

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO

### RAMPA NORD CAVALCAFERROVIA STRADA COMUNALE ARQUATA SCRIVIA-GAVI ALLA Pk 28+401

#### Relazione di calcolo muro di sostegno

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing.P.P.Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	C L	I R 1 D 0 5	0 0 1	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>Adriano Mancarella</i>	27/09/2013	COCIV <i>[Signature]</i>	27/09/2013	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/09/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. <b>Adriano Mancarella</b> Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001-A00
-----------	---------------------------------------



## INDICE

INDICE.....	3
1. INTRODUZIONE.....	5
2. NORMATIVA UTILIZZATA.....	6
3. MATERIALI E TENSIONI DI CALCOLO .....	7
3.1. Calcestruzzo .....	7
3.2. Acciaio per cemento armato .....	7
3.3. Durabilità e prescrizioni sui materiali .....	8
4. GEOMETRIA .....	9
5. ANALISI DEI CARICHI.....	14
6. CALCOLO E VERIFICA DEL MURO .....	15
6.1. Stratigrafia.....	15
6.2. Carichi applicati .....	16
6.3. Concio 1.....	17
6.3.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità.....	17
6.3.2. Verifiche strutturali .....	20
6.1. Concio 2.....	24
6.1.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità.....	24
6.1.2. Verifiche strutturali .....	27
6.2. Concio 3.....	31
6.2.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità.....	31
6.2.2. Verifiche strutturali .....	34
6.3. Concio 4.....	38
6.3.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità.....	38
6.3.2. Verifiche strutturali .....	41
6.4. Concio 5.....	45
6.4.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità.....	45
6.4.2. Verifiche strutturali .....	48
7. ALLEGATI.....	52
7.1. Parti comuni a tutte le analisi.....	52
7.2. Concio 1.....	55
7.3. Concio 2.....	61
7.4. Concio 3.....	68
7.5. Concio 4.....	74
7.6. Concio 5.....	81

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001  
Relazione di calcolo muro di sostegno

Foglio  
4 di 88

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p> <p>Foglio 5 di 88</p>

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo contiene il dimensionamento e le verifiche statiche e di stabilità del muro di sostegno lungo i binari della linea AV/AC Terzo Valico dei Giovi, all'interno della wbs IR1D.

Il muro di sostegno si trova a lato della viabilità in progetto, a valle di essa, e il suo sviluppo totale è pari a 45 m.

Il muro di sostegno si suddivide in cinque tipologie:

Concio 1: altezza variabile da 4.15 m a 4.19 m, estensione 4.50 m;

Concio 2: altezza variabile da 4.89 m a 4.93 m, estensione 4.50 m;

Concio 3: altezza variabile da 5.83 m a 6.13 m, estensione 12.00 m;

Concio 4: altezza variabile da 6.43 m a 6.93 m, estensione 12.00 m;

Concio 5: altezza variabile da 7.33 m a 8.00 m, estensione 12.00 m.

I giunti tra i conci sono sigillati da un cordone di preriempimento per giunti e da un sigillante bituminoso, e hanno una larghezza pari a 2 cm.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno <span style="float: right;">Foglio 6 di 88</span>

## 2. NORMATIVA UTILIZZATA

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle vigenti normative di seguito riportate:

- D.M. 09/01/1996: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- Circ. Min. 04/07/1996 n. 156 STC: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- D.M. 14/02/1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 24/06/1993 n. 37406: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 15/10/1996 n. 252: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Ordinanza n. 3274: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Circ. Min. 10/04/1997 n. 65: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica di cui al D.M: 16/01/1996";
- Asa Servizi di Ingegneria (Ferrovie dello Stato), Istruzione n. I/SC/PS-OM/2298 del 02/06/1995, Testo completo delle relative integrazioni: 13/01/1997: "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo";
- Ferrovie dello Stato - Istruzione F.S. 44/b (Testo aggiornato secondo il D.M. 16/01/1999): "Istruzioni tecniche per i manufatti sotto binario da costruire in zona sismica".

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno

Foglio  
7 di 88

### 3. MATERIALI E TENSIONI DI CALCOLO

#### 3.1. Calcestruzzo

*Fondazione C 25/30*

Verifica di resistenza

$$\sigma_{c,amm} = 9.70 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{c0} = 0.60 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{c1} = 1.83 \text{ N/mm}^2$$

Verifica a fessurazione

$$w_k = 0.15 \text{ mm}$$

*Elevazione C 32/40*

Verifica di resistenza

$$\sigma_{c,amm} = 12.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{c0} = 0.73 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{c1} = 2.11 \text{ N/mm}^2$$

Verifica a fessurazione

$$w_k = 0.15 \text{ mm}$$

#### 3.2. Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{ynom}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica a rottura  $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$

Tensione ammissibile  $\sigma_s = 255 \text{ N/mm}^2$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno <span style="float: right;">Foglio 8 di 88</span>

### 3.3. Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Fondazione	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
Elevazione	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XF1

Nel caso in esame la struttura si trova a permanente contatto con il terreno pertanto deve essere condotta la verifica a fessurazione per la combinazione TA5. Per questa verifica si considerano, in accordo con l'Istruzione n. I/SC/PS-OM/2298 "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo", i seguenti limiti di apertura delle fessure:

- superfici in contatto permanente con il terreno (superfici esterne) wk = 0.10 mm;
- superfici non in contatto permanente con il terreno (superfici interne) wk = 0.10 mm.

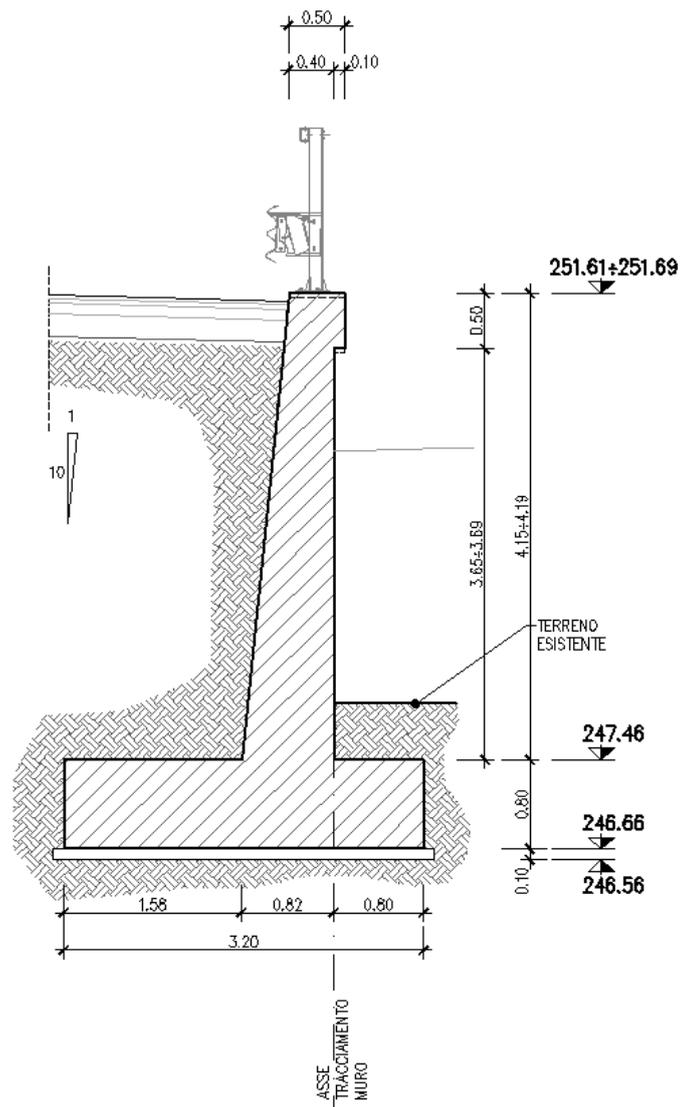
Il copriferro minimo assunto è pari a 4 cm.

L'apertura a fessure minima di 0.10 mm per le superfici esterne è portata a 0.15 mm essendo il copriferro dell'armatura trasversale (interna a quella longitudinale) pari a circa 6 cm ( $c/c_{min} \leq 1.5$ , con  $c_{min} = 4$ cm).

#### 4. GEOMETRIA

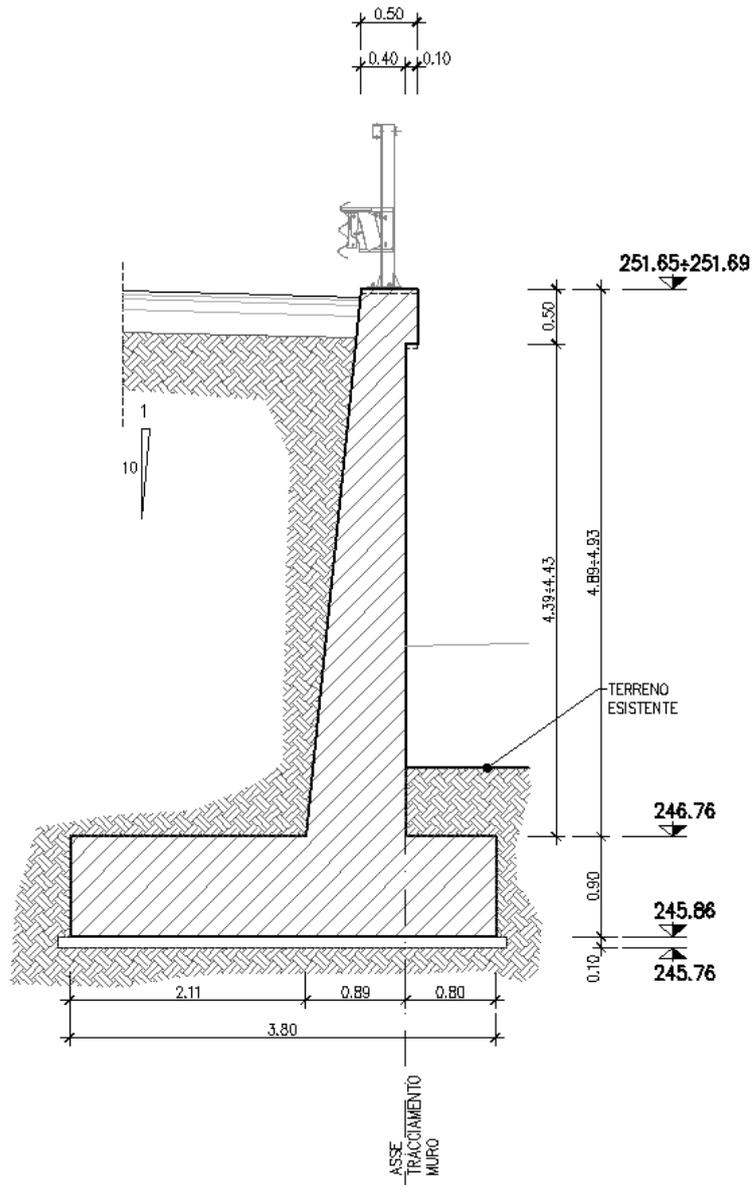
Il Concio 1 si estende per uno sviluppo di 4.50 m, con un'altezza variabile da un massimo di 4.19 m a un minimo di 4.15 m.

