

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

SL04 - Sottovia viabilità NV20A al km 10+339.79 (progr. ferr.)  
Relazione di calcolo muri

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

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

LI0B 02 E ZZ CL SL0400 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: LI0B02EZZCLSL0400002B

n. Elab.:

<small>MANDATARIA</small>  <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>	<small>MANDANTI</small> 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA</b>									
		<b>SL04 - Relazione di calcolo muri</b>	<small>COMMESSA</small> <b>LI0B</b>	<small>LOTTO</small> <b>02</b>	<small>FASE</small> <b>E</b>	<small>ENTE</small> <b>ZZ</b>	<small>TIPO DOC</small> <b>CL</b>	<small>OPERA 7 DISCIPLINA</small> <b>SL 04 00</b>			<small>PROGR</small> <b>002</b>

## INDICE

<b>1.. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.. MATERIALI.....</b>	<b>4</b>
3.1 Calcestruzzo .....	4
3.2 Acciaio in barre ad aderenza migliorata B450 C.....	4
3.3 Verifica S.L.E. ....	5
<b>4.. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....</b>	<b>7</b>
4.1 Terreno di ricoprimento/rinterro.....	7
4.2 Terreno di fondazione .....	7
4.3 Pendio.....	7
4.4 Carico accidentale di monte.....	7
<b>5.. CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>8</b>
5.1 Vita nominale e classe d'uso.....	8
5.2 Parametri di pericolosità sismica.....	8
<b>6.. METODO DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO .....</b>	<b>12</b>
6.1 Condizioni di spinta sul muro in condizioni statiche .....	12
6.2 Condizioni di spinta sul muro in condizioni sismiche .....	13
6.3 Verifiche geotecniche.....	15
6.4 Verifiche strutturali .....	15
<b>7.. MURO TIPO H<sub>MAX</sub>=5.20M .....</b>	<b>16</b>
7.1 Parametri di calcolo.....	16
7.2 Verifiche Geotecniche .....	18
7.3 Verifiche strutturali .....	30
<b>8.. INCIDENZA ARMATURE .....</b>	<b>40</b>

**SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>2</b>

**1. PREMESSA**

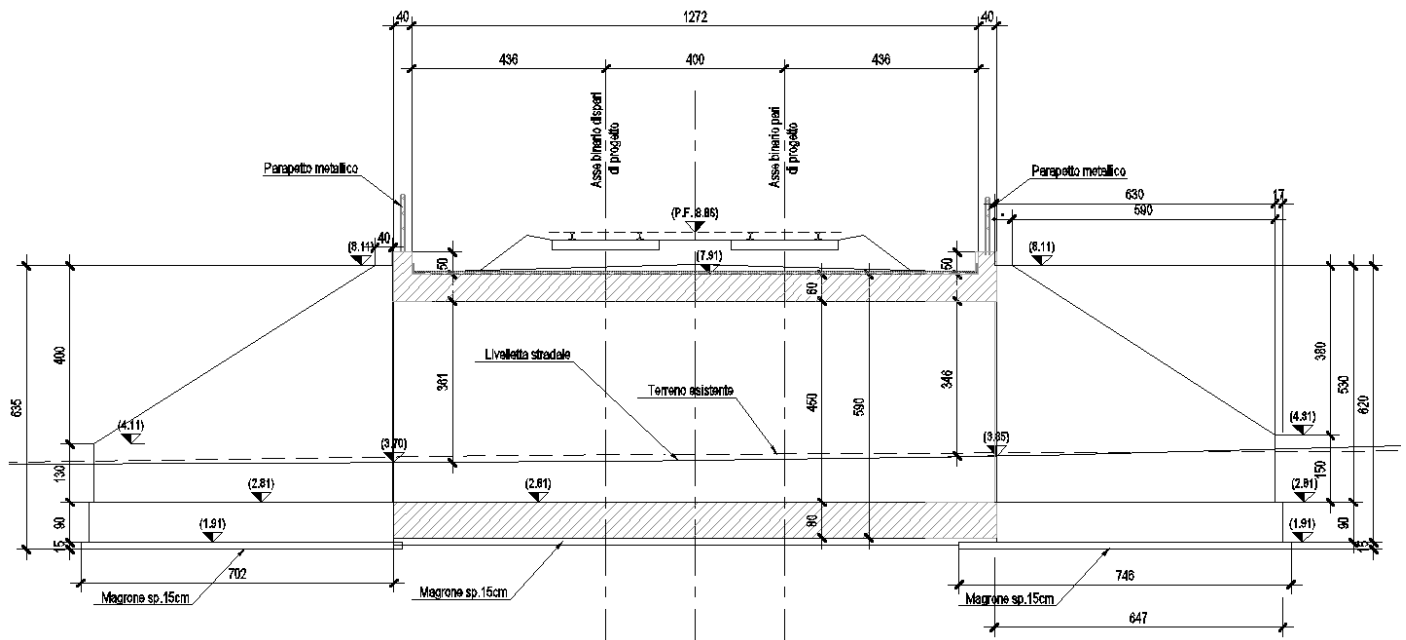
Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al Raddoppio Termoli - Lesina, Lotto 02: Termoli - Campomarino.

Nel seguito del presente paragrafo si riportano i criteri generali di Analisi ed i risultati del dimensionamento dei muri di sostegno da realizzare in prossimità delle sezioni di imbocco del Sottovia, al fine di contenere localmente il corpo del rilevato ferroviario.

A riguardo si precisa che i calcoli sono state effettuati, con riferimento ad un modello di muro di lunghezza unitaria.

Nell'immagine seguente si riporta la sezione longitudinale dell'opera.

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



*Fig. 1 – Sezione longitudinale*

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>SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>3</b>

## 2. 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:

- [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

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>SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>4</b>

### 3. MATERIALI

Il progetto sarà realizzato utilizzando i seguenti materiali:

#### 3.1 CALCESTRUZZO

**Classe di resistenza: MAGRONE**

**C12/15**

Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	<b>15</b>	$N/mm^2$
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		<b>XS1-XA1</b>	
Classe di consistenza slump:		<b>S4</b>	
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:

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

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; 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>SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>5</b>

### 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 Verifiche 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, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento " Manuale di progettazione opere civili"

##### 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

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

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

#### ACCIAIO

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

#### 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 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>SI04- Relazione di calcolo muri</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B

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 (XC4) 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  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>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>

## 4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

### 4.1 TERRENO DI RICOPRIMENTO/RINTERRO

Per il terreno di ricoprimento dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche :

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

### 4.2 TERRENO DI FONDAZIONE

Le caratteristiche geotecniche del volume di terreno che interagisce con l'opera sono state desunte dalla relazione geotecnica e sono riportate sinteticamente di seguito (dedotte dalla linea alla progr. 10+340.00:

#### Unità ga2 – Sabbia, sabbia limosa (Depositi costieri attuali e recenti)

$\gamma = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 30 \div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$N_{spt} = 10 \div R$	numero di colpi da prova SPT
$V_s = 190 \div 510 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 70 \div 500 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 180 \div 1300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 10^{-6} \div 10^{-5} \text{ m/s}$	permeabilità

Falda da considerarsi a p.c.

### 4.3 PENDIO

Per tenere in considerazione della leggera inclinazione planimetrica del muro rispetto al rilevato ferroviario e quindi della spinta del terreno esercitata sul paramento del muro si è posta una pendenza del rilevato pari a  $10^\circ$

### 4.4 CARICO ACCIDENTALE DI MONTE

Per tenere in considerazione della leggera inclinazione planimetrica del muro rispetto al rilevato ferroviario e quindi della spinta del carico accidentale esercitata sul paramento del muro si è posto, a favore di sicurezza, un carico accidentale in testa all'opera pari a  $10 \text{ kN/m}^2$ .



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A 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>SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>8</b>

## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

### 5.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale:  $VN = 75$  anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_u = 1.5$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni

### 5.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica /  $V_R$ ) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:  LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:  PROVINCIA:  COMUNE:

Elaborazioni grafiche

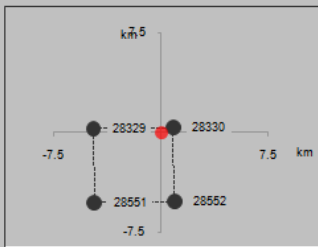
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento


Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione



...a "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per ... identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, a "Ricerca per coordinate".

