

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



MANDATARIA

MANDANTI

PROGETTAZIONE:



MANDATARIA

MANDANTI

PROGETTO ESECUTIVO

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

SL03 - Sottovia viabilità NV08A interferente con la NV03 al km 7+431.47 (progr. ferr.)
Relazione di calcolo muri

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
DIRETTORE TECNICO Ing. G. Babini A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. M. Facchini	---

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

LI0B 02 E ZZ CL SL0300 002 B

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima Emissione	Ing. M. Calderoni	Dicembre 2022	Ing. V. Calzona	Dicembre 2022	S. Canale	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento per Rdv n.0302	Ing. A. Zaza	Luglio 2023	Ing. M. Calderoni	Luglio 2023	S. Canale	Luglio 2023	

File: LI0B02EZZCLSL0300002B

n. Elab.:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
SL03 - Relazione di calcolo muri				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	1

INDICE

1.. PREMESSA	2
2.. NORMATIVA.....	3
3.. MATERIALI.....	4
3.1 Calcestruzzo	4
3.2 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C.....	4
3.3 Verifica S.L.E.	5
4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	7
4.1 Terreno di rinterro	7
4.2 Terreno di fondazione per muro di sostegno	7
5.. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	7
6.. METODO DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO.....	7
6.1 Condizioni di spinta sul muro in condizioni statiche	7
6.2 Condizioni di spinta sul muro in condizioni sismiche	9
6.3 Verifiche geotecniche.....	11
6.4 Verifiche strutturali	11
7.. MURO TIPO $H_{MAX}=6.90$ M	12
7.1 Parametri di calcolo.....	12
7.2 Verifiche Geotecniche	15
7.3 Verifiche strutturali	27
8.. INCIDENZA ARMATURE	37

**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	2

1. PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al Raddoppio Termoli – Lesina. Nel seguito del presente paragrafo si riportano i criteri generali di analisi ed i risultati del dimensionamento della sezione del muro 4 di imbocco dello scatolare SL03.

A riguardo si precisa che i calcoli sono stati effettuati, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria. L'altezza di calcolo del paramento è assunta pari all'altezza minima del paramento del muro sommata ai 2/3 della variabilità dell'altezza del paramento muro stesso.

$$H_{iniz} + \frac{2}{3} (H_{fin}) = 3.80 + \left(\frac{2}{3}\right) * 3.14 = 5.9 \text{ m.}$$

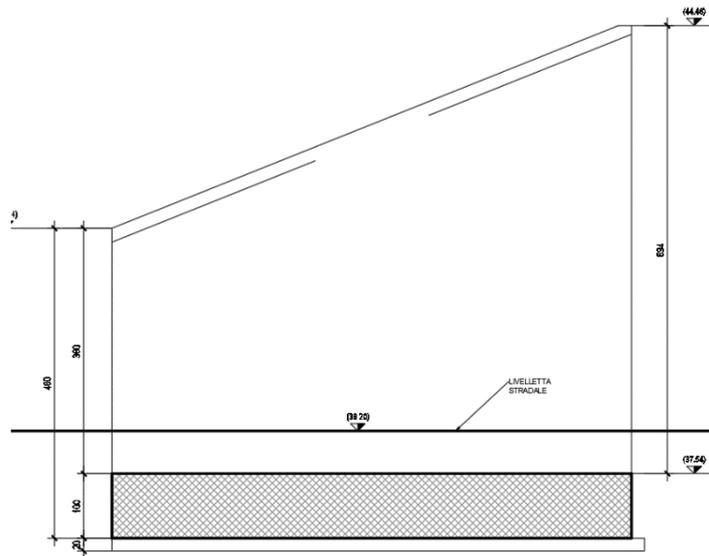


Figura 1 – Prospetto Muro 4

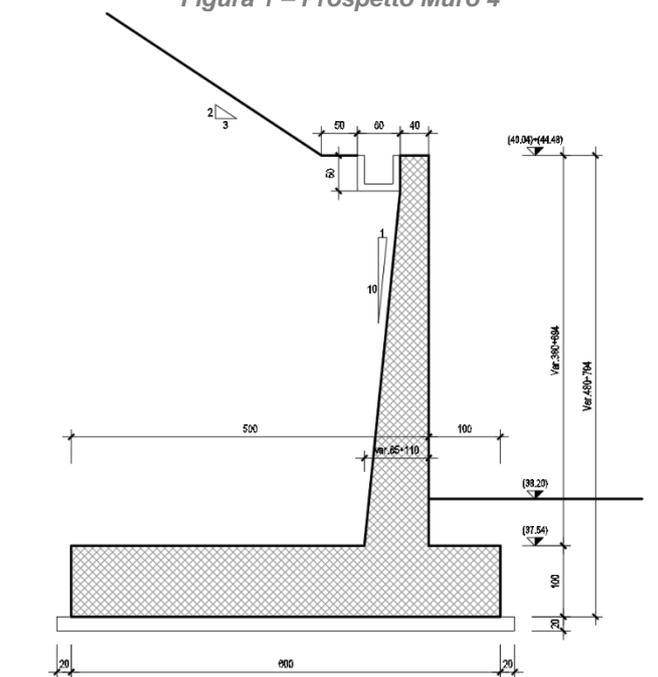


Figura 2 - sezione muro 4

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	3

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento della struttura è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza richiesti all'opera.

2. NORMATIVA

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

- [N.1]. L. n. 64 del 2/2/1974 "Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- [N.2]. L. n. 1086 del 5/11/1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [N.3]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008);
- [N.4]. Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- [N.5]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- [N.6]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010.
- [N.7]. RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- [N.8]. RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-17 – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili.
- [N.9]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.
- [N.10]. UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	4

3. MATERIALI

Il progetto sarà realizzato utilizzando i seguenti materiali:

3.1 CALCESTRUZZO

Classe di resistenza: **MAGRONE**

C12/15

Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	15	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	12.45	N/mm^2
Classe di esposizione		X0	

Classe di resistenza:

C32/40

Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	40	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	33.2	N/mm^2
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	41.2	N/mm^2
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	3.10	N/mm^2
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.72	N/mm^2
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	33643	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	2.17	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	4.03	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	18.8	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.45	N/mm^2
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0	
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	33.2	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	2.17	N/mm^2
Massime tensioni di compressione in esercizio:			
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	19.92	N/mm^2
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	14.94	N/mm^2
Classe di esposizione		XS1-XA1	
Classe di consistenza slump:		S4	
Massima dimensione aggregato		25	mm
Copriferro		50	mm

3.2 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C

B450 C (controllato in stabilimento)

f_{yk}	= 450 MPa tensione caratteristica di snervamento
f_{yd}	= $f_{yk} / 1.15 = 391$ MPa tensione caratteristica di calcolo
E_s	= 210000 MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE:

$$\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HY pro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00			PROGR 002

3.3 VERIFICA S.L.E.

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 attesa, secondo quanto di seguito specificato

3.3.1 Verifica delle 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, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento " RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22-12-17 ", ovvero:

Strutture in c.a.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

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

- per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare $0,75 f_{yk}$.

Per il caso in esame risulta in particolare :

CALCESTRUZZO

$$\sigma_{\text{cmax QP}} = (0,40 f_{ck}) = \mathbf{13.28} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Quasi Permanente})$$

$$\sigma_{\text{cmax R}} = (0,55 f_{ck}) = \mathbf{18.26} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica - Rara})$$

ACCIAIO

$$\sigma_{s \text{ max}} = (0,75 f_{yk}) = \mathbf{338} \text{ MPa} \quad (\text{Combinazione di Carico Caratteristica(Rara)})$$

3.3.2 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. Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV]

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
SI03- Relazione di calcolo muri				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B

Tabella 1 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
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	$\leq w_1$

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Risultando:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

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

Per strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, qual è il caso delle strutture in esame (condizioni aggressive: XS1-XA1) così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

$$\text{Combinazione Caratteristica (Rara)} \quad \delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura del D.M. 9 gennaio 1996, in accordo a quanto previsto al punto "C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.617/09.

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00			PROGR 002	REV B

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

4.1 TERRENO DI RINTERRO

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\delta_k = 23.3^\circ$	angolo di attrito tra paramento verticale muro e terreno.

4.2 TERRENO DI FONDAZIONE PER MURO DI SOSTEGNO

Terreno	Pofondità	γ	φ'	c'	c_u	E
	(m)	(kN/m^3)	($^\circ$)	(kPa)	(kPa)	(MPa)
CGC2 Conglomerati di Campomarino (Argille limose e limi argillosi)	0 - 10	18.5 - 20.5	20 - 28	10 - 20	50 - 250	160 - 520

Il livello della falda è posto a 20-22 m dal piano campagna perciò il regime di pressioni non interessa l'opera.

5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Per il calcolo della sovraspinta sismica del terreno si considera: $a_{\max} = 0.274g$
 Avendo a disposizione direttamente l'accelerazione massima, all'interno del modello si inserisce $S_s = 1$.

6. METODO DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO

L'analisi strutturale del muro di sostegno è stata condotta attraverso modelli di calcolo a mensola con incastro nella platea di fondazione (analisi del paramento) e con incastro nel paramento (analisi della fondazione lato valle e lato monte). Vista la geometria dell'opera a prevalente sviluppo longitudinale e le condizioni al contorno, le analisi e verifiche sono state effettuate prendendo in considerazione una porzione di muro corrispondente ad una larghezza unitaria. Per le verifiche strutturali si è considerato, a favore di sicurezza, l'altezza massima del paramento per il concio in esame mentre per le verifiche geotecniche si considera un valore dell'altezza del paramento a 2/3 della lunghezza del concio nel caso del solo concio in aderenza al sottopasso.