Si eseguono le verifiche per un'altezza di 4.20 m



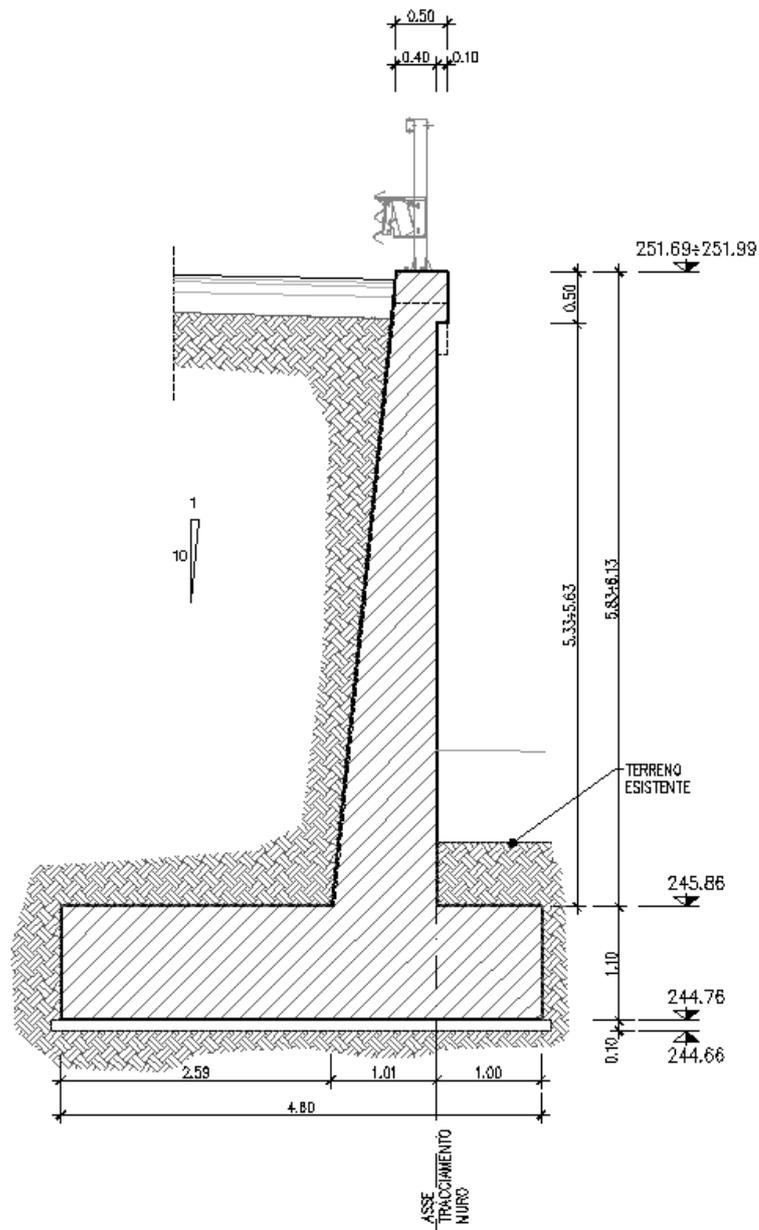
Il Concio 2 si estende per uno sviluppo di 4.50 m, con un'altezza variabile da un massimo di 4.93 m a un minimo di 4.89 m.

Si eseguono le verifiche per un'altezza di 4.20 m



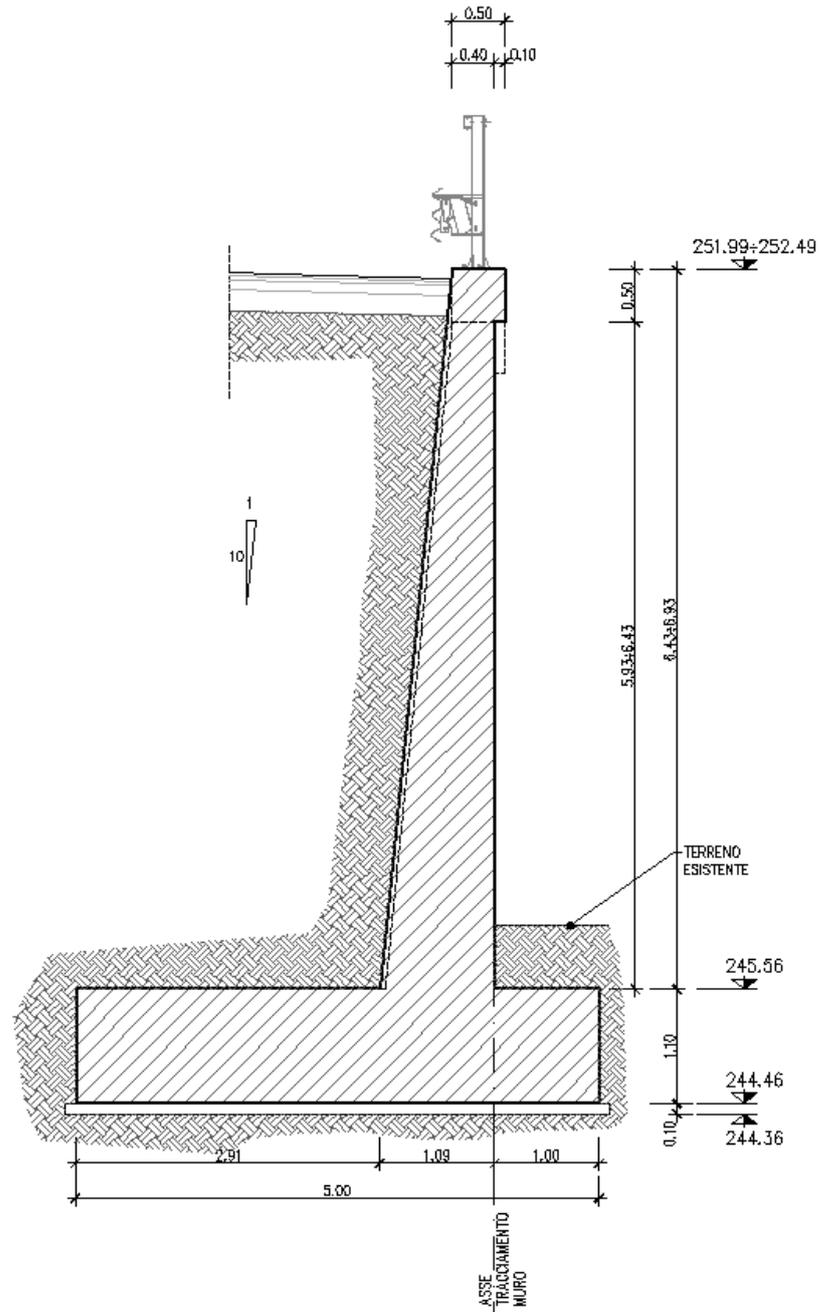
Il Concio 3 si estende per uno sviluppo di 12 m, con un'altezza variabile da un massimo di 6.13 m a un minimo di 5.83 m.

Si eseguono le verifiche per un'altezza di 6.10 m.



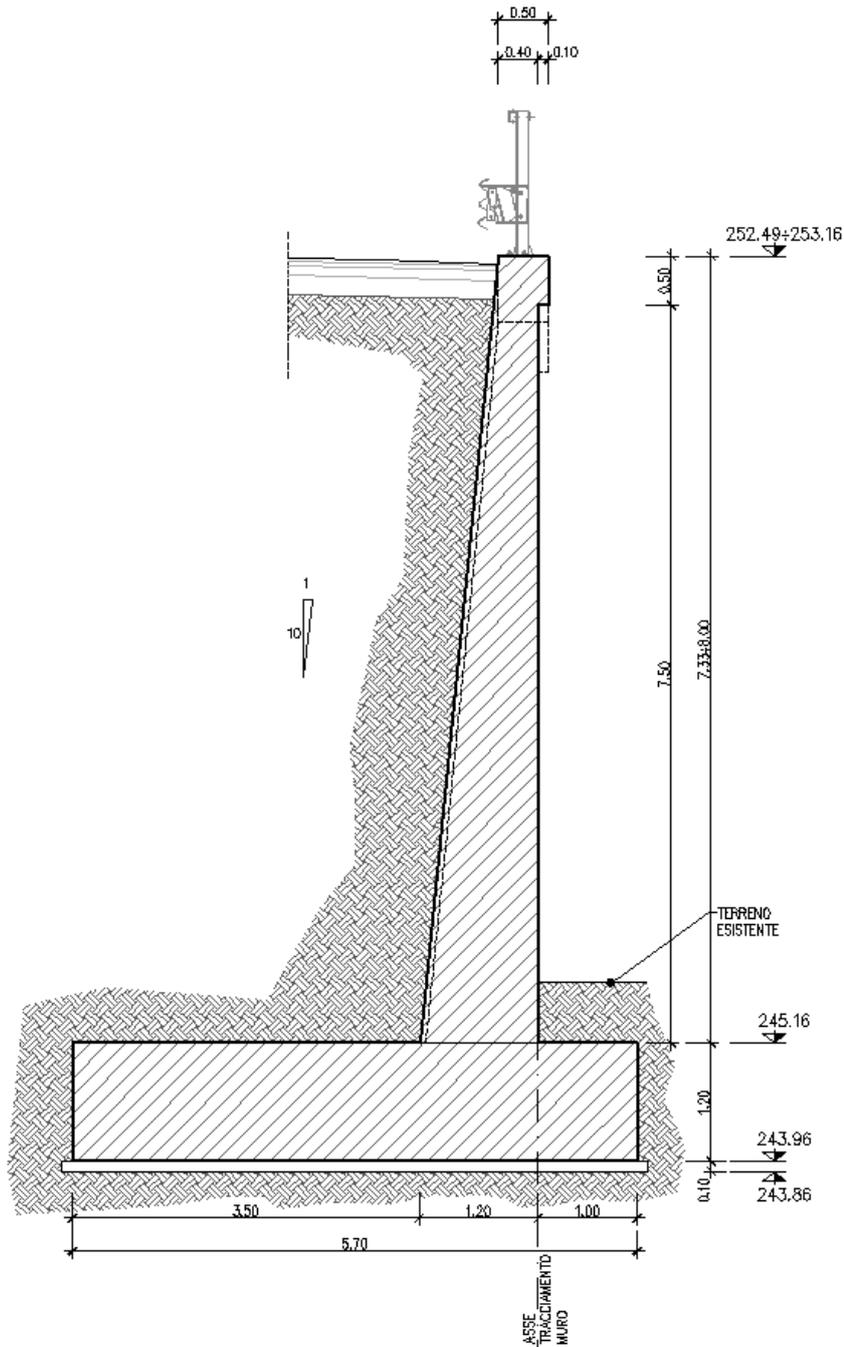
Il Concio 4 si estende per uno sviluppo di 12 m, con un'altezza variabile da un massimo di 6.93 m a un minimo di 6.43 m.

