00
25	1,97	6,82	0,00
26	2,05	6,82	0,00
27	2,13	6,82	0,00
28	2,22	6,82	0,00
29	2,30	6,82	0,00
30	2,30	6,82	0,00

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	48

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,08	2,37	0,00
3	0,16	4,69	0,00
4	0,25	6,94	0,00
5	0,33	9,08	0,00
6	0,41	11,07	0,00
7	0,49	12,91	0,00
8	0,57	14,57	0,00
9	0,66	16,05	0,00
10	0,74	17,34	0,00
11	0,82	18,45	0,00
12	0,90	19,37	0,00
13	0,99	20,14	0,00
14	1,07	20,74	0,00
15	1,15	21,20	0,00
16	1,23	21,32	0,00
17	1,31	21,32	0,00
18	1,40	21,32	0,00
19	1,48	21,32	0,00
20	1,56	21,32	0,00
21	1,64	21,32	0,00
22	1,72	21,32	0,00
23	1,81	21,25	0,00
24	1,89	20,96	0,00
25	1,97	20,64	0,00
26	2,05	20,29	0,00
27	2,13	19,92	0,00
28	2,22	19,53	0,00
29	2,30	19,13	0,00
30	2,30	19,12	0,00

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,15	26,44	0,25	1,000
Sisma - costr.	1,72	-1,15	0,85	0,25	1,000
Spinta a riposo	22,53	-0,77	0,00	0,50	1,000
Sisma - spinta a riposo	7,09	-1,15	0,00	-0,50	1,000
Qb	15,68	-1,15	0,00	0,50	1,000
Qsw2	39,11	-0,96	0,00	0,50	1,000

Verifica parete - Armatura lato posteriore

Verifica della muratura alla ripresa (del getto) 2,30 m dalla sommità del muro

Armatura e dimensioni della sezione trasversale

10 profili 16,0 mm, copriferro 60,0 mm

Area di rinforzo immessa = 2010,6 mm<sup>2</sup>

Area di armatura richiesta = 723,8 mm<sup>2</sup>

Larghezza della sezione = 1,00 m

Altezza della sezione = 0,50 m

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	49

Rapporto di armatura  $\rho = 0,47 \% > 0,17 \% = \rho_{min}$   
 Posizione dell'asse neutro  $x = 0,06 \text{ m} < 0,28 \text{ m} = x_{max}$   
 Forza resistente di taglio  $V_{Rd} = 209,77 \text{ kN} > 86,13 \text{ kN} = V_{Ed}$   
 Momento resistente della sezione  $M_{Rd} = 327,73 \text{ kNm} > 83,13 \text{ kNm} = M_{Ed}$

La verifica è SODDISFATTA.

Verifica Ala di base a valle

Spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	0,50	0,00	25,00	10,00	19,00	0,577	

Distribuzione spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,50	9,50	0,00	5,49	5,49	0,00

Spinta attiva a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta_d$ [°]	$K_a$	Commento
1	2,30	27,50	35,00	0,00	20,00	35,00	0,587	
2	0,70	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	
3	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	

Distribuzione spinta attiva a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2,30	46,00	0,00	27,00	12,46	23,95
2	2,30	46,00	0,00	11,24	10,19	4,75
	3,00	59,96	0,00	14,66	13,28	6,19
3	3,00	59,96	0,00	14,66	13,28	6,19
	3,00	60,00	0,00	14,67	13,29	6,20

Effetti del sisma(spinta attiva) - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\varphi_d$ [°]	$\beta$ [°]	$\psi$ [°]	$K_a$	$K_{ae}$	$K_{ae} \cdot K_a$	Commento
1	2,30	35,00	0,00	3,60	0,587	0,666	0,079	
2	0,70	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	
3	0,00	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	

Effetti del sisma (spinta attiva)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_D$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	61,92	4,91	2,27	4,36
	2,30	47,47	14,45	1,15	0,53	1,02
2	2,30	47,47	14,45	0,54	0,49	0,23
	3,00	61,88	0,04	0,00	0,00	0,00
3	3,00	61,88	0,04	0,00	0,00	0,00
	3,00	61,92	0,00	0,00	0,00	0,00

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	50

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00
4	0,04	1,80	3,45
5	2,30	1,79	3,43
6	2,30	3,54	1,65
7	3,00	3,53	1,65
8	3,00	3,53	1,65

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00
4	0,56	0,00	0,00
5	0,56	5,80	11,13
6	2,30	5,32	10,23
7	2,30	10,54	4,91
8	3,00	10,10	4,71
9	3,00	10,10	4,71

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-0,88	74,75	1,27	1,000
Sisma - costr.	4,86	-0,88	2,39	1,27	1,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-1,67	59,86	1,80	1,000
Sisma - cuneo del terreno	3,89	-1,67	1,92	1,80	1,000
Spinta attiva	22,55	-1,05	31,37	2,65	1,000
Sisma - spinta attiva	3,39	-2,01	6,26	2,29	1,000
Qb	6,53	-1,27	8,95	2,49	1,000
Qsw2	16,91	-1,06	21,97	2,61	1,000
Qb	0,00	-3,00	11,24	1,45	1,000

Verifica Ala di base a valle

Armatura e dimensioni della sezione trasversale

10 profili 16,0 mm, copriferro 60,0 mm  
 Area di rinforzo immessa = 2010,6 mm<sup>2</sup>  
 Area di armatura richiesta = 1059,0 mm<sup>2</sup>  
 Larghezza della sezione = 1,00 m  
 Altezza della sezione = 0,70 m

Rapporto di armatura  $\rho = 0,32 \% > 0,17 \% = \rho_{min}$   
 Posizione dell'asse neutro  $x = 0,05 m < 0,41 m = x_{max}$   
 Forza resistente di taglio  $V_{Rd} = 251,37 kN > 34,08 kN = V_{Ed}$   
 Momento resistente della sezione  $M_{Rd} = 481,76 kNm > 19,86 kNm = M_{Ed}$

La verifica è SODDISFATTA.