Si riporta di seguito una breve sintesi della procedura proposta per il calcolo delle spinte orizzontali agenti sulla parete dell'opera di sostegno e delle azioni verticali agenti sulla suola di fondazione.

6.1 CONDIZIONI DI SPINTA SUL MURO IN CONDIZIONI STATICHE

Considerato un terrapieno con peso per unità di volume γ , sovraccarico uniforme su terrapieno q , condizioni drenate ed assenza di falda, si assume in genere la distribuzione di pressioni riportata nella Fig. 11. Alla generica quota z dal piano campagna risulta:

$$\sigma_a = \gamma k_a z + q k_a - 2c' \sqrt{k_a}$$

$$\sigma_p = \gamma k_p z + q k_p - 2c' \sqrt{k_p}$$

Il problema si riconduce quindi al calcolo dei coefficienti di spinta attiva k_a o passiva k_p .
 Con riferimento allo schema in figura, in condizioni statiche il coefficiente di spinta attiva e quello di spinta passiva sono valutati attraverso le espressioni di Muller-Breslau (1924):

**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	8

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi)}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \varepsilon)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi - \varphi)}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi + \varepsilon)}{\text{sen}(\psi + \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

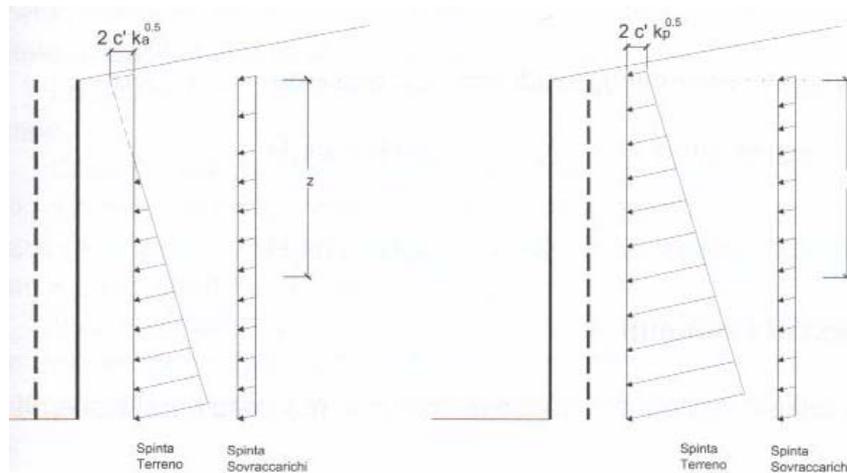


Fig. 1 – Spinte orizzontali in condizioni statiche

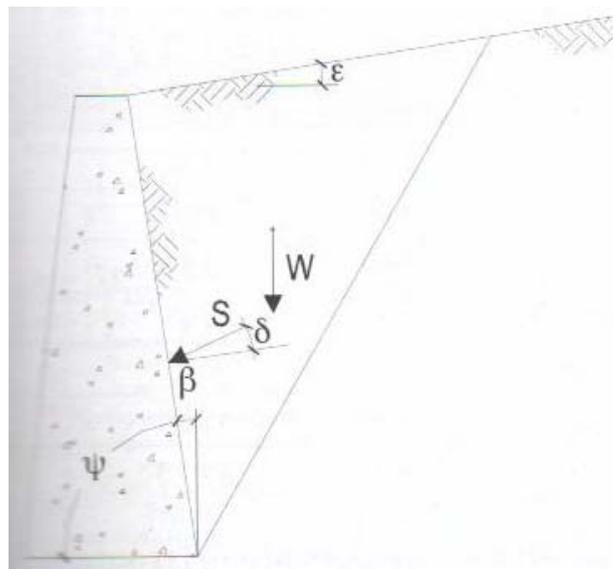


Fig. 2 – Parametri geometrici per la valutazione dei coefficienti di spinta

Il coefficiente di spinta passiva ove necessario può essere valutato con l'espressione di Caquot-Kerisel (1948) attraverso la quale si tiene in conto l'effetto sulla spinta della creazione in rottura passiva di superfici di scorrimento non piane. Non considerare tale effetto significherebbe sovrastimare considerevolmente la pressione passiva.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00			PROGR 002

La distribuzione delle pressioni è da prassi considerata triangolare, mentre quella dei sovraccarichi è considerata costante con la profondità (rettangolare), per cui il punto di applicazione della spinta delle terre è posto a 1/3 dell'altezza del muro, mentre quella dei sovraccarichi è da considerarsi a metà dell'altezza del muro.

6.2 CONDIZIONI DI SPINTA SUL MURO IN CONDIZIONI SISMICHE

L'analisi delle spinte sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è eseguita attraverso metodi pseudo-statici. Nell'ipotesi di muro libero di muoversi in testa il metodo più appropriato è quello di Mononobe-Okabe il quale rappresenta un'estensione del criterio di Coulomb in cui il cuneo di rottura si muove come un corpo rigido soggetto ad accelerazioni verticali ed orizzontali. Tali accelerazioni sono espresse in funzione di opportuni coefficienti di intensità sismica k_v e k_h , menzionati anche dalle norme vigenti. Nel metodo considerato le condizioni di equilibrio limite sono espresse ancora da coefficienti di spinta attiva e passiva definiti a partire dalla geometria del sistema e dalle condizioni sismiche di calcolo.

Considerando un terreno in assenza di falda, si definisce:

$$\theta = \arctan \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

ed i coefficienti di spinta sono definiti da:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta - \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \cdot \text{sen}(\phi - \varepsilon - \theta)}{\text{sen}(\psi - \delta - \theta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

per $\varepsilon \leq \phi' - \theta$

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta - \theta)}$$

per $\varepsilon \geq \phi' - \theta$

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \Theta)}{\cos \Theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi + \Theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \varphi \cdot \text{sen}(\varphi + \varepsilon - \Theta)}{\text{sen}(\psi + \Theta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2}$$

La spinta del terreno in condizioni sismiche vale perciò:

$$S_a = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_a H^2$$

$$S_p = \frac{1}{2} \gamma (1 \pm k_v) k_p H^2$$

con inclinazione del piano di rottura valutabile attraverso l'espressione:

$$\alpha = \phi - \theta + \arctan \left[\sqrt{\frac{P \cdot (P + Q) \cdot (1 + Q \cdot R) - P}{1 + R \cdot (P + Q)}} \right]$$

essendo:

$$P = \tan(\phi - \theta - \varepsilon)$$

$$Q = \cotan(\phi - \theta - \beta)$$

$$R = \tan(\theta + \beta + \delta)$$

**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	10

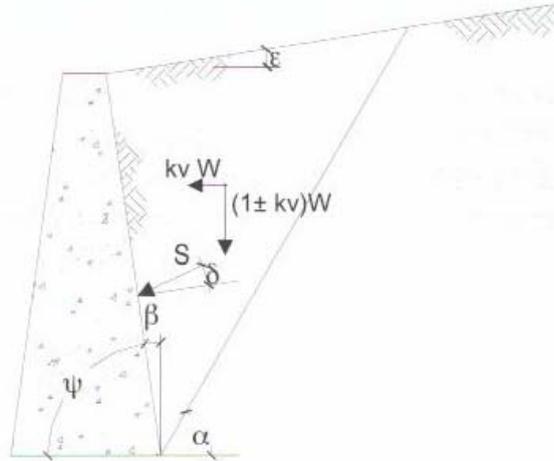


Fig. 3 – Azioni sismiche pseudo-statiche

Nel caso di terreno con presenza di falda e permeabilità inferiore a $5 \times 10^{-4} \text{m/sec}$ si trascurano gli effetti idrodinamici dell'acqua maggiorando l'angolo θ secondo l'espressione:

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$$

e la spinta agente sulla parete si definisce solo a mezzo di effetti statici:

$$S_a = \frac{1}{2} \gamma' (1 + k_v) k_a H^2 + \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

Nel caso di valori maggiori di permeabilità va considerato anche l'effetto dinamico valutabile con l'espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{2} k_r \gamma_w H^2$$

azione applicata ad un'altezza pari ad $0.4H$ dalla base del muro.

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. (§ 7.11.6.2.1 DM2008)

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

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

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	11

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

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

6.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

Sono state condotte, in accordo con la normativa vigente, le seguenti verifiche globali di carattere geotecnico:

- verifica al ribaltamento, eseguita con riferimento allo spigolo anteriore della platea di fondazione, confrontando il momento stabilizzante M_s dovuto alle forze verticali con il momento ribaltante M_r provocato dalle forze orizzontali
- verifica allo scorrimento, eseguita controllando che la somma delle forze orizzontali sia sufficientemente minore della forza di attrito che si può esplicare per effetto dei carichi verticali N al contatto tra platea di fondazione e terreno. Il coefficiente di attrito f è assunto pari a: $f = tg(\delta) = tg(\phi)$ e si trascura il contributo stabilizzante dovuto alla spinta passiva del terreno anteriore.
- verifica al carico limite dell'insieme fondazione-terreno utilizzando l'espressione della portanza unitaria limite secondo la teoria di Meyerhoff.

6.4 VERIFICHE STRUTTURALI

Sono state condotte, infine, le verifiche locali degli elementi che costituiscono l'opera di sostegno, valutando in corrispondenza delle sezioni caratteristiche le sollecitazioni esterne e i corrispondenti stati tensionali. Le sezioni di riferimento sono indicate nei report di calcolo. Le azioni sul paramento sono valutate considerando quest'ultimo incastrato nella soletta di fondazione. Le azioni sulla soletta di fondo (monte e valle) sono valutate col metodo del trapezio delle tensioni considerando questa incastrata al paramento.