Si eseguono le verifiche per un'altezza di 6.70 m.



Il Concio 5 si estende per uno sviluppo di 12 m, con un'altezza variabile da un massimo di 8.00 m a un minimo di 7.33 m.

Si eseguono le verifiche per un'altezza di 8.00 m



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno
	Foglio 14 di 88

## 5. ANALISI DEI CARICHI

*Peso proprio*..... $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$

*Carichi permanenti*

Si considerano le spinte delle terre del rilevato stradale valutate con i parametri geotecnici

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

$c' = 0 \text{ kPa}$

$\phi = 35^\circ$

*Sisma*

Si considera un'azione sismica di terza categoria, con  $K_n = 0.04$ .

*Carichi variabili sul rilevato*

sovraccarico in esercizio..... $q_{statico} = 20.00 \text{ kN/m}^2$

sovraccarico sismico..... $q_{sismico} = 0.00 \text{ kN/m}^2$

## 6. CALCOLO E VERIFICA DEL MURO

Per il calcolo si utilizza il programma MAX 10.0 "Analisi e calcolo dei muri di sostegno" della Aztec Informatica.

Il programma calcola le sollecitazioni nel muro e nella fondazione, gli sforzi sul terreno, verifica lo scorrimento e il ribaltamento nonché la stabilità globale dell'opera.

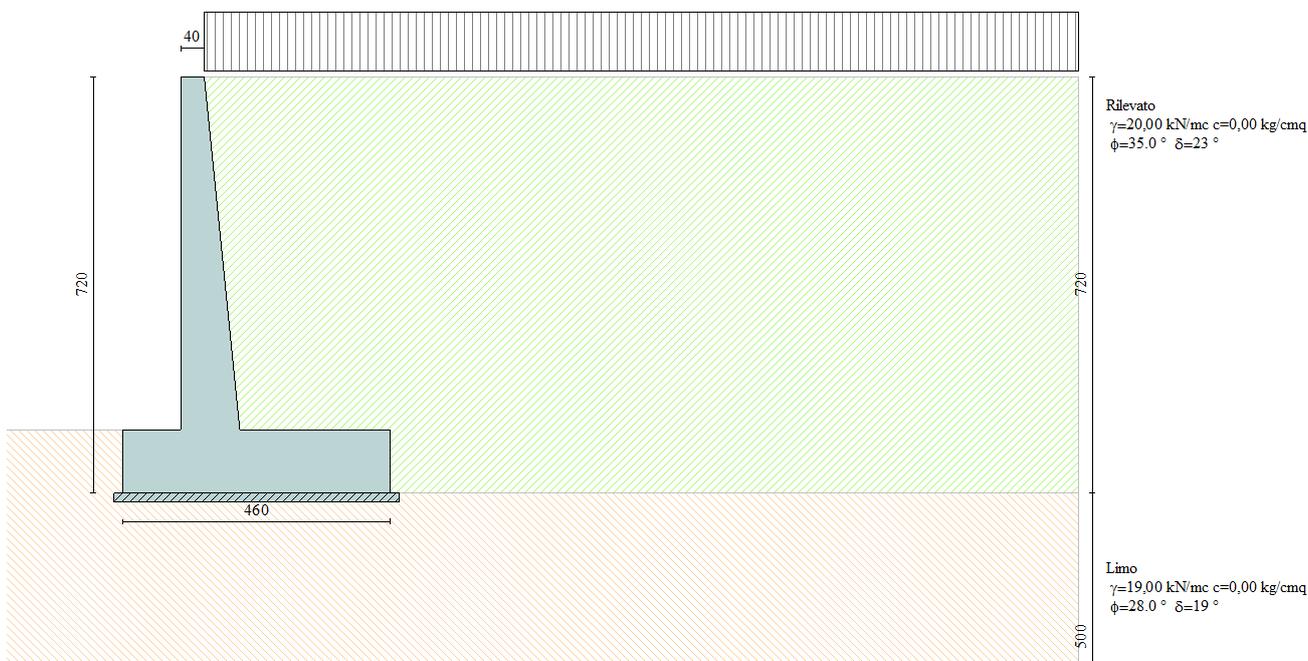
Il programma Max 10.0, una volta inserita la geometria del muro, i parametri del terreno, i carichi esterni e il coefficiente di intensità sismica svolge autonomamente il calcolo del muro per le varie verifiche di resistenza e stabilità.

Si prendono in esame due condizioni di carico

1. **condizione di esercizio** : permanenti + variabili
2. **condizione sismica** : permanenti + sisma

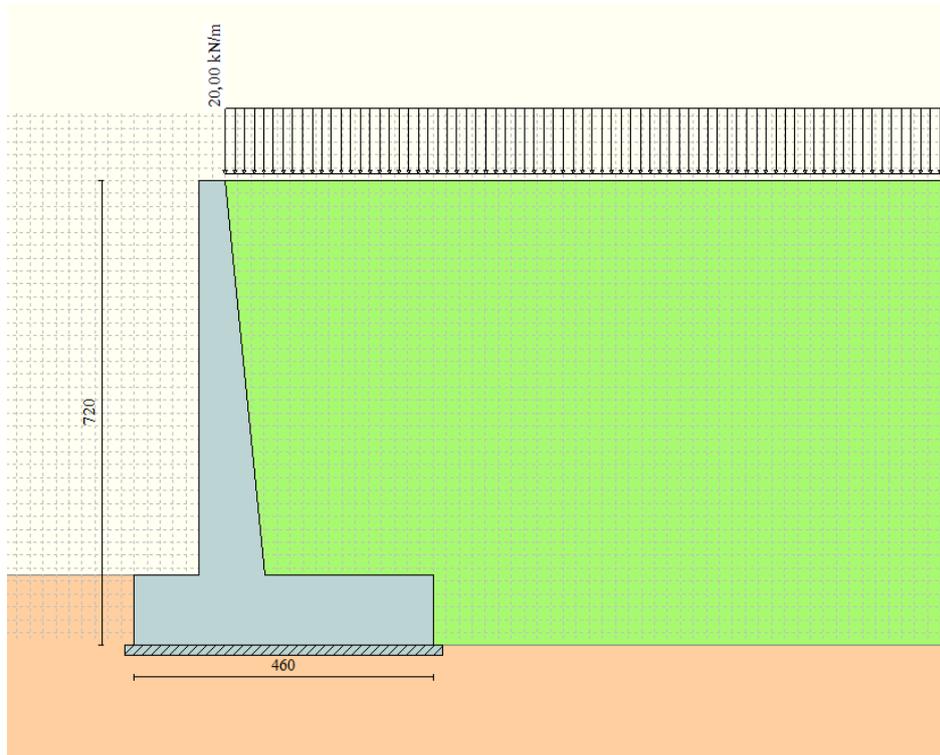
Di seguito si riporteranno i risultati delle sole condizioni di esercizio e sismica. Lo schema di calcolo, i dati relativi sia al muro che al terreno nonché i risultati ottenuti in termini di sollecitazioni sono riportati nelle seguenti figure e tabelle.

### 6.1. Stratigrafia



## 6.2. Carichi applicati

### Carico variabile



### 6.3. Concio 1

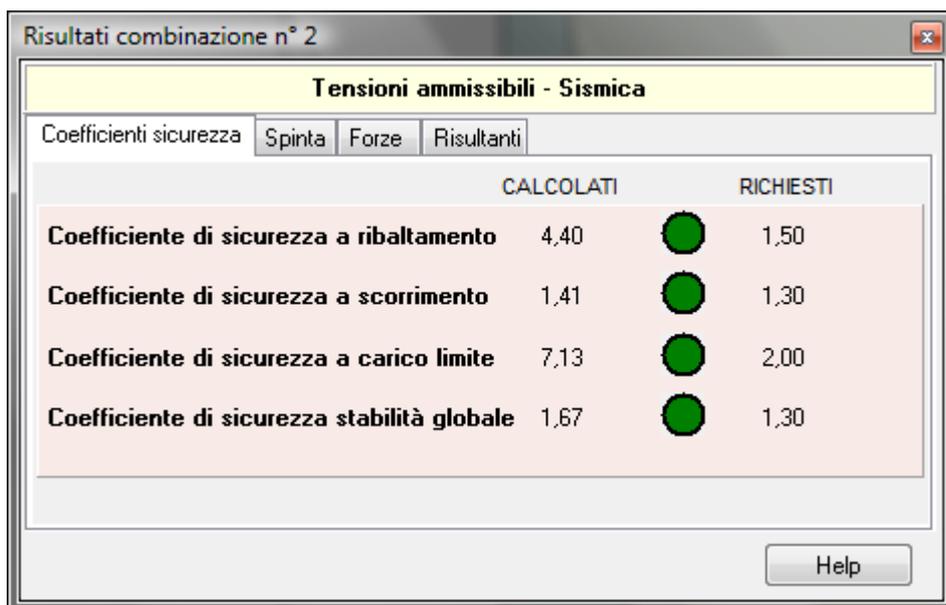
#### 6.3.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità

Combinazione statica



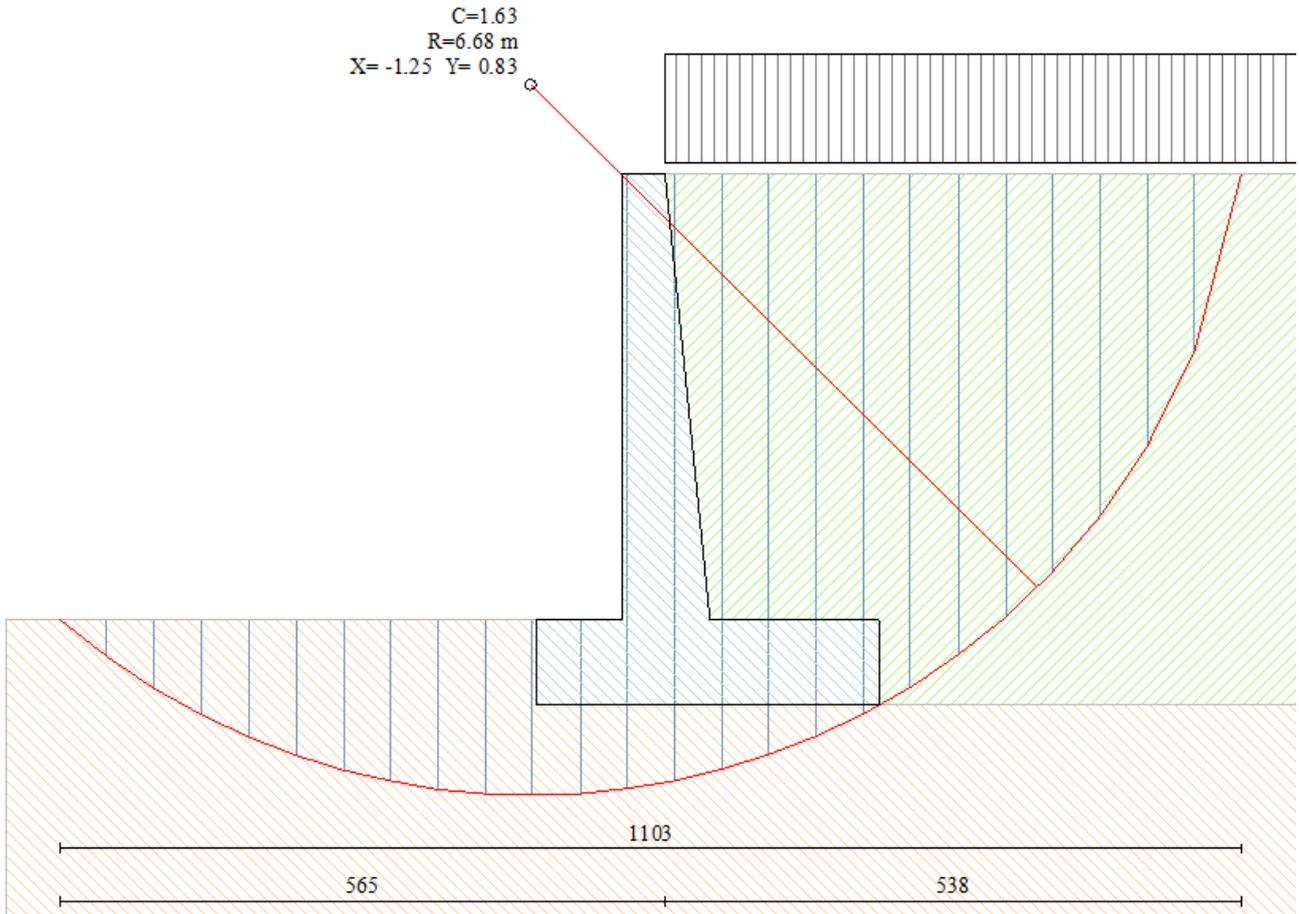
Tensioni ammissibili			
Coefficienti sicurezza	Risultanti		
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4,79		1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,51		1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	6,33		2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,63		1,30

