

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



## INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

DIREZIONE TECNICA - CENTRO DI PRODUZIONE MILANO

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA TRATTA RHO-GALLARATE  
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y

### OPERE PRINCIPALI - MURI DI SOSTEGNO

SL07 - MURI DI SOSTEGNO VIA G.D'ANNUNZIO AL KM 7+212.48  
RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO

SCALA:

-

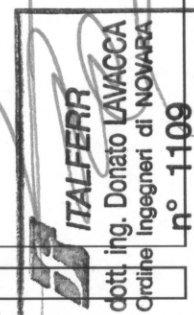
COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

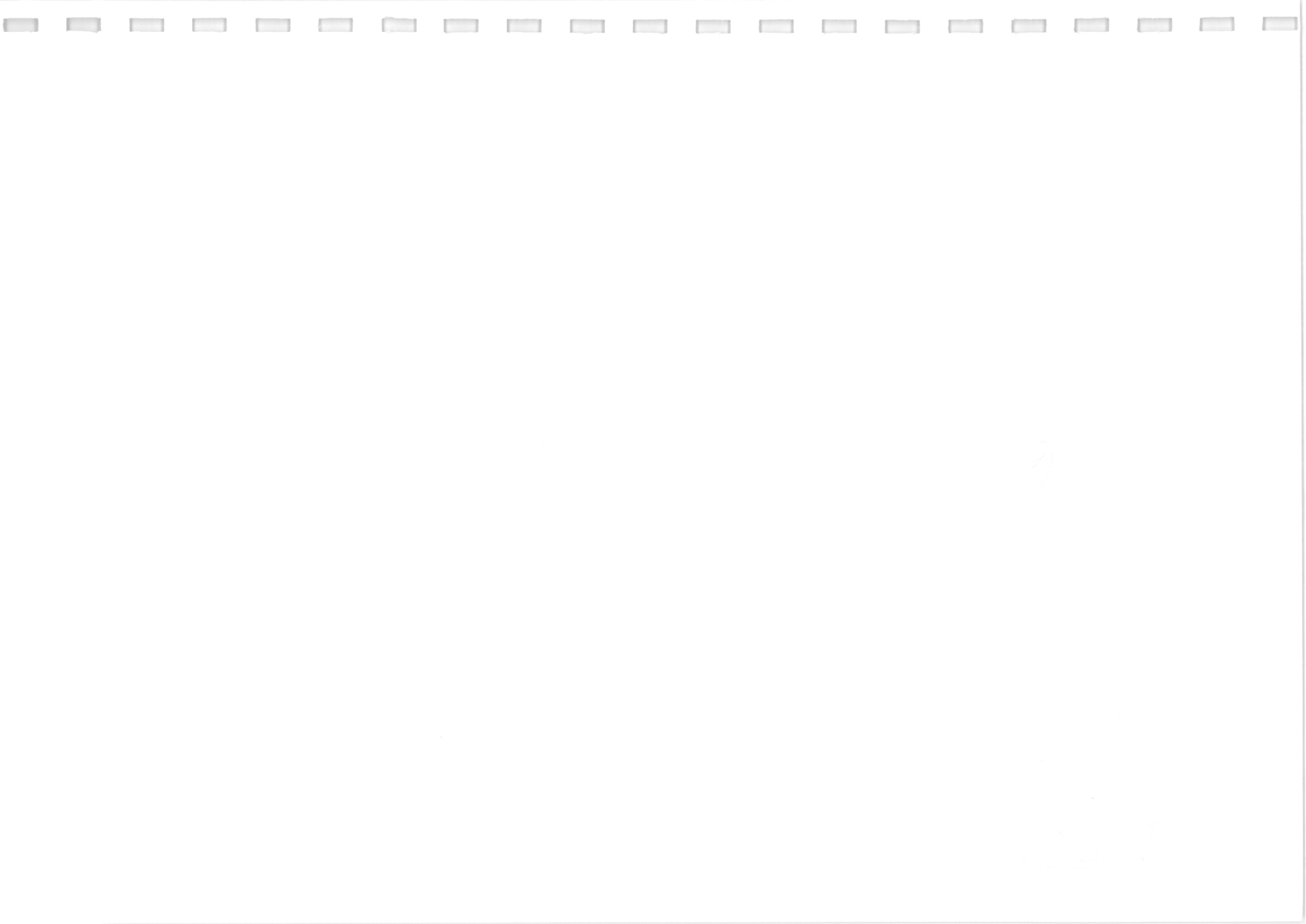
MDL1 12 D 26 CL SL0700 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A.INGLETTI	Dic. 2010			S. Borelli		

File: MDL1\_12\_D\_26\_CL\_SL0700\_003\_A.doc

n.





## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	5
3	DOCUMENTI DI RFERIMENTO .....	6
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	6
4	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
5	MATERIALI.....	9
6	CARATTERISTICHE DEL TERRENO .....	10
7	MURI DI SOSTEGNO .....	13
7.1	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA.....	13
8	ANALISI DEI CARICHI.....	15
8.1	CARICHI PERMANENTI.....	15
8.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI.....	17
9	CALCOLO SPINTE DEL TERRAPIENO, VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI .....	18
9.1	MURO TRATTO A.....	18
9.1.1	<i>Fase di esercizio, verifiche geotecniche .....</i>	<i>18</i>
9.1.2	<i>Fase sismica, verifiche geotecniche.....</i>	<i>19</i>
9.1.3	<i>Verifiche strutturali.....</i>	<i>20</i>
9.2	MURO TRATTO B.....	22
9.2.1	<i>Fase di esercizio, verifiche geotecniche .....</i>	<i>22</i>
9.2.2	<i>Fase sismica, verifiche geotecniche.....</i>	<i>23</i>
9.2.3	<i>Verifiche strutturali.....</i>	<i>24</i>
9.3	MURO TRATTO C.....	26
9.3.1	<i>Fase di esercizio, verifiche geotecniche .....</i>	<i>26</i>

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	3 di 37

9.3.2	<i>Fase sismica, verifiche geotecniche</i> .....	27
9.3.3	<i>Verifiche strutturali</i> .....	28
9.4	MURO TRATTO D.....	30
9.4.1	<i>Fase di esercizio, verifiche geotecniche</i> .....	30
9.4.2	<i>Fase sismica, verifiche geotecniche</i> .....	31
9.4.3	<i>Verifiche strutturali</i> .....	32
9.5	MURO TRATTO D.....	34
9.5.1	<i>Fase di esercizio, verifiche geotecniche</i> .....	34
9.5.2	<i>Fase sismica, verifiche geotecniche</i> .....	35
9.5.3	<i>Verifiche strutturali</i> .....	36



**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA**

**TRATTA RHO-GALLARATE**

**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI  
SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	4 di 37