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	51

Verifica Ala di base a monte

Spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	0,50	0,00	25,00	10,00	19,00	0,577	

Distribuzione spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,50	9,50	0,00	5,49	5,49	0,00

Spinta attiva a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta_d$ [°]	$K_a$	Commento
1	2,30	27,50	35,00	0,00	20,00	35,00	0,587	
2	0,70	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	
3	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	

Distribuzione spinta attiva a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2,30	46,00	0,00	27,00	12,46	23,95
2	2,30	46,00	0,00	11,24	10,19	4,75
	3,00	59,96	0,00	14,66	13,28	6,19
3	3,00	59,96	0,00	14,66	13,28	6,19
	3,00	60,00	0,00	14,67	13,29	6,20

Effetti del sisma(spinta attiva) - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\varphi_d$ [°]	$\beta$ [°]	$\psi$ [°]	$K_a$	$K_{ae}$	$K_{ae}K_a$	Commento
1	2,30	35,00	0,00	3,60	0,587	0,666	0,079	
2	0,70	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	
3	0,00	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	

Effetti del sisma (spinta attiva)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_D$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	61,92	4,91	2,27	4,36
	2,30	47,47	14,45	1,15	0,53	1,02
2	2,30	47,47	14,45	0,54	0,49	0,23
	3,00	61,88	0,04	0,00	0,00	0,00
3	3,00	61,88	0,04	0,00	0,00	0,00
	3,00	61,92	0,00	0,00	0,00	0,00

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	52

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
4	0,04		1,80
5	2,30		1,79
6	2,30		3,54
7	3,00		3,53
8	3,00		3,53

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00
4	0,56	0,00	0,00
5	0,56	5,80	11,13
6	2,30	5,32	10,23
7	2,30	10,54	4,91
8	3,00	10,10	4,71
9	3,00	10,10	4,71

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-0,35	30,59	2,05	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-1,67	59,86	1,80	1,000
Spinta attiva	22,55	-1,05	31,37	2,65	1,000
Qb	6,53	-1,27	8,95	2,49	1,000
Qsw2	16,91	-1,06	21,97	2,61	1,000
Tensione di contatto	0,00	0,00	-141,74	2,06	1,000
Sovracc. gravitazionale 1	0,00	-3,00	-11,32	1,45	1,000

Verifica Ala di base a monte

Armatura e dimensioni della sezione trasversale

10 profili 16,0 mm, copriferro 60,0 mm

Area di rinforzo immessa = 2010,6 mm<sup>2</sup>

Area di armatura richiesta = 1059,0 mm<sup>2</sup>

Larghezza della sezione = 1,00 m

Altezza della sezione = 0,70 m

Rapporto di armatura  $\rho = 0,32 \% > 0,17 \% = \rho_{min}$

Posizione dell'asse neutro  $x = 0,05 m < 0,41 m = x_{max}$

Forza resistente di taglio  $V_{Rd} = 251,37 kN > 22,33 kN = V_{Ed}$

Momento resistente della sezione  $M_{Rd} = 481,76 kNm > 63,26 kNm = M_{Ed}$

La verifica è SODDISFATTA.

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>	REV <b>B</b>

**VERIFICHE SLE**

<b>Geometria sezione</b>			
Larghezza	b	=	100.00 [cm]
Altezza	h	=	50.00 [cm]
Copriferro	c	=	6.00 [cm]
Altezza utile	d=h-c	=	44.00 [cm]
<b>Materiali</b>			
<b>Calcestruzzo</b>			
Classe di resistenza			C30/37
Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck}$	=	37 [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	=	30.71 [N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	=	1.50
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0.85
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	=	17.40 [N/mm <sup>2</sup> ]
Valore medio della resistenza cilindrica a compressione	$f_{cm}$	=	38.71 [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	=	33,019.43 [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	=	2.94 [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	=	3.53 [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>Barre di armatura</b>			
Tipologia			B450C
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	=	450 [N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	=	1.15
Resistenza di progetto a snervamento	$f_{yd}$	=	391.30 [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico longitudinale	$E_s$	=	210,000 [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>Azioni di progetto - Combinazione caratteristica (rara)</b>			
Momento flettente che tende le fibre inferiori	$M_{Ed,inf}$	=	110 [kN·m]
Durata del carico			Breve
Fattore di durata del carico	$k_t$	=	0.6 [-]
Classe di esposizione			XC4
Condizioni ambientali			Aggressive
<b>Armatura longitudinale</b>			
Tipologia acciai per armature			Ordinari
Tipologia barre			Ad aderenza migliorata
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza delle barre	$k_1$	=	0.8 [-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	=	0.5 [-]
	$k_3$	=	3.4 [-]
	$k_4$	=	0.425 [-]
<b>Caratteristiche della sezione omogeneizzata</b>			
Coefficiente di omogeneizzazione della sezione non fessurata	n	=	6.36 [-]
Modulo di resistenza della sezione in cls non fessurata	$W_0$	=	41666.7 [cm <sup>3</sup> ]
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	=	147.10 [kN·m]
Verifica			SEZIONE NON FESSURATA

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b>	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>IN11- Relazione di calcolo</b> <b>muri</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>IN 11 20</b>			PROGR <b>002</b>