Combinazione sismica

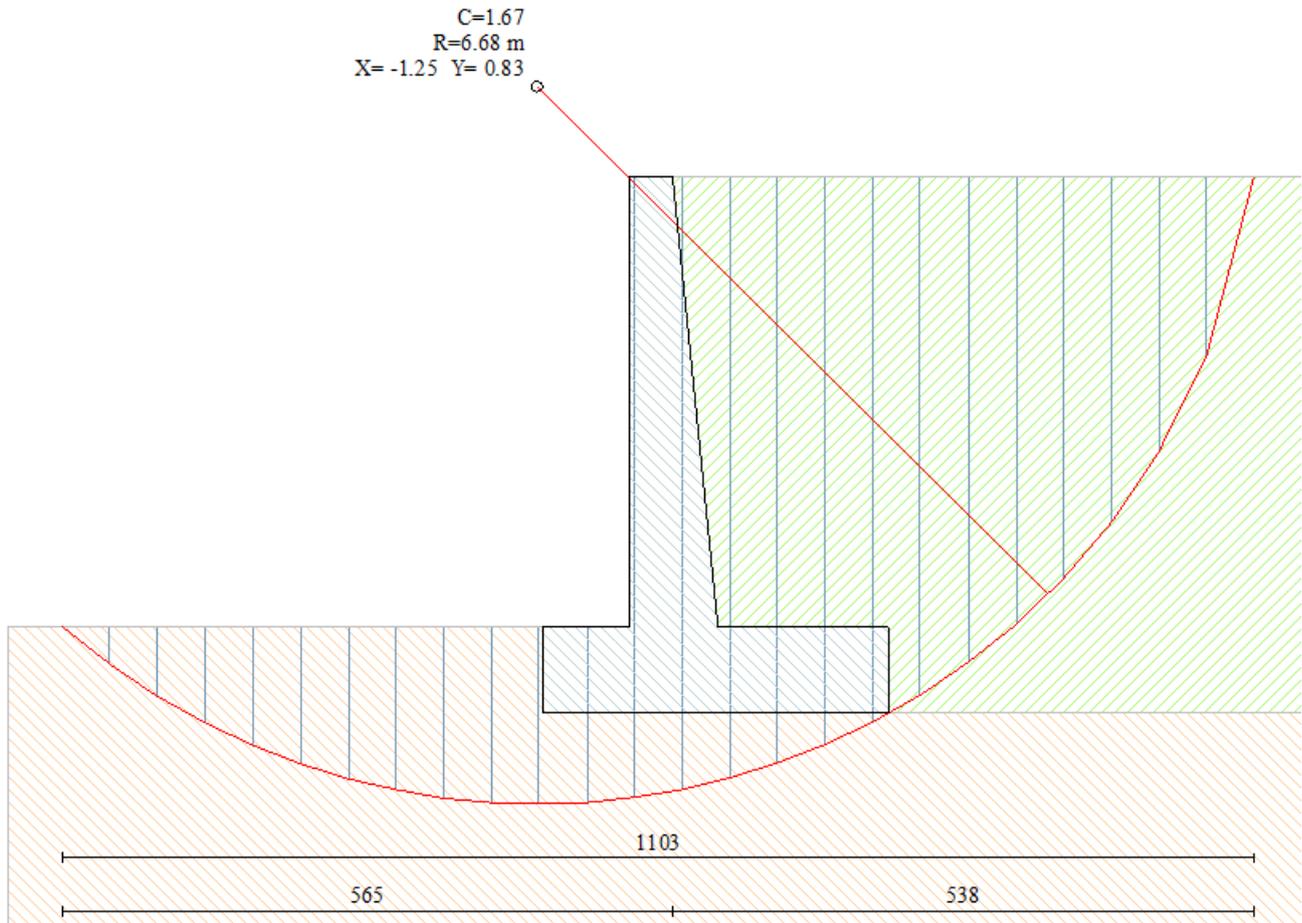


Tensioni ammissibili - Sismica			
Coefficienti sicurezza	Risultanti		
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4,40		1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,41		1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	7,13		2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,67		1,30

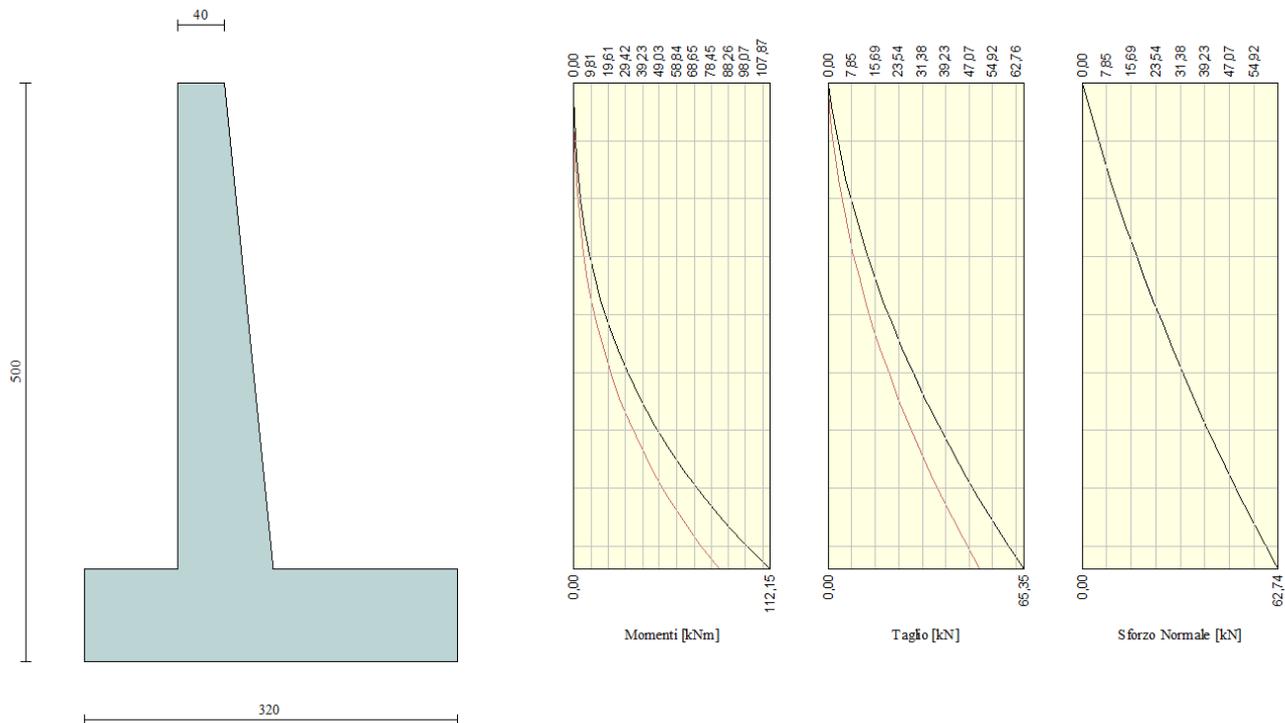
Combinazione 1 – statica



## Combinazione 2 – sismica



### 6.3.2. Verifiche strutturali



Elevazione

$M = 112.15 \text{ kNm/m}$

$N = 62.74 \text{ kN/m}$

$T = 65.35 \text{ kN/m}$

Altezza sezione: 82 cm

Armatura tesa:  $\phi 18/20$

Armatura compressa:  $\phi 16/20$

Copriferro: 6 cm

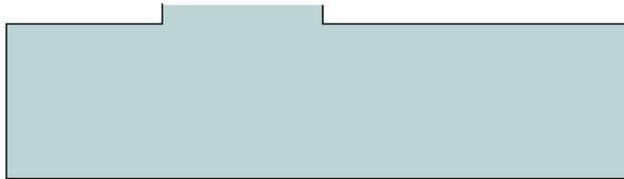
NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 21 di 88

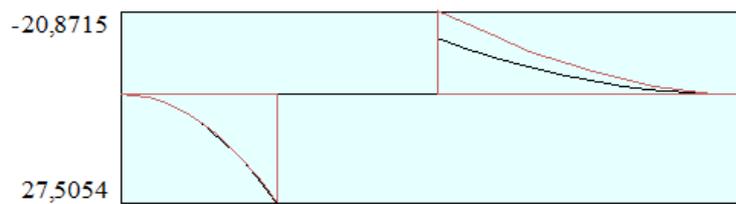
<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	17,11	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	799898	cm <sup>4</sup>	
eccentricità	e =	178,75	cm	
tensione cls	$\sigma_c$ =	2,08	Mpa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1}$ =	-103,8	Mpa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2}$ =		Mpa	
<b>Verifica a fessurazione</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	17,11	cm	
eccentricità	e =	178,75	cm	
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c$ =	2,08	Mpa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1}$ =	103,8	Mpa	
momento di fessurazione	M <sub>cr</sub> =	419,00	kNm	
azione assiale per apertura fessure	N <sub>cr</sub> =	234,40	kN	
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr}$ =	7,76	Mpa	
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr}$ =	387,9	Mpa	
		M <sub>cr</sub> > M		
<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max}$ =	0,10	Mpa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

