

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

## U.O. INFRASTRUTTURE NORD

### PROGETTO DEFINITIVO

#### POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE – PAVIA

OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli km 19+461,20

Relazione di calcolo opere di imbocco

SCALA:

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

N M 0 Z    2 0    D    2 6    C L    S L 0 6 0 0    0 0 3    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRATA	Novembre 2018	F.Coppini/A.Maran 	Novembre 2018	S. Borelli 	Novembre 2018	F. Borelli Novembre 2018 	Novembre 2018

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Dot. Ing. Francesco Borelli  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23172 Sez. I

File: NM0Z20D26CLSL0600003A

n. Elab.:





**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A	FOGLIO 3 di 30
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE GENERALE.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CONDIZIONI GEOTECNICHE.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA.....</b>	<b>10</b>
6.1	VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	10
6.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	10
<b>7</b>	<b>GEOMETRIA DELLA STRUTTURA (MURI A U).....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO (MURI A U).....</b>	<b>14</b>
8.1	PROGRAMMA DI CALCOLO .....	14
8.2	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	14
8.3	SCHEMA .....	15
<b>9</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI (MURI A U).....</b>	<b>16</b>
9.1	PESI PROPRI STRUTTURALI .....	16
9.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI.....	16
9.3	CARICHI ESTERNI SU TERRAPIENO .....	16
9.4	CARICHI ESTERNI SU MURO .....	17
9.5	AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO .....	18
9.6	AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI.....	19
9.7	AZIONI SISMICHE .....	19
<b>10</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO (MURI A U) .....</b>	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>VERIFICHE (MURI A U).....</b>	<b>26</b>
11.1	SLU – FLESSIONE E PRESSOFLESSIONE .....	27
11.2	SLU - TAGLIO.....	28
11.3	SLE - FESSURAZIONE .....	29
11.3.1	(Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Rara .....	30

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A	FOGLIO 4 di 30
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	-------------------

## 1 PREMESSA

Nell’ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall’uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l’attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.



**Figura 1 : Planimetria di progetto**

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dei muri di imbocco dell’opera principale SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli km 19+450.

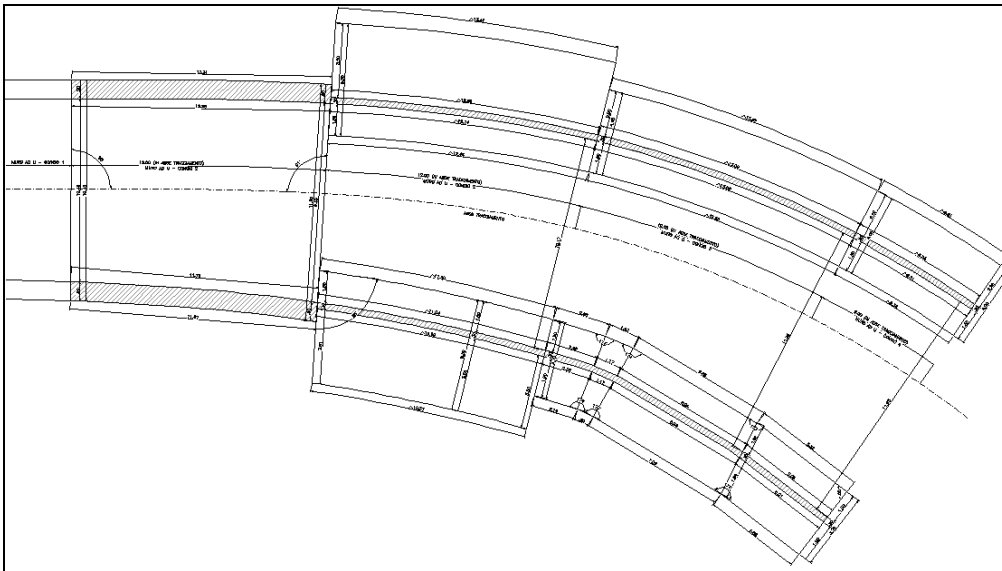
SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	5 di 30

## 2 DESCRIZIONE GENERALE

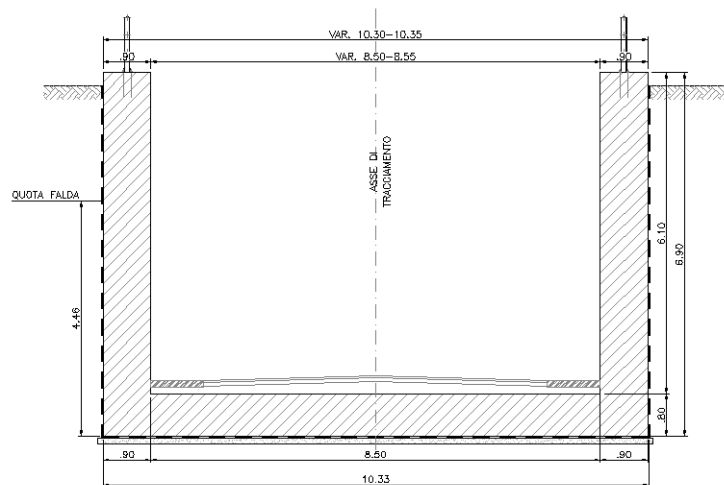
La presente relazione ha per oggetto la verifica del muro di imbocco lato Est dello scatolare SL06. L'opera è necessaria per consentire lo spostamento dei binari della linea storica.