## 14.2 RISULTATI ANALISI E VERIFICHE MURO SEZIONE B

### 14.2.1 Modello di calcolo

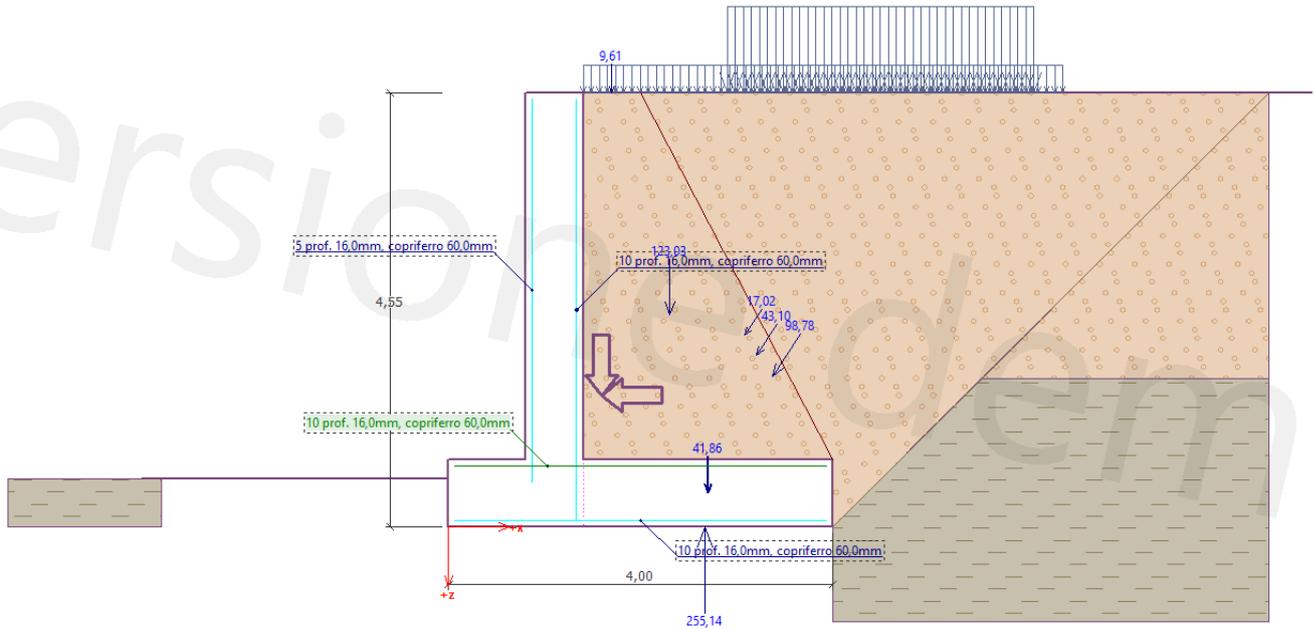


Figura 4 – Modello di calcolo muro

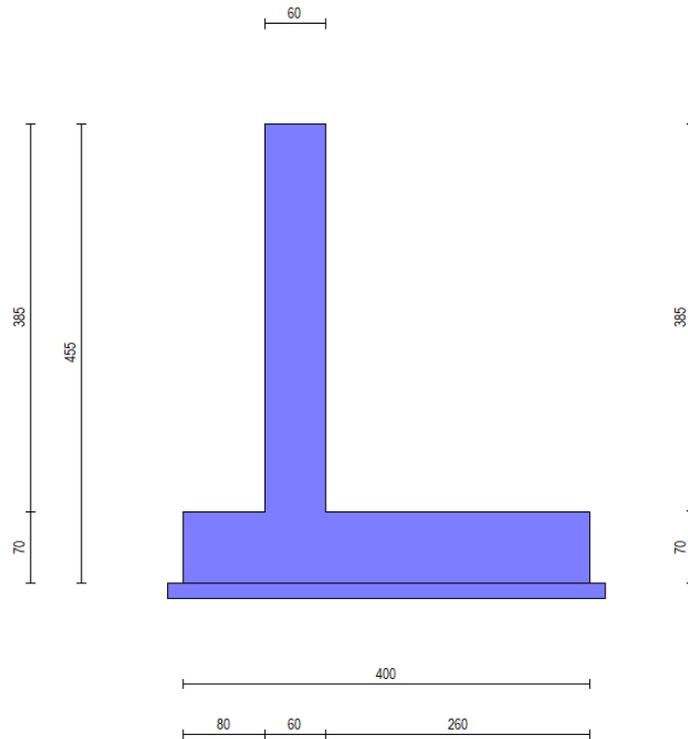


Figura 5 – Geometria muro

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>							
<b>IN11- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>55</b>

### 14.2.2 Verifiche strutturali

Nella tabella seguente si riportano le armature di progetto previste per la sezione di calcolo in questione, come desumibili dagli elaborati grafici di armatura delle opere relative:

Armatura a flessione			Armatura a flessione		
Elemento	Lato monte	Lato valle	Elemento	Lato inferiore	Lato superiore
PARAMENTO	Φ16/10 cm	Φ16/10 cm	FONDAZIONE	Φ16/10 cm	Φ16/10 cm

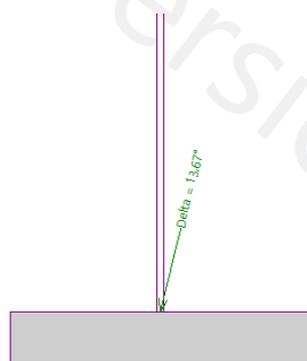
Ai fini delle verifiche si è fatto riferimento per la parte in elevazione (paramento e fondazione muro) ad un copriferro di calcolo (asse armature) pari a 6 cm.

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a non armati a taglio tuttavia si prevede un minimo di armatura a taglio costituita da spilli 6Φ8/mq.

Per ulteriori dettagli circa i risultati delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo specifici per l'opera in oggetto.

### 14.2.3 Verifiche

#### Carico Limite



#### Verifica della capacità portante della fondazione superficiale

##### Verifica della capacità portante verticale

Forma della pressione di contatto : rettangolo

Caso di carico più sfavorevole N.3. (LC 3).

Resistenza di progetto  $R_d = 239,16$  kPa

Pressione di contatto (limite)  $\sigma = 127,92$  kPa

Fattore di sicurezza =  $1,87 > 1,50$

Capacità portante nella direzione verticale SODDISFATTA

##### Verifica dell'eccentricità del carico

Max. eccentricità in direzione x  $e_x = 0,016 < 0,333$

Max. eccentricità in direzione y  $e_y = 0,000 < 0,333$

Eccentricità complessiva  $e_t = 0,016 < 0,333$

Eccentricità del carico SODDISFATTA

##### Verifica della capacità portante orizzontale (scorrimento)

Caso di carico più sfavorevole N.5. (LC 5).

Capacità portante orizzontale (resistenza allo scorrimento)  $R_{dh} = 228,07$  kN

Forza orizzontale  $H = 108,27$  kN

Fattore di sicurezza =  $2,11 > 1,50$

Capacità portante nella direzione orizzontale SODDISFATTA

Capacità portante della fondazione SODDISFATTA

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	56

**Verifica delle fondazioni superficiali**

**Dati inseriti:**

**Impostazioni**

Standard - fattori di sicurezza

**Materiali e standard**

Cemento armato : EN 1992-1-1 (EC2)  
Coefficienti EN 1992-1-1 : standard

**Cedimento**

Metodo di analisi : Analisi effettuata usando il modulo edometrico  
Restrizione della zona di influenza : per percentuale di Sigma, O  
Coeff. di restrizione della zona di influenza : 10,0 [%]

**Fondazioni superficiali**

Metodologia di verifica : Fattori di sicurezza (ASD)  
Analisi per le condizioni drenate : Approccio standard  
Analisi del sollevamento : Standard  
Eccentricità accettabile : 0,333

Fattori di sicurezza	
Situazione di progetto permanente	
Fattore di sicurezza per la portata verticale :	SF <sub>v</sub> = 1,50 [-]
Fattore di sicurezza per la resistenza allo scorrimento :	SF <sub>h</sub> = 1,50 [-]

**Parametri del terreno di base**

N.	Nome	Retino	Φ <sub>ef</sub> [°]	c <sub>ef</sub> [kPa]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	γ <sub>su</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	δ [°]
1	Rilevato		35,00	0,00	20,00	10,00	25,00
2	CGC2		25,00	10,00	19,00	10,00	17,00

Tutti i terreni sono considerati non coesivi per l'analisi della spinta a riposo.