### Fondazione



Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

$$M = 27.51 \text{ kNm/m}$$

$$T = 69.06 \text{ kN/m}$$

Altezza sezione: 80 cm

 Armatura tesa:  $\phi 18/20$ 

 Armatura compressa:  $\phi 18/20$ 

Copriferro: 4 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	14,07	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	793338	cm <sup>4</sup>	
tensione cls	$\sigma_c =$	0,49	MPa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-31,2	MPa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa	
<b>Verifica a fessurazione</b>				
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	0,49	MPa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	31,2	MPa	
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	259,19	kNm	
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	308,55	kNm	
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	350,2	MPa	
		$M_{cr} > M$	mm	
<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,10	MPa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

## 6.1. Concio 2

### 6.1.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità

Combinazione statica

Risultati combinazione n° 1

Tensioni ammissibili			
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	5,06		1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,60		1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	6,25		2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,64		1,30

Help

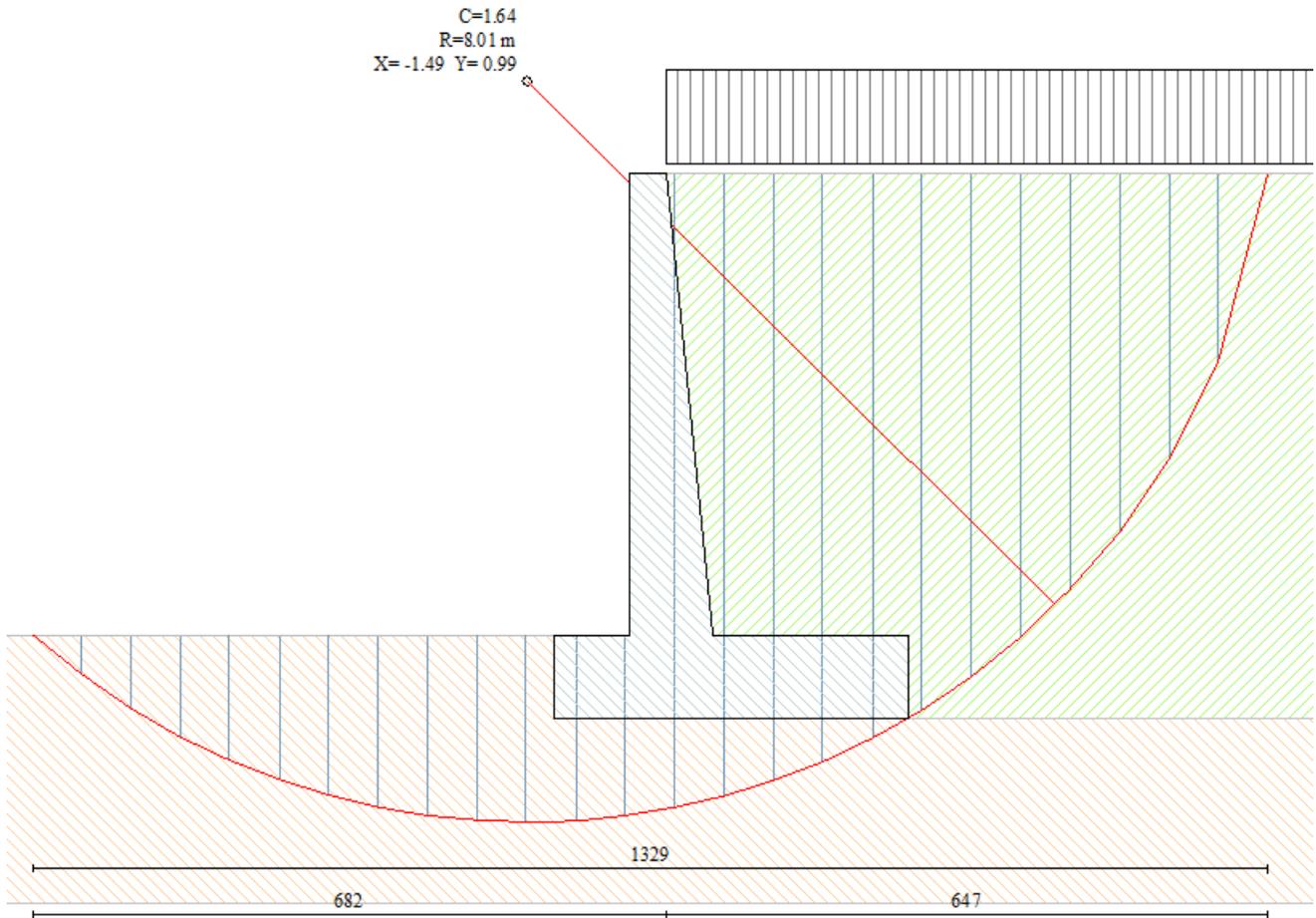
Combinazione sismica

Risultati combinazione n° 2

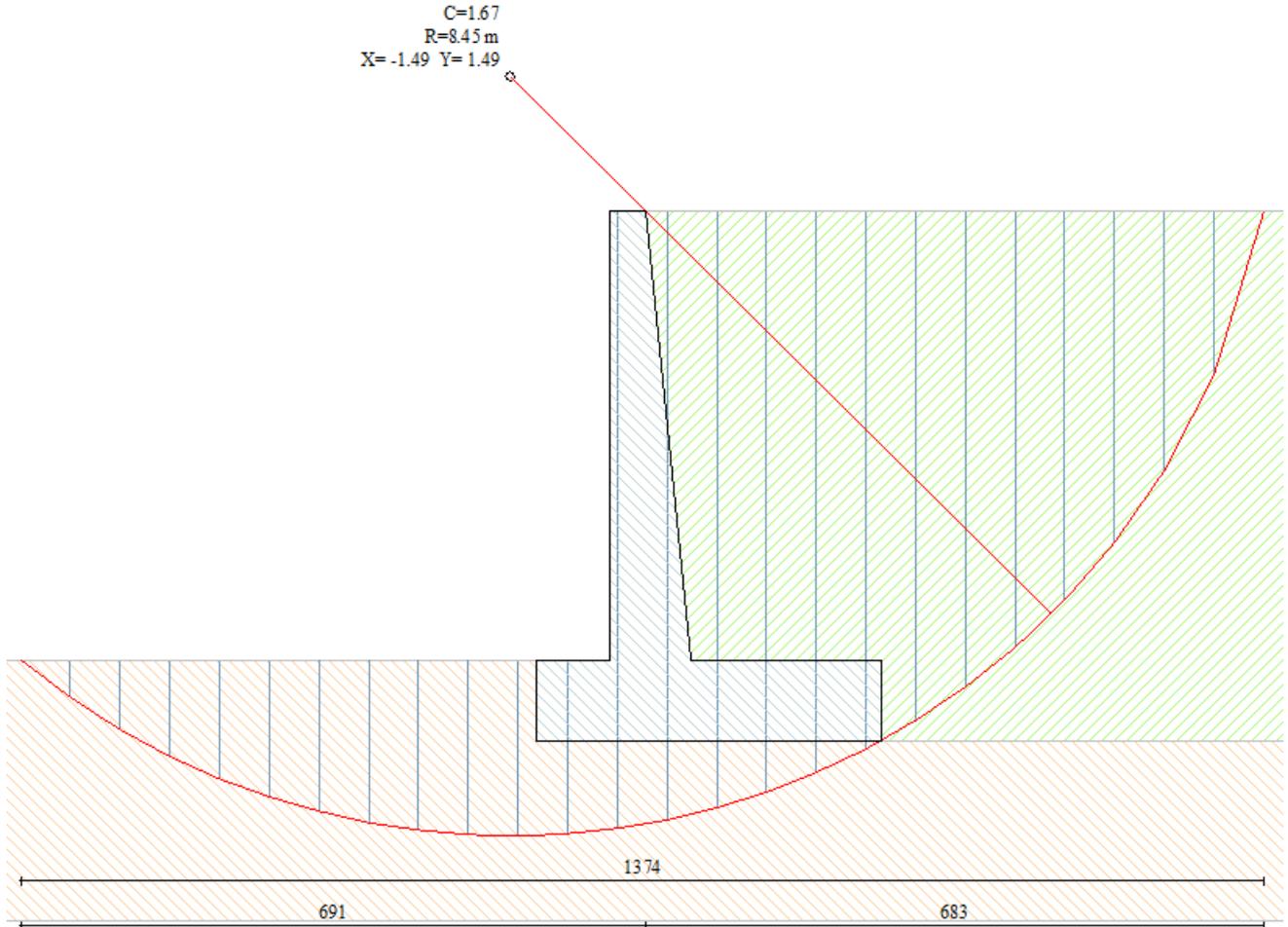
Tensioni ammissibili - Sismica			
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4,44		1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,45		1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	6,71		2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,67		1,30