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & 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>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>	REV <b>B</b>

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $c_U$   info

---

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

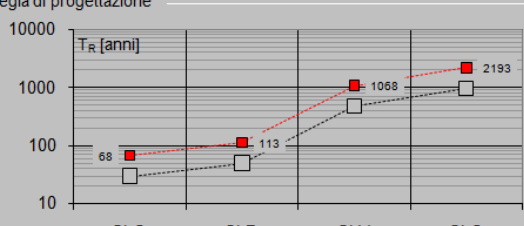
- SLV -  $P_{VR} = 10\%$
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$

---

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) per gli stati limite di normativa sono dunque:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.071	2.498	0.313
SLD	113	0.089	2.534	0.324
SLV	1068	0.224	2.482	0.352
SLC	2193	0.293	2.461	0.358

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → 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;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

- Categoria del suolo **C**

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	10

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_n$	0.224 g
$F_0$	2.482
$T_C^*$	0.352 s
$S_S$	1.366
$C_C$	1.482
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.366
$\eta$	1.000
$T_B$	0.174 s
$T_C$	0.522 s
$T_D$	2.498 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_0(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

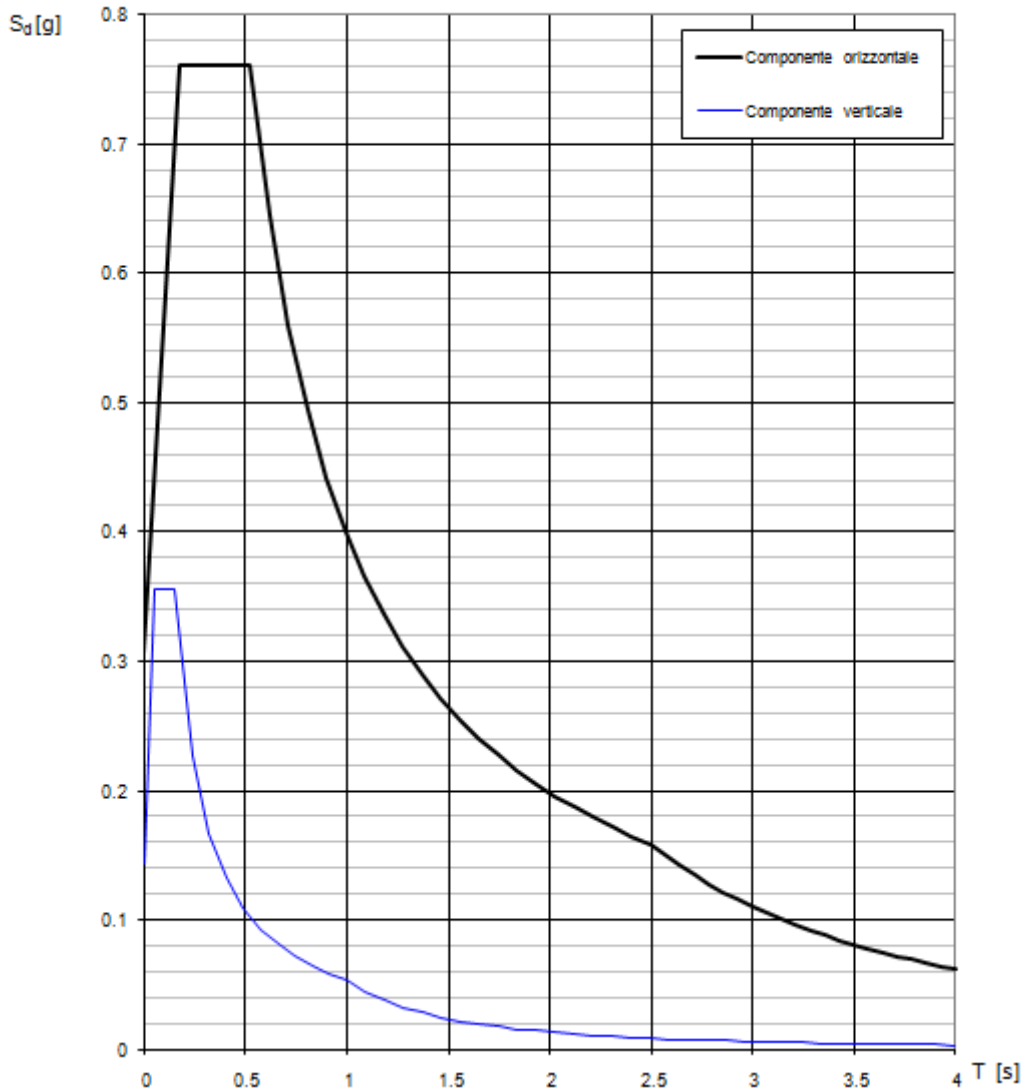
**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0.000	0.307
0.174	0.761
0.522	0.761
0.616	0.645
0.710	0.559
0.804	0.494
0.898	0.442
0.992	0.400
1.086	0.365
1.180	0.336
1.274	0.311
1.369	0.290
1.463	0.271
1.557	0.255
1.651	0.240
1.745	0.227
1.839	0.216
1.933	0.205
2.027	0.196
2.121	0.187
2.216	0.179
2.310	0.172
2.404	0.165
2.498	0.159
2.569	0.150
2.641	0.142
2.712	0.135
2.784	0.128
2.855	0.122
2.927	0.116
2.999	0.110
3.070	0.105
3.142	0.100
3.213	0.096
3.285	0.092
3.356	0.088
3.428	0.084
3.499	0.081
3.571	0.078
3.642	0.075
3.714	0.072
3.785	0.069
3.857	0.067
3.928	0.064
4.000	0.062

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	11

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



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; 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>SI04- 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>SL 04 00</b>		PROGR <b>002</b>

## 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  $\gamma$ , 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):

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

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

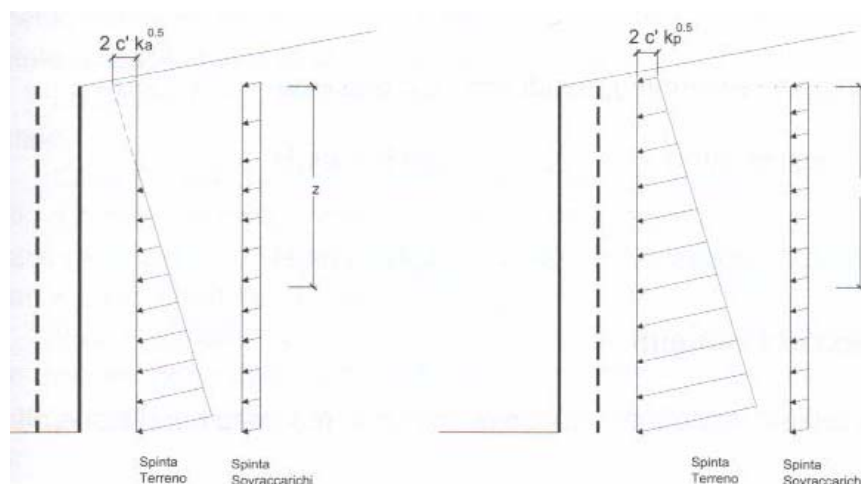


Fig. 2 – Spinte orizzontali in condizioni statiche

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; 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>SI04- 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>SL 04 00</b>		PROGR <b>002</b>

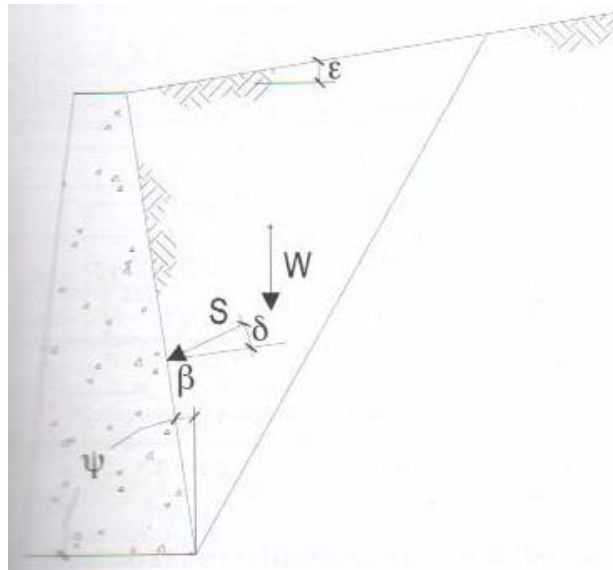


Fig. 3 – Parametri geometrici per la valutazione dei coefficienti di spinta

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.