**Parametri terreno**

**Rilevato**

Peso unitario : γ = 20,00 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito interno : Φ<sub>ef</sub> = 35,00 °  
Coesione del terreno : c<sub>ef</sub> = 0,00 kPa  
Modulo edometrico : E<sub>oed</sub> = 300,00 MPa  
Peso unitario saturo : γ<sub>sat</sub> = 20,00 kN/m<sup>3</sup>

**CGC2**

Peso unitario : γ = 19,00 kN/m<sup>3</sup>  
Angolo di attrito interno : Φ<sub>ef</sub> = 25,00 °  
Coesione del terreno : c<sub>ef</sub> = 10,00 kPa  
Modulo edometrico : E<sub>oed</sub> = 300,00 MPa  
Peso unitario saturo : γ<sub>sat</sub> = 20,00 kN/m<sup>3</sup>

**Fondazione**

**Tipo della fondazione: Fondazione a trave rovescia**

Profondità dal piano campagna h<sub>z</sub> = 4,55 m  
Profondità dalla fondazione inferiore d = 0,50 m

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	57

Spessore della fondazione  $t = 0,70$  m  
Incl. del terreno di riporto  $s_1 = 0,00$  °  
Incl. del piano di posa  $s_2 = 0,00$  °

**Sovraccaricato**

Tipo: peso dell'unità di volume di input  
Peso unitario del terreno sopra la fondazione = 20,00 kN/m<sup>3</sup>

**Geometria della struttura**

**Tipo della fondazione: Fondazione a trave rovescia**  
Lunghezza complessiva della fondazione a trave rovescia = 1,00 m  
Larghezza della fondazione a trave rovescia (x) = 4,00 m  
Larghezza della colonna nella direzione di x = 0,10 m

Il carico inserito è considerato per la lunghezza unitaria dell'arco continuo della fondazione.

Volume della fondazione a trave rovescia = 2,80 m<sup>3</sup>/m  
Volume di scavo = 2,00 m<sup>3</sup>/m  
Volume di riporto = 0,00 m<sup>3</sup>/m

**Materiale della struttura**

Peso unitario  $\gamma = 23,00$  kN/m<sup>3</sup>  
Analisi delle strutture in cis effettuata secondo la normativa EN 1992-1-1 (EC2).

**Calcestruzzo: C 30/37**

Resistenza cilindrica a compressione  $f_{ck} = 30,00$  MPa  
Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2,90$  MPa  
Modulo di elasticità  $E_{cm} = 33000,00$  MPa

**Acciaio longitudinale: B450C**

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450,00$  MPa

**Acciaio trasversale: B500B**

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 500,00$  MPa

**Profilo geologico e terreni assegnati**

N.	Spessore dello strato t [m]	Profondità z [m]	Terreno assegnato	Retino
1	4,55	0,00 .. 4,55	Rilevato	
2	-	4,55 .. ∞	CGC2	

**Carico**

N.	Carico		Nome	Tipo	N [kN/m]	M <sub>y</sub> [kNm/m]	H <sub>x</sub> [kN/m]
	nuovo	modifica					
1	Si		LC 1	Caratteristico	410,94	-82,09	-117,27
2	Si		LC 2	Di progetto	410,94	-82,09	-117,27
3	Si		LC 3	Caratteristico	445,92	-84,17	-124,11
4	Si		LC 4	Di progetto	445,92	-84,17	-124,11
5	Si		LC 5	Caratteristico	341,64	-50,07	-108,27
6	Si		LC 6	Di progetto	341,64	-50,07	-108,27
7	Si		LC 7	Caratteristico	341,64	-50,07	-108,27
8	Si		LC 8	Di progetto	341,64	-50,07	-108,27

**Impostazioni generali**

Tipo di analisi : analisi per le condizioni drenate

**Impostazioni della fase di progetto**

Situazione del progetto : permanente

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	58

**Verifica N. 1**

Verifica della combinazione di carico

Nome	$e_x$ [m]	$e_y$ [m]	$\sigma$ [kPa]	$R_d$ [kPa]	Uso [%]	Soddisfatto
LC 1	0,00	0,00	118,84	236,92	75,24	Si
LC 3	-0,01	0,00	127,92	239,16	80,23	Si
LC 5	-0,06	0,00	104,83	224,86	69,93	Si
LC 7	-0,06	0,00	104,83	224,86	69,93	Si

Analisi effettuata con selezione automatica dei casi di carico più sfavorevoli.

Peso proprio calcolato della fondazione a trave travessata  $G = 64,40$  kN/m

Peso caratteristico del terreno di riporto  $Z = 0,00$  kN/m

Verifica della capacità portante verticale

Forma della pressione di contatto: rettangolo

Caso di carico più sfavorevole N.3. (LC 3).

Parametri della superficie di scorrimento sotto le fondazioni:

Profondità della superficie di scorrimento  $z_{sp} = 1,35$  m

Lunghezza della superficie di scorrimento  $l_{sp} = 3,76$  m

Resistenza di progetto  $R_d = 239,16$  kPa

Pressione di contatto (limite)  $\sigma = 127,92$  kPa

Fattore di sicurezza = 1,87 > 1,50

**Capacità portante nella direzione verticale SODDISFATTA**

Verifica dell'eccentricità del carico

Max. eccentricità in direzione x  $e_x = 0,016 < 0,333$

Max. eccentricità in direzione y  $e_y = 0,000 < 0,333$

Eccentricità complessiva  $e_t = 0,016 < 0,333$

**Eccentricità del carico SODDISFATTA**

Verifica della capacità portante orizzontale (scorrimento)

Caso di carico più sfavorevole N.5. (LC 5).

Spinta del terreno: non considerato

Capacità portante orizzontale (resistenza allo scorrimento)  $R_{dh} = 228,07$  kN

Forza orizzontale  $H = 108,27$  kN

Fattore di sicurezza = 2,11 > 1,50

**Capacità portante nella direzione orizzontale SODDISFATTA**

**Capacità portante della fondazione SODDISFATTA**

<p>MANDATARIA</p>  <p>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</p> <p>MANDANTI</p> 	<p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p>										
<p><b>IN11- Relazione di calcolo muri</b></p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>59</b>

**Verifiche strutturali e geotecniche**

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	60

**Analisi del muro a mensola**

**Dati inseriti:**

**Progetto**

Data : 25/07/2023

**Impostazioni**

Standard - fattori di sicurezza

**Materiali e standard**

Cemento armato : EN 1992-1-1 (EC2)

Coefficienti EN 1992-1-1 : standard

**Analisi della parete**

Metodologia di verifica : Fattori di sicurezza (ASD)

Calcolo spinta attiva terreno : Coulomb

Calcolo spinta passiva terreno : Caquot-Kerisel

Analisi sismica : Mononobe-Okabe

Forma del cuneo di spinta : Calcola come inclinazione

Dente : Il dente è considerato come piano di posa inclinato

Eccentricità accettabile : 0,333

**Fattori di sicurezza**

**Situazione di progetto permanente**

Fattore di sicurezza per il ribaltamento :	$SF_o =$	1,50 [-]
Fattore di sicurezza per la resistenza allo scivolamento :	$SF_s =$	1,50 [-]
Fattore di sicurezza per la portata :	$SF_b =$	1,50 [-]

**Materiale della struttura**

Peso unitario  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Analisi delle strutture in cls effettuata secondo la normativa EN 1992-1-1 (EC2).