Help

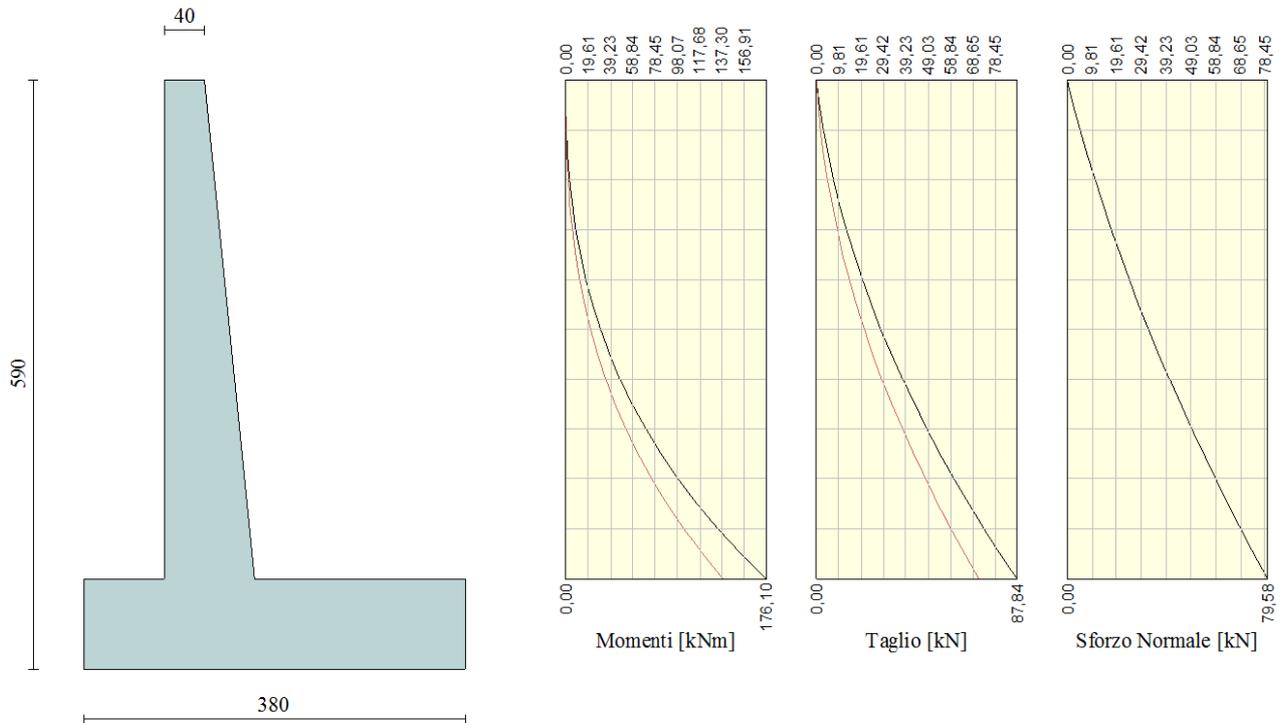
Combinazione 1 – statica



Combinazione 2 – sismica



### 6.1.2. Verifiche strutturali



Elevazione

$M = 176.10 \text{ kNm/m}$

$N = 79.58 \text{ kN/m}$

$T = 87.84 \text{ kN/m}$

Altezza sezione: 90 cm

Armatura tesa:  $\phi 20/20$

Armatura compressa:  $\phi 16/20$

Copriferro: 6 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 28 di 88

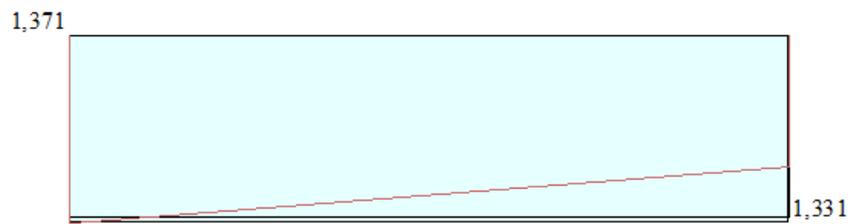
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	19,51	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	1188289	cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	221,29	cm
tensione cls	$\sigma_c$ =	2,56	Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1}$ =	-122,9	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2}$ =		Mpa

<b>Verifica a fessurazione</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	19,51	cm
eccentricità	e =	221,29	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c$ =	2,56	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1}$ =	122,9	Mpa
momento di fessurazione	M <sub>cr</sub> =	504,27	kNm
azione assiale per apertura fessure	N <sub>cr</sub> =	227,88	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr}$ =	7,32	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr}$ =	352,0	Mpa
		M <sub>cr</sub> > M	

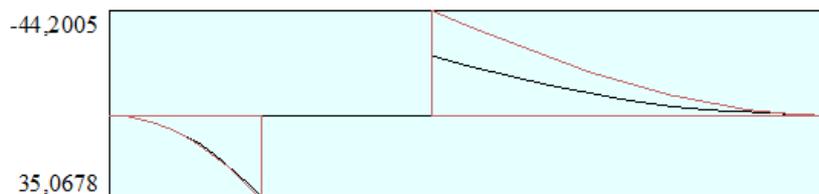
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max}$ =	0,12	Mpa

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

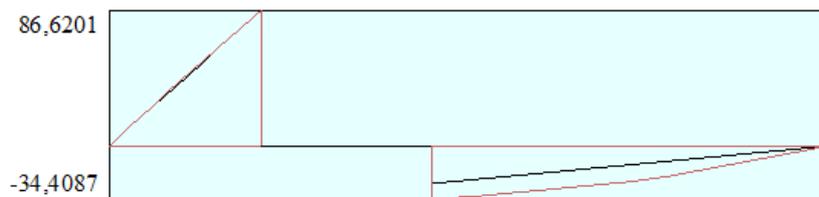
### Fondazione



Pressioni sul terreno



Momento



Taglio

$$M = 44.20 \text{ kNm/m}$$

$$T = 86.62 \text{ kN/m}$$

Altezza sezione: 90 cm

Armatura tesa:  $\phi 20/20$

Armatura compressa:  $\phi 20/20$

Copriferro: 4 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	16,41	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	1249240	cm <sup>4</sup>	
tensione cls	$\sigma_c =$	0,58	MPa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-35,9	MPa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa	
<b>Verifica a fessurazione</b>				
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	0,58	MPa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	35,9	MPa	
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	332,33	kNm	
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	395,63	kNm	
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	321,1	MPa	
		$M_{cr} > M$	mm	
<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,11	MPa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

## 6.2. Concio 3

### 6.2.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità

Combinazione statica

Risultati combinazione n° 1

Tensioni ammissibili				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	5,15			1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,62			1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	6,38			2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,66			1,30

Help

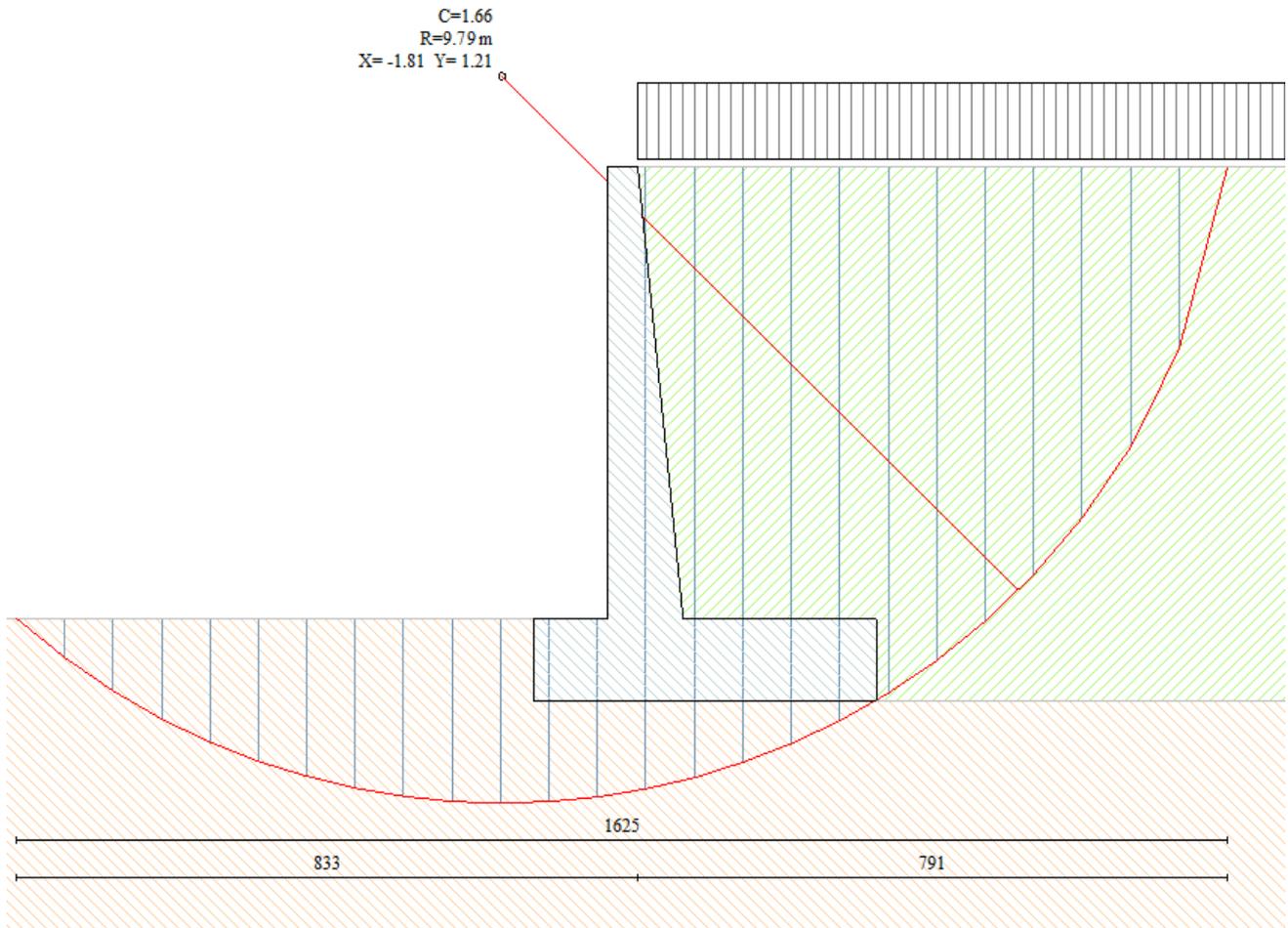
Combinazione sismica

Risultati combinazione n° 2

Tensioni ammissibili - Sismica				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4,37			1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,43			1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	6,75			2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,66			1,30