## **1 PREMESSA**

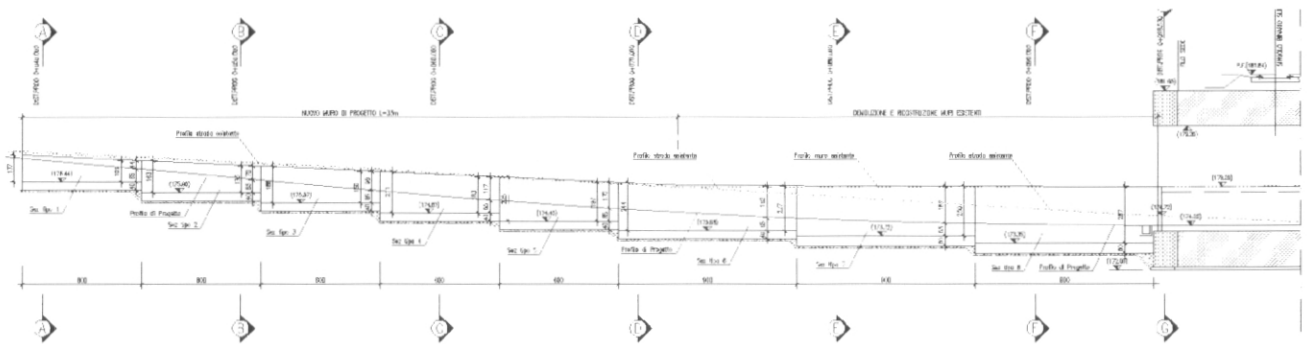
Il Progetto Definitivo di Potenziamento della Linea Rho-Arona – tratta Gallarate-Rho, riguarda il quadruplicamento dell'attuale linea a due binari attraverso l'ampliamento della sede ferroviaria attuale.

Il progetto richiede la realizzazione o l'adeguamento di alcune opere strutturali che consentano l'integrazione degli interventi di ampliamento con le infrastrutture preesistenti: il presente documento riguarda, nello specifico, il muro di sostegno del terrapieno in via G. D'annunzio al km 7+212.48, nel comune di Parabiago.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione di calcolo ha per oggetto la verifica strutturale dei muri di sostegno in Via D'Annunzio al km 7+212.48 per il potenziamento della linea ferroviaria Rho – Arona tratta Rho – Gallarate.

Viene condotta la verifica in condizioni sismiche per un sito classificato a bassa sismicità ( $S=6$ ).



### 3 DOCUMENTI DI RFRIMENTO

#### 3.1 Documenti Referenziati

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- [E\_1] MDL1 12 D26 RB GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Relazione geotecnica generale.
- [E\_2] MDL1 12 D26 F5 GE0005 001 A. – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 1/4.
- [E\_3] MDL1 12 D26 F5 GE0005 002 A. – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 2/4.
- [E\_4] MDL1 12 D26 F5 GE0005 003 A. – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 3/4.
- [E\_5] MDL1 12 D26 F5 GE0005 004 A. – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Profilo geotecnico – tav. 4/4.
- [E\_6] MDL1 12 D26 WA RI0000 001 A. – Potenziamento della linea Rho-Arona tratta Rho-Gallarate – Rilevati - Sezioni tipo degli interventi.

#### **4 RIFERIMENTI NORMATIVI**

*La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.*

- **Legge n° 1086 del 5 Novembre 1971**

*"Norme per la disciplina delle Opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica";*

- **D.M. 9 Gennaio 1996**

*"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";*

- **Min. LL.PP. Circolare 15/10/1996 n. 252/AA.GG./S.T.C.**

*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. 9.1.1996;*

- **D.M. 16 Gennaio 1996**

*"Norme tecniche relative ai criteri per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";*

- **Min. LL.PP. Circolare 04/07/1996 n.156 AA.GG./STC**

*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relativi ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16.1.1996;*

- **D.M. 16 Gennaio 1996**

*"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";*

- **Min. LL.PP. Circolare 10/04/1997 n. 65/AA.GG**

*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche" di cui al D.M. 16.1.1996;*

- **Norme CNR 10011/85:**

*Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.*

- **Istruzioni FS. del 2 Giugno 1995 I/SC/PS-OM/2298**



*"Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo". Testo aggiornato della istruzione n° I/SC/PS-OM/2298 del 2 Giugno 1995 completo delle relative integrazioni - 13 Gennaio 1997;*

- **Istruzione FF.SS. n° 44b del 14/04/1998**

*"Istruzioni tecniche per manufatti sottobinario da costruire in zona sismica". Testo aggiornato dell'istruzione 44/b del 14/11/1996, approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto dell'Assemblea Generale del 16/12/1997;*

- **D.M. 11 Marzo 1988:**

*"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*

- **Min. LL.PP. Circolare 24/09/1988 n.30483:**

*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*

- **Decreto ministeriale LL.PP. 04/05/1990**

*Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali;*

- **Supplemento ordinario alla G.U. n.105 del 08/05/2003 – Ordinanza del presidente del consiglio dei ministri 20/03/2003**

*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica (ordinanza n.3274).*

## 5 MATERIALI

I calcoli statici sono stati eseguiti prevedendo l'impiego dei seguenti materiali.

### CALCESTRUZZO

I materiali impiegati presentano le seguenti caratteristiche:

Calcestruzzo per magrone:  $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{c,amm} = 6.00 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{c0} = 0.40 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{c1} = 1.40 \quad \text{N/mm}^2$$

Calcestruzzo per opere di fondazione ed in elevazione:  $R_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$ .

$$\sigma_{c,amm} = 11.00 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{c0} = 0.66 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{c1} = 1.97 \quad \text{N/mm}^2$$

### ACCIAIO

per tondi di diametro  $\leq 26 \text{ mm}$                       FeB 44k

per tondi di diametro  $\geq 28 \text{ mm}$                       FeB 38k

In conformità alla normativa vigente e delle citate Istruzioni, i massimi valori unitari di tensione da prendere in conto nelle verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili sono:

Acciaio tipo FeB 44k                       $\sigma_s = 260 \text{ N/mm}^2$

Acciaio tipo FeB 38k                       $\sigma_s = 215 \text{ N/mm}^2$

In accordo alla Tab. 2.2.2.4 delle istruzioni F.S., la tensione dell'acciaio (per le combinazioni TA1 e TA2), i diametri e le distanze tra le barre di acciaio, per limitare gli effetti della fessurazione, risultano:

$\sigma_s \leq 220 \text{ N/mm}^2$                       diametro  $\leq 20 \text{ mm}$  (massimo interasse barre 200mm)

$\sigma_s \leq 190 \text{ N/mm}^2$                       diametro  $\leq 24 \text{ mm}$  (massimo interasse barre 250mm)

$\sigma_s \leq 160 \text{ N/mm}^2$                       diametro  $\leq 30 \text{ mm}$  (massimo interasse barre 300mm)

### COPRIFERRO

Soletta:    4 cm

Struttura controterra:                      4 cm

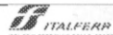
## 6 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

La caratterizzazione stratigrafica della tratta in esame è stata individuata dalle informazioni ottenute dalla campagna d'indagine svolta nell'anno 2008.

Negli elaborati [E\_2]÷[E\_3] e [E\_4]÷[E\_5], ovvero profilo geotecnico della tratta, sono rappresentate le indagini eseguite durante la campagna geognostica del 2008: in particolare, nelle immediate vicinanze dell'opera in esame (prg. km 7+225.00) è stato eseguito il sondaggio S19, spinto fino alla profondità di 30.0 m dal p.c.

Sulla base di quanto sopra e dalla caratterizzazione stratigrafica e dei parametri geotecnici di progetto riportati nella relazione geotecnica generale (elaborato [E\_1]), per l'opera in oggetto è stata individuata la caratterizzazione stratigrafico-geotecnica di progetto riportata nella seguente scheda geotecnica, caratterizzante il sito di ubicazione dell'opera.