**Calcestruzzo: C 30/37**

Resistenza cilindrica a compressione  $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Resistenza a trazione  $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

**Acciaio longitudinale: B450C**

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450,00 \text{ MPa}$

**Geometria della struttura**

N.	Coordinate X [m]	Profondità Z [m]
1	0,00	0,00
2	0,00	3,85
3	2,60	3,85
4	2,60	4,55
5	-1,40	4,55
6	-1,40	3,85
7	-0,60	3,85
8	-0,60	0,00

L'origine [0,0] è collocata nel punto destro più alto della parete.

Area della sezione della parete =  $5,11 \text{ m}^2$ .

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	61

Parametri del terreno di base

N.	Nome	Retino	$\Phi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{su}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta$ [°]
1	Rilevato		35,00	0,00	20,00	10,00	25,00
2	CGC2		25,00	10,00	19,00	10,00	17,00

Tutti i terreni sono considerati non coesivi per l'analisi della spinta a riposo.

Parametri terreno

**Rilevato**

Peso unitario :  $\gamma = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>  
 Tensione : efficace  
 Angolo di attrito interno :  $\Phi_{ef} = 35,00$  °  
 Coesione del terreno :  $c_{ef} = 0,00$  kPa  
 Angolo di attrito strutt.-terreno :  $\delta = 25,00$  °  
 Terreno : non coesivo  
 Peso unitario saturo :  $\gamma_{sat} = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>

**CGC2**

Peso unitario :  $\gamma = 19,00$  kN/m<sup>3</sup>  
 Tensione : efficace  
 Angolo di attrito interno :  $\Phi_{ef} = 25,00$  °  
 Coesione del terreno :  $c_{ef} = 10,00$  kPa  
 Angolo di attrito strutt.-terreno :  $\delta = 17,00$  °  
 Terreno : non coesivo  
 Peso unitario saturo :  $\gamma_{sat} = 20,00$  kN/m<sup>3</sup>

Riempimento

Terreno assegnato : Rilevato

Scarpata = 45,00 °

Profilo geologico e terreni assegnati

N.	Spessore dello strato t [m]	Profondità z [m]	Terreno assegnato	Retino
1	4,55	0,00 .. 4,55	Rilevato	
2	-	4,55 .. ∞	CGC2	

Fondazione

Tipo di fondazione : terreno dal profilo geologico

Profilo del terreno

Il terreno a monte è pianeggiante.

Influenza dell'acqua

Livello della falda acquifera collocato sotto la struttura.

Sovraccarichi di superficie

N.	Sovraccarico		Azione	Grand.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Grand.2 [kN/m <sup>2</sup> ]	Ord.x x [m]	Lunghezza l [m]	Profondità z [m]
	nuovo	modifica						
1	Si		permanente	16,00		0,00	5,00	sul terreno
2	Si		variabile	50,00		1,50	3,20	sul terreno
N.	Nome							
1	Qb							

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	62

N.	Nome
2	Qsw2

**Resistenza sul fronte anteriore della struttura**

Resistenza sul fronte anteriore della struttura: a riposo  
Terreno sul fronte anteriore della struttura - CGC2  
Spessore del terreno a valle  $h = 0,50$  m

Il terreno a valle è pianeggiante.

**Sisma**

Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = 0,0650$   
Coefficiente sismico verticale  $K_v = -0,0320$

L'acqua sotto il L.F. è limitata.

**Impostazioni della fase di progetto**

Situazione del progetto: permanente  
La parete è libera di muoversi. Considerata la spinta attiva.

**Verifica N. 1**

**Forze agenti sulla costruzione**

Nome	$F_{hor}$ [kN/m]	Punto appl. z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,38	117,53	1,59	1,000
Sisma - costr.	7,64	-1,38	3,76	1,59	0,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-2,22	123,03	2,30	1,300
Sisma - cuneo del terreno	8,00	-2,22	3,94	2,30	0,000
Spinta attiva	53,19	-1,58	83,24	3,38	1,300
Sisma - spinta attiva	7,82	-3,04	14,77	2,76	0,000
Qb	9,29	-2,01	14,26	3,09	1,500
Qsw2	23,71	-1,80	35,98	3,21	1,500
Qb	0,00	-4,55	9,53	1,70	1,500

**Dettaglio delle verifiche**

**Verifica di stabilità a ribaltamento**

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 1185,14$  kNm/m  
Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 201,12$  kNm/m

Fattore di sicurezza =  $5,89 > 1,50$

**Verifica a ribaltamento SODDISFATTA**

**Verifica a scorrimento**

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 332,84$  kN/m  
Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 117,27$  kN/m

Fattore di sicurezza =  $2,84 > 1,50$

**Verifica a scorrimento SODDISFATTA**

**Verifica globale - PARETE SODDISFATTA**

**Verifica N. 2**

**Forze agenti sulla costruzione**

Nome	$F_{hor}$ [kN/m]	Punto appl. z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,38	117,53	1,59	1,300

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	63

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Sisma - costr.	7,64	-1,38	3,76	1,59	0,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-2,22	123,03	2,30	1,300
Sisma - cuneo del terreno	8,00	-2,22	3,94	2,30	1,300
Spinta attiva	53,19	-1,58	83,24	3,38	1,300
Sisma - spinta attiva	7,82	-3,04	14,77	2,76	0,000
Qb	9,29	-2,01	14,26	3,09	1,500
Qsw2	23,71	-1,80	35,98	3,21	1,350
Qb	0,00	-4,55	9,53	1,70	1,500

Dettaglio delle verifiche

Verifica di stabilità a ribaltamento

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 1235,77$  kNm/m

Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 217,83$  kNm/m

Fattore di sicurezza = 5,67 > 1,50

Verifica a ribaltamento SODDISFATTA

Verifica a scorrimento

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 357,33$  kN/m

Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 124,11$  kN/m

Fattore di sicurezza = 2,88 > 1,50

Verifica a scorrimento SODDISFATTA

Verifica globale - PARETE SODDISFATTA

Verifica N. 3

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,38	117,53	1,59	1,000
Sisma - costr.	7,64	-1,38	3,76	1,59	1,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-2,22	123,03	2,30	1,000
Sisma - cuneo del terreno	8,00	-2,22	3,94	2,30	1,000
Spinta attiva	53,19	-1,58	83,24	3,38	1,000
Sisma - spinta attiva	7,82	-3,04	14,77	2,76	1,000
Qb	9,29	-2,01	14,26	3,09	1,000
Qsw2	23,71	-1,80	35,98	3,21	1,000
Qb	0,00	-4,55	9,53	1,70	1,000