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:

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

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

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

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

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	14

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

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:

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

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

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

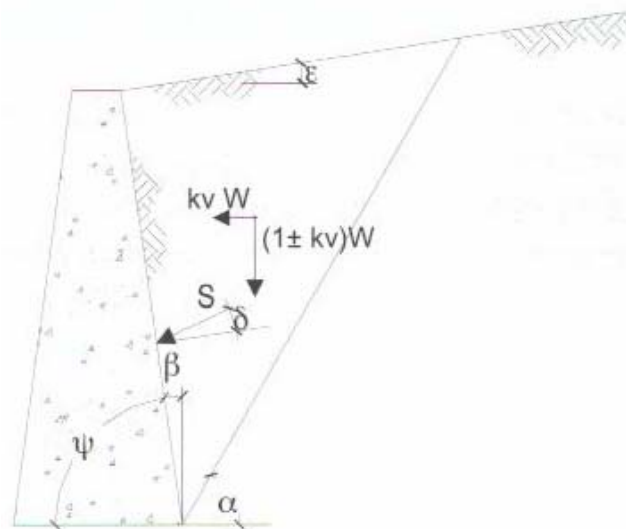


Fig. 4 – Azioni sismiche pseudo-statiche

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

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>SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	15

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

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

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

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

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

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0,2 < a_z(g) \leq 0,4$	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 esplicitare per effetto dei carichi verticali  $N$  al contatto tra platea di fondazione e terreno. Il coefficiente di attrito  $f$  è assunto pari a:  $f = \operatorname{tg}(\delta) = \operatorname{tg}(\phi)$  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.



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & 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>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>	REV <b>B</b>

## 7. MURO TIPO $H_{MAX}=5.20M$

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

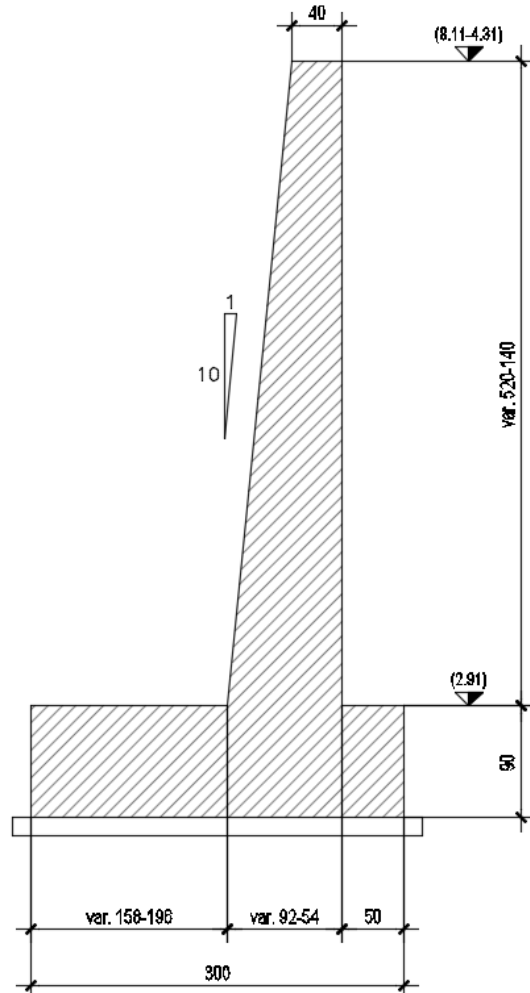


Fig. 5 – Sezione di riferimento muro tipo  $H_{max}=5.20m$

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 pari a 3.90m.

### 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:

- $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$  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.

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>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>

### 7.1.2 Sovraccarico accidentale

A favore di sicurezza si considera un sovraccarico accidentale pari a **10,00 kN/m<sup>2</sup>** 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 $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

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

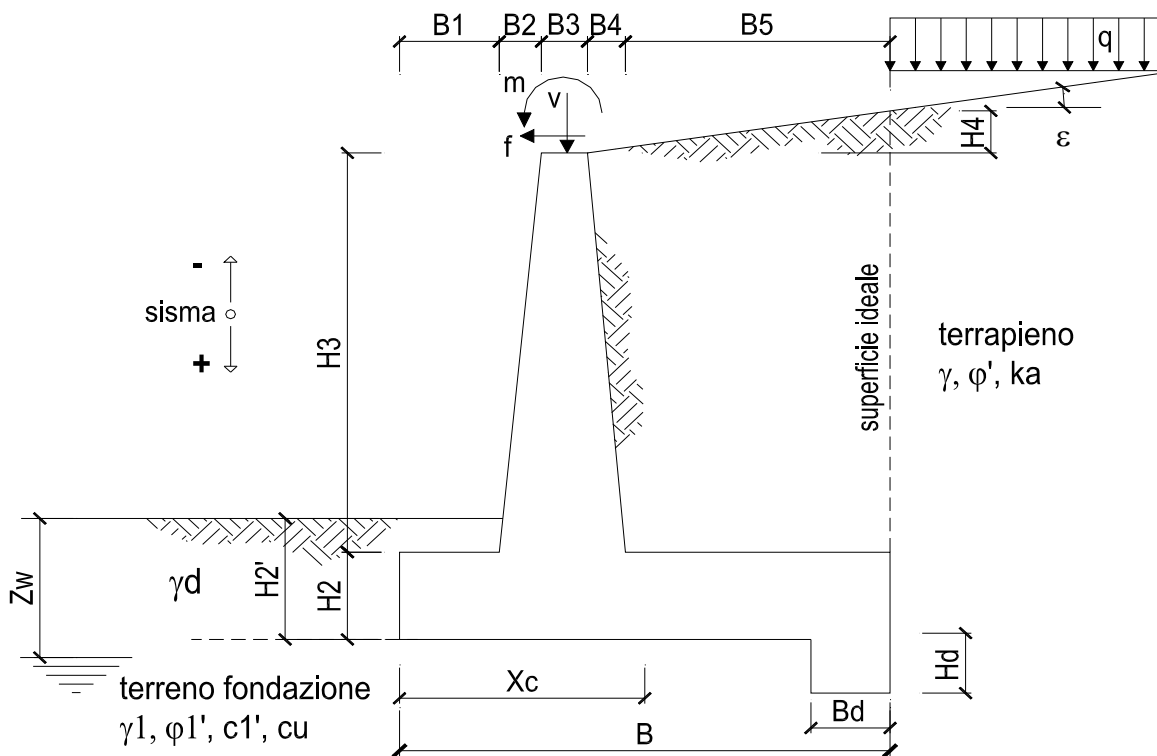
Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	18

**7.2 VERIFICHE GEOTECNICHE**

**7.2.1 Dati di progetto**



**DATI DI PROGETTO:**

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	5.30	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.53	(m)

**Geometria della Fondazione**

Larghezza Fondazione	B =	3.00	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.90	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.50	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	1.57	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	1.50	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$ =	25.00	(kN/m <sup>3</sup> )
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSULENTI &amp; 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>SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>19</b>

<b>Dati Geotecnici</b>				<i>valori caratteristici</i>		<i>valori di progetto</i>	
				<b>SLE</b>		<b>STR/GEO</b>	<b>EQU</b>
Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	(°)	$\phi'$	35.00		35.00	29.26
	Peso Unità di Volume del terrapieno	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$	20.00		20.00	20.00
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	(°)	$\delta$	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)	$c_1'$	0.00		0.00	0.00
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	(°)	$\phi_1'$	34.00		34.00	28.35
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_1$	20.00		20.00	20.00
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	(kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$	20.00		20.00	20.00
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B)	(m)	Hs	13.00			
	Modulo di deformazione	(kN/m <sup>2</sup> )	E	300000			

Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_g/g$	0.224	(-)
	Coefficiente Amplificazione Stratigrafico	$S_S$	1.366	(-)
	Coefficiente Amplificazione Topografico	$S_T$	1	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_s$	0.31	(-)
	Coefficiente sismico orizzontale	kh	0.09485504	(-)
	Coefficiente sismico verticale	kv	0.0474	(-)
	Muro libero di traslare o ruotare			<input checked="" type="radio"/> si

		<b>SLE</b>		<b>STR/GEO</b>		<b>EQU</b>	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva Statico	ka	0.275	0.275	0.351		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma +	kas+	0.346	0.346	0.437		
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma -	kas-	0.354	0.354	0.447		
	Coeff. Di Spinta Passiva	kp	3.537	3.537	2.809		
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma +	kps+	3.363	3.363	2.652		
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma -	kps-	3.345	3.345	2.636		

## 7.2.2 Analisi dei carichi

<b>Carichi Agenti</b>				<i>valori caratteristici</i>		<i>valori di progetto</i>	
				<b>SLE - sisma</b>		<b>STR/GEO</b>	<b>EQU</b>
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m <sup>2</sup> )	qp	0.00		0.00	0.00
	Sovraccarico su zattera di monte <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no						
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	fp	0.00		0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	vp	0.00		0.00	0.00
	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	mp	0.00		0.00	0.00
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m <sup>2</sup> )	q	10.00		15.00	15.00
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	f	0.00		0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	v	0.00		0.00	0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00		0.00	0.00
	Coefficienti di combinazione	condizione frequente $\Psi_1$	0.50	condizione quasi permanente $\Psi_2$	0.00		0.00
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	(kN/m <sup>2</sup> )	qs	0.00			
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	fs	0.00			
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kN/m)	vs	0.00			
	Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche	(kNm/m)	ms	0.00			