Il muri di imbocco sunno suddivisi in 4 concio:

- Concio 1 con sezione tipologica ad U
- Concio 2-3-4 con sezione tipologica ad L

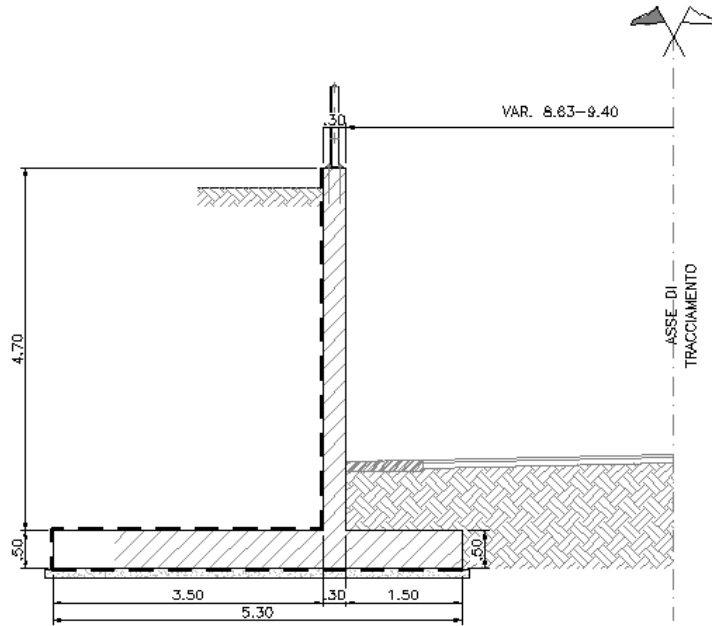


**Figura 2 : Planimetria**

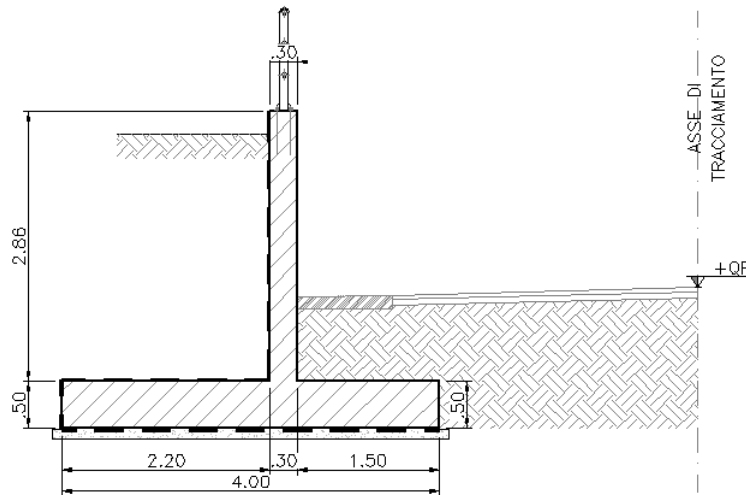


**Figura 3: Sezione tipologica**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	6 di 30



**Figura 4: Sezione tipologica concio 3**



**Figura 5: Sezione tipologica concio 4**

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### CALCESTRUZZO

##### Classe di resistenza calcestruzzo

**C32/40**

##### Caratteristiche del calcestruzzo

resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	40 [MPa]
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	33.2 [MPa]
resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	41.2 [MPa]
resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm}$	3.1 [MPa]
resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	$f_{ctk}$	2.2 [MPa]
modulo elastico istantaneo	$E_{cm}$	33,643 [MPa]

##### Resistenze di calcolo

resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	18.8 [MPa]
resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}$	1.4 [MPa]
coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha$	1.00E-05 [°C <sup>-1</sup> ]

##### COEFFICIENTI

$\gamma_c$	=	1.5
$\alpha_{cc}$	=	0.85

#### ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

##### Tipo di acciaio

**B450C**

##### Caratteristiche del calcestruzzo

tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	450 [MPa]
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	540 [MPa]

##### Resistenze di calcolo

resistenza di progetto	$f_{yd}$	391.3 [MPa]
modulo elastico	$E_s$	200000 [MPa]

##### COEFFICIENTI

$\gamma_s$	=	1.15
------------	---	------

Per il calcestruzzo armato si assume

$\gamma_{cls}$  25 kN/m<sup>3</sup>



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO -**  
**PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	8 di 30

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

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.






**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	9 di 30

## 5 CONDIZIONI GEOTECNICHE

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO
12	S2	da 0 a 3m	S
		da 3m a 5m	Sg
		da 5m a 30m	S

$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\Phi'$ [°]		$\Phi'$ [°] laboratorio	$\Phi'$ [°] scelto	$E'_{op}$ [MPa]		$V_s$ [m/s]		categoria terreno	$G_0$ [MPa]	
		max	min			max	min	max	min		max	min
16	10	27	27		27	12	12	162	162	C	37	37
16	10	30	30		30	18	18	149	149		43	43
16	10	30	29		29	64	16	397	226		260	84

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA</b>					
	SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A

## 6 CRITERI DI VERIFICA

### 6.1 VERIFICHE DI RESISTENZA AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni flettenti  $M_d$  sia minore dei corrispondenti momenti resistenti  $M_r$  delle sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.1.3 “Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti” del D.M. 14 gennaio 2008.