Si riporta di seguito la scheda geotecnica caratterizzante il sito d'ubicazione dell'opera:

		PROGETTO: POTENZIAMENTO LINEA RHO-ARONA - TRATTA RHO-GALLARATE		Pk rif. KM 7+212.48											
		OPERA: SL07													
<b>STRATIGRAFIE - VOLUMI</b>															
P.C. 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32	S GS' GS'' GS'' SG	3.8													
		<b>LEGENDA</b>													
		UNITA'	DESCRIZIONE												
		S	Terreno superficiale costituito da sabbia limosa di colore bruno, da sciolta a poco addensata												
		GS'	Ghiaia sabbiosa di colore marrone (livelli superficiali)												
		GS''	Ghiaia sabbiosa di colore marrone (livelli profondi)												
		SG	Sabbia ghiaiosa debolmente limosa di colore marrone.												
<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>															
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$v$ (-)	$V_s$ (m/s)	$G_0^{(1)}$ (MPa)	$E_p^{(2)}$ (MPa)	$E_{op}^{(3)}$ (MPa)	$E_v^{(4)}$ (MPa)	$E_s^{(5)}$ (MPa)	$k_h^{(6)}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$N_{ppt}$ cp/30cm	$c_v$ (cm <sup>2</sup> /s)	$c_u$ (%)
S	18	-	-	30	-	-	-	10+20	-	-	-	-	-	-	-
GS'	19+20.5	-	-	35+37	-	200+350	70+250	-	15+40	-	-	-	4+35	-	-
GS''	19+20.5	-	-	36+38	-	250+450	150+400	-	30+50	-	-	-	25+60	-	-
SG	20+21.5	-	-	32+35	-	300+400	200+350	-	20+40	-	-	-	30+60	-	-
<b>Note</b>															
<sup>(1)</sup> modulo di taglio iniziale associato a piccole deformazioni															
<sup>(2)</sup> modulo di Yong associato a piccole deformazioni															
<sup>(3)</sup> modulo di Yong operativo associato al livello di deformazione raggiunto dal terreno															
<sup>(4)</sup> modulo di Young operativo in condizioni non drenate															
<sup>(5)</sup> modulo di reazione orizzontale															
<sup>(6)</sup> gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale															
<b>SONDAGGI DI RIFERIMENTO: S19</b>															

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	11 di 37

I simboli rappresentati nella scheda geotecnica hanno il seguente significato:

$\gamma$  = peso di volume naturale

$c_u$  = coesione non drenata

$c'$  = coesione efficace

$\phi'$  = angolo d'attrito

$\nu$  = coefficiente di Poisson

$V_s$  = velocità delle onde di taglio

$G_0$  = modulo di taglio iniziale associato a piccole deformazioni

$E_0$  = modulo di Young operativo associato al livello di deformazione raggiunto dal terreno

$E_{op}$  = modulo di Young operativo associato al livello di deformazione raggiunto dal terreno

$E_u$  = modulo di Young operativo in condizioni non drenate

$E_s$  = modulo di reazione orizzontale

$K_h$  = gradiente con la profondità del modulo di reazione orizzontale

$N_{SPT}$  = numero di colpi/30 cm di riferimento nel calcolo dei pali di fondazione

$c_v$  = coefficiente di consolidazione primaria

$c_\alpha$  = coefficiente di consolidazione secondaria

- Note:
- il valore di  $\phi'$  adottato per i terreni tipo GS'' è stato considerato pari a quello dello strato GS' ( $\varphi = 35^\circ$ ) a favore di sicurezza.
  - il valore di  $c' = 0$  kPa adottato per i terreni tipo LS è stato adottato a favore di sicurezza.
  - il valore del modulo di Young  $E_{op}$  adottato per i terreni tipo S è stato stimato cautelativamente a favore di sicurezza.



**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA**

**TRATTA RHO-GALLARATE**

**PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO**

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	12 di 37

Per i dettagli circa le prove in sito ed in laboratorio si rimanda alla relazione geotecnica generale, elaborato [E\_1].

Per quanto concerne la falda, nella zona in esame il livello di falda è posto a 23.50 m dal p.c., come si evince dal profilo geotecnico di riferimento (si veda gli elaborati [E\_2]÷[E\_3] e [E\_4]÷[E\_5]).

## **7 MURI DI SOSTEGNO**

### **7.1 Geometria della struttura**

I muri di sostegno in esame sono posizionati in prosecuzione dello scatolare SL07, e si trovano ad entrambi i lati della strada, data la pendenza della strada che dallo scatolare procede in salita, il terrapieno da sostenere ha altezza differente lungo lo sviluppo della via, pertanto il muro è stato suddiviso in tratti che fondano a quote differenti ed hanno anche un'altezza del paramento variabile, per agevolare sia la fase di calcolo, sia la fase di realizzazione, per la progettazione sono state individuate 5 zone omogenee lungo lo sviluppo del muro (tratto A,B,C,D,E), e in ogni zona si è presa in considerazione per il calcolo, l'altezza del paramento maggiore ricadente in ogni tratto.

La definizione dei vari tratti è riportata nelle immagini che seguono alle pagine successive, vengono descritte nel proseguo le dimensioni del muro utilizzate nei calcoli in riferimento alle 5 zone.

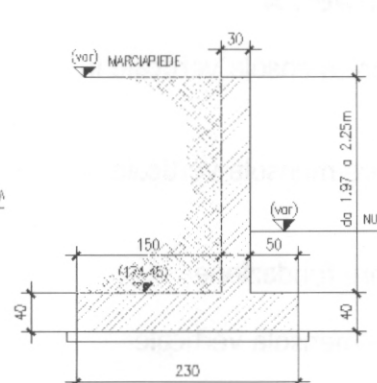
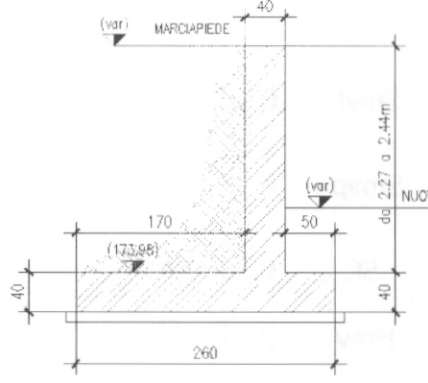
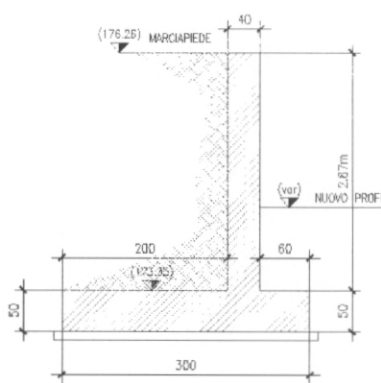
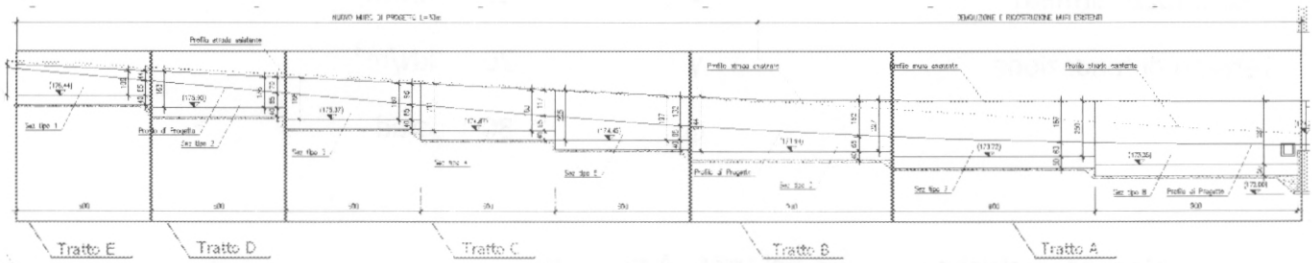
- Tratto A: Il tratto A che è quello direttamente affiancato allo scatolare, (esso comprende i muri Tipo 7 ed 8, definiti negli elaborati grafici), misura una altezza della mensola verticale di 2.87 m con spessore di 0.40 m, ed una larghezza della fondazione pari a 3.00 m avente spessore di 0.60, la scarpa contro terra misura 2.00m, mentre quella esterna 0.60 m.
- Tratto B: Il tratto B è quello in prosecuzione al tratto A, (esso comprende il muro Tipo 6, definito negli elaborati grafici), misura una altezza della mensola verticale di 2.44 m con spessore di 0.40 m, ed una larghezza della fondazione pari a 2.60 m avente spessore di 0.40, la scarpa contro terra misura 1.70 m, mentre quella esterna 0.50 m.
- Tratto C: Il tratto C è quello in prosecuzione al tratto B, (esso comprende i muri Tipo 5, 4, 3, definiti negli elaborati grafici), misura una altezza della mensola verticale di 2.25 m con spessore di 0.30 m, ed una larghezza della fondazione pari a 2.30 m avente spessore di 0.40, la scarpa contro terra misura 1.50 m, mentre quella esterna 0.50 m.
- Tratto D: Il tratto D è quello in prosecuzione al tratto C, (esso comprende il muro Tipo 2, definiti negli elaborati grafici), misura una altezza della mensola verticale di 1.63 m con spessore di 0.30 m, ed una larghezza della fondazione pari a 2.00 m avente spessore di 0.40, la scarpa contro terra misura 1.30 m, mentre quella esterna 0.40 m.