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & 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>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>

### 7.2.3 Verifiche

#### Coefficienti di sicurezza

	<u>Scorrimento</u>	<u>Ribaltamento</u>	<u>Carico limite</u>		
<b>Statico</b>	<b>2.07</b>	<b>2.95</b>	<b>1.87</b>		
<b>Sismico</b>	<b>1.87</b>	<b>2.27</b>	<b>1.51</b>		
<b>FORZE VERTICALI</b>					
- Peso del Muro (Pm)			<b>SLE</b>	<b>STR/GEO</b>	<b>EQU</b>
Pm1 = (B2*H3*γcls)/2		(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pm2 = (B3*H3*γcls)		(kN/m)	53.00	53.00	47.70
Pm3 = (B4*H3*γcls)/2		(kN/m)	35.11	35.11	31.60
Pm4 = (B*H2*γcls)		(kN/m)	67.50	67.50	60.75
Pm5 = (Bd*Hd*γcls)		(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5		(kN/m)	155.61	155.61	140.05
- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)					
Pt1 = (B5*H3*γ')		(kN/m)	166.42	166.42	149.78
Pt2 = (0,5*(B4+B5)*H4*γ')		(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pt3 = (B4*H3*γ')/2		(kN/m)	28.09	28.09	25.28
Sovr = qp * (B4+B5)		(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr		(kN/m)	194.51	194.51	175.06
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro					
Sovr acc. Stat q * (B4+B5)		(kN/m)	21	31.5	
Sovr acc. Sism qs * (B4+B5)		(kN/m)	0		
<b>MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO</b>					
- Muro (Mm)			<b>SLE</b>	<b>STR/GEO</b>	<b>EQU</b>
Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)		(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0,5*B3)		(kNm/m)	37.10	37.10	33.39
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)		(kNm/m)	37.80	37.80	34.02
Mm4 = Pm4*(B/2)		(kNm/m)	101.25	101.25	91.13
Mm5 = Pm5*(B - Bd/2)		(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 +Mm5		(kNm/m)	176.15	176.15	158.54
- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro					
Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)		(kNm/m)	368.62	368.62	331.76
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))		(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)		(kNm/m)	35.21	35.21	31.69
Msovr = Sovr*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))		(kNm/m)	0.00	0.00	0.00
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr		(kNm/m)	403.83	403.83	363.44
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro					
Sovr acc. Stat q*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))		(kNm/m)	40.95	61.425	
Sovr acc. Sism qs*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))		(kNm/m)	0		

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & 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>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>

#### INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

Ps h =	$Pm \cdot kh$	(kN/m)	14.76
Ps v =	$Pm \cdot kv$	(kN/m)	7.38

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

Ptsh =	$Pt \cdot kh$	(kN/m)	18.45
Ptsv =	$Pt \cdot kv$	(kN/m)	9.23

- 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=	$kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	17.85
MPs3 h=	$kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3/3)$	(kNm/m)	8.88
MPs4 h=	$kh \cdot Pm4 \cdot (H2/2)$	(kNm/m)	2.88
MPs5 h=	$-kh \cdot Pm5 \cdot (Hd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs h=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	29.61

- 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)	1.76
MPs3 v=	$kv \cdot Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4/3)$	(kNm/m)	1.79
MPs4 v=	$kv \cdot Pm4 \cdot (B/2)$	(kNm/m)	4.80
MPs5 v=	$kv \cdot Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	(kNm/m)	0.00
MPs v=	$MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$	(kNm/m)	8.35

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

MPts1 h=	$kh \cdot Pt1 \cdot (H2 + H3/2)$	(kNm/m)	56.04
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)	11.81
MPts h=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	67.85

- 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)	17.48
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)	2.26
MPts v=	$MPts1 + MPts2 + MPts3$	(kNm/m)	19.74

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	22

**CONDIZIONE STATICA**

**SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Spinta totale condizione statica

		(kN/m)	SLE	STR/GEO	EQU
St	=	$0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$	93.95	122.14	129.40
Sq perm	=	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	0.00	0.00	0.00
Sq acc	=	$q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka$	15.15	22.73	28.46

- Componente orizzontale condizione statica

Sth	=	$St \cdot \cos \delta$	(kN/m)	86.27	112.15	121.98
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)	13.91	20.87	26.83

- Componente verticale condizione statica

Stv	=	$St \cdot \sin \delta$	(kN/m)	37.21	48.37	43.20
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)	6.00	9.00	9.50

- Spinta passiva sul dente

Sp	=	$\frac{1}{2} \cdot g1 \cdot Hd^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
----	---	--	--------	------	------	------

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

		(kNm/m)	SLE	STR/GEO	EQU
MSt1	=	$Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd)$	178.29	231.78	252.09
MSt2	=	$Stv \cdot B$	111.62	145.11	129.59
MSq1 perm	=	$Sqh \text{ perm} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	0.00	0.00	0.00
MSq1 acc	=	$Sqh \text{ acc} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd)$	43.13	64.70	83.17
MSq2 perm	=	$Sqv \text{ perm} \cdot B$	0.00	0.00	0.00
MSq2 acc	=	$Sqv \text{ acc} \cdot B$	18.00	27.01	28.50
MSp	=	$\gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$	0.00	0.00	0.00

**MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE**

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

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & 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>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>

### VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v \text{ perm} + Sq_v \text{ acc} \quad 407.49 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f \quad 133.02 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg}\phi_1' \quad 0.67 \quad (-)$$

$$\mathbf{Fs \text{ scorr.} \quad (N \cdot f + S_p) / T \quad \mathbf{2.07} \quad > \quad \mathbf{1.1}}$$


---

### VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

$$M_s = M_m + M_t + M_{fext3} \quad 521.98 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$M_r = M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} \quad 177.16 \quad (\text{kNm/m})$$

$$\mathbf{Fs \text{ ribaltamento} \quad M_s / M_r \quad \mathbf{2.95} \quad > \quad \mathbf{1}}$$



 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>SI04- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
<b>LI0B</b>		<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>24</b>

### VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr\ acc)$		407.49	438.99	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
$T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$		133.02	133.02	(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
$MM = \sum M$		455.61	517.04	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
$M = X_c \cdot N - MM$		155.63	141.45	(kNm/m)

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

Fondazione Nastriforme

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

$c_1'$	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kPa)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	34.00		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	10.00		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma d^* H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.00		(kN/m <sup>2</sup> )
$e = M / N$	eccentricità	0.38	0.32	(m)
$B^* = B - 2e$	larghezza equivalente	2.24	2.36	(m)

I valori di  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$N_q = tg^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot tg(\phi'))}$	(1 in cond. nd)	29.44		(-)
$N_c = (N_q - 1) / tg(\phi')$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	42.16		(-)
$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\phi')$	(0 in cond. nd)	41.06		(-)

I valori di  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cot \phi'))^m$	(1 in cond. nd)	0.45	0.49	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.43	0.43	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cot \phi'))^{m+1}$		0.31	0.31	(-)

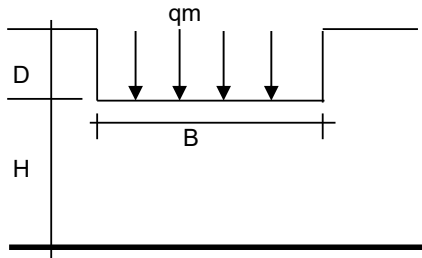
(fondazione nastriforme  $m = 2$ )

$q_{lim}$	(carico limite unitario)	340.65	354.82	(kN/m <sup>2</sup> )
-----------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b>F = q<sub>lim</sub> * B* / N</b>	Nmin	<b>1.87</b>	>	<b>1.4</b>
		Nmax	<b>1.90</b>	>	

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; 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>SI04- 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>SL 04 00</b>		PROGR <b>002</b>

### CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

N	390.33	(kN/m)
M	84.75	(kNm/m)
e=M/N	0.22	(m)
B*	2.57	(m)

Profondità Piano di Posa della Fondazione

D =	1.50	(m)
D/B*	0.58	(m)
Hs/B*	5.07	(m)

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2*e) = N / B^* = 158.82 \quad (\text{kN/mq})$$

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

$$\mu_0 = 0.935 \quad (-)$$

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

$$\mu_1 = 1.09 \quad (-)$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 1.38 \quad (\text{mm})$$