### 6.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$

- stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:


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

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

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

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

#### Condizioni ambientali

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA</b>					
	SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

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


Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni ordinarie.

#### Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
<b>a</b>	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>b</b>	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
<b>c</b>	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Come da manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 B (2.5.1.8.3.2.4) si assume in questo caso per la verifica a fessurazione la combinazione Rara e come limite massimo di apertura delle fessure  $w_1=0.2$  mm, (per strutture a permanente contatto con il terreno).

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA</b>					
SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A	FOGLIO 12 di 30

### Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure ( $w_d$ ) non deve superare i valori nominali  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è data da:

$$w_d = 1,70 \cdot w_m$$

dove  $w_m$  rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure  $w_m$  è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura  $\varepsilon_{sm}$  per la distanza media tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di  $\varepsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.  $\varepsilon_{sm}$  può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

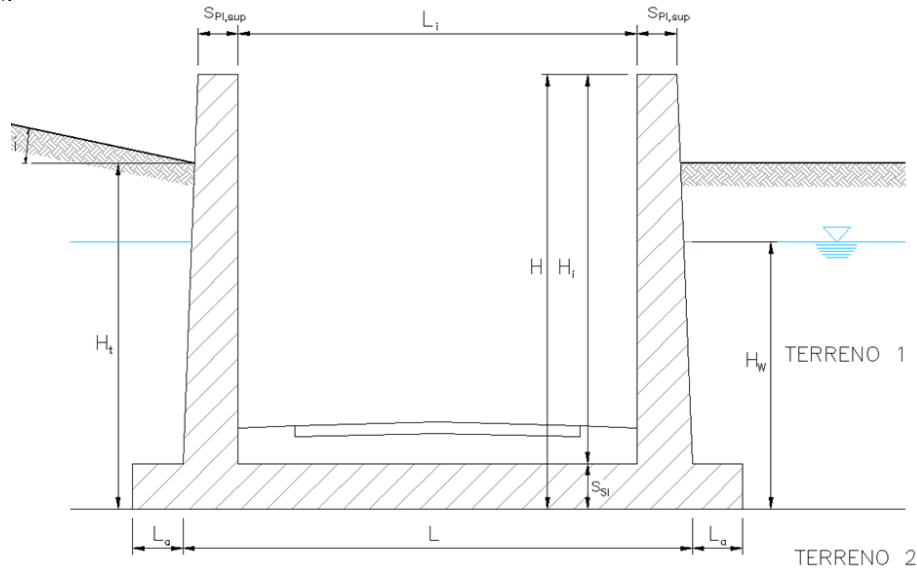
$$\varepsilon_{sm} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con  $\sigma_s$  tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed  $E_s$  è il modulo elastico dell'acciaio.

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli  
Relazione di calcolo opere di imbocco


COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	13 di 30

## 7 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA (MURATA IN)



Parete verticale	$S_{PI}$	0.9 m
Spessore Soletta Inferiore	$S_{SI}$	0.8 m
Larghezza totale	$L$	11.2 m
Altezza totale	$H$	6.9 m
Larghezza interna	$L_i$	9.4 m
Altezza Interna	$H_i$	6.1 m
Larghezza ali	$L_e$	0 m
Altezza Terreno	$H_t$	6.9 m
Inclinazione terreno	$H_p$	0 m

Falda	Interagente Muro	
Peso specifico	$\gamma_w$	10 kN/m <sup>3</sup>
Quota falda	$H_w$	4.46 m

	<p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b>  <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b>  <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b>  <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA</b></p>												
<p>SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli  <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE-ENTE</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NM0Z</td> <td>20</td> <td>D 26</td> <td>CLSL0600003</td> <td>A</td> <td>14 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	14 di 30
COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	14 di 30								

## 8 MODELLO DI CALCOLO (MURI A U)

### 8.1 PROGRAMMA DI CALCOLO

L'analisi è stata effettuata per elementi finiti attraverso l'ausilio del programma di calcolo "SAP2000".


### 8.2 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Il modello di calcolo attraverso il quale è stata analizzata la struttura e schematizzato da un rettangolo costituito da elementi monodimensionali vincolati su un letto di molle alla winkler.

Per i coefficienti del sottosuolo sono stati adottati i seguenti valori

- Coefficiente verticale  $k_v = 7907 \text{ kN/m}^3$
- Coefficiente orizzontale  $k_h = 3954 \text{ kN/m}^3$

Sono stati utilizzati molle per unità di lunghezza attribuita agli elementi della soletta inferiore.