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	14 di 37

- Tratto E: Il tratto E è quello in prosecuzione al tratto D, (esso comprende il muro Tipo 1, definito negli elaborati grafici), misura una altezza della mensola verticale di 1.37 m con spessore di 0.30 m, ed una larghezza della fondazione pari a 1.50 m avente spessore di 0.40, la scarpa contro terra misura 0.90 m, mentre quella esterna 0.30 m.

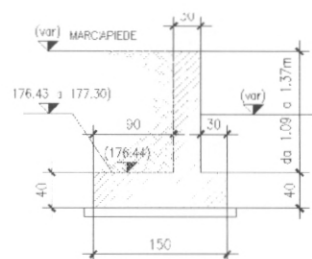
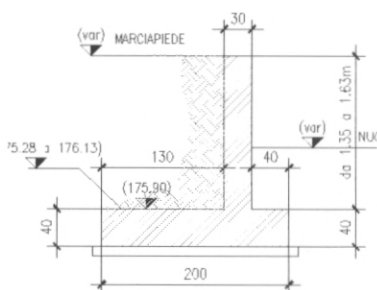
I calcoli di progettazione e verifica riportati nel seguito sono eseguiti esaminando una striscia di muro avente larghezza di 1.00 m.



Tratto A

Tratto B

Tratto C



Tratto D

Tratto E

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 Carichi permanenti

I pesi dei materiali da costruzione e del terreno sono indicati nella tabella seguente:

Elemento		Peso spec.	
Calcestruzzo armato	$\gamma$	25	$\text{kN/m}^3$
Terreno di fondazione	$\gamma$	20	$\text{kN/m}^3$
" "	$\varphi$	30	grad

Le dimensioni geometriche del muro nel tratto A risultano:

#### Muro tratto A

Spessore mensola verticale in testa	S <sub>mt</sub>	0.40	m
Spessore mensola verticale al piede	S <sub>mp</sub>	0.40	m
Spessore fondazione	S <sub>f</sub>	0.50	m
Altezza mensola verticale	H <sub>mv</sub>	2.87	m
Larghezza fondazione	L <sub>f</sub>	3.00	m
Larghezza mensola controterra	L <sub>mc</sub>	2.00	m
Larghezza mensola esterna	L <sub>me</sub>	0.60	m



Le dimensioni geometriche del muro nel tratto B risultano:

**Muro tratto B**

Spessore mensola verticale in testa	Smvt	0.40	m
Spessore mensola verticale al piede	Smvp	0.40	m
Spessore fondazione	Sf	0.40	m
Altezza mensola verticale	Hmv	2.44	m
Larghezza fondazione	Lf	2.60	m
Larghezza mensola controterra	Lmc	1.70	m
Larghezza mensola esterna	Lme	0.50	m

Le dimensioni geometriche del muro nel tratto C risultano:

**Muro tratto C**

Spessore mensola verticale in testa	Smvt	0.30	m
Spessore mensola verticale al piede	Smvp	0.30	m
Spessore fondazione	Sf	0.40	m
Altezza mensola verticale	Hmv	2.25	m
Larghezza fondazione	Lf	2.30	m
Larghezza mensola controterra	Lmc	1.50	m
Larghezza mensola esterna	Lme	0.50	m

Le dimensioni geometriche del muro nel tratto D risultano:

**Muro tratto D**

Spessore mensola verticale in testa	Smt	0.30	m
Spessore mensola verticale al piede	Smp	0.30	m
Spessore fondazione	Sf	0.40	m
Altezza mensola verticale	Hmv	1.63	m
Larghezza fondazione	Lf	2.00	m
Larghezza mensola controterra	Lmc	1.30	m
Larghezza mensola esterna	Lme	0.40	m

Le dimensioni geometriche del muro nel tratto E risultano:

**Muro tratto E**

Spessore mensola verticale in testa	Smt	0.30	m
Spessore mensola verticale al piede	Smp	0.30	m
Spessore fondazione	Sf	0.40	m
Altezza mensola verticale	Hmv	1.37	m
Larghezza fondazione	Lf	1.50	m
Larghezza mensola controterra	Lmc	0.90	m
Larghezza mensola esterna	Lme	0.30	m

**8.2 Sovraccarichi accidentali**

Al di sopra dei terrapieni sorretti dai muri di sostegno, passano i marciapiedi rialzati provenienti dal sottovia, il sovraccarico accidentale che andrà ad agire sopra al riporto è quello di folla compatta, pertanto verrà considerato per esso un sovraccarico accidentale pari a: **q = 5.00 KN/m<sup>2</sup>**

## 9 CALCOLO SPINTE DEL TERRAPIENO, VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI

Il calcolo della spinta del terrapieno, nonché le verifiche geotecniche ed il calcolo delle sollecitazioni con cui si procederà poi alle verifiche strutturali sarà eseguito attraverso un foglio di calcolo.