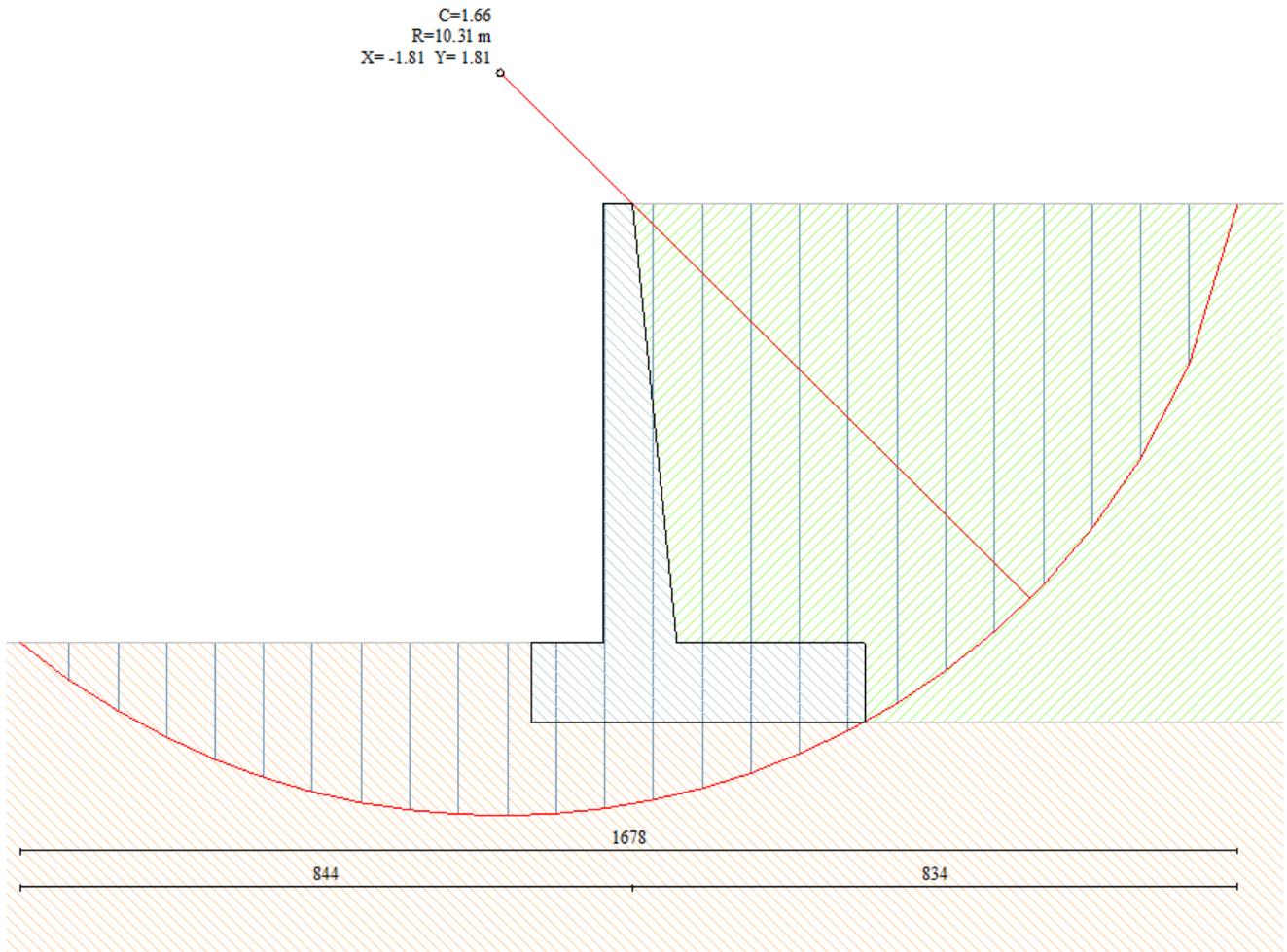
Help

Combinazione 1 – statica

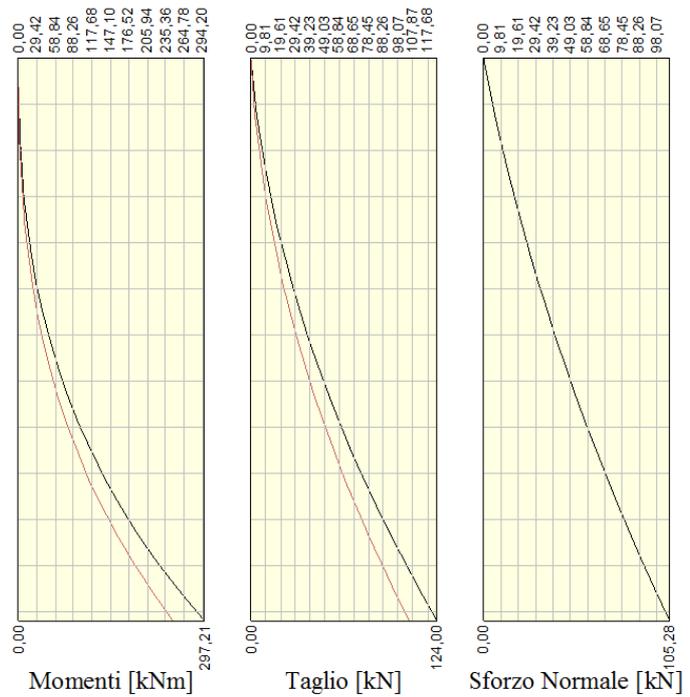
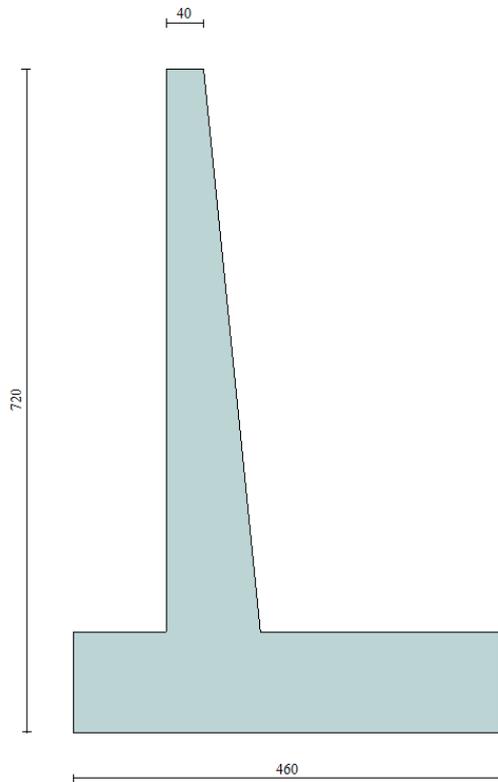




Combinazione 2 – sismica



### 6.2.2. Verifiche strutturali



Elevazione

$M = 297.21 \text{ kNm/m}$

$N = 105.28 \text{ kN/m}$

$T = 124.00 \text{ kN/m}$

Altezza sezione: 101 cm

Armatura tesa:  $\phi 20/20$

Armatura compressa:  $\phi 20/20$

Copriferro: 6 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 35 di 88

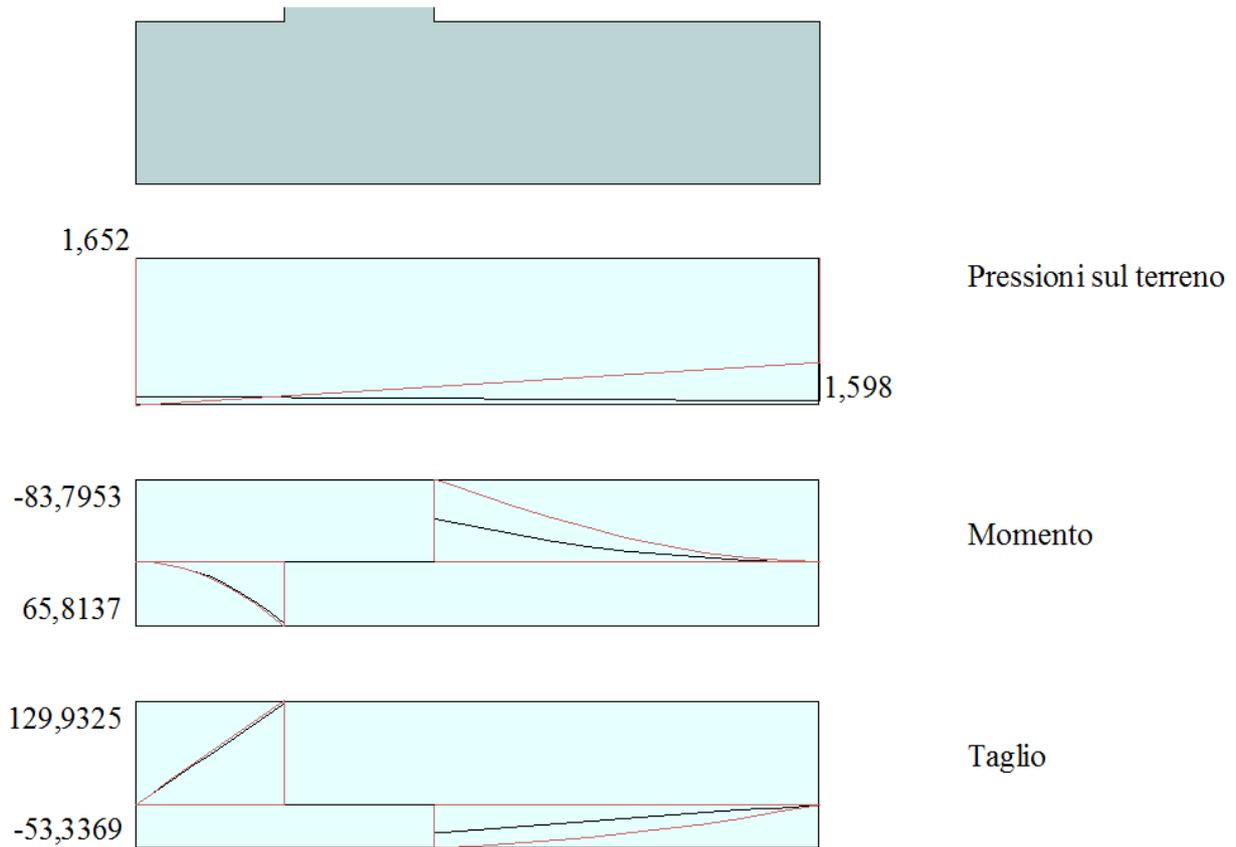
<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	20,22	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	1558867	cm <sup>4</sup>	
eccentricità	e =	282,30	cm	
tensione cls	$\sigma_c =$	3,44	Mpa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-185,8	Mpa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa	

<b>Verifica a fessurazione</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	20,22	cm	
eccentricità	e =	282,30	cm	
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	3,44	Mpa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	185,8	Mpa	
momento di fessurazione	M <sub>cr</sub> =	632,47	kNm	
azione assiale per apertura fessure	N <sub>cr</sub> =	224,04	kN	
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	7,33	Mpa	
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	395,4	Mpa	
		M <sub>cr</sub> > M		

<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,15	Mpa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

### Fondazione



$$M = 83.80 \text{ kNm/m}$$

$$T = 129.93 \text{ kN/m}$$

Altezza sezione: 110 cm

Armatura tesa:  $\phi 22/20$

Armatura compressa:  $\phi 22/20$

Copriferro: 4 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 37 di 88

<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	19,98	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	2328626	cm <sup>4</sup>	
tensione cls	$\sigma_c =$	0,72	MPa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-45,3	MPa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa	
<b>Verifica a fessurazione</b>				
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	0,72	MPa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	45,3	MPa	
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	498,38	kNm	
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	593,31	kNm	
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	320,7	MPa	
		$M_{cr} > M$	mm	
<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,14	MPa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

### 6.3. Concio 4

#### 6.3.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità

Combinazione statica

Risultati combinazione n° 1			
Tensioni ammissibili			
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	5,27		1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,65		1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	6,21		2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,65		1,30