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA</b>					
SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A	FOGLIO 15 di 30

### 8.3SCHEMA

Il modello è formato da 12 elementi monodimensionale a cui è assegnata la sezione specifica dell'elemento corrispondente

- Gli elementi 1,4,6,7 sono vincolati con delle molle con rigidezza  $k_v$  e  $k_h$ ;

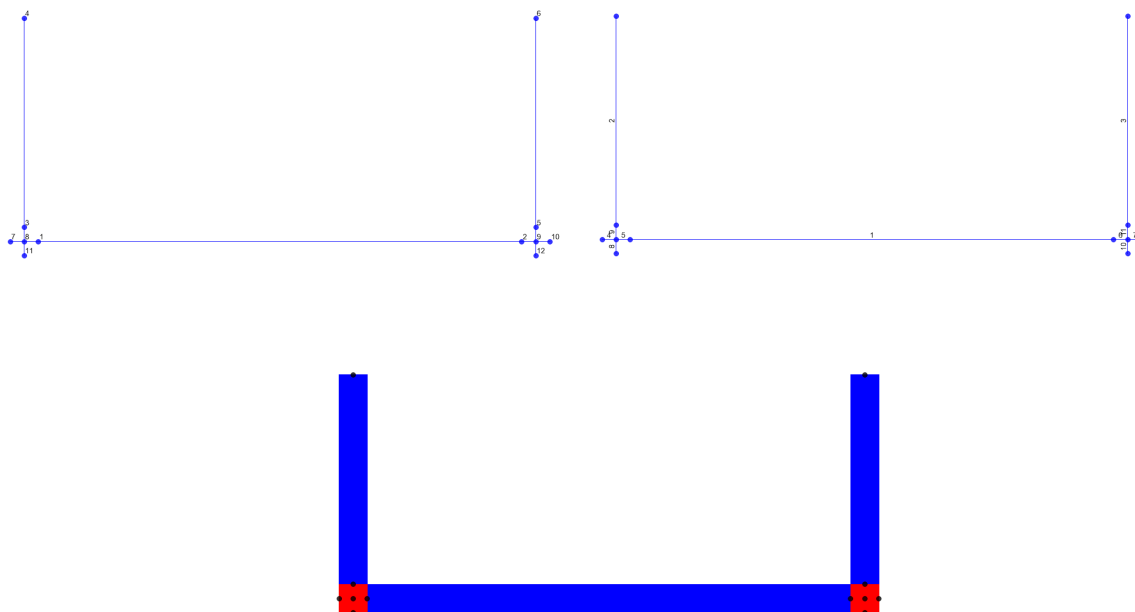


Figure 1 : Schema modello di calcolo

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	16 di 30

## 9 ANALISI DEI CARICHI (MURI A U)

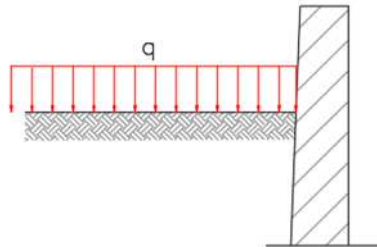
### 9.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

		H [m <sup>2</sup> ]		$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]		[m]		[kN/m]
Soletta Inferiore	PP <sub>SI</sub>	0.80	X	25	X	1	=	20.0
Piedritto	PP <sub>PI</sub>	0.90	X	25	X	1	=	22.5

### 9.2 SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI

Data l'incertezza del carico, a favore di ricurezza non sarà considerato

### 9.3 CARICHI ESTERNI SU TERRAPIENO



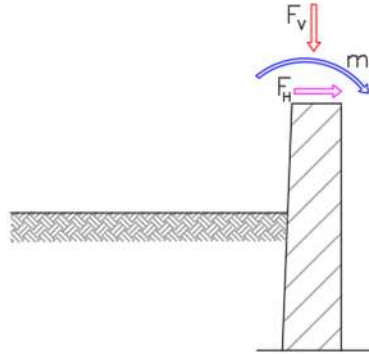
Pressione uniforme permanente su terrapieno	q,P	0	[kN/m/m]
Pressione uniforme variabile su terrapieno	q,v	0	[kN/m/m]

Spinta dovuta a pressione uniforme permanente su terrapieno  $\sigma_{pu}(k_0) = k_0 \cdot q_{,P}$

Spinta dovuta a pressione uniforme variabile su terrapieno  $\sigma_{pv}(k_0) = k_0 \cdot q_{,v}$



#### 9.4 CARICHI ESTERNI SU MURO



Forza orizzontale permanente su testa muro

$F_{H,P}$  0 [kN/m]

Forza verticale permanente su testa muro

$F_{V,P}$  0 [kN/m]

Coppia permanente su testa muro

$m,P$  0 [kNm/m]

Forza orizzontale variabile su testa muro

$F_{H,v}$  0 [kN/m]

Forza verticale variabile su testa muro

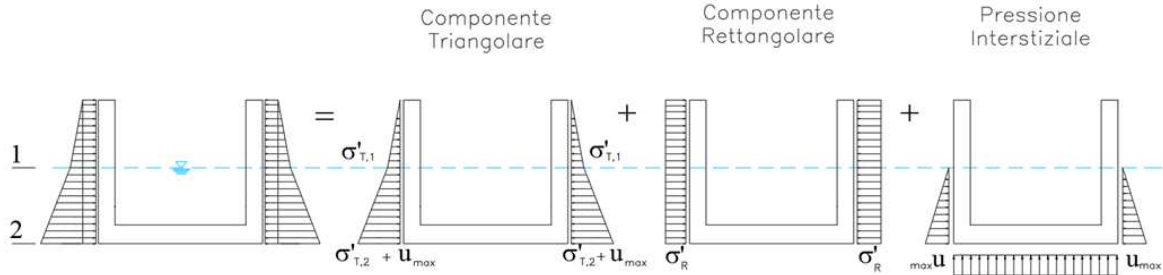
$F_{V,v}$  0 [kN/m]