Dettaglio delle verifiche

Verifica di stabilità a ribaltamento

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 983,63$  kNm/m

Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 197,27$  kNm/m

Fattore di sicurezza = 4,99 > 1,50

Verifica a ribaltamento SODDISFATTA

Verifica a scorrimento

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	64

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 284,31$  kN/m  
Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 108,27$  kN/m

Fattore di sicurezza = 2,63 > 1,50  
**Verifica a scorrimento SODDISFATTA**

**Verifica globale - PARETE SODDISFATTA**

**Verifica N. 4**

Forze agenti sulla costruzione

Nome	$F_{hor}$ [kN/m]	Punto appl. z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,38	117,53	1,59	1,000
Sisma - costr.	7,64	-1,38	3,76	1,59	1,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-2,22	123,03	2,30	1,000
Sisma - cuneo del terreno	8,00	-2,22	3,94	2,30	1,000
Spinta attiva	53,19	-1,58	83,24	3,38	1,000
Sisma - spinta attiva	7,82	-3,04	14,77	2,76	1,000
Qb	9,29	-2,01	14,26	3,09	1,000
Qsw2	23,71	-1,80	35,98	3,21	1,000
Qb	0,00	-4,55	9,53	1,70	1,000

Dettaglio delle verifiche

Verifica di stabilità a ribaltamento

Momento Stabilizzante  $M_{res} = 983,63$  kNm/m

Momento Ribaltante  $M_{ovr} = 197,27$  kNm/m

Fattore di sicurezza = 4,99 > 1,50  
**Verifica a ribaltamento SODDISFATTA**

Verifica a scorrimento

Forza orizzontale resistente  $H_{res} = 284,31$  kN/m

Forza orizzontale sollecitante  $H_{act} = 108,27$  kN/m

Fattore di sicurezza = 2,63 > 1,50  
**Verifica a scorrimento SODDISFATTA**

**Verifica globale - PARETE SODDISFATTA**

Capacità portante del terreno di fondazione

Carico caratteristico che agisce al centro del piano di posa

N.	Momento [kNm/m]	Forza norm. [kN/m]	Forza di taglio [kN/m]	Eccentricità [-]	Tensione [kPa]
1	-33,33	475,34	117,27	0,000	118,84
2	2,71	510,32	124,11	0,001	127,92
3	25,72	406,04	108,27	0,016	104,83
4	25,72	406,04	108,27	0,016	104,83

Carico di progetto agente al centro del piano di posa

N.	Momento [kNm/m]	Forza norm. [kN/m]	Forza di taglio [kN/m]
1	-33,33	475,34	117,27
2	2,71	510,32	124,11

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	65

N.	Momento [kNm/m]	Forza norm. [kN/m]	Forza di taglio [kN/m]
3	25,72	406,04	108,27
4	25,72	406,04	108,27

**Dimensionamento N. 1**

Verifica parete - Armatura lato anteriore

Spinta a riposo a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\Phi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	3,85	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	
2	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	

Distribuzione spinta a riposo a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3,85	76,94	0,00	32,81	32,81	0,00
2	3,85	76,94	0,00	32,81	32,81	0,00
	3,85	76,98	0,00	32,82	32,82	0,00

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	6,82	0,00
2	0,14	6,82	0,00
3	0,27	6,82	0,00
4	0,41	6,82	0,00
5	0,55	6,82	0,00
6	0,69	6,82	0,00
7	0,82	6,82	0,00
8	0,96	6,82	0,00
9	1,10	6,82	0,00
10	1,24	6,82	0,00
11	1,37	6,82	0,00
12	1,51	6,82	0,00
13	1,65	6,82	0,00
14	1,79	6,82	0,00
15	1,92	6,82	0,00
16	2,06	6,82	0,00
17	2,20	6,82	0,00
18	2,34	6,82	0,00
19	2,47	6,82	0,00
20	2,61	6,82	0,00
21	2,75	6,58	0,00
22	2,89	6,26	0,00
23	3,02	5,95	0,00
24	3,16	5,66	0,00
25	3,30	5,38	0,00
26	3,44	5,11	0,00
27	3,57	4,86	0,00

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	66

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
28	3,71	4,62	0,00
29	3,85	4,40	0,00
30	3,85	4,39	0,00

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,14	3,94	0,00
3	0,27	7,70	0,00
4	0,41	11,12	0,00
5	0,55	14,09	0,00
6	0,69	16,55	0,00
7	0,82	18,49	0,00
8	0,96	19,94	0,00
9	1,10	20,94	0,00
10	1,24	21,32	0,00
11	1,37	21,32	0,00
12	1,51	21,32	0,00
13	1,65	21,32	0,00
14	1,79	21,31	0,00
15	1,92	20,83	0,00
16	2,06	20,25	0,00
17	2,20	19,61	0,00
18	2,34	18,93	0,00
19	2,47	18,22	0,00
20	2,61	17,49	0,00
21	2,75	16,77	0,00
22	2,89	16,04	0,00
23	3,02	15,33	0,00
24	3,16	14,64	0,00
25	3,30	13,96	0,00
26	3,44	13,31	0,00
27	3,57	12,66	0,00
28	3,71	12,08	0,00
29	3,85	11,50	0,00
30	3,85	11,50	0,00

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,92	53,11	0,30	1,000
Sisma - costr.	3,45	-1,92	1,70	0,30	1,000
Spinta a riposo	63,17	-1,28	0,00	0,60	1,000
Sisma - spinta a riposo	19,87	-1,92	0,00	0,60	1,000
Qb	24,69	-2,02	0,00	0,60	1,000
Qsw2	62,58	-1,89	0,00	0,60	1,000

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	67

Verifica parete - Armatura lato anteriore

L'armatura anteriore non è richiesta.