### 9.1 Muro Tratto A

#### 9.1.1 Fase di esercizio, verifiche geotecniche

##### Muro tipo A - In esercizio

Hmuro	3.37 m
s sup	0.40 m
s base	0.40 m
L fond	3.00 m
L valle	0.60 m
L monte	2.00 m
s fond	0.50 m

##### Sovraccarichi

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

##### Azioni esterne

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

Hterreno	3.37 m
γ	2000 daN/m <sup>3</sup>
φ	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	4992	-	6440	-
Peso del muro	-	7120	-	-8321
Peso del terreno	-	13480	-	-26960
Sovraccarico 1	645	1000	1248	-2000
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>5637</b>	<b>21600</b>	<b>7688</b>	<b>-37281</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento	Csr = Mstab / Mrib	4.85
Coeff. sicurezza scorrimento	Css = Fv x Ca / Fo	1.24
Tensione sul terreno media		0.7 daN/cm <sup>2</sup>
Tensione sul terreno massima		0.9 daN/cm <sup>2</sup>
Tensione sul terreno minima		0.5 daN/cm <sup>2</sup>

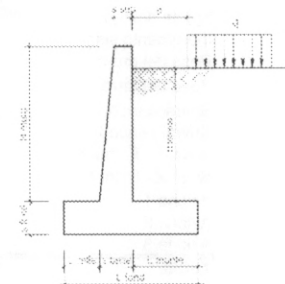
##### Risultanti in fondazione

e	0.13 m
N	21 600 daN
M	2 807 daNm

##### Azioni al piede del muro

	T [daN]	M [daN m]
Spinta del terreno	3785.633	4253
Sovraccarico 1	562	946
Sovraccarico 2	0	0
Azione 1	0	0
Azione 2	0	0
Azione 3	0	0
<b>Totale</b>	<b>4347</b>	<b>5199</b>

σa	1600 daN/cm <sup>2</sup>
c	5 cm
Aa	10.3 cm <sup>2</sup> /m
Aa min	6.0 cm <sup>2</sup> /m



### 9.1.2 Fase sismica, verifiche geotecniche

#### Muro tipo A - Fase sismica

Hmuro	3.37 m
s sup	0.40 m
s inf	0.40 m
L fond	3.00 m
L valle	0.60 m
L monte	2.00 m
s fond	0.50 m

Hterreno	3.37 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32492
c	0.04
$\theta$	2.3 °
A	0.999
Ka'	0.358

#### Sovraccarichi

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

#### Azioni esterne

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	4992	-	6440	-
Incremento sismico	405	-	1044	-
Peso del muro	285	7120	332	-8321
Peso del terreno	539	13480	1178	-26960
Sovraccarico 1	645	1000	1248	-2000
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Sovr. 1 - F. inerzia	40	-	155	-
Sovr. 2 - F. inerzia	0	-	0	-
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>6906</b>	<b>21600</b>	<b>10397</b>	<b>-37281</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento Csr = Mstab / Mrib	<b>3.59</b>
Coeff. sicurezza scorrimento Css = Fv x Ca / Fo	<b>1.02</b>
Tensione media	<b>0.7 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione massima	<b>1.1 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione minima	<b>0.4 daN/cm<sup>2</sup></b>

#### Risultanti in fondazione

e	0.26 m
N	21 600 daN
M	5 516 daNm

#### Azioni al piede del muro

	T [daN]	M [daN m]	$\sigma_a$	c
Spinta del terreno	3785.6333	4252.52811		1600 daN/cm <sup>2</sup>
Incremento sismico	312	701		5 cm
Peso del muro	135	227		
Peso del terreno	539	909	Aa	14.2 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 1	562	946	Aa min	6.0 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 2	0	-		
Sovr. 1 - F. inerzia	40	135		
Sovr. 2 - F. inerzia	0	0		
Azione 1	0	0		
Azione 2	0	0		
Azione 3	0	0		
<b>Totale</b>	<b>5373</b>	<b>7170</b>		

### 9.1.3 Verifiche strutturali

Si procede ora con le verifiche strutturali della sezione di incastro della mensola verticale, che verranno eseguite con un foglio di calcolo, a favore di sicurezza data la modesta entità, viene trascurato l'effetto dello sforzo normale di compressione

#### 9.1.3.1 Verifica a flessione muro tratto A

##### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>72</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

##### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

##### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>40</b> cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	10.05 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	10.05 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{t1} = 5$ cm

##### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.7</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>224.3</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e	∞ cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u	∞ cm	
Posizione asse neutro	y	8.4 cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281 cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	601192 cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	128197 cm <sup>4</sup>	

#### 9.1.3.2 Verifica a taglio muro tratto A

Taglio	T	<b>54</b> kN
Tensione tangenziale	$\tau$	0.17 N/mm <sup>2</sup>
	$\tau_{c,0}$	0.67 N/mm <sup>2</sup>

La sezione della fondazione verrà armata con le stesse armature della mensola verticale del muro.

L'armatura di ripartizione sarà costituita da  $\phi$  10/20.

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	21 di 37

**9.1.3.3 Verifiche di fessurazione muro tratto A**

Si considera un'apertura delle fessure ammissibile pari a  $0.1 \times 1.5 = 0.15$  mm.

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>72</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b> cm			
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm			
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1^1$	10.05 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} =$	<b>5</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2^1$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$	cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} =$	cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	10.05 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{t1} =$	<b>5</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.0</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>157.3</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	∞ cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞ cm	
Posizione asse neutro	y (M)	12.8 cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281 cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	601192 cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	152805 cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	61 kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	87 kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e ( $M_{fess}$ )	∞ cm	
	u ( $M_{fess}$ )	∞ cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	7.2	
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	189.7 N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y ( $M_{fess}$ )	12.8 cm	
	$\beta_1$	<b>1</b>	
	$\beta_2$	<b>0.5</b>	
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.0003	
Copriferro netto	c'	4.2 cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	16.2 cm	
Area efficace	$A_{ceff}$	1620 cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$AS_{eff}$	10.1 cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00621	
Distanza tra le barre	s	20.0 cm	
	$K_2$	<b>0.4</b>	
	$K_3$	<b>0.125</b>	
Distanza media tra le fessure	$s_{rm}$	25.3 cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	w <sub>m</sub>	0.08 mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	w <sub>k</sub>	<b>0.13</b> mm	

## 9.2 Muro Tratto B

### 9.2.1 Fase di esercizio, verifiche geotecniche

#### Muro tipo B - In esercizio

Hmuro	2.94 m
s sup	0.40 m
s base	0.40 m
L fond	2.60 m
L valle	0.50 m
L monte	1.70 m
s fond	0.40 m

Hterreno	2.94 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30°
Ka	0.333
Ca	0.32

#### Sovraccarichi

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

#### Azioni esterne

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	3719	-	4140	-
Peso del muro	-	5540	-	-5438
Peso del terreno	-	9996	-	-17493
Sovraccarico 1	557	850	930	-1488
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>4275</b>	<b>16386</b>	<b>5070</b>	<b>-24419</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento	Csr = Mstab / Mrib	<b>4.82</b>
Coeff. sicurezza scorrimento	Css = Fv x Ca / Fo	<b>1.25</b>
Tensione sul terreno media		<b>0.6 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno massima		<b>0.8 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno minima		<b>0.5 daN/cm<sup>2</sup></b>

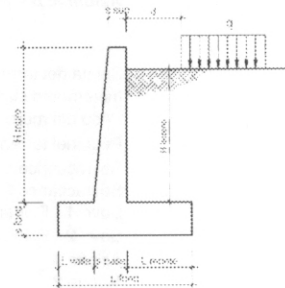
#### Risultanti in fondazione

e	0.12 m
N	16 386 daN
M	1 953 daNm

#### Azioni al piede del muro

	T [daN]	M [daN m]
Spinta del terreno	2881.2	2824
Sovraccarico 1	490	720
Sovraccarico 2	0	0
Azione 1	0	0
Azione 2	0	0
Azione 3	0	0
<b>Totale</b>	<b>3371</b>	<b>3544</b>