Coppia variabile su testa muro

$m,v$  0 [kNm/m]

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	18 di 30

### 9.5 AZIONI PROVENIENTI DAL TERRENO



#### Pressine interstiziale

$$u_{\max} = 26.6 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

#### Tensioni litostatiche verticali : componente Triangolare

$$\text{Tensione litostatica verticale efficace in "1"} \quad \sigma'_{T,1} = \gamma_{t2} \times (H_t - H_w) = 39.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$\text{Tensione litostatica verticale efficace in "2"} \quad \sigma'_{T,2} = \sigma'_{T,1} + \gamma'_{t2} \times H_w = 65.8 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

#### Tensioni litostatiche verticali : componente Rettangolare

$$\text{Tensione litostatica verticale efficace estradosso Soletta} \quad \sigma'_R = 0.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$


#### Coefficienti di spinta Terreno 1

		M1	M2	SLE
Deformazione orizzontale nulla	$k_0 = 1 - \text{sen}\phi'$	0.52	0.60	0.52
Equilibrio limite attivo	$k_a = (1 - \text{sen}\phi') / (1 + \text{sen}\phi')$	0.35	0.42	0.35

#### Tensioni totali orizzontali

$$\sigma(k_0) = k_0 \cdot \sigma'_R + k_0 \cdot \sigma'_T + u \quad K_0 = 1$$

$$\sigma(k_a) = k_a \cdot \sigma'_R + k_a \cdot \sigma'_T + u \quad K_0 = 0$$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO- PAVIA</b>					
	SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A

## 9.6 AZIONI PROVENIENTI DAI CARICHI MOBILI

Data l'incertezza del carico, a favore di ricurezza non sarà considerato

## 9.7 AZIONI SISMICHE

### CARATTERISTICHE SISMICHE

#### PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

vita nominale	V <sub>N</sub>	75	anni
Classe d'uso		III	
coefficiente d'uso	C <sub>U</sub>	1.5	
periodo di riferimento per l'azione sismica	V <sub>R</sub>	112.5	anni
Stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV			
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	P <sub>V<sub>R</sub></sub>	10%	
Periodo di ritorno dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	1067.8	anni

#### PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA

accelerazione orizzontale massima al sito	a <sub>g</sub>	0.765	[m/s <sup>2</sup> ]
accelerazione orizzontale massima al sito	a <sub>g</sub>	0.078	[g]
coefficiente di amplificazione spettrale massima	F <sub>0</sub>	2.577	
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	T <sub>C</sub> *	0.291	[s]

#### CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

Categoria di sottosuolo		C	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	S <sub>S</sub>	1.50	
coefficiente di sottosuolo	C <sub>C</sub>	1.58	
Categoria topografica		T1	
coefficiente di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1	
S <sub>S</sub> x S <sub>T</sub>	S	1.50	
coefficiente di smorzamento viscoso	x	5%	
v(10/(5+x))	h	1	



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

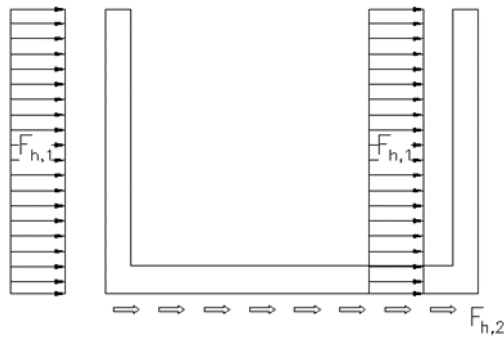
SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	20 di 30

**PARAMETRI DI ANALISI**

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_{max}$	1.148	[m/s <sup>2</sup> ]
fattore di struttura	q	1	
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_m$	1	
coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.117	
coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.059	
Terreno ad elevata permeabilità dinamica		3	
Peso specifico "sismico" del terreno	$\gamma^*$	6	
coefficiente sismico orizzontale	$k_h$	0.12	
coefficiente sismico verticale	$k_v$	0.06	
	$\theta +$	16.8	
	$\theta -$	18.9	
	$\varphi'_{M2}$	23.9	
	$\delta$	0.0	
	$\delta_{M2}$	0.0	
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della parete del muro rivolta a monte	$\psi$	90	
angolo di inclinazione, rispetto all'orizzontale, della superficie del terrapieno	$\beta$	0	
coefficiente di spinta sismica M2	$K_e$	0.78	

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	21 di 30

**FORZE SISMICHE**



Forze di inerzia orizzontali

$$F_h = k_h \times W$$

Forze di inerzia verticali

$$F_v = k_v \times W$$

**Sisma**

**H**

Forza di inerzia orizzontale piedritti

$$F_{h1} = (PP_{PI}) \cdot k_h = 2.63 \text{ [kN/m]}$$

Forza di inerzia orizzontale inferiore

$$F_{h2} = (PP_{SI}) \cdot k_h = 2.34 \text{ [kN/m]}$$

**Sisma**

**V**

Forza di inerzia verticale piedritti

$$F_{v1} = (PP_{PI}) \cdot k_v = 1.32 \text{ [kN/m]}$$

Forza di inerzia verticale Soletta inferiore

$$F_{v2} = = 1.17 \text{ [kN/m]}$$

*Incremento sismico secondo il metodo di Mononobe-Okabe*

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	22 di 30

**(secondo Eurocodice 8-5)**

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v) \cdot K + E_{ws} + E_{wd}$$