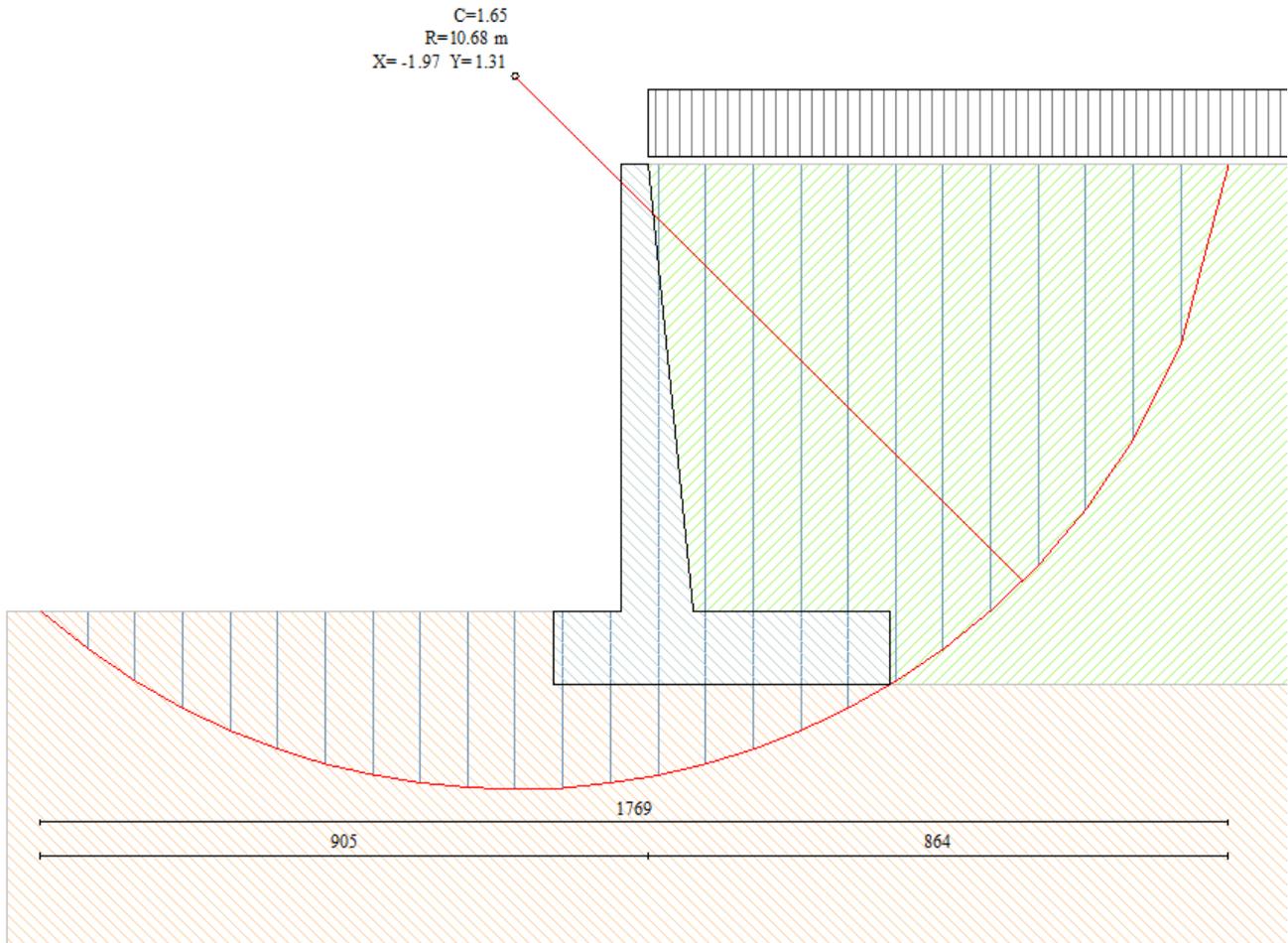
Help

Combinazione sismica

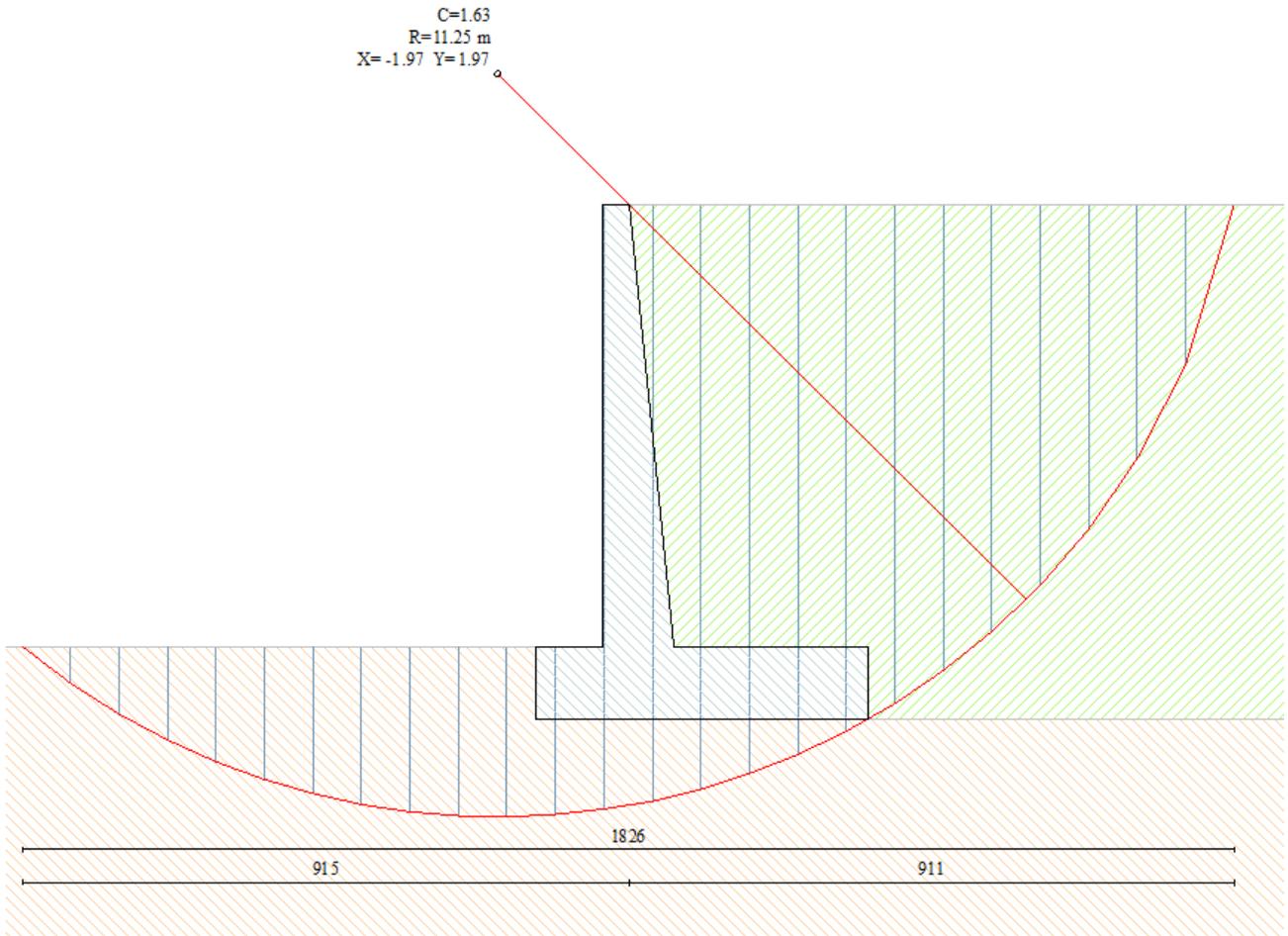
Risultati combinazione n° 2			
Tensioni ammissibili - Sismica			
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti
	CALCOLATI		RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4,39		1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,45		1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	6,45		2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,63		1,30

Help

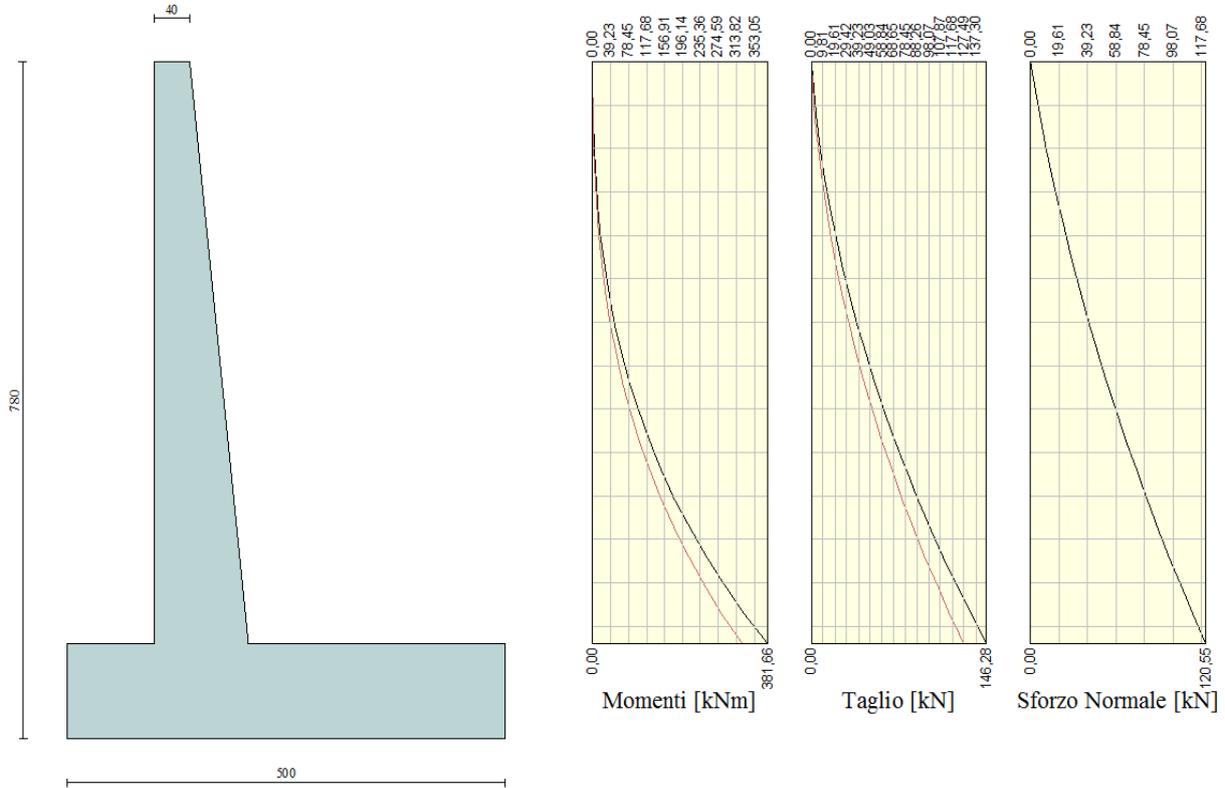
Combinazione 1 – statica



Combinazione 2 – sismica



### 6.3.2. Verifiche strutturali



Elevazione

$M = 381.66 \text{ kNm/m}$

$N = 120.55 \text{ kN/m}$

$T = 146.28 \text{ kN/m}$

Altezza sezione: 107 cm

Armatura tesa:  $\phi 22/20$

Armatura compressa:  $\phi 20/20$

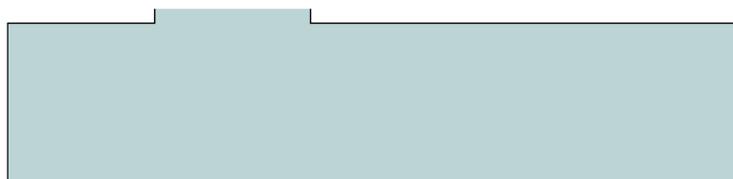
Copriferro: 6 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

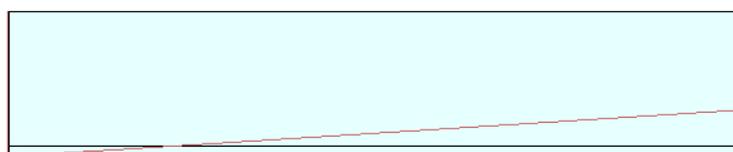
<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	22,64		cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	2095324		cm <sup>4</sup>
eccentricità	e =	316,60		cm
tensione cls	$\sigma_c =$	3,72		Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-188,1		Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$			Mpa
<b>Verifica a fessurazione</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	22,64		cm
eccentricità	e =	316,60		cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	3,72		Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	188,1		Mpa
momento di fessurazione	M <sub>cr</sub> =	713,83		kNm
azione assiale per apertura fessure	N <sub>cr</sub> =	225,47		kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	6,96		Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	351,7		Mpa
		M <sub>cr</sub> > M		

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

Fondazione