$\sigma_a$	1600 daN/cm <sup>2</sup>
c	5 cm
Aa	7.0 cm <sup>2</sup> /m
Aa min	6.0 cm <sup>2</sup> /m



**9.2.2 Fase sismica, verifiche geotecniche**

**Muro tipo B - Fase sismica**

Hmuro	2.94 m
s sup	0.40 m
s inf	0.40 m
L fond	2.60 m
L valle	0.50 m
L monte	1.70 m
s fond	0.40 m

Hterreno	2.94 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32492
c	0.04
$\theta$	2.3 °
A	0.999
Ka'	0.358

**Sovraccarichi**

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

**Azioni esterne**

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	3719	-	4140	-
Incremento sismico	307	-	683	-
Peso del muro	222	5540	241	-5438
Peso del terreno	400	9996	748	-17493
Sovraccarico 1	557	850	930	-1488
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Sovr. 1 - F. inerzia	34	-	114	-
Sovr. 2 - F. inerzia	0	-	0	-
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>5237</b>	<b>16386</b>	<b>6855</b>	<b>-24419</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento $Csr = Mstab / Mrib$	<b>3.56</b>
Coeff. sicurezza scorrimento $Css = Fv \times Ca / Fo$	<b>1.02</b>
Tensione media	<b>0.6 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione massima	<b>1.0 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione minima	<b>0.3 daN/cm<sup>2</sup></b>

**Risultanti in fondazione**

e	0.23 m
N	16 386 daN
M	3 738 daNm

**Azioni al piede del muro**

	T [daN]	M [daN m]	$\sigma_a$	
Spinta del terreno	2881.2	2823.576	c	1600 daN/cm <sup>2</sup>
Incremento sismico	242	474		5 cm
Peso del muro	118	173		
Peso del terreno	400	588	Aa	9.7 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 1	490	720	Aa min	6.0 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 2	0	-		
Sovr. 1 - F. inerzia	34	100		
Sovr. 2 - F. inerzia	0	0		
Azione 1	0	0		
Azione 2	0	0		
Azione 3	0	0		
<b>Totale</b>	<b>4165</b>	<b>4879</b>		



### 9.2.3 Verifiche strutturali

Si procede ora con le verifiche strutturali della sezione di incastro della mensola verticale, che verranno eseguite con un foglio di calcolo, a favore di sicurezza data la modesta entità, viene trascurato l'effetto dello sforzo normale di compressione

#### 9.2.3.1 Verifica a flessione muro tratto B

##### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>49</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

##### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

##### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> $\emptyset$ <b>16</b>	$C_{s1} =$ <b>5</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	$\emptyset$	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	$\emptyset$	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	10.05	cm <sup>2</sup>	<b>5</b> $\emptyset$ <b>16</b>	$C_{t1} =$ <b>5</b> cm

##### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.2</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>152.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e	$\infty$	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u	$\infty$	cm	
Posizione asse neutro	y	8.4	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	601192	cm <sup>4</sup>	

#### 9.2.3.2 Verifica a taglio muro tratto B

Taglio	T	<b>42</b>	kN
Tensione tangenziale	$\tau$	0.13	N/mm <sup>2</sup>
	$\tau_{c,0}$	0.67	N/mm <sup>2</sup>

La sezione della fondazione verrà armata con le stesse armature della mensola verticale del muro.

L'armatura di ripartizione sarà costituita da  $\phi$  10/20.

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	25 di 37

**9.2.3.3 Verifiche di fessurazione muro tratto B**

Si considera un'apertura delle fessure ammissibile pari a  $0.1 \times 1.5 = 0.15$  mm.

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>49</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b> cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	10.05 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{s1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	10.05 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>16</b>	$C_{t1} = 5$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.1</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>107.0</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$ cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$ cm	
Posizione asse neutro	y (M)	12.8 cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4281 cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	601192 cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	152805 cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	61 kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	---------	----------------------------

### 9.3 Muro Tratto C

#### 9.3.1 Fase di esercizio, verifiche geotecniche

##### Muro tipo C - In esercizio

Hmuro	2.75 m
s sup	0.30 m
s base	0.30 m
L fond	2.30 m
L valle	0.50 m
L monte	1.50 m
s fond	0.40 m

##### Sovraccarichi

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

##### Azioni esterne

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

Hterreno	2.25 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30°
Ka	0.333
Ca	0.32

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	2341	-	2068	-
Peso del muro	-	4363	-	-3986
Peso del terreno	-	6750	-	-10463
Sovraccarico 1	442	750	585	-1163
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>2783</b>	<b>11863</b>	<b>2653</b>	<b>-15611</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento	$Csr = Mstab / Mrib$	<b>5.88</b>
Coeff. sicurezza scorrimento	$Css = Fv \times Ca / Fo$	<b>1.39</b>
Tensione sul terreno media		<b>0.5 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno massima		<b>0.6 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno minima		<b>0.4 daN/cm<sup>2</sup></b>

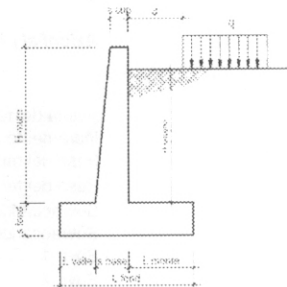
##### Risultanti in fondazione

e	0.06 m
N	11 863 daN
M	684 daNm

##### Azioni al piede del muro

	T [daN]	M [daN m]
Spinta del terreno	1687.5	1266
Sovraccarico 1	375	422
Sovraccarico 2	0	0
Azione 1	0	0
Azione 2	0	0
Azione 3	0	0
<b>Totale</b>	<b>2063</b>	<b>1688</b>

$\sigma_a$	1600 daN/cm <sup>2</sup>
c	5 cm
Aa	4.7 cm <sup>2</sup> /m
Aa min	4.5 cm <sup>2</sup> /m



**9.3.2 Fase sismica, verifiche geotecniche**

**Muro tipo C - Fase sismica**

Hmuro	2.75 m
s sup	0.30 m
s inf	0.30 m
L fond	2.30 m
L valle	0.50 m
L monte	1.50 m
s fond	0.40 m

Hterreno	2.25 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32492
c	0.04
$\theta$	2.3 °
A	0.999
Ka'	0.358

**Sovraccarichi**

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

**Azioni esterne**

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	2341	-	2068	-
Incremento sismico	200	-	353	-
Peso del muro	175	4363	165	-3986
Peso del terreno	270	6750	412	-10463
Sovraccarico 1	442	750	585	-1163
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Sovr. 1 - F. inerzia	30	-	80	-
Sovr. 2 - F. inerzia	0	-	0	-
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>3457</b>	<b>11863</b>	<b>3662</b>	<b>-15611</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento  $Csr = Mstab / Mrib$