$E_{ws}$  = spinta statica acqua ; K = coefficiente di Mononobe-Okabe

$E_{wd}$  = spinta dinamica acqua (Westergaard)

**Alta permeabilità ( $k > 5 \times 10^{-4}$ m/s)**

$$E_{wd} = 7/12 k_h \gamma_w H^2$$

$$\gamma^* = \gamma - \gamma_w$$

$$tg \vartheta = \frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp K_v}$$

$\gamma_s$  = peso specifico dei grani

**Bassa permeabilità ( $k < 5 \times 10^{-4}$ m/s)**

$$E_{wd} = 0$$

$$\gamma^* = \gamma - \gamma_w$$

$$tg \vartheta = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp K_v}$$

$\gamma$  = peso di volume terreno naturale

Spinta statica dell'acqua	$E_{ws}$	99.46 [kN/m]
Spinta idrodinamica dell'acqua	$E_{wd}$	14 [kN/m]
Spinta totale del terreno nel caso sismico	$S_{H,sism}$	118 [kN/m]
Spinta totale del terreno nel caso sismico	$E_d = E_{ws} + E_{wd} + S_{H,sism}$	231 [kN/m]



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA NM0Z	LOTTO 20	FASE-ENTE D 26	DOCUMENTO CLSL0600003	REV. A	FOGLIO 23 di 30
---	------------------	-------------	-------------------	--------------------------	-----------	--------------------

## 10 COMBINAZIONI DI CARICO (MURI A U)

### COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

Carichi	Effetto	Coeff.	EQU/UPL	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	Sism
Carichi Permanenti	favorevole	$\gamma_{G1}$	0.9	1	1	1	1
	sfavorevole		1.1	1.35	1	1	1
Carichi Permanenti non strutturali	favorevole	$\gamma_{G2}$	0	0	0	1	1
	sfavorevole		1.5	1.35	1.3	1	1
Variabili da traffico	favorevole	$\gamma_Q$	0	0	0	0	0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15	1	1
Variabili	favorevole	$\gamma_Q$	0	0	0	0	0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3	1	1
Ritiro e viscosità, variazioni termiche	favorevole	$\gamma_Q$	0	0	0	0	0
	sfavorevole		1.2	1.2	1	1	1

Parametro		Coeff.	M1	M2	SLE	SLE
angolo d'attrito	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1	1.25	1	1
coesione	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1	1.25	1	1
resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1	1.4	1	1
peso unità di volume	$\gamma$	$\gamma_g$	1	1	1	1

Coefficienti parziali per azione $\psi$			
CARICHI	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Carichi variabili su testa muro	0.60	0.60	0.00
Carichi variabili su terrapieno	0.60	0.60	0.00
Carichi variabili su testa muro in fase sismica	0.00	0.00	0.50
Carichi variabili su terrapieno in fase sismica	0.00	0.00	0.50



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	24 di 30

**Combinazione massima spinta terreno**

**Spinta terreno M1 = Spinta terreno SLE**

<i>Spinta Terreno</i>	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{W,sx}$	$\sigma_{W,dx}$
Spinta Terreno C1	0.35	0.35	0.35	0.35	1	1

**Spinta terreno M2**

<i>Spinta Terreno</i>	$\sigma_{R,sx}$	$\sigma_{R,dx}$	$\sigma_{T,sx}$	$\sigma_{T,dx}$	$\sigma_{W,sx}$	$\sigma_{W,dx}$
Spinta Terreno C1	0.42	0.42	0.42	0.42	1	1

I numeri in tabella rappresentano il prodotto tra i coefficienti di spinta e i coefficienti parziali sulle azioni

**Carichi combinati**

- $G_1=$       Peso proprio muro  
                  Forza orizzontale permanente su testa muro  
                  Forza verticale permanente su testa muro  
                  Coppia permanente su testa muro
- $G_2=$       Spinta terreno  
                  Spinta Acqua statica  
                  Spinta dovuta a pressione uniforme permanente su terrapieno
- $G_{2,sism}=$       Spinta dovuta a pressione uniforme permanente su terrapieno
- $Q_1=$       Spinta dovuta a pressione uniforme variabile su terrapieno
- $Q_2=$       Forza orizzontale variabile su testa muro  
                  Forza verticale variabile su testa muro  
                  Coppia variabile su testa muro
- $E_x=$       Forza di inerzia orizzontale piedritti  
                  Incremento sismico secondo il metodo di Mononobe-Okabe
- $E_z=$       Forza di inerzia verticale piedritti





**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO- PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli  
*Relazione di calcolo opere di imbocco*

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	25 di 30

**Combinazione di verifica**

<i>SLU A1-M1</i>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
<b>SLU 1</b>	1.35	1.35	0	0
<b>SLU 2</b>	1.35	1.35	1.50	0.90
<b>SLU 3</b>	1.35	1.35	0.90	1.50