Verifica parete - Armatura lato posteriore

Spinta a riposo a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\Psi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	3,85	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	
2	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	0,426	

Distribuzione spinta a riposo a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3,85	76,94	0,00	32,81	32,81	0,00
2	3,85	76,94	0,00	32,81	32,81	0,00
	3,85	76,98	0,00	32,82	32,82	0,00

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	6,82	0,00
2	0,14	6,82	0,00
3	0,27	6,82	0,00
4	0,41	6,82	0,00
5	0,55	6,82	0,00
6	0,69	6,82	0,00
7	0,82	6,82	0,00
8	0,96	6,82	0,00
9	1,10	6,82	0,00
10	1,24	6,82	0,00
11	1,37	6,82	0,00
12	1,51	6,82	0,00
13	1,65	6,82	0,00
14	1,79	6,82	0,00
15	1,92	6,82	0,00
16	2,06	6,82	0,00
17	2,20	6,82	0,00
18	2,34	6,82	0,00
19	2,47	6,82	0,00
20	2,61	6,82	0,00
21	2,75	6,58	0,00
22	2,89	6,26	0,00
23	3,02	5,95	0,00
24	3,16	5,66	0,00
25	3,30	5,38	0,00
26	3,44	5,11	0,00
27	3,57	4,86	0,00
28	3,71	4,62	0,00
29	3,85	4,40	0,00
30	3,85	4,39	0,00

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	68

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,14	3,94	0,00
3	0,27	7,70	0,00
4	0,41	11,12	0,00
5	0,55	14,09	0,00
6	0,69	16,55	0,00
7	0,82	18,49	0,00
8	0,96	19,94	0,00
9	1,10	20,94	0,00
10	1,24	21,32	0,00
11	1,37	21,32	0,00
12	1,51	21,32	0,00
13	1,65	21,32	0,00
14	1,79	21,31	0,00
15	1,92	20,83	0,00
16	2,06	20,25	0,00
17	2,20	19,61	0,00
18	2,34	18,93	0,00
19	2,47	18,22	0,00
20	2,61	17,49	0,00
21	2,75	16,77	0,00
22	2,89	16,04	0,00
23	3,02	15,33	0,00
24	3,16	14,64	0,00
25	3,30	13,96	0,00
26	3,44	13,31	0,00
27	3,57	12,68	0,00
28	3,71	12,08	0,00
29	3,85	11,50	0,00
30	3,85	11,50	0,00

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,92	53,11	0,30	1,000
Sisma - costr.	3,45	-1,92	1,70	0,30	1,000
Spinta a riposo	63,17	-1,28	0,00	0,60	1,000
Sisma - spinta a riposo	19,87	-1,92	0,00	-0,60	1,000
Qb	24,69	-2,02	0,00	0,60	1,000
Qsw2	62,58	-1,89	0,00	0,60	1,000

Verifica parete - Armatura lato posteriore

Verifica della muratura alla ripresa (del getto) 3,85 m dalla sommità del muro

Armatura e dimensioni della sezione trasversale

10 profili 16,0 mm, copriferro 60,0 mm

Area di rinforzo immessa = 2010,6 mm<sup>2</sup>

Area di armatura richiesta = 1449,9 mm<sup>2</sup>

Larghezza della sezione = 1,00 m

Altezza della sezione = 0,60 m

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	69

Rapporto di armatura  $\rho = 0,38 \% > 0,17 \% = \rho_{min}$   
 Posizione dell'asse neutro  $x = 0,06 \text{ m} < 0,34 \text{ m} = x_{max}$   
 Forza resistente di taglio  $V_{Rd} = 231,35 \text{ kN} > 173,76 \text{ kN} = V_{Ed}$   
 Momento resistente della sezione  $M_{Rd} = 406,40 \text{ kNm} > 293,79 \text{ kNm} = M_{Ed}$

La verifica è SODDISFATTA.

Verifica Ala di base a valle

Spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	0,50	0,00	25,00	10,00	19,00	0,577	

Distribuzione spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,50	9,50	0,00	5,49	5,49	0,00

Spinta attiva a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta_d$ [°]	$K_a$	Commento
1	3,85	27,50	35,00	0,00	20,00	35,00	0,587	
2	0,70	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	
3	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	

Distribuzione spinta attiva a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3,85	77,00	0,00	45,19	20,86	40,08
2	3,85	77,00	0,00	18,82	17,06	7,95
	4,55	90,96	0,00	22,24	20,15	9,40
3	4,55	90,96	0,00	22,24	20,15	9,40
	4,55	91,00	0,00	22,25	20,16	9,40

Effetti del sisma(spinta attiva) - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\varphi_d$ [°]	$\beta$ [°]	$\psi$ [°]	$K_a$	$K_{ae}$	$K_{ae} \cdot K_a$	Commento
1	3,85	35,00	0,00	3,60	0,587	0,666	0,079	
2	0,70	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	
3	0,00	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	

Effetti del sisma (spinta attiva)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_D$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	93,91	7,45	3,44	6,61
	3,85	79,46	14,45	1,15	0,53	1,02
2	3,85	79,46	14,45	0,54	0,49	0,23
	4,55	93,87	0,04	0,00	0,00	0,00
3	4,55	93,87	0,04	0,00	0,00	0,00
	4,55	93,91	0,00	0,00	0,00	0,00

IN11- Relazione di calcolo  
muri

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	70

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00
4	0,04	1,80	3,45
5	3,85	1,78	3,42
6	3,85	3,52	1,64
7	4,55	3,52	1,64
8	4,55	3,52	1,64

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00
4	0,63	0,00	0,00
5	0,63	5,79	11,12
6	3,85	4,86	9,34
7	3,85	9,62	4,49
8	4,55	9,16	4,27
9	4,55	9,16	4,27

Forze agenti sulla costruzione

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-1,38	117,53	1,59	1,000
Sisma - costr.	7,64	-1,38	3,76	1,59	1,000
Resistenza del Fronte	-1,37	-0,17	0,00	0,00	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-2,22	123,03	2,30	1,000
Sisma - cuneo del terreno	8,00	-2,22	3,94	2,30	1,000
Spinta attiva	53,19	-1,58	83,24	3,38	1,000
Sisma - spinta attiva	7,82	-3,04	14,77	2,76	1,000
Qb	9,29	-2,01	14,26	3,09	1,000
Qsw2	23,71	-1,80	35,98	3,21	1,000
Qb	0,00	-4,55	9,53	1,70	1,000

Verifica Ala di base a valle

Armatura e dimensioni della sezione trasversale

10 profili 16,0 mm, copriferro 60,0 mm

Area di rinforzo immessa = 2010,6 mm<sup>2</sup>

Area di armatura richiesta = 1059,0 mm<sup>2</sup>

Larghezza della sezione = 1,00 m

Altezza della sezione = 0,70 m

Rapporto di armatura  $\rho = 0,32 \% > 0,17 \% = \rho_{min}$

Posizione dell'asse neutro  $x = 0,05 m < 0,41 m = x_{max}$

Forza resistente di taglio  $V_{Rd} = 251,37 kN > 74,50 kN = V_{Ed}$

Momento resistente della sezione  $M_{Rd} = 481,76 kNm > 68,90 kNm = M_{Ed}$

La verifica è SODDISFATTA.