### CONDIZIONE SISMICA +

#### SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

Sst1 stat = $0,5 * \gamma * (H2+H3+H4+Hd)^2 * ka$	(kN/m)	93.95	93.95	117.64
Sst1 sism = $0,5 * \gamma * (1+kv) * (H2+H3+H4+Hd)^2 * kas^+ - Sst1 \text{ stat}$	(kN/m)	26.70	26.70	30.71
Ssq1 perm = $qp * (H2+H3+H4+Hd) * kas^+$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1 acc = $qs * (H2+H3+H4+Hd) * kas^+$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente orizzontale condizione sismica +

Sst1h stat = $Sst1 \text{ stat} * \cos \delta$	(kN/m)	86.27	86.27	110.89
Sst1h sism = $Sst1 \text{ sism} * \cos \delta$	(kN/m)	24.52	24.52	28.95
Ssq1h perm = $Ssq1 \text{ perm} * \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1h acc = $Ssq1 \text{ acc} * \cos \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Componente verticale condizione sismica +

Sst1v stat = $Sst1 \text{ stat} * \sin \delta$	(kN/m)	37.21	37.21	39.27
Sst1v sism = $Sst1 \text{ sism} * \sin \delta$	(kN/m)	10.57	10.57	10.25
Ssq1v perm = $Ssq1 \text{ perm} * \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
Ssq1v acc = $Ssq1 \text{ acc} * \sin \delta$	(kN/m)	0.00	0.00	0.00

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} * \gamma_1 * (1+kv) * Hd^2 * kps^+ + (2 * c_1 * kps^{+0.5} + \gamma_1 * (1+kv) * kps^+ * H2) * Hd \quad (\text{kN/m})$$

	(kN/m)	0.00	0.00	0.00
--	--------	------	------	------

MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>SI04- 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>SL 04 00</b>			PROGR <b>002</b>	REV <b>B</b>

**MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO**

- Condizione sismica +

SLE	STR/GEO	EQU
-----	---------	-----

MSst1 stat =	$Sst1h \text{ stat} * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$	( kNm/m )	178.29	178.29	229.17
MSst1 sism=	$Sst1h \text{ sism} * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	( kNm/m )	50.67	50.67	59.82
MSst2 stat =	$Sst1v \text{ stat} * B$	( kNm/m )	111.62	111.62	117.81
MSst2 sism =	$Sst1v \text{ sism} * B$	( kNm/m )	31.72	31.72	30.75
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)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv \quad 414.51 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh \quad 144.00 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = tg\phi' \quad 0.67 \quad (-)$$

$$Fs = (N * f + Sp) / T \quad \mathbf{1.94} \quad > \quad \mathbf{1.1}$$

**VERIFICA AL RIBALTAMENTO**

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + Mfext3 \quad 579.98 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MP_s + Mpts \quad 209.79 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr \quad \mathbf{2.76} \quad > \quad \mathbf{1}$$

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>SI04- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	27

### VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)		Nmin	Nmax	
N =	$P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (S_{ovr} acc)$	414.51	414.51	(kN/m)
Risultante forze orizzontali (T)				
T =	$S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$	144.00		(kN/m)
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)				
MM =	$\sum M$	425.00	425.00	(kNm/m)
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)				
M =	$X_c * N - MM$	196.77	196.77	(kNm/m)

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

Fondazione Nastriforme

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

c1'	coesione terreno di fondaz.	0.00		(kN/mq)
$\phi_1'$	angolo di attrito terreno di fondaz.	34.00		(°)
$\gamma_1$	peso unità di volume terreno fondaz.	10.00		(kN/m <sup>3</sup> )
$q_0 = \gamma_d * H_2'$	sovraccarico stabilizzante	15.00		(kN/m <sup>2</sup> )
e = M / N	eccentricità	0.47	0.47	(m)
B* = B - 2e	larghezza equivalente	2.05	2.05	(m)

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

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\phi))}$	(1 in cond. nd)	29.44		(-)
$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$	(2+ $\pi$ in cond. nd)	42.16		(-)
$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi)$	(0 in cond. nd)	41.06		(-)

I valori di ic, iq e i $\gamma$  sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

$i_q = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi)))^m$	(1 in cond. nd)	0.43	0.43	(-)
$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$		0.41	0.41	(-)
$i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$		0.28	0.28	(-)

(fondazione nastriforme m = 2)

q <sub>lim</sub>	(carico limite unitario)	305.09	305.09	(kN/m <sup>2</sup> )
------------------	--------------------------	--------	--------	----------------------

<b>FS carico limite</b>	<b>F = q<sub>lim</sub> * B* / N</b>	Nmin	<b>1.51</b>	>	<b>1.4</b>
		Nmax	<b>1.51</b>	>	

 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>SI04- Relazione di calcolo muri</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	28

### 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)	93.95	93.95	117.64
Sst1 sism =	$0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^-$	(kN/m)	18.03	18.03	19.83
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)	86.27	86.27	110.89
Sst1h sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$	(kN/m)	16.56	16.56	18.70
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)	37.21	37.21	39.27
Sst1v sism =	$Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$	(kN/m)	7.14	7.14	6.62
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 )	178.29	178.29	229.17
MSst1 sism=	$Sst1h \text{ sism} \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$	( kNm/m )	34.22	34.22	38.64
MSst2 stat =	$Sst1v \text{ stat} \cdot B$	( kNm/m )	111.62	111.62	117.81
MSst2 sism =	$Sst1v \text{ sism} \cdot B$	( kNm/m )	21.42	21.42	19.86
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)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv \quad 377.86 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh \quad 136.04 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \phi_1' \quad 0.67 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T \quad 1.87 \quad > \quad 1.1$$

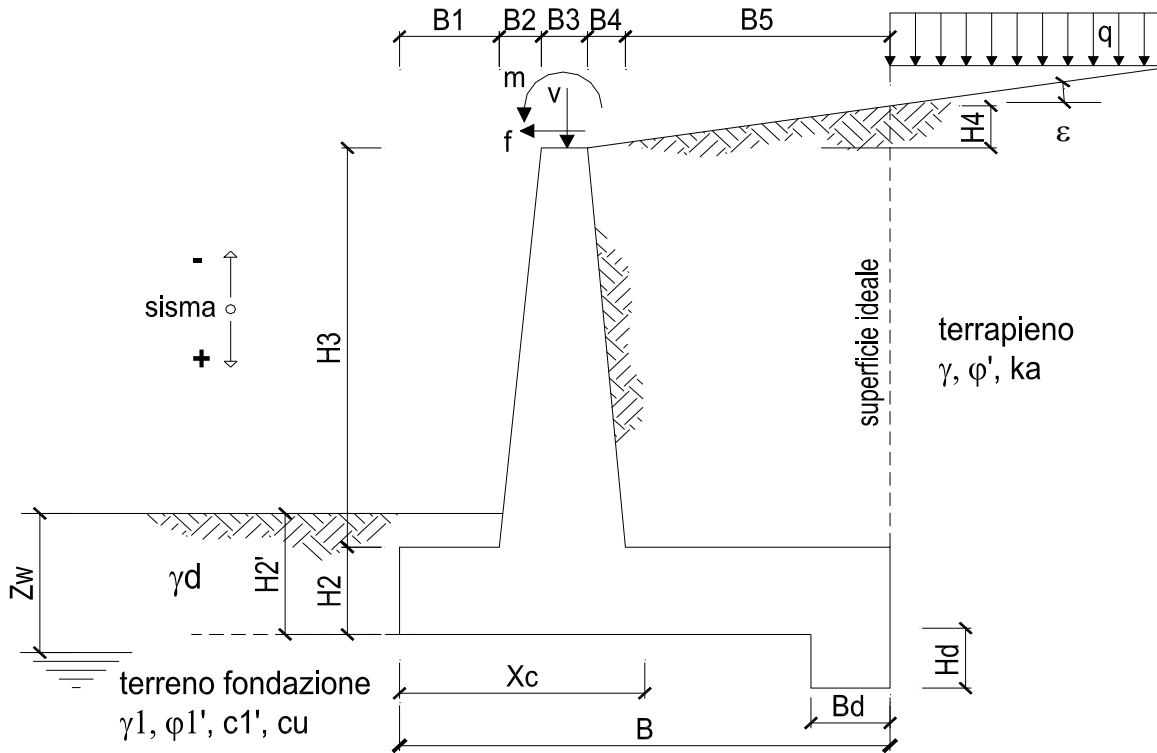


**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	30

**7.3 VERIFICHE STRUTTURALI**

**7.3.1 Dati di progetto**



**DATI DI PROGETTO:**

**Geometria del Muro**

Elevazione	H3 =	5.30	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.40	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.53	(m)