<i>SLU A2-M2</i>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
<b>SLU 4</b>	1.00	1.30	0	0
<b>SLU 5</b>	1.00	1.30	1.30	0.90
<b>SLU 6</b>	1.00	1.30	0.78	1.30

<i>SISMICA/M2</i>	G <sub>1</sub>	G <sub>2,sism</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	E <sub>x</sub>	E <sub>z</sub>
<b>SLU 7</b>	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00
<b>SLU 8</b>	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	-1.00
<b>SLU 9</b>	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00
<b>SLU 10</b>	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	-1.00
<b>SLU 11</b>	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00
<b>SLU 12</b>	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	-1.00

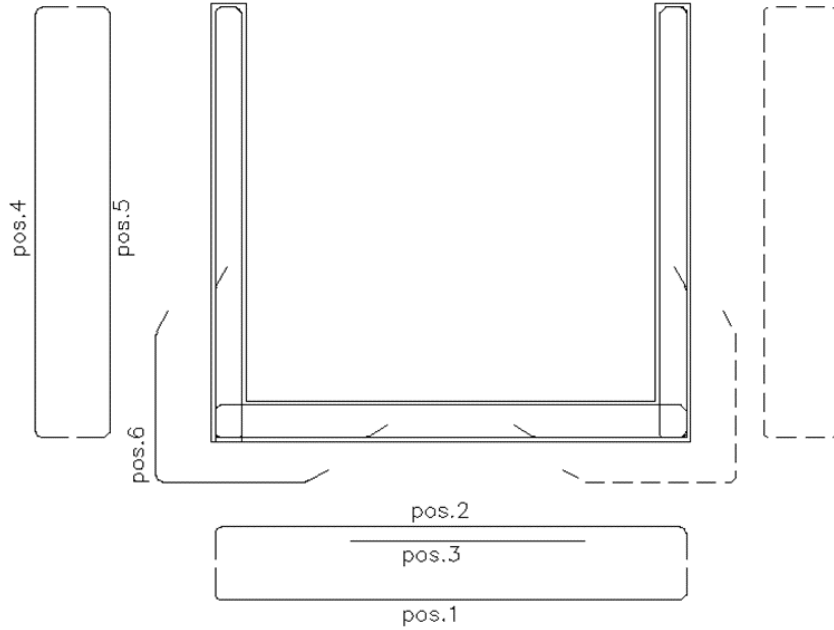
<i>SLR QP</i>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
<b>SLE 1</b>	1.00	1.00	0.00	0.00
<b>SLE 2</b>	1.00	1.00	0.00	0.00

<i>SLR FREQ</i>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
<b>SLE 3</b>	1.00	1.00	0.60	0.00
<b>SLE 4</b>	1.00	1.00	0.00	0.60

<i>SLR RARA</i>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
<b>SLE 5</b>	1.00	1.00	1.00	0.00
<b>SLE 6</b>	1.00	1.00	1.00	0.00

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	26 di 30

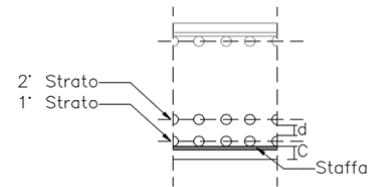
### 11 VERIFICHE (MURI A U)



	Copriferro C[mm]	Correnti $\phi$ [mm]	Distanziatori d[mm]
Piedritti	50	14	20
Soletta Inferiore	50	14	20

#### Armatura

	pos	Strato 1		+	Strato 2		in 2°strato
		n°/ml	$\phi$ [mm]		n°/ml	$\phi$ [mm]	
Piedritti	1	5	20	+	0	0	NO
	2	5	20	+	0	0	NO
	3	5	16	+	0	0	NO
Soletta inferiore	4	5	20	+	0	0	NO
	5	5	20	+	0	0	NO
	6	5	20	+	0	0	NO



SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	27 di 30

### 11.1 SLU – FLESSIONE E PRESSOFLESSIONE

- $b_w$       Larghezza sezione
- $h_{sez}$      Altezza sezione
- $A'_{s,tesa}$     Area armatura tesa
- $d$           Altezza utile sezione
- $A'_{s,comp}$     Area armatura compressa
- $N_{ed}$        Sforzo normale
- $M_{ed}$        Momento flettente
- $M_{rd}$        Momento Resistente

	$b_w$	$h_{sez}$	$A'_{s,tesa}$	$d$	$A'_{s,comp}$	$N_{ed}$	$M_{ed}$	$M_{rd}$	$M_{ed}/M_{rd}$	
	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]	[-]	
S1 (Mmax)	1000	900	3141.6	826.0	1570.8	145.2	670.9	1028.8	<b>0.65</b>	Verifica Soddisfatta
S1 (Nmin)	1000	900	3141.6	826.0	1570.8	185.2	355.6	1044.0	<b>0.34</b>	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	1000	800	3141.6	726.0	1570.8	0.0	693.9	850.7	<b>0.82</b>	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	1000	800	2576.1	726.8	1570.8	0.0	587.7	705.7	<b>0.83</b>	Verifica Soddisfatta