**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	12

7. MURO TIPO $H_{MAX}=6.90$ M

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche del muro di progetto.

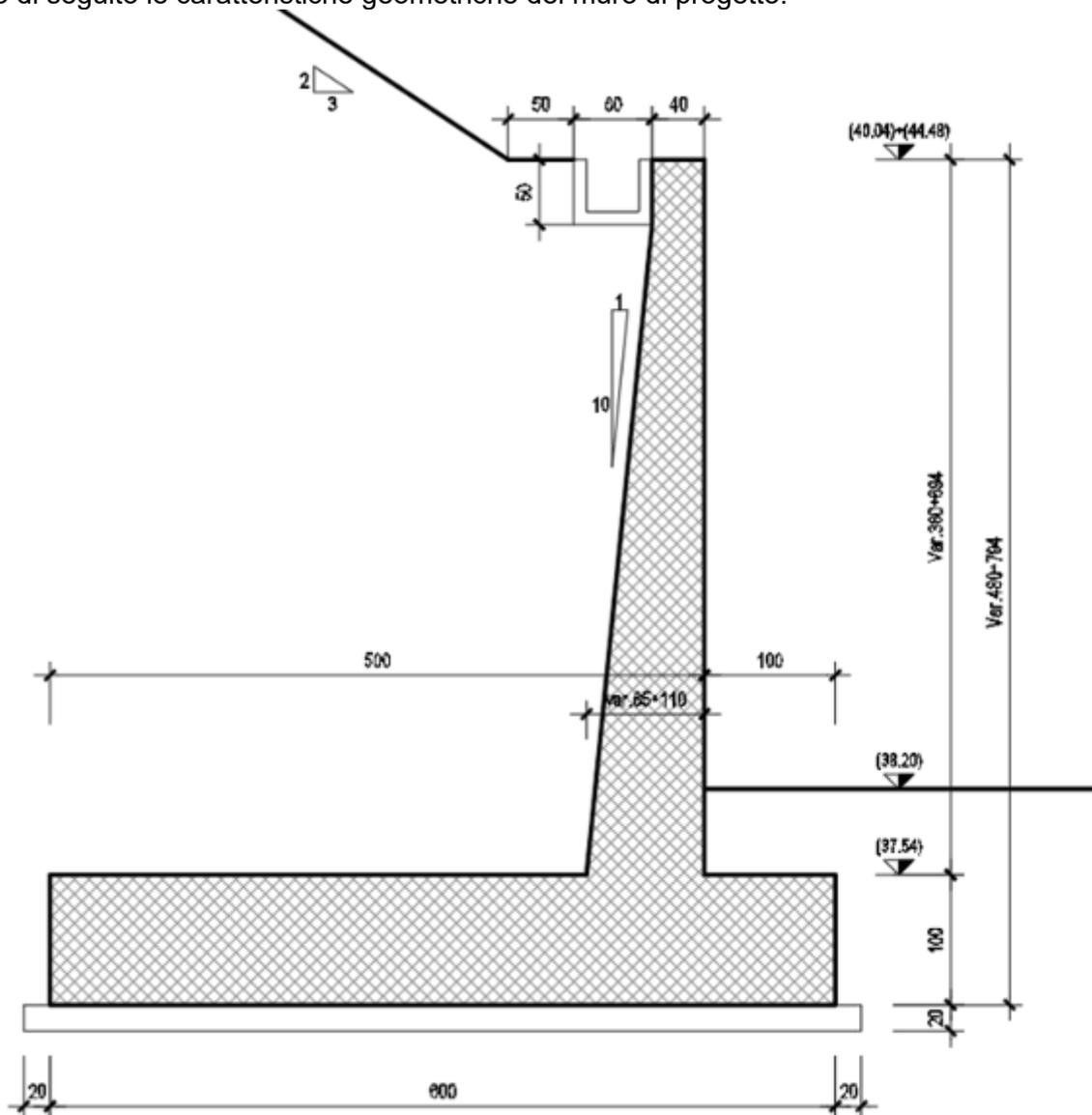


Fig. 4 – Sezione di riferimento muro tipo $H_{max}=6.90m$

L'altezza di calcolo è assunta, a favore di sicurezza, pari all'altezza massima del muro per le verifiche strutturali ed all'altezza del paramento nella posizione posta a 2/3 della lunghezza del concio per le verifiche geotecniche.

7.1 PARAMETRI DI CALCOLO

7.1.1 Sovraccarico permanente

Nelle analisi svolte si considera un riempimento a tergo del muro composto da terreno di riempimento per il quale si assumono i seguenti parametri geotecnici caratteristici in condizioni drenate, relativi a nuovi rilevati ferroviari:

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
SI03- Relazione di calcolo muri				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	13

- $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ peso dell'unità di volume;
- $\varphi_k = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio;
- $c_k = 0$ coesione;
- $\delta_k = 23.3^\circ$ angolo di attrito tra paramento verticale muro e terreno.

7.1.2 Sovraccarico accidentale

A favore di sicurezza si considera un sovraccarico accidentale pari a **10,00 kN/m²** per tener conto della presenza dei mezzi d'opera e dell'accatastamento dei materiali in fase di scavo.

7.1.3 Forze inerziali

In condizioni sismiche le forze d'inerzia orizzontali e verticali su paramento, soletta di fondazione e terreno di riempimento su soletta di monte sono valutate attraverso le espressioni $F_h = k_h \cdot W$ e $F_v = k_v \cdot W$, dove W è il peso delle masse oscillanti applicato nei rispettivi baricentri ed i parametri di intensità sismica sono definiti al capitolo 6.

7.1.4 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto nelle norme riportate nel Capitolo 2.

Per il muro di sostegno sono state effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- ribaltamento;

secondo l'approccio progettuale "Approccio 2" con la combinazione (A1+M1+R3) e tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.5.I per le azioni, i parametri geotecnici e per i coefficienti di combinazione delle azioni:

comb. 2 → (A1+M1+R3)

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00			PROGR 002

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

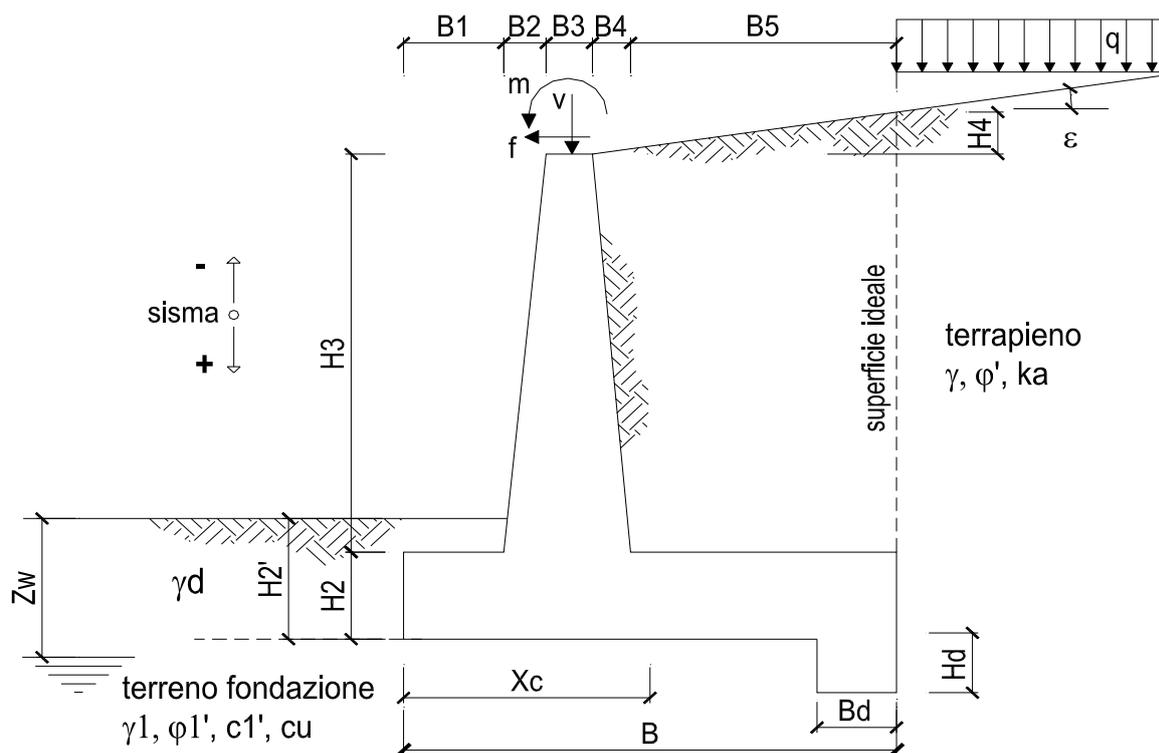
Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	15

7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

7.2.1 Dati di progetto



DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.90	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.59	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	6.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	1.00	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	1.00	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	4.01	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	3.00	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	16

7.2.2 Analisi dei carichi

Dati Geotecnici				valori caratteristici		valori di progetto	
				STR/GEO	EQU		
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	ϕ'	35.00	35.00	29.26	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m ³)	γ'	20.00	20.00	20.00	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	δ	23.33	23.33	19.50	
Dati Terreno Fondazione	Condizioni		<input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate				
	Coesione Terreno di Fondazione	(kPa)	$c1'$	15.00	15.00	12.00	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi1'$	26.00	26.00	21.32	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m ³)	$\gamma1$	19.50	19.50	19.50	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m ³)	γd	19.50	19.50	19.50	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	13.00			
	Modulo di deformazione	(kN/m ²)	E	150000			

Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	0.274	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	S_s	1	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografico	S_T	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	β_s	0.2	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.0548	(-)
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0274	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no		