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	71

Verifica Ala di base a monte

Spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$K_r$	Commento
1	0,50	0,00	25,00	10,00	19,00	0,577	

Distribuzione spinta a riposo sul fronte anteriore della struttura

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,50	9,50	0,00	5,49	5,49	0,00

Spinta attiva a monte - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\alpha$ [°]	$\varphi_d$ [°]	$c_d$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\delta_d$ [°]	$K_a$	Commento
1	3,85	27,50	35,00	0,00	20,00	35,00	0,587	
2	0,70	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	
3	0,00	0,00	35,00	0,00	20,00	25,00	0,244	

Distribuzione spinta attiva a monte (senza sovraccarico)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_w$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3,85	77,00	0,00	45,19	20,86	40,08
2	3,85	77,00	0,00	18,82	17,06	7,95
	4,55	90,96	0,00	22,24	20,15	9,40
3	4,55	90,96	0,00	22,24	20,15	9,40
	4,55	91,00	0,00	22,25	20,16	9,40

Effetti del sisma (spinta attiva) - risultati parziali

Strato N.	Spessore [m]	$\varphi_d$ [°]	$\beta$ [°]	$\psi$ [°]	$K_a$	$K_{ae}$	$K_{ae} \cdot K_a$	Commento
1	3,85	35,00	0,00	3,60	0,587	0,666	0,079	
2	0,70	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	
3	0,00	35,00	0,00	3,60	0,244	0,282	0,038	

Effetti del sisma (spinta attiva)

Strato N.	Inizio[m] Fine [m]	$\sigma_z$ [kPa]	$\sigma_D$ [kPa]	Spinta [kPa]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	93,91	7,45	3,44	6,61
	3,85	79,46	14,45	1,15	0,53	1,02
2	3,85	79,46	14,45	0,54	0,49	0,23
	4,55	93,87	0,04	0,00	0,00	0,00
3	4,55	93,87	0,04	0,00	0,00	0,00
	4,55	93,91	0,00	0,00	0,00	0,00

Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qb

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	IN	11	20	002	B	72

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
4	0,04	1,80	3,45
5	3,85	1,78	3,42
6	3,85	3,52	1,64
7	4,55	3,52	1,64
8	4,55	3,52	1,64

**Distribuzione della spinta dovuta al sovraccarico - Qsw2**

Punto N.	Profondità [m]	Compon. orizz. [kPa]	Compon. vert. [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00
3	0,04	0,00	0,00
4	0,63	0,00	0,00
5	0,63	5,79	11,12
6	3,85	4,86	9,34
7	3,85	9,62	4,49
8	4,55	9,16	4,27
9	4,55	9,16	4,27

**Forze agenti sulla costruzione**

Nome	F <sub>hor</sub> [kN/m]	Punto appl. z [m]	F <sub>vert</sub> [kN/m]	Punto appl. x [m]	Coefficiente
Peso - parete	0,00	-0,35	41,86	2,70	1,000
Peso - cuneo di spinta	0,00	-2,22	123,03	2,30	1,000
Spinta attiva	53,19	-1,58	83,24	3,38	1,000
Qb	9,29	-2,01	14,26	3,09	1,000
Qsw2	23,71	-1,80	35,98	3,21	1,000
Tensione di contatto	0,00	0,00	-255,15	2,67	1,000
Sovracc. gravitazionale 1	0,00	-4,55	9,61	1,70	1,000

**Verifica Ala di base a monte**

Armatura e dimensioni della sezione trasversale

10 profili 16,0 mm, copriferro 60,0 mm

Area di rinforzo immessa = 2010,6 mm<sup>2</sup>

Area di armatura richiesta = 1059,0 mm<sup>2</sup>

Larghezza della sezione = 1,00 m

Altezza della sezione = 0,70 m

Rapporto di armatura  $\rho = 0,32 \% > 0,17 \% = \rho_{min}$

Posizione dell'asse neutro  $x = 0,05 m < 0,41 m = x_{max}$

Forza resistente di taglio  $V_{Rd} = 251,37 kN > 52,84 kN = V_{Ed}$

Momento resistente della sezione  $M_{Rd} = 481,76 kNm > 224,90 kNm = M_{Ed}$

**IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	73

**Geometria sezione**

Larghezza	b	=	100.00	[cm]
Altezza	h	=	60.00	[cm]
Copriferro	c	=	6.00	[cm]
Altezza utile	d=h-c	=	54.00	[cm]

**Materiali**

**Calcestruzzo**

Classe di resistenza			C30/37	
Resistenza cubica caratteristica a compressione	$R_{ck}$	=	37	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	=	30.71	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	=	1.50	
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$\alpha_{cc}$	=	0.85	
Resistenza di progetto a compressione	$f_{cd}$	=	17.40	[N/mm <sup>2</sup> ]
Valore medio della resistenza cilindrica a compressione	$f_{cm}$	=	38.71	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico medio	$E_{cm}$	=	33,019.43	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	=	2.94	[N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm}$	=	3.53	[N/mm <sup>2</sup> ]

**Barre di armatura**

Tipologia			B450C	
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	=	450	[N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	=	1.15	
Resistenza di progetto a snervamento	$f_{yd}$	=	391.30	[N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico longitudinale	$E_s$	=	210,000	[N/mm <sup>2</sup> ]

**Azioni di progetto - Combinazione caratteristica (rara)**

Momento flettente che tende le fibre inferiori	$M_{Ed,inf}$	=	208	[kN·m]
Durata del carico			Breve	
Fattore di durata del carico	$k_t$	=	0.6	[-]
Classe di esposizione			XC4	
Condizioni ambientali			Aggressive	

**Armatura longitudinale**

Tipologia acciai per armature			Ordinari	
Tipologia barre			Ad aderenza migliorata	
Coefficiente che tiene conto dell'aderenza delle barre	$k_1$	=	0.8	[-]
Coefficiente che tiene conto della flessione pura	$k_2$	=	0.5	[-]
	$k_3$	=	3.4	[-]
	$k_4$	=	0.425	[-]

**Caratteristiche della sezione omogeneizzata**

Coefficiente di omogeneizzazione della sezione non fessurata	n	=	6.36	[-]
Modulo di resistenza della sezione in cls non fessurata	$W_0$	=	60000.0	[cm <sup>3</sup> ]
Momento di prima fessurazione	$M_{cr}$	=	211.82	[kN·m]
Verifica	SEZIONE NON FESSURATA			

MANDATARIA

**HUB** ENGINEERING  
CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.

MANDANTI

**HY**pro**LINEA PESCARA – BARI****RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA****IN11- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>IN</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	74