4.26

Coeff. sicurezza scorrimento  $Css = Fv \times Ca / Fo$

1.12

Tensione media

0.5 daN/cm<sup>2</sup>

Tensione massima

0.7 daN/cm<sup>2</sup>

Tensione minima

0.3 daN/cm<sup>2</sup>

**Risultanti in fondazione**

e	0.14 m
N	11 863 daN
M	1 693 daNm

**Azioni al piede del muro**

	T [daN]	M [daN m]	$\sigma$	
Spinta del terreno	1687.5	1265.625	c	1600 daN/cm <sup>2</sup>
Incremento sismico	148	222		5 cm
Peso del muro	83	113		
Peso del terreno	270	304	Aa	6.7 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 1	375	422	Aa min	4.5 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 2	0	-		
Sovr. 1 - F. inerzia	30	68		
Sovr. 2 - F. inerzia	0	0		
Azione 1	0	0		
Azione 2	0	0		
Azione 3	0	0		
<b>Totale</b>	<b>2593</b>	<b>2394</b>		

### 9.3.3 Verifiche strutturali

Si procede ora con le verifiche strutturali della sezione di incastro della mensola verticale, che verranno eseguite con un foglio di calcolo, a favore di sicurezza data la modesta entità, viene trascurato l'effetto dello sforzo normale di compressione

#### 9.3.3.1 Verifica a flessione muro tratto C

##### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>24</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

##### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

##### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>30</b> cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{s1} =$ <b>5</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{t1} =$ <b>5</b> cm

##### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.6</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>184.4</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e	∞ cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u	∞ cm	
Posizione asse neutro	y	5.6 cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3158 cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	241965 cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	37807.4 cm <sup>4</sup>	

#### 9.3.3.2 Verifica a taglio muro tratto B

Taglio sollecitante	T	<b>26</b> kN
Tensione tangenziale	$\tau$	0.12 N/mm <sup>2</sup>
	$\tau_{c,0}$	0.67 N/mm <sup>2</sup>

La sezione della fondazione verrà armata con le stesse armature della mensola verticale del muro.

L'armatura di ripartizione sarà costituita da  $\phi$  10/20.

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	29 di 37

**9.3.3.3 Verifiche di fessurazione muro tratto C**

Si considera un'apertura delle fessure ammissibile pari a  $0.1 \times 1.5 = 0.15$  mm.

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>24</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30</b> cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{s1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{t1} = 5$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.6</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>184.4</b> N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	∞ cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞ cm	
Posizione asse neutro	y (M)	5.6 cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3158 cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	241965 cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	37807.4 cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	33 kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	---------	----------------------------

## 9.4 Muro Tratto D

### 9.4.1 Fase di esercizio, verifiche geotecniche

#### Muro tipo D - In esercizio

Hmuro	2.13 m
s sup	0.30 m
s base	0.30 m
L fond	2.00 m
L valle	0.40 m
L monte	1.30 m
s fond	0.40 m

Hterreno	1.63 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32

#### Sovraccarichi

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

#### Azioni esterne

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	1374	-	929	-
Peso del muro	-	3598	-	-2879
Peso del terreno	-	4238	-	-5721
Sovraccarico 1	338	650	343	-878
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>1712</b>	<b>8486</b>	<b>1273</b>	<b>-9477</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento	Csr = Mstab / Mrib	<b>7.45</b>
Coeff. sicurezza scorrimento	Css = Fv x Ca / Fo	<b>1.61</b>
Tensione sul terreno media		<b>0.4 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno massima		<b>0.5 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno minima		<b>0.4 daN/cm<sup>2</sup></b>

#### Risultanti in fondazione

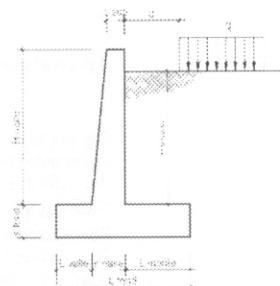
e	0.03 m
N	8 486 daN
M	281 daNm

#### Azioni al piede del muro

	T [daN]	M [daN m]
Spinta del terreno	885.6333	481
Sovraccarico 1	272	221
Sovraccarico 2	0	0
Azione 1	0	0
Azione 2	0	0
Azione 3	0	0
<b>Totale</b>	<b>1157</b>	<b>703</b>

$\sigma_a$  1600 daN/cm<sup>2</sup>  
c 5 cm

Aa 2.0 cm<sup>2</sup>/m  
Aa min 4.5 cm<sup>2</sup>/m



### 9.4.2 Fase sismica, verifiche geotecniche

#### Muro tipo D - Fase sismica

Hmuro	2.13 m
s sup	0.30 m
s inf	0.30 m
L fond	2.00 m
L valle	0.40 m
L monte	1.30 m
s fond	0.40 m

Hterreno	1.63 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32492
c	0.04
$\theta$	2.3 °
A	0.999
Ka'	0.358

#### Sovraccarichi

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

#### Azioni esterne

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	1374	-	929	-
Incremento sismico	123	-	166	-
Peso del muro	144	3598	110	-2879
Peso del terreno	170	4238	206	-5721
Sovraccarico 1	338	650	343	-878
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Sovr. 1 - F. inerzia	26	-	53	-
Sovr. 2 - F. inerzia	0	-	0	-
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>2174</b>	<b>8486</b>	<b>1808</b>	<b>-9477</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento  $C_{sr} = M_{stab} / M_{rib}$

5.24

Coeff. sicurezza scorrimento  $C_{ss} = F_v \times C_a / F_o$

1.27

Tensione media

0.4 daN/cm<sup>2</sup>

Tensione massima

0.5 daN/cm<sup>2</sup>

Tensione minima

0.3 daN/cm<sup>2</sup>

#### Risultanti in fondazione

e	0.10 m
N	8 486 daN
M	816 daNm

#### Azioni al piede del muro

	T [daN]	M [daN m]	$\sigma_a$	
Spinta del terreno	885.63333	481.194111	c	1600 daN/cm <sup>2</sup>
Incremento sismico	83	90		5 cm
Peso del muro	64	68		
Peso del terreno	170	138	Aa	2.9 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 1	272	221	Aa min	4.5 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 2	0	-		
Sovr. 1 - F. inerzia	26	42		
Sovr. 2 - F. inerzia	0	0		
Azione 1	0	0		
Azione 2	0	0		
Azione 3	0	0		
<b>Totale</b>	<b>1500</b>	<b>1041</b>		



### 9.4.3 Verifiche strutturali

Si procede ora con le verifiche strutturali della sezione di incastro della mensola verticale, che verranno eseguite con un foglio di calcolo, a favore di sicurezza data la modesta entità, viene trascurato l'effetto dello sforzo normale di compressione

#### 9.4.3.1 Verifica a flessione muro tratto D

##### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>11</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

##### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

##### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>30</b> cm			
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm			
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{s1} =$	<b>5</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$	cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{i2} =$	cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{i1} =$	<b>5</b> cm

##### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.6</b> N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>84.5</b> N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e	∞ cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	∞ cm		
Posizione asse neutro	y	5.6 cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3158 cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	241965 cm <sup>4</sup>		

#### 9.4.3.2 Verifica a taglio muro tratto B

Taglio sollecitante	T	<b>15</b> kN
Tensione tangenziale	$\tau$	0.07 N/mm <sup>2</sup>
	$\tau_{c,0}$	0.67 N/mm <sup>2</sup>

La sezione della fondazione verrà armata con le stesse armature della mensola verticale del muro.

L'armatura di ripartizione sarà costituita da  $\phi$  10/20.