		SLE		STR/GEO		EQU	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.244		0.244		0.306
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.276		0.276		0.341
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.277		0.277		0.343
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	2.561		2.561		2.142
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	2.474		2.474		2.062
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	2.469		2.469		2.057

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	17

7.2.3 Verifiche

Coefficients di sicurezza

	<u>Scorrimento</u>	<u>Ribaltamento</u>	<u>Carico limite</u>
Statico	2.50	34.67	3.52
Sismico	2.42	10.95	3.96

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

			SLE	STR/GEO	EQU
Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	59.00	59.00	53.10
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	(kN/m)	43.51	43.51	39.16
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	150.00	150.00	135.00
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	(kN/m)	252.51	252.51	227.26

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$	(kN/m)	473.18	473.18	425.86
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$	(kN/m)	34.81	34.81	31.33
Sovr =	$qp \cdot (B4 + B5)$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr$	(kN/m)	507.99	507.99	457.19

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B4 + B5)$	(kN/m)	46	69	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B4 + B5)$	(kN/m)	0		

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)

			SLE	STR/GEO	EQU
Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	(kNm/m)	70.80	70.80	63.72
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	69.47	69.47	62.53
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	450.00	450.00	405.00
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	(kNm/m)	590.27	590.27	531.25

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	(kNm/m)	1890.35	1890.35	1701.32
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	(kNm/m)	62.43	62.43	56.18
Msovr =	$Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$	(kNm/m)	1952.78	1952.78	1757.50

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

Sovr acc. Stat	$q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$	(kNm/m)	170.2	255.3	
Sovr acc. Sism	$qs \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$	(kNm/m)	0		

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
SI03- Relazione di calcolo muri				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	13.84
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	6.92

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	27.84
Ptsv =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	13.92

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

MPs1 h=	$kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	0.00
MPs2 h=	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	12.77
MPs3 h=	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	7.07
MPs4 h=	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	4.11
MPs5 h=	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs h=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	23.96

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

MPs1 v=	$kv \cdot Pm1 \cdot (B1 + 2/3 \cdot B2)$	(kNm/m)	0.00
MPs2 v=	$kv \cdot Pm2 \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	1.94
MPs3 v=	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	1.90
MPs4 v=	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	12.33
MPs5 v=	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs v=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	16.17

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

MPts1 h=	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	102.42
MPts2 h=	$kh \cdot Pt2 \cdot (H2 + H3 + H4/3)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 h=	$kh \cdot Pt3 \cdot (H2 + H3 \cdot 2/3)$	(kNm/m)	9.41
MPts h=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	111.84

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

MPts1 v=	$kv \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3/2) - (B - B5/2) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	51.80
MPts2 v=	$kv \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	0.00
MPts3 v=	$kv \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2/3) - (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) \cdot 0.5)$	(kNm/m)	2.18
MPts v=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	53.98

<small>MANDATARIA</small>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	<small>MANDANTI</small> 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		SI03- Relazione di calcolo muri	<small>COMMESSA</small> LI0B	<small>LOTTO</small> 02	<small>FASE</small> E	<small>ENTE</small> ZZ	<small>TIPO DOC</small> CL	<small>OPERA 7 DISCIPLINA</small> SL 03 00			<small>PROGR</small> 002

CONDIZIONE STATICA

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

			SLE	STR/GEO	EQU
St =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	116.36	151.27	160.27
Sq perm =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sq acc =	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	(kN/m)	16.86	25.30	31.67

- Componente orizzontale condizione statica

Sth =	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	106.85	138.90	151.08
Sqh perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sqh acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	15.49	23.23	29.86

- Componente verticale condizione statica

Stv =	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	46.08	59.91	53.50
Sqv perm =	$Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Sqv acc =	$Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	6.68	10.02	10.57

- Spinta passiva sul dente

Sp =	$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
------	---	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

			SLE	STR/GEO	EQU
MS _{t1} =	$Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$	(kNm/m)	245.75	319.48	347.48
MS _{t2} =	$Stv \cdot B$	(kNm/m)	276.50	359.45	321.02
MS _{q1 perm} =	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MS _{q1 acc} =	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	(kNm/m)	53.42	80.14	103.01
MS _{q2 perm} =	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MS _{q2 acc} =	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	(kNm/m)	40.07	60.11	63.44
MS _p =	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp/3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2/2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

M _{fext1} =	$mp + m$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
M _{fext2} =	$(fp + f) \cdot (H3 + H2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
M _{fext3} =	$(vp + v) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

N =	$Pm + Pt + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$	830.43	(kN/m)
-----	--	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

T =	$Sth + Squ + f$	162.13	(kN/m)
-----	-----------------	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

f =	$tg \phi_1'$	0.49	(-)
-----	--------------	------	-----

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	20

Fs scorr. $(N*f + Sp) / T$ **2.50** > **1.1**

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

Ms = Mm + Mt + Mfext3 2288.75 (kNm/m)

Momento ribaltante (Mr)

Mr = MSt + MSq + Mfext1+ Mfext2 + MSp 66.02 (kNm/m)

Fs ribaltamento **Ms / Mr** **34.67** > **1**

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv (+ Sovr acc) Nmin 830.43 Nmax 899.43 (kN/m)

Risultante forze orizzontali (T)

T = Sth + Sqh + f - Sp 162.13 162.13 (kN/m)

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

MM = ΣM 2562.99 2818.29 (kNm/m)

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

M = Xc*N - MM -71.71 -120.01 (kNm/m)

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00			PROGR 002

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

$c1'$	coesione terreno di fondaz.	15.00		(kPa)
$\varphi1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.50		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d \cdot H_2'$	sovraccarico stabilizzante	14.25		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	-0.09	-0.13	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5.83	5.73	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$	($2 + \pi$ in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.70	0.72	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.68	0.68	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cotg(\varphi')))^{m+1}$		0.59	0.59	(-)

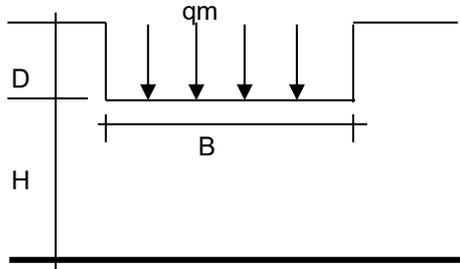
(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	550.44	552.91	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} \cdot B^* / N$	N_{min}	3.86	>	1.4
		N_{max}	3.52	>	

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00		PROGR 002

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E \quad (\text{Christian e Carrier, 1976})$$

N	809.92	(kN/m)
M	-137.35	(kNm/m)
e=M/N	-0.17	(m)
B*	5.66	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

D =	1.50	(m)
D/B*	0.26	(m)
Hs/B*	2.30	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$q_m = N / (B - 2 * e) = N / B^* = 146.70 \quad (\text{kN/mq})$$

Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0.950 \quad (-)$$

Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0.72 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * q_m * B^* / E = 3.81 \quad (\text{mm})$$

CONDIZIONE SISMICA +

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

Sst1 stat = $0,5 * \gamma' * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_a$	(kN/m)	116.36	116.36	145.70
Sst1 sism = $0,5 * \gamma' * (1 + k_v) * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 * k_{as}^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	18.43	18.43	21.18
Ssq1 perm = $q_p * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_{as}^+$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $q_s * (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) * k_{as}^+$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = Sst1 stat * $\cos \delta$	(kN/m)	106.85	106.85	137.34
Sst1h sism = Sst1 sism * $\cos \delta$	(kN/m)	16.93	16.93	19.97
Ssq1h perm = Ssq1 perm * $\cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = Ssq1 acc * $\cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = Sst1 stat * $\sin \delta$	(kN/m)	46.08	46.08	48.64
Sst1v sism = Sst1 sism * $\sin \delta$	(kN/m)	7.30	7.30	7.07
Ssq1v perm = Ssq1 perm * $\sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = Ssq1 acc * $\sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$S_p = \frac{1}{2} * \gamma_1' * (1 + k_v) * H_d^2 * k_{ps}^+ + (2 * c_1' * k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' * (1 + k_v) * k_{ps}^+ * H_2') * H_d$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
---	--------	------	------	------

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HY pro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00			PROGR 002

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO						SLE	STR/GEO	EQU
- Condizione sismica +								
MSst1 stat =	Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)	(kNm/m)	245.75	245.75	315.89			
MSst1 sism=	Sst1h sism* ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)	(kNm/m)	38.93	38.93	45.92			
MSst2 stat =	Sst1v stat* B	(kNm/m)	276.50	276.50	291.83			
MSst2 sism =	Sst1v sism* B	(kNm/m)	43.80	43.80	42.42			
MSsq1 =	Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00			
MSsq2 =	Ssq1v * B	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00			
MSp =	$\gamma_1 * Hd^3 * kps^+ / 3 + (2 * c1 * kps^{+0.5} + \gamma_1 * kps^+ * H2') * Hd^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00			

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE								
Mfext1 =	mp+ms	(kNm/m)		0.00				
Mfext2 =	(fp+fs)*(H3 + H2)	(kNm/m)		0.00				
Mfext3 =	(vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2)	(kNm/m)		0.00				

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)								
N =	Pm+ Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv		834.72	(kN/m)				
Risultante forze orizzontali (T)								
T =	Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh		165.45	(kN/m)				
Coefficiente di attrito alla base (f)								
f =	tgφ1'		0.49	(-)				
Fs =	(N*f + Sp) / T		2.46	>	1.1			

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)								
Ms =	Mm + Mt + Mfext3		2543.05	(kNm/m)				
Momento ribaltante (Mr)								
Mr =	MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts		93.19	(kNm/m)				
Fr =	Ms / Mr		27.29	>	1			