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	31

**7.3.2 Verifiche strutturali - Stato Limite Ultimo**

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

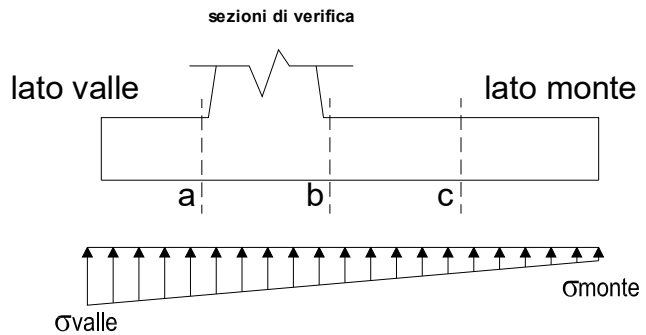
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.50 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
statico	407.49	155.63	239.58	32.08
	438.99	141.45	240.63	52.03
sisma+	414.51	196.77	269.35	6.99
	414.51	196.77	269.35	6.99
sisma-	377.86	191.84	253.86	0.00
	377.86	191.84	253.86	0.00



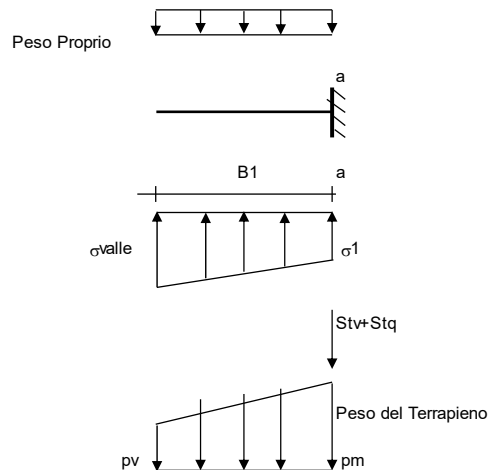
Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 22.50 (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	$\sigma_{valle}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_a$ [kNm]	$V_a$ [kN]
statico	239.58	205.00	25.69	99.90
	240.63	209.20	25.96	101.21
sisma+	269.35	225.62	28.90	122.89
	269.35	225.62	29.03	122.89
sisma-	253.86	211.22	27.28	115.15
	253.86	211.22	27.14	115.15



Mensola Lato Monte

PP = 22.50 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

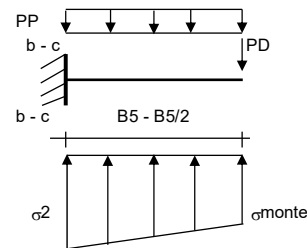
	Nmin	N max stat	N max sism
pm	106.00	121.00	106.00 (kN/m <sup>2</sup> )
pvb	106.00	121.00	106.00 (kN/m <sup>2</sup> )
pvc	106.00	121.00	106.00 (kN/m <sup>2</sup> )

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

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

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

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



caso	$\sigma_{monte}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{2b}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_b$ [kNm]	$V_b$ [kN]	$\sigma_{2c}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_c$ [kNm]	$V_c$ [kN]
statico	32.08	140.67	-164.29	-123.50	86.38	-69.17	-111.75
	52.03	150.73	-162.26	-123.50	101.38	-68.15	-109.80
sisma+	6.99	144.29	-175.88	-140.34	75.64	-69.77	-121.01
	6.99	144.29	-175.88	-140.34	75.64	-69.77	-121.01
sisma-	0.00	131.92	-167.87	-134.49	64.98	-66.24	-115.68
	0.00	131.92	-167.87	-134.49	64.98	-66.24	-115.68



**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	32

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

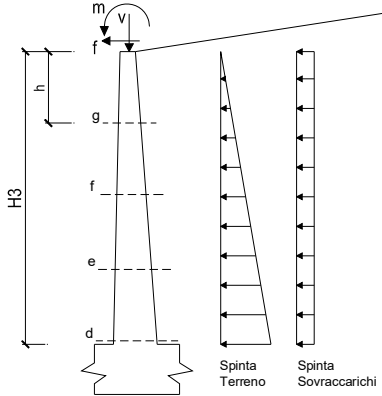
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

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

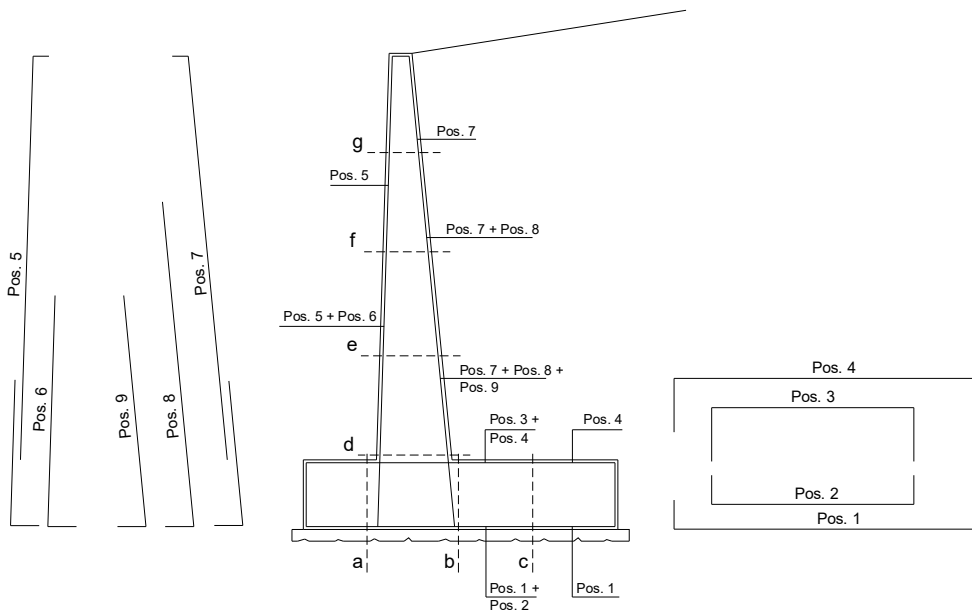


**condizione statica**

sezione	h	Mt	Mq	Mext	Mtot	Next	Npp	Ntot
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.30	144.79	47.28	0.00	192.07	0.00	88.11	88.11
e-e	3.98	61.08	26.60	0.00	87.68	0.00	59.50	59.50
f-f	2.65	18.10	11.82	0.00	29.92	0.00	35.28	35.28
g-g	1.33	2.26	2.96	0.00	5.22	0.00	15.44	15.44

sezione	h	Vt	Vq	Vext	Vtot
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.30	81.95	17.84	0.00	99.80
e-e	3.98	46.10	13.38	0.00	59.48
f-f	2.65	20.49	8.92	0.00	29.41
g-g	1.33	5.12	4.46	0.00	9.58

**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	33

**ARMATURE**

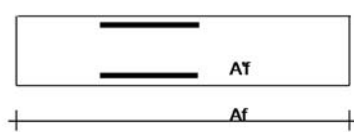
pos	n°/ml	φ	Il strato	pos	n°/ml	φ	Il strato
1	5.0	20	<input type="checkbox"/>	5	5.0	20	<input type="checkbox"/>
2	5.0	20	<input type="checkbox"/>	6	0.0	16	<input type="checkbox"/>
3	0.0	16		7	5.0	20	<input type="checkbox"/>
4	10.0	20		8	5.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	12	

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 <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(kNm)	(-)
a - a	29.03	0.00	0.90	31.42	31.42	647.12	22.29
b - b	-175.88	0.00	0.90	31.42	31.42	768.38	4.37
c - c	-69.77	0.00	0.90	31.42	15.71	779.42	11.17
d - d	192.07	88.11	0.93	31.42	15.71	889.43	4.63
e - e	87.68	59.50	0.80	31.42	15.71	744.56	8.49
f - f	29.92	35.28	0.67	31.42	15.71	601.14	20.09
g - g	5.22	15.44	0.53	15.71	15.71	332.41	63.71

Sez.	V <sub>Ed</sub>	h	V <sub>rd</sub>	∅ staffe	i orizz.	i vert.	θ	V <sub>Rsd</sub>	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	(mm)	(cm)	(cm)	(°)	(kN)	
a - a	122.89	0.90	343.07	10	20	20	21.8	1452.13	Armatura a taglio non necessaria
b - b	140.34	0.90	343.07	10	20	20	21.8	1452.13	Armatura a taglio non necessaria
c - c	121.01	0.90	343.07	10	20	20	21.8	1452.13	Armatura a taglio non necessaria
d - d	99.80	0.93	361.56	10	20	20	21.8	1503.99	Armatura a taglio non necessaria
e - e	59.48	0.80	329.75	10	20	20	21.8	1274.94	Armatura a taglio non necessaria
f - f	29.41	0.67	296.59	10	20	20	21.8	1045.88	Armatura a taglio non necessaria
g - g	9.58	0.53	207.89	10	20	20	21.8	816.82	Armatura a taglio non necessaria