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	33 di 37

**9.4.3.3 Verifiche di fessurazione muro tratto D**

Si considera un'apertura delle fessure ammissibile pari a  $0.1 \times 1.5 = 0.15$  mm.

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>11</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b>	kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	5.65	cm <sup>2</sup>	<b>5</b>	$\emptyset 12$ $C_{s1} = 5$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	$\emptyset$	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	$\emptyset$	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	5.65	cm <sup>2</sup>	<b>5</b>	$\emptyset 12$ $C_{t1} = 5$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>84.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	$\infty$	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	$\infty$	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	5.6	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3158	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	241965	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	37807.4	cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	33	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	----	------	----------------------------

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	34 di 37

**9.5 Muro Tratto D**

**9.5.1 Fase di esercizio, verifiche geotecniche**

**Muro tipo E - In esercizio**

Hmuro	1.87 m
s sup	0.30 m
s base	0.30 m
L fond	1.50 m
L valle	0.30 m
L monte	0.90 m
s fond	0.40 m

Hterreno	1.37 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32

**Sovraccarichi**

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

**Azioni esterne**

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	1044	-	616	-
Peso del muro	-	2903	-	-1756
Peso del terreno	-	2466	-	-2589
Sovraccarico 1	295	450	261	-473
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>1339</b>	<b>5819</b>	<b>877</b>	<b>-4818</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento	Csr = Mstab / Mrib	<b>5.49</b>
Coeff. sicurezza scorrimento	Css = Fv x Ca / Fo	<b>1.41</b>
Tensione sul terreno media		<b>0.4 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno massima		<b>0.5 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione sul terreno minima		<b>0.3 daN/cm<sup>2</sup></b>

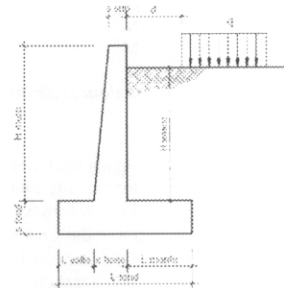
**Risultanti in fondazione**

e	0.07 m
N	5 819 daN
M	423 daNm

**Azioni al piede del muro**

	T [daN]	M [daN m]
Spinta del terreno	625.6333	286
Sovraccarico 1	228	156
Sovraccarico 2	0	0
Azione 1	0	0
Azione 2	0	0
Azione 3	0	0
<b>Totale</b>	<b>854</b>	<b>442</b>

$\sigma_a$	1600 daN/cm <sup>2</sup>
c	5 cm
Aa	1.2 cm <sup>2</sup> /m
Aa min	4.5 cm <sup>2</sup> /m



**9.5.2 Fase sismica, verifiche geotecniche**

**Muro tipo E - Fase sismica**

Hmuro	1.87 m
s sup	0.30 m
s inf	0.30 m
L fond	1.50 m
L valle	0.30 m
L monte	0.90 m
s fond	0.40 m

Hterreno	1.37 m
$\gamma$	2000 daN/m <sup>3</sup>
$\phi$	30 °
Ka	0.333
Ca	0.32492
c	0.04
$\theta$	2.3 °
A	0.999
Ka'	0.358

**Sovraccarichi**

	1	2
d [m]	0.00	0.00
q [daN/m <sup>2</sup> ]	500	0
d1 [m]	0.00	0.00

**Azioni esterne**

	1	2	3
N [daN]	-	-	-
F [daN]	-	-	-
M [daN]	-	-	-
z [m]	0.00	0.00	0.00

	F orizz. [daN]	Fvert [daN]	M rib [daN m]	M stab [daN m]
Spinta del terreno	1044	-	616	-
Incremento sismico	96	-	113	-
Peso del muro	116	2903	87	-1756
Peso del terreno	99	2466	107	-2589
Sovraccarico 1	295	450	261	-473
Sovraccarico 2	0	0	0	0
Sovr. 1 - F. inerzia	18	-	32	-
Sovr. 2 - F. inerzia	0	-	0	-
Azione 1	0	0	0	0
Azione 2	0	0	0	0
Azione 3	0	0	0	0
<b>Totale</b>	<b>1668</b>	<b>5819</b>	<b>1216</b>	<b>-4818</b>

Coeff. sicurezza ribaltamento $Csr = Mstab / Mrib$	<b>3.96</b>
Coeff. sicurezza scorrimento $Css = Fv \times Ca / Fo$	<b>1.13</b>
Tensione media	<b>0.4 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione massima	<b>0.6 daN/cm<sup>2</sup></b>
Tensione minima	<b>0.2 daN/cm<sup>2</sup></b>

**Risultanti in fondazione**

e	0.13 m
N	5 819 daN
M	762 daNm

**Azioni al piede del muro**

	T [daN]	M [daN m]	$\sigma_a$	1600 daN/cm <sup>2</sup>
Spinta del terreno	625.63333	285.705889	c	5 cm
Incremento sismico	61	56		
Peso del muro	56	52		
Peso del terreno	99	68	Aa	1.8 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 1	228	156	Aa min	4.5 cm <sup>2</sup> /m
Sovraccarico 2	0	-		
Sovr. 1 - F. inerzia	18	25		
Sovr. 2 - F. inerzia	0	0		
Azione 1	0	0		
Azione 2	0	0		
Azione 3	0	0		
<b>Totale</b>	<b>1088</b>	<b>643</b>		

### 9.5.3 Verifiche strutturali

Si procede ora con le verifiche strutturali della sezione di incastro della mensola verticale, che verranno eseguite con un foglio di calcolo, a favore di sicurezza data la modesta entità, viene trascurato l'effetto dello sforzo normale di compressione

#### 9.5.3.1 Verifica a flessione muro tratto D

##### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>7</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

##### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

##### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>30</b> cm			
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm			
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5 Ø 12</b>	$C_{s1} =$	<b>5</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$	cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} =$	cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5 Ø 12</b>	$C_{t1} =$	<b>5</b> cm

##### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.0</b> N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>53.8</b> N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e	∞ cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u	∞ cm		
Posizione asse neutro	y	5.6 cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3158 cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	241965 cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	37807.4 cm <sup>4</sup>		

#### 9.5.3.2 Verifica a taglio muro tratto B

Taglio sollecitante	T	<b>11</b> kN
Tensione tangenziale	$\tau$	0.05 N/mm <sup>2</sup>
	$\tau_{c,0}$	0.67 N/mm <sup>2</sup>

La sezione della fondazione verrà armata con le stesse armature della mensola verticale del muro.

L'armatura di ripartizione sarà costituita da  $\phi$  10/20.

**SL07 - RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	12	D 26 CL	SL0700 003	A	37 di 37

**9.5.3.3 Verifiche di fessurazione muro tratto D**

Si considera un'apertura delle fessure ammissibile pari a  $0.1 \times 1.5 = 0.15$  mm.

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>7</b> kN m
Sforzo normale	N	<b>0</b> kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b> N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0 N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9 N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0 N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>30</b> cm			
Larghezza sezione	B	<b>100</b> cm			
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{s1} =$	<b>5</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} =$	cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00 cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} =$	cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	5.65 cm <sup>2</sup>	<b>5</b> Ø <b>12</b>	$C_{t1} =$	<b>5</b> cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>1.0</b> N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>53.8</b> N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	∞ cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞ cm		
Posizione asse neutro	y (M)	5.6 cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	3158 cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	241965 cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	37807.4 cm <sup>4</sup>		

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	33 kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	---------	----------------------------