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
SI03- Relazione di calcolo muri				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$		834.72	834.72	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$		165.45		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$		2513.03	2513.03	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c * N - MM$		-8.86	-8.86	(kNm/m)

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c'ic + q_0'N_q'iq + 0,5*\gamma_1*B*N_\gamma'i_\gamma$$

$c'1'$	coesione terreno di fondaz.	15.00		(kN/mq)
$\varphi'1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	26.00		(°)
γ_1	peso unità di volume terreno fondaz.	9.50		(kN/m ³)
$q_0 = \gamma d'H_2'$	sovraccarico stabilizzante	14.25		(kN/m ²)
$e = M / N$	eccentricità	-0.01	-0.01	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	5.98	5.98	(m)

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = tg^2(45 + \varphi'/2)*e^{(\pi*tg(\varphi'))}$	(1 in cond. nd)	11.85		(-)
$N_c = (N_q - 1)/tg(\varphi')$	($2+\pi$ in cond. nd)	22.25		(-)
$N_\gamma = 2*(N_q + 1)*tg(\varphi')$	(0 in cond. nd)	12.54		(-)

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T/(N + B*c'*cotg(\varphi')))^m$	(1 in cond. nd)	0.70	0.70	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1)$		0.67	0.67	(-)
$i_\gamma = (1 - T/(N + B*c'*cotg(\varphi')))^{m+1}$		0.59	0.59	(-)

(fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim}	(carico limite unitario)	552.73	552.73	(kN/m ²)
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

FS carico limite	F = $q_{lim} * B^* / N$	Nmin	3.96	>	1.4
		Nmax	3.96	>	

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HY pro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00		PROGR 002

CONDIZIONE SISMICA -

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	(kN/m)	116.36	116.36	145.70
Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	12.11	12.11	13.26
Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente orizzontale condizione sismica -

Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	106.85	106.85	137.34
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	11.12	11.12	12.50
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente verticale condizione sismica -

Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	46.08	46.08	48.64
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	4.80	4.80	4.43
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps^- + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{-0.5} + \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot kps^- \cdot H2') \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
---	--------	------	------	------

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

		SLE	STR/GEO	EQU
MSst1 stat = $Sst1h \text{ stat} \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	(kNm/m)	245.75	245.75	315.89
MSst1 sism = $Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	(kNm/m)	25.57	25.57	28.74
MSst2 stat = $Sst1v \text{ stat} \cdot B$	(kNm/m)	276.50	276.50	291.83
MSst2 sism = $Sst1v \text{ sism} \cdot B$	(kNm/m)	28.77	28.77	26.55
MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
MSp = $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kps^{+0.5} + \gamma_1' \cdot kps^+ \cdot H2') \cdot Hd^2 / 2$	(kNm/m)	0.00	0.00	0.00

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

Mfext1 = $mp+ms$	(kNm/m)		0.00	
Mfext2 = $(fp+fs) \cdot (H3+H2)$	(kNm/m)		0.00	
Mfext3 = $(vp+vs) \cdot (B1+B2+B3/2)$	(kNm/m)		0.00	

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv$	790.54	(kN/m)
---	--------	--------

Risultante forze orizzontali (T)

$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh$	159.64	(kN/m)
---	--------	--------

Coefficiente di attrito alla base (f)

$f = tg \phi_1'$	0.49	(-)
------------------	------	-----

$Fs = (N \cdot f + Sp) / T$	2.42	>	1.1
-----------------------------	-------------	---	------------

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
	SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00		PROGR 002	REV B

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + Mfext3 \quad 2543.05 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MP + Mpts \quad 232.18 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr \quad \mathbf{10.95} \quad > \quad \mathbf{1}$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv \quad \begin{matrix} Nmin \\ 790.54 \end{matrix} \quad \begin{matrix} Nmax \\ 790.54 \end{matrix} \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh - Sp \quad 159.64 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = \Sigma M \quad 2371.06 \quad 2371.06 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc * N - MM \quad 0.57 \quad 0.57 \quad (\text{kNm/m})$$

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c'ic + q_0'N_q'iq + 0,5*\gamma_1'B*N_\gamma'i_\gamma$$

$$c'1' \quad \text{coesione terreno di fondaz.} \quad 15.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi'1' \quad \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} \quad 26.00 \quad (^\circ)$$

$$\gamma_1 \quad \text{peso unità di volume terreno fondaz.} \quad 9.50 \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_0 = \gamma d' H2' \quad \text{sovraccarico stabilizzante} \quad 14.25 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N \quad \text{eccentricità} \quad 0.00 \quad 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e \quad \text{larghezza equivalente} \quad 6.00 \quad 6.00 \quad (\text{m})$$

I valori di Nc, Nq e Nγ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$Nq = tg^2(45 + \phi/2) * e^{(\pi * tg(\phi))} \quad (1 \text{ in cond. nd}) \quad 11.85 \quad (-)$$

$$Nc = (Nq - 1) / tg(\phi) \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) \quad 22.25 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 2 * (Nq + 1) * tg(\phi) \quad (0 \text{ in cond. nd}) \quad 12.54 \quad (-)$$

I valori di ic, iq e iγ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$$iq = (1 - T / (N + B * c' * cotg \phi))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) \quad 0.70 \quad 0.70 \quad (-)$$

$$ic = iq - (1 - iq) / (Nq - 1) \quad 0.67 \quad 0.67 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * cotg \phi))^{m+1} \quad 0.58 \quad 0.58 \quad (-)$$

(fondazione nastriforme m = 2)

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) \quad 551.29 \quad 551.29 \quad (\text{kN/m}^2)$$

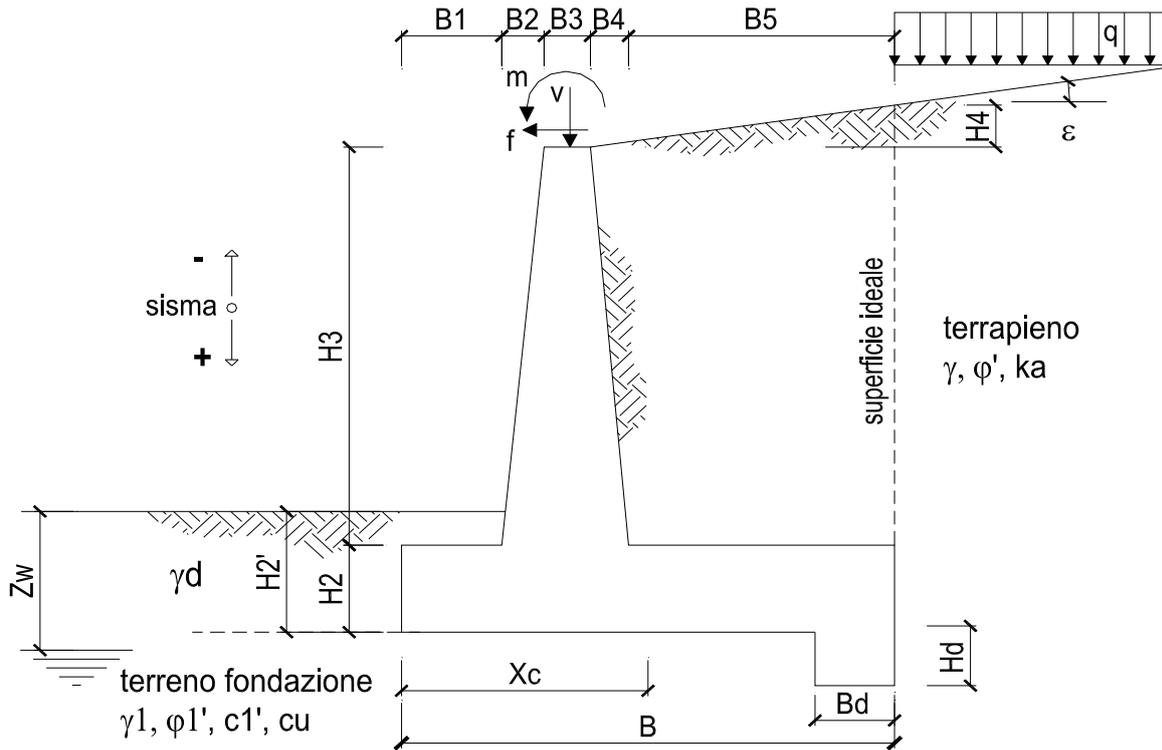
$$\mathbf{FS \text{ carico limite} \quad F = q_{lim} * B^* / N \quad \begin{matrix} Nmin \\ Nmax \end{matrix} \quad \begin{matrix} \mathbf{4.18} \\ \mathbf{4.18} \end{matrix} \quad > \quad \mathbf{1.4}}$$

**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	27

7.3 VERIFICHE STRUTTURALI

7.3.1 Dati di progetto



DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	5.90	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.59	(m)

MANDATARIA  HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI  HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03		PROGR 00

7.3.2 Verifiche strutturali - Stato Limite Ultimo

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

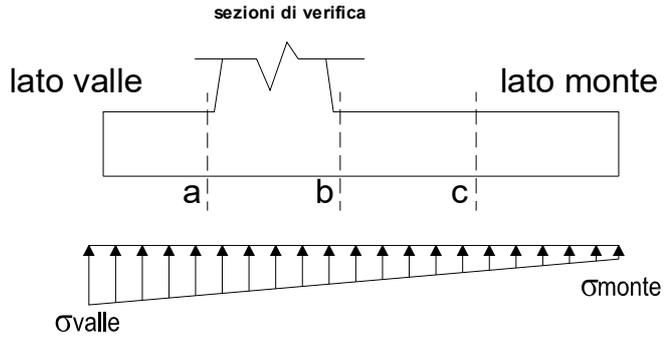
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 6.00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6.00 \quad (m^3)$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	830.43	-71.71	126.45	150.36
	899.43	-120.01	129.90	169.91
sisma+	834.72	-8.86	137.64	140.60
	834.72	-8.86	137.64	140.60
sisma-	790.54	0.57	131.85	131.66
	790.54	0.57	131.85	131.66