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	34

**7.3.3 Verifiche strutturali – Stato Limite di fessurazione**

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**

**Reazione del terreno**

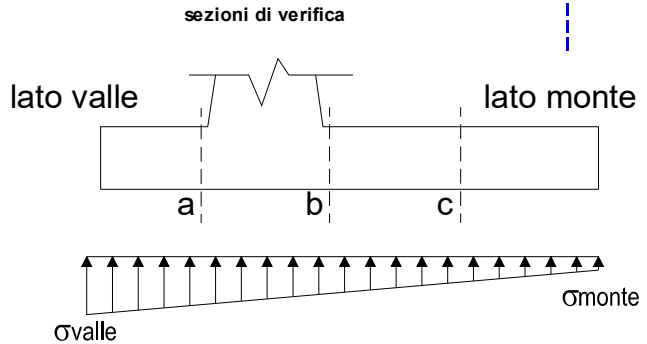
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.50 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Freq.	390.33	84.75	186.61	73.61
	400.83	80.02	186.96	80.26
Q.P.	387.33	67.68	174.23	83.99
	387.33	67.68	174.23	83.99

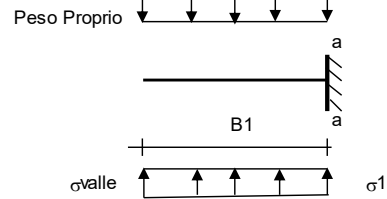


**Mensola Lato Valle**

Peso Proprio. PP = 22.50 (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	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	M <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	186.61	167.78	19.73
	186.96	169.18	19.82
Q.P.	174.23	159.19	18.34
	174.23	159.19	18.34



**Mensola Lato Monte**

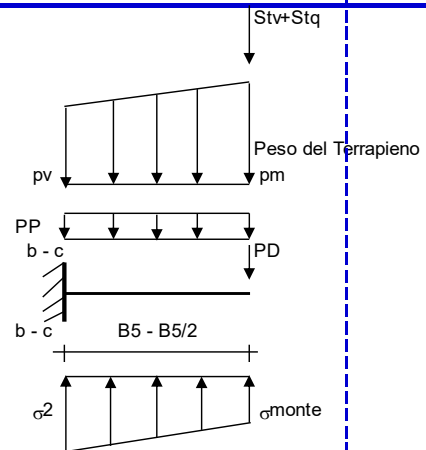
PP = 22.50 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

	Nmin	N max Freq	N max QP	
pm	106.00	113.50	106.00	(kN/m <sup>2</sup> )
pvb	106.00	113.50	106.00	(kN/m <sup>2</sup> )
pvc	106.00	113.50	106.00	(kN/m <sup>2</sup> )

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

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

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	M <sub>b</sub>	$\sigma_{2c}$	M <sub>c</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Freq.	73.61	132.75	-108.84	103.18	-46.62
	80.26	136.10	-111.24	108.18	-47.05
Q.P.	83.99	131.22	-93.87	107.60	-40.50
	83.99	131.22	-93.87	107.60	-40.50



**SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	<b>35</b>

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

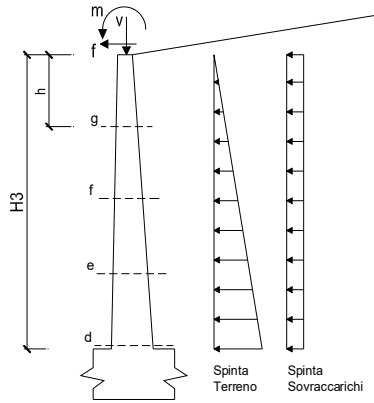
**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

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

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

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

$$N_{ext} = v$$



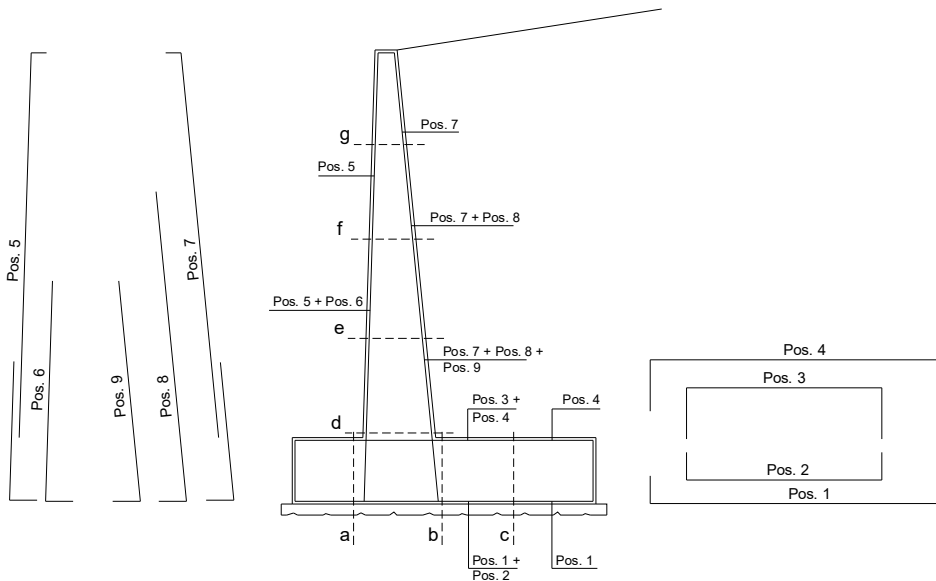
**condizione Frequente**

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	5.30	111.37	23.64	0.00	135.01	0.00	88.11	88.11
e-e	3.98	46.99	13.30	0.00	60.28	0.00	59.50	59.50
f-f	2.65	13.92	5.91	0.00	19.83	0.00	35.28	35.28
g-g	1.33	1.74	1.48	0.00	3.22	0.00	15.44	15.44

**condizione Quasi Permanente**

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M <sub>ext</sub> [kNm/m]	M <sub>tot</sub> [kNm/m]	N <sub>ext</sub> [kN/m]	N <sub>pp</sub> [kN/m]	N <sub>tot</sub> [kN/m]
d-d	5.30	111.37	0.00	0.00	111.37	0.00	88.11	88.11
e-e	3.98	46.99	0.00	0.00	46.99	0.00	59.50	59.50
f-f	2.65	13.92	0.00	0.00	13.92	0.00	35.28	35.28
g-g	1.33	1.74	0.00	0.00	1.74	0.00	15.44	15.44

**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	36

**ARMATURE**

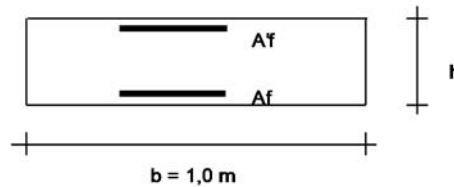
pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	5.0	20		5	5.0	20	
2	5.0	20	<input type="checkbox"/>	6	0.0	16	<input type="checkbox"/>
3	0.0	16	<input type="checkbox"/>	7	5.0	20	
4	10.0	20		8	5.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	12	<input type="checkbox"/>

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

**Condizione Frequente**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ <sup>c</sup>	σ <sup>f</sup>	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	19.82	0.00	0.90	31.42	31.42	0.18	8.17	0.008	0.300
b - b	-111.24	0.00	0.90	31.42	31.42	1.03	45.87	0.044	0.300
c - c	-47.05	0.00	0.90	31.42	15.71	0.47	19.52	0.019	0.300
d - d	135.01	88.11	0.93	31.42	15.71	-0.51	-41.29	-0.039	0.300
e - e	60.28	59.50	0.80	31.42	15.71	-0.51	-32.61	-0.031	0.300
f - f	19.83	35.28	0.67	31.42	15.71	-0.67	-30.21	-0.029	0.300
g - g	3.22	15.44	0.53	15.71	15.71	0.21	4.73	0.006	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 <sup>c</sup>	σ <sup>f</sup>	wk	w <sub>amm</sub>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)
a - a	18.34	0.00	0.90	31.42	31.42	0.17	7.56	0.007	0.200
b - b	-93.87	0.00	0.90	31.42	31.42	0.87	38.71	0.037	0.200
c - c	-40.50	0.00	0.90	31.42	15.71	0.41	16.80	0.016	0.200
d - d	111.37	88.11	0.93	31.42	15.71	-0.56	-43.15	-0.041	0.200
e - e	46.99	59.50	0.80	31.42	15.71	-0.65	-37.71	-0.036	0.200
f - f	13.92	35.28	0.67	31.42	15.71	-10.37	-362.89	-0.345	0.200
g - g	1.74	15.44	0.53	15.71	15.71	0.08	0.36	0.000	0.200