Il massimo tasso di sfruttamento a flessione è 0.83

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	28 di 30

## 11.2 SLU - TAGLIO

$\rho_l$	Rapporto geometrico di armatura longitudinale
k	$1+(200/d)^{1/2} \leq 2$
$v_{min}$	$0.035k^{3/2} f_{ck}$
$\sigma_{cp}$	Tensione media di compressione nella sezione
$f_{ck}$	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cd}$	Resistenza di calcolo a compressione
$f'_{cd}$	Resistenza a compressione del cls ridotta
$f_{yd}$	Resistenza di progetto acciaio
$n^\circ \phi$	Numero armature trasversali
$\phi_d$	Diametro armature trasversali
s	Interasse armature trasversali
$A_{sw}$	Area dell'armatura trasversale
$\alpha$	Angolo di inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
$\alpha_C$	Coefficiente maggiorativo in elementi compressi
$\theta$	Angolo di inclinazione puntone compresso rispetto asse trave
$v_1$	Coefficiente di riduzione resistenza a compressione cls
$V_{Rsd}$	Resistenza a taglio trazione
$V_{Rcd}$	Resistenza a taglio compressione
$V_{ed}$	Sforzo di taglio
$V_{rd}$	Resistenza a taglio

### Senza elementi trasversali resistenti a taglio

	$\rho_l$	k	$v_{min}$ [MPa]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_{cd}$ [MPa]	$V_{ed}$ [kN]	$V_{rd}$ [kN]	$V_{ed}/V_{rd}$ [-]	
S1 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.2	33.2	18.8	220.0	369.9	0.59	Verifica Soddisfatta
S2 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.0	33.2	18.8	176.2	322.9	0.55	Verifica Soddisfatta
S3 (Tmax)	0.0	1.5	0.4	0.0	33.2	18.8	176.2	302.4	0.58	Verifica Soddisfatta

Il massimo tasso di sfruttamento a taglio è 0.59



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO -**  
**PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	29 di 30

### 11.3 SLE - FESSURAZIONE

c	Ricoprimento armatura
s	Interasse barre tese
$\phi_{eq}$	Diametro equivalente barre tese
$k_1$	Coefficiente di aderenza del cls alla barra
$k_2$	Coefficiente di forma del diagramma delle tensioni
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425
$A_s$	Area della sezione di acciaio nell'area $A_{c,eff}$
$h_{c,eff}$	Altezza efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
$A_{c,eff}$	Area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura
$\rho_{eff}$	$A_s/A_{c,eff}$
$\Delta_{s,max}$	distanza media tra le fessure
$\sigma_s$	Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata
$\alpha_e$	rapporto $E_s/E_{cm}$
$k_t$	Fattore dipendente dalla durata del carico
$\epsilon_{eq}$	Deformazione unitaria media delle barre d'armatura
<b>N</b>	Sforzo normale
<b>M</b>	Momento flettente
<b>w<sub>d</sub></b>	Valore di calcolo dell'apertura delle fessure
<b>w<sub>max</sub></b>	Valore limite di apertura delle fessure

#### Criteri

Condizioni Ambientali	Aggressive
Armatura	Poco Sensibile



**PROGETTO DEFINITIVO**  
**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA**  
**QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA**  
**FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO– PAVIA**

SL06B - Prolungamento sottovia via Niccolò Macchiavelli <i>Relazione di calcolo opere di imbocco</i>	COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NM0Z	20	D 26	CLSL0600003	A	30 di 30

**11.3.1 (Stato limite di apertura delle fessure) - Combinazione Rara**

	c	s	$\phi_{eq}$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$A_s$	$h_{c,eff}$	$A_{c,eff}$	$\rho_{eff}$	$\Delta_{s,max}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[]	[]	[]	[]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[]	[mm]
S1 (Mmax)	50	100	20	0.8	0.5	3.4	0.425	3141.6	185	185000	0.02	370.2
S1 (Nmin)	50	100	20	0.8	0.5	3.4	0.425	3141.6	185	185000	0.02	370.2
S2 (Mmax)	50	100	20	0.8	0.5	3.4	0.425	3141.6	185	185000	0.02	370.2
S3 (Mmax)	50	100	18.222	0.8	0.5	3.4	0.425	2576.1	183.05	183049	0.01	390.1

	$0.6 s_s / E_s$	$\sigma_s$	$\alpha_e$	$k_t$	$\epsilon_{eq}$
	[]	[MPa]	[]	[]	[]
S1 (Mmax)	0.0003	91.9	5.94	0.4	0.0003
S1 (Nmin)	0.0003	91.9	5.94	0.4	0.0003
S2 (Mmax)	0.0004	127.3	5.94	0.4	0.0004
S3 (Mmax)	0.0005	153.9	5.94	0.4	0.0005

**Combinazione: Quasi permanente**

	$N_{ed}$	$M_{ed}$	$w_d$	$w_{max}$	$w_d/w_{max}$	
	[kN]	[MPa]	[mm]	[mm]	[kN]	
S1 (Mmax)	137.2	263.4	0.10	0.2	<b>0.51</b>	Verifica Soddisfatta
S1 (Nmin)	137.2	263.4	0.10	0.2	<b>0.51</b>	Verifica Soddisfatta
S2 (Mmax)	0.0	262.5	0.14	0.2	<b>0.71</b>	Verifica Soddisfatta
S3 (Mmax)	0.0	262.5	0.18	0.2	<b>0.90</b>	Verifica Soddisfatta

Il massimo tasso di sfruttamento a fessurazione è 0.90