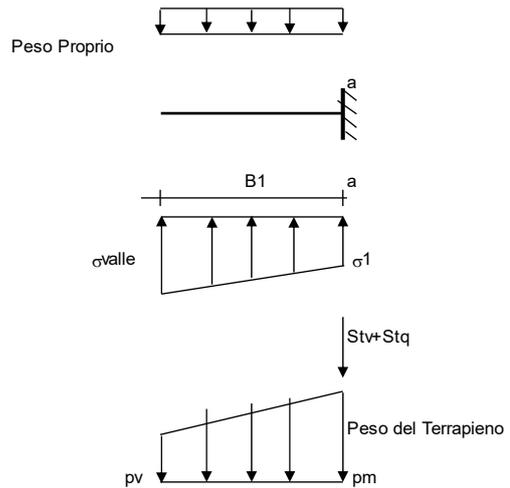
Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio.} \quad PP = 25.00 \quad (kN/m)$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σ_{valle}	σ_1	M_a	V_a
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	126.45	130.44	51.39	103.45
	129.90	136.57	53.56	108.24
sisma+	137.64	138.14	56.06	112.21
	137.64	138.14	56.40	112.21
sisma-	131.85	131.82	53.76	106.15
	131.85	131.82	53.42	106.15



Mensola Lato Monte

$$PP = 25.00 \quad (kN/m^2)$$

$$PD = 0.00 \quad (kN/m)$$

peso proprio soletta fondazione

peso proprio dente

$$p_m = N_{min} \quad N_{max \text{ stat}} \quad N_{max \text{ sism}}$$

$$p_m = 118.00 \quad 133.00 \quad 118.00 \quad (kN/m^2)$$

$$p_{vb} = 118.00 \quad 133.00 \quad 118.00 \quad (kN/m^2)$$

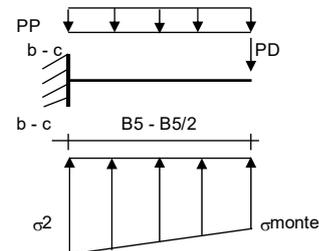
$$p_{vc} = 118.00 \quad 133.00 \quad 118.00 \quad (kN/m^2)$$

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B5 / 2) + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B5 / 2) / 2 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$



caso	σ_{monte}	σ_{2b}	M_b	V_b	σ_{2c}	M_c	V_c
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	150.36	134.38	-264.07	-72.46	142.37	-130.77	-63.18
	169.91	143.17	-256.33	-75.79	156.54	-125.23	-59.46
sisma+	140.60	138.62	-270.18	-82.69	139.61	-120.40	-67.05
	140.60	138.62	-270.18	-82.69	139.61	-120.40	-67.05
sisma-	131.66	131.79	-263.34	-80.38	131.73	-116.88	-65.69
	131.66	131.79	-263.34	-80.38	131.73	-116.88	-65.69

**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	29

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad o \quad h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

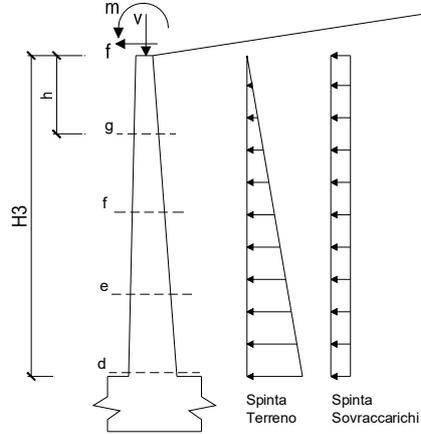
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz.}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{ext} = f$$

$$V_{inerzia} = \sum P m_i \cdot kh$$

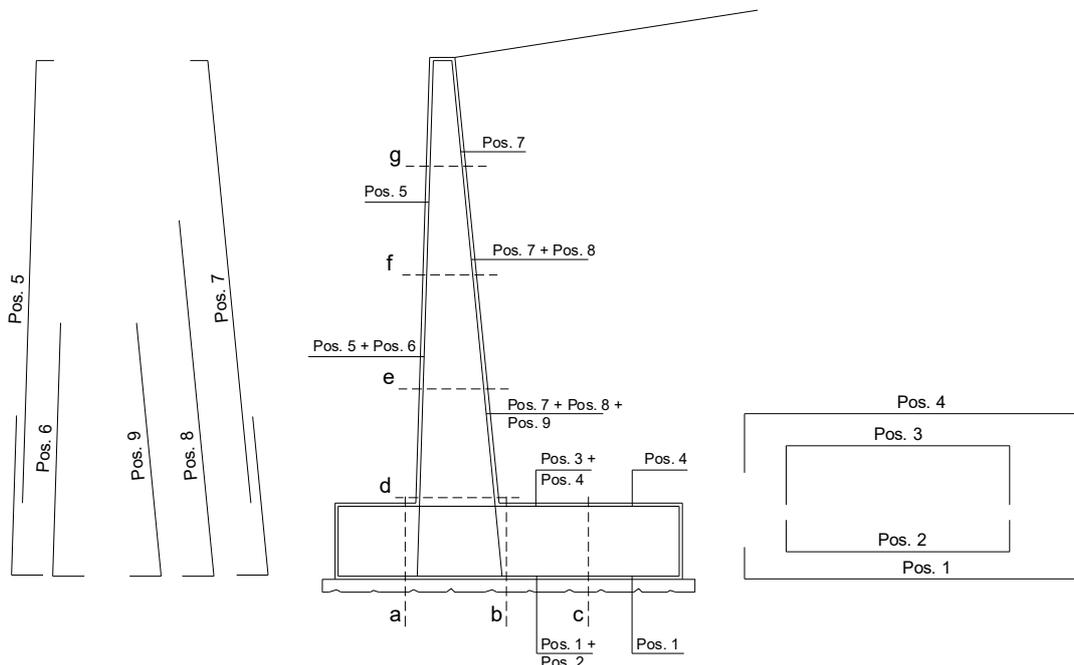


condizione statica

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	5.90	199.73	58.59	0.00	258.33	0.00	102.51	102.51
e-e	4.43	84.26	32.96	0.00	117.22	0.00	68.73	68.73
f-f	2.95	24.97	14.65	0.00	39.61	0.00	40.38	40.38
g-g	1.48	3.12	3.66	0.00	6.78	0.00	17.47	17.47

sezione	h [m]	Vt [kN/m]	Vq [kN/m]	V _{ext} [kN/m]	V _{tot} [kN/m]
d-d	5.90	101.56	19.86	0.00	121.42
e-e	4.43	57.13	14.90	0.00	72.02
f-f	2.95	25.39	9.93	0.00	35.32
g-g	1.48	6.35	4.97	0.00	11.31

SCHEMA DELLE ARMATURE



**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	30

ARMATURE

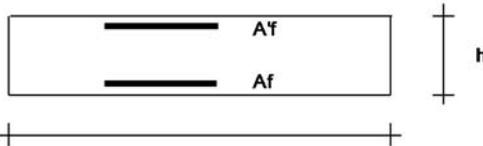
pos	n°/ml	φ	Il strato	pos	n°/ml	φ	Il strato
1	5.0	20		5	5.0	20	
2	5.0	20	<input type="checkbox"/>	6	0.0	16	<input type="checkbox"/>
3	0.0	16	<input type="checkbox"/>	7	5.0	20	
4	5.0	20		8	5.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	12	<input type="checkbox"/>

Calcola

(NOTA BENE):

La spunta "Il strato" significa che il ferro indicato viene messo internamente alla sezione come secondo strato, altrimenti, quanto inserito, è considerato affiancato a quello principale.

VERIFICHE



- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu	Mu/Med
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(-)
a - a	56.40	0.00	1.00	31.42	15.71	792.34	14.05
b - b	-270.18	0.00	1.00	15.71	31.42	593.11	2.20
c - c	-130.77	0.00	1.00	15.71	15.71	605.56	4.63
d - d	258.33	102.51	0.99	31.42	15.71	953.34	3.69
e - e	117.22	68.73	0.84	31.42	15.71	792.24	6.76
f - f	39.61	40.38	0.70	31.42	15.71	632.77	15.97
g - g	6.78	17.47	0.55	15.71	15.71	343.53	50.65

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Sez.	V _{Ed}	h	V _{rd}	ø staffe	i orizz.	i vert.	θ	V _{Rsd}	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	112.21	1.00	363.16	10	20	20	21.8	1625.01	Armatura a taglio non necessaria
b - b	82.69	1.00	363.16	10	20	20	21.8	1625.01	Armatura a taglio non necessaria
c - c	67.05	1.00	328.75	10	20	20	21.8	1625.01	Armatura a taglio non necessaria
d - d	121.42	0.99	340.52	10	20	20	21.8	1607.72	Armatura a taglio non necessaria
e - e	72.02	0.84	295.78	10	20	20	21.8	1352.73	Armatura a taglio non necessaria
f - f	35.32	0.70	250.78	10	20	20	21.8	1097.74	Armatura a taglio non necessaria
g - g	11.31	0.55	211.22	10	20	20	21.8	842.76	Armatura a taglio non necessaria