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

**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	37

**7.3.4 Verifiche strutturali – Stato Limite di limitazione delle tensioni**

**CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE**

**Reazione del terreno**

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

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.00 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 1.50 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N	M	$\sigma_{valle}$	$\sigma_{monte}$
	[kN]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Rara	393.33	110.82	204.99	57.23
	414.33	101.37	205.69	70.53

**Mensola Lato Valle**

Peso Proprio. PP = 22.50 (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	$\sigma_{valle}$	$\sigma_1$	M <sub>a</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Rara	204.99	180.36	21.78
	205.69	183.16	21.96

**Mensola Lato Monte**

PP = 22.50 (kN/m<sup>2</sup>) peso proprio soletta fondazione  
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

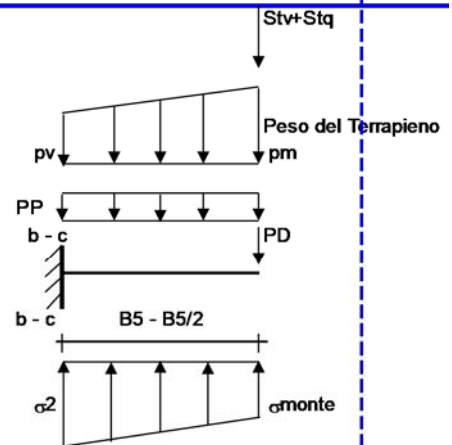
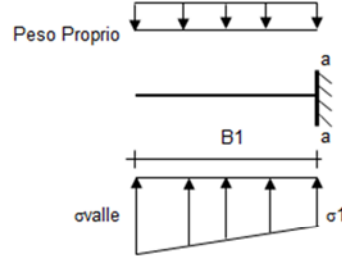
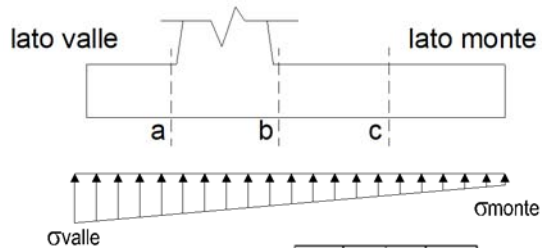
	Nmin	N max stat	N max sism	
pm	106.00	116.00	106.00	(kN/m <sup>2</sup> )
pvb	106.00	116.00	106.00	(kN/m <sup>2</sup> )
pvc	106.00	116.00	106.00	(kN/m <sup>2</sup> )

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

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

caso	$\sigma_{monte}$	$\sigma_{2b}$	M <sub>b</sub>	$\sigma_{2c}$	M <sub>c</sub>
	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kNm]
Rara	57.23	134.56	-123.90	95.89	-51.91
	70.53	141.26	-122.55	105.90	-51.23

**sezioni di verifica**



**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	38

**CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO**

**Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo**

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

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

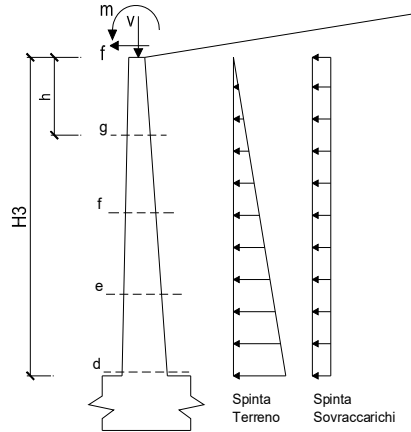
$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

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

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

$$N_{ext} = v$$

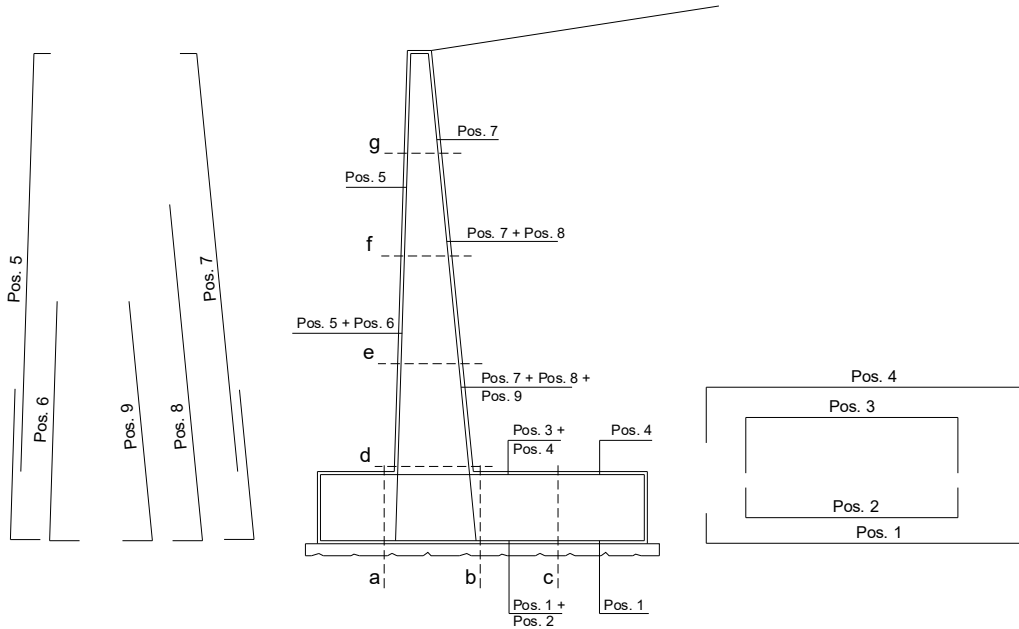
$$N_{pp+inerzia} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$



**condizione statica**

sezione	h	Mt	Mq	M <sub>ext</sub>	M <sub>tot</sub>	N <sub>ext</sub>	N <sub>pp</sub>	N <sub>tot</sub>
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	5.30	111.37	31.52	0.00	142.89	0.00	88.11	88.11
e-e	3.98	46.99	17.73	0.00	64.72	0.00	59.50	59.50
f-f	2.65	13.92	7.88	0.00	21.80	0.00	35.28	35.28
g-g	1.33	1.74	1.97	0.00	3.71	0.00	15.44	15.44

**SCHEMA DELLE ARMATURE**



**SI04- Relazione di calcolo  
muri**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	SL	04	00	002	B	39

**ARMATURE**

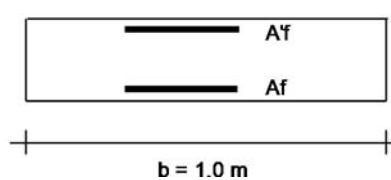
pos	n°/ml	φ	II strato	pos	n°/ml	φ	II strato
1	5.0	20		5	5.0	20	
2	5.0	20	<input type="checkbox"/>	6	0.0	16	<input type="checkbox"/>
3	0.0	16	<input type="checkbox"/>	7	5.0	20	
4	5.0	20		8	5.0	20	<input type="checkbox"/>
				9	0.0	12	<input type="checkbox"/>

Calcola

(NOTA BENE):

La spunta "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	σ <sup>c</sup>	σ <sup>f</sup>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	21.96	0.00	0.90	31.42	15.71	0.22	9.11
b - b	-123.90	0.00	0.90	15.71	31.42	1.49	100.30
c - c	-51.91	0.00	0.90	15.71	15.71	0.68	42.12
d - d	142.89	88.11	0.93	31.42	15.71	-0.50	-41.00
e - e	64.72	59.50	0.80	31.42	15.71	-0.50	-32.00
f - f	21.80	35.28	0.67	31.42	15.71	-0.59	-27.71
g - g	3.71	15.44	0.53	15.71	15.71	0.24	6.19

**Combinazione Quasi Oermanente.**

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ <sup>c</sup>	σ <sup>f</sup>
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
a - a	18.34	0.00	0.90	31.42	15.71	0.18	7.61
b - b	-93.87	0.00	0.90	15.71	31.42	1.13	75.99
c - c	-40.50	0.00	0.90	15.71	15.71	0.53	32.86
d - d	111.37	88.11	0.93	31.42	15.71	-0.56	-43.15
e - e	46.99	59.50	0.80	31.42	15.71	-0.65	-37.71
f - f	13.92	35.28	0.67	31.42	15.71	-10.37	-362.89
g - g	1.74	15.44	0.53	15.71	15.71	0.08	0.36

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



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; 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>SI04- 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>SL</b>	<b>04</b>	<b>00</b>	<b>002</b>	<b>B</b>	40

## 8. INCIDENZA ARMATURE

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

SL04	Muri d'ala	
	Zattera di Fondazione kg/m <sup>3</sup>	Elevazione kg/m <sup>3</sup>
Muro H: 5.30	80	100