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03 00		PROGR 002

Verifiche strutturali – Stato Limite di fessurazione

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

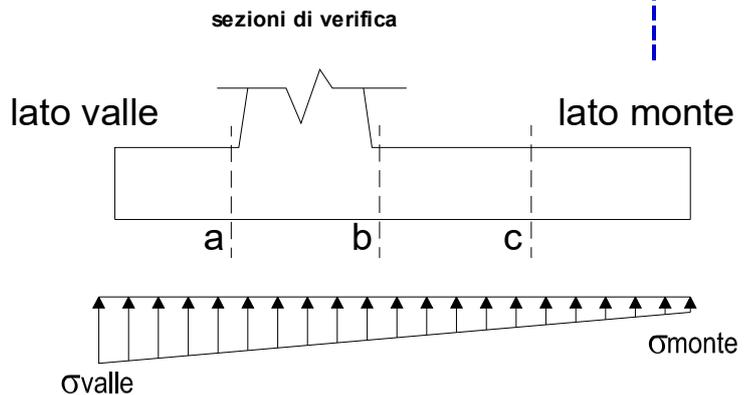
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 6.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6.00 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
Freq.	809.92	-137.35	112.10	157.88
	832.92	-153.45	113.25	164.40
Q.P.	806.59	-154.04	108.76	160.10
	806.59	-154.04	108.76	160.10

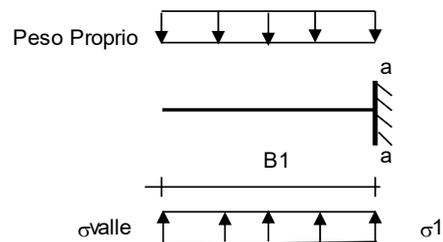


Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio.} \quad PP = 25.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Ma = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σ_{valle}	σ_1	Ma
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]
Freq.	112.10	119.73	44.82
	113.25	121.77	45.54
Q.P.	108.76	117.32	43.30
	108.76	117.32	43.30



Mensola Lato Monte

$$PP = 25.00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

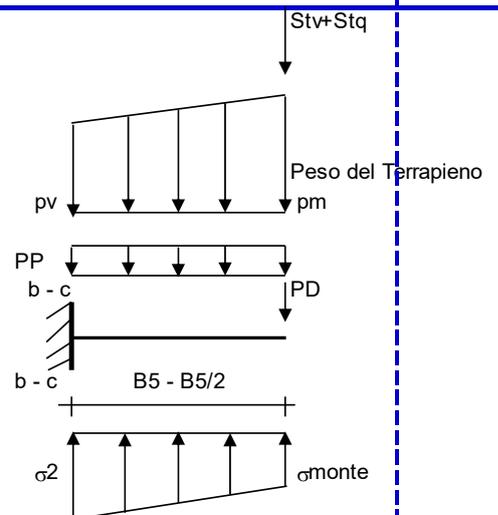
$$PD = 0.00 \text{ (kN/m)} \quad \text{peso proprio dente}$$

	Nmin	N max Freq	N max QP	
pm	118.00	125.50	118.00	(kN/m ²)
pvb	118.00	125.50	118.00	(kN/m ²)
pvc	118.00	125.50	118.00	(kN/m ²)

$$Mb = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot B^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot B \cdot PD \cdot (B - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

$$Mc = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (B/2)^2 / 3 - (Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (B/2 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	Mb	σ_{2c}	Mc
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN/m ²]	[kNm]
Freq.	157.88	127.28	-167.26	142.58	-82.78
	164.40	130.21	-184.77	147.30	-85.96
Q.P.	160.10	125.79	-139.24	142.95	-69.51
	160.10	125.79	-139.24	142.95	-69.51



**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	32

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

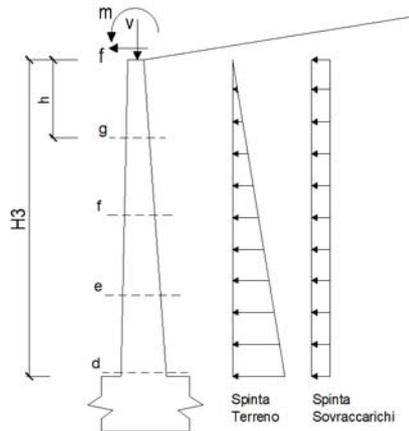
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$



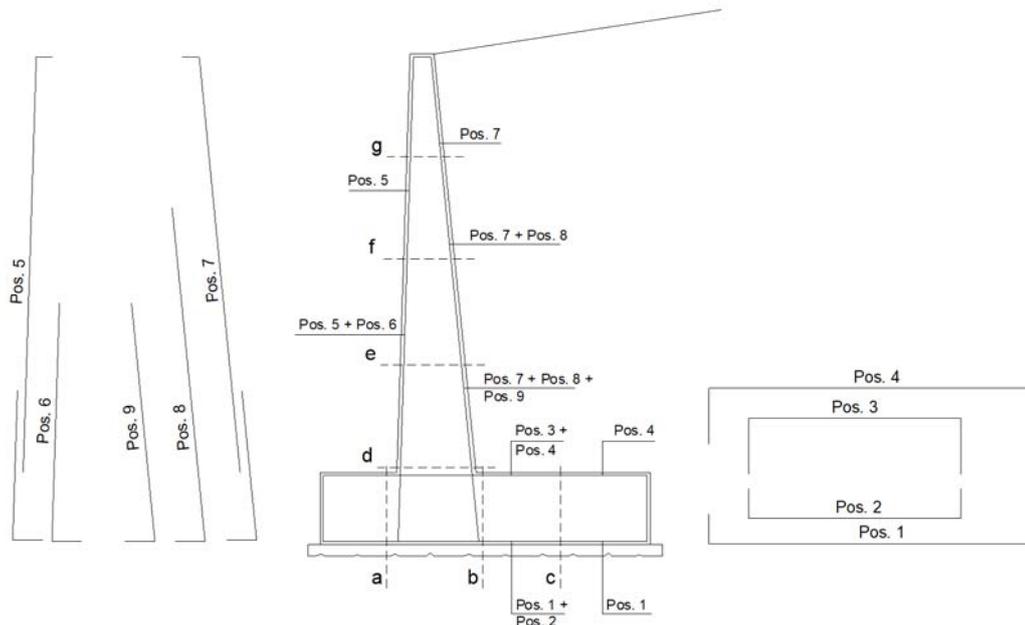
condizione Frequente

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	5.90	153.64	29.30	0.00	182.94	0.00	102.51	102.51
e-e	4.43	64.82	16.48	0.00	81.30	0.00	68.73	68.73
f-f	2.95	19.21	7.32	0.00	26.53	0.00	40.38	40.38
g-g	1.48	2.40	1.83	0.00	4.23	0.00	17.47	17.47

condizione Quasi Permanente

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	5.90	153.64	0.00	0.00	153.64	0.00	102.51	102.51
e-e	4.43	64.82	0.00	0.00	64.82	0.00	68.73	68.73
f-f	2.95	19.21	0.00	0.00	19.21	0.00	40.38	40.38
g-g	1.48	2.40	0.00	0.00	2.40	0.00	17.47	17.47

SCHEMA DELLE ARMATURE



**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	33

ARMATURE

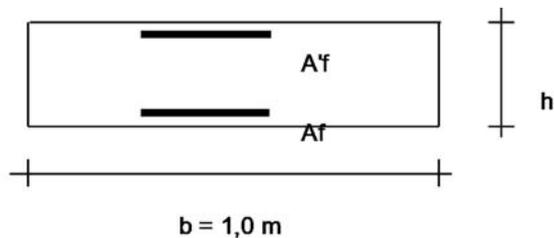
pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	5.0	20	<input type="checkbox"/>	5	5.0	20	<input type="checkbox"/>
2	5.0	20	<input type="checkbox"/>	6	0.0	16	<input type="checkbox"/>
3	0.0	16		7	5.0	20	<input type="checkbox"/>
4	5.0	20		8	5.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	12	

Calcola

(NOTA BENE):

La spunta "II strato" significa che il ferro indicato viene messo internamente alla sezione come secondo strato, altrimenti, quanto inserito, è considerato affiancato a quello principale.

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-6-7-8-9
f-f	pos 5-7-8
g-g	pos 5-7

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ ^c	σ ^f	w _k	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	45.54	0.00	1.00	31.42	15.71	0.38	16.81	0.016	0.300
b - b	-184.77	0.00	1.00	15.71	31.42	1.87	133.07	0.188	0.300
c - c	-85.96	0.00	1.00	15.71	15.71	0.95	62.09	0.088	0.300
d - d	182.94	102.51	0.99	31.42	15.71	-0.53	-46.39	-0.044	0.300
e - e	81.30	68.73	0.84	31.42	15.71	-0.52	-35.85	-0.034	0.300
f - f	26.53	40.38	0.70	31.42	15.71	-0.65	-31.30	-0.030	0.300
g - g	4.23	17.47	0.55	15.71	15.71	0.24	5.78	0.007	0.300

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

Condizione Quasi Permanente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ ^c	σ ^f	w _k	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	43.30	0.00	1.00	31.42	15.71	0.36	15.98	0.015	0.200
b - b	-139.24	0.00	1.00	15.71	31.42	1.41	100.28	0.142	0.200
c - c	-69.51	0.00	1.00	15.71	15.71	0.77	50.21	0.071	0.200
d - d	153.64	102.51	0.99	31.42	15.71	-0.58	-48.23	-0.046	0.200
e - e	64.82	68.73	0.84	31.42	15.71	-0.65	-40.68	-0.039	0.200
f - f	19.21	40.38	0.70	31.42	15.71	-3.61	-135.22	-0.128	0.200
g - g	2.40	17.47	0.55	15.71	15.71	0.09	0.47	0.000	0.200

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
		SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC CL	OPERA 7 DISCIPLINA SL 03		PROG 00

7.3.3 Verifiche strutturali – Stato Limite di limitazione delle tensioni

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 6.00 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 6.00 \quad (m^3)$$

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
Rara	813.26	-100.62	118.77	152.31
	859.26	-132.82	121.07	165.35

Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio.} \quad PP = 25.00 \quad (kN/m)$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

caso	σ_{valle}	σ_1	M_a
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]
Rara	118.77	124.36	47.82
	121.07	128.45	49.27

Mensola Lato Monte

$$PP = 25.00 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$PD = 0.00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	118.00	128.00	118.00	(kN/m ²)
pvb	118.00	128.00	118.00	(kN/m ²)
pvc	118.00	128.00	118.00	(kN/m ²)

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 +$$

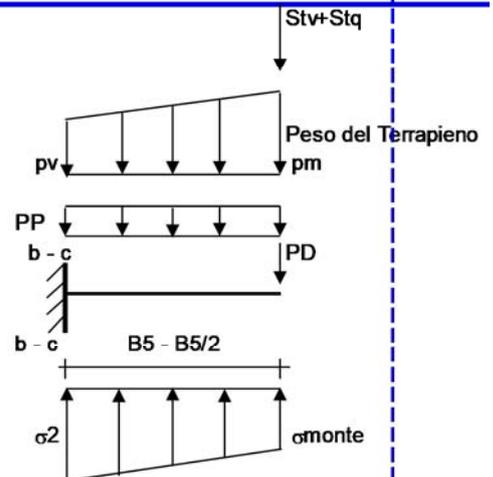
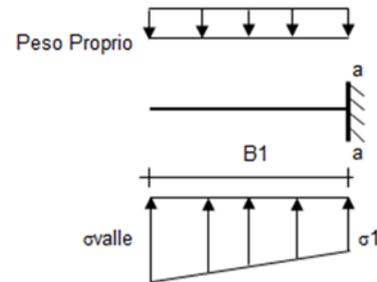
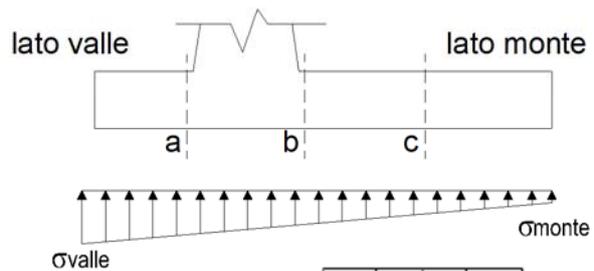
$$-(Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H/2) + M_{sp} + Sp \cdot H/2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H/2) + M_{sp} + Sp \cdot H/2$$

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	M_b	σ_{2c}	M_c
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN/m ²]	[kNm]
Rara	152.31	129.90	-196.77	141.11	-94.58
	165.35	135.76	-191.60	150.55	-90.88

sezioni di verifica



**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	35

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_t \text{ sism} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{orizz}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{orizz}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o} \quad h/3$$

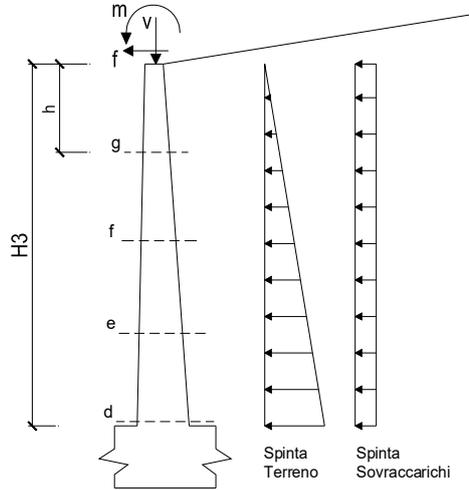
$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

$$M_{inerzia} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_{ext} = v$$

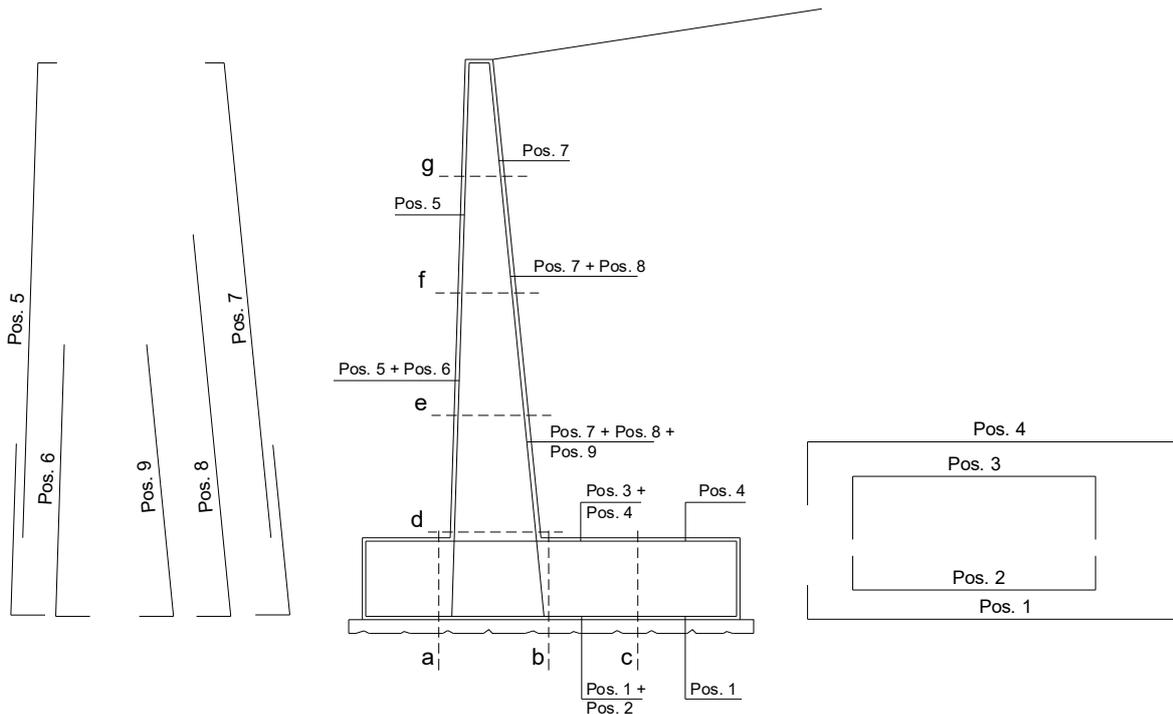
$$N_{pp+inerzia} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$



condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.90	153.64	39.06	0.00	192.70	0.00	102.51	102.51
e-e	4.43	64.82	21.97	0.00	86.79	0.00	68.73	68.73
f-f	2.95	19.21	9.77	0.00	28.97	0.00	40.38	40.38
g-g	1.48	2.40	2.44	0.00	4.84	0.00	17.47	17.47

SCHEMA DELLE ARMATURE



**SI03- Relazione di calcolo
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	36

ARMATURE

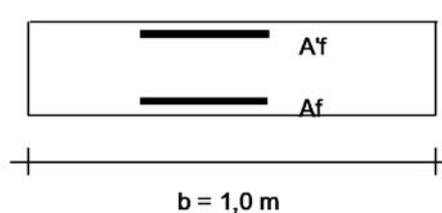
pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	5.0	20	<input type="checkbox"/>	5	5.0	20	<input type="checkbox"/>
2	5.0	20	<input type="checkbox"/>	6	0.0	16	<input type="checkbox"/>
3	0.0	16	<input type="checkbox"/>	7	5.0	20	<input type="checkbox"/>
4	5.0	20	<input type="checkbox"/>	8	5.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	12	<input type="checkbox"/>

Calcola

(NOTA BENE):

La spunta "II strato" significa che il ferro indicato viene messo internamente alla sezione come secondo strato, altrimenti, quanto inserito, è considerato affiancato a quello principale.

VERIFICHE



a-a	pos 1-2-3-4
b-b	pos 1-2-3-4
c-c	pos 1-4
d-d	pos 5-6-7-8-9
e-e	pos 5-6-7-8-9
f-f	pos 5-7-8
g-g	pos 5-7

Combinazione Caratteristica (RARA)

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σc	σf
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	49.27	0.00	1.00	31.42	15.71	0.42	18.18
b - b	-196.77	0.00	1.00	15.71	31.42	1.99	141.71
c - c	-94.58	0.00	1.00	15.71	15.71	1.04	68.31
d - d	192.70	102.51	0.99	31.42	15.71	-0.52	-46.09
e - e	86.79	68.73	0.84	31.42	15.71	-0.51	-35.26
f - f	28.97	40.38	0.70	31.42	15.71	-0.58	-29.09
g - g	4.84	17.47	0.55	15.71	15.71	0.28	7.59

Combinazione Quasi Oermanente.

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σc	σf
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
a - a	43.30	0.00	1.00	31.42	15.71	0.36	15.98
b - b	-139.24	0.00	1.00	15.71	31.42	1.41	100.28
c - c	-69.51	0.00	1.00	15.71	15.71	0.77	50.21
d - d	153.64	102.51	0.99	31.42	15.71	-0.58	-48.23
e - e	64.82	68.73	0.84	31.42	15.71	-0.65	-40.68
f - f	19.21	40.38	0.70	31.42	15.71	-3.61	-135.22
g - g	2.40	17.47	0.55	15.71	15.71	0.09	0.47

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
SI03- Relazione di calcolo muri	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	03	00	002	B	37

8. INCIDENZA ARMATURE

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dell'incidenza delle armature per i muri in progetto:

SL03	Muri d'ala	
	Zattera di Fondazione kg/m ³	Elevazione kg/m ³
Muro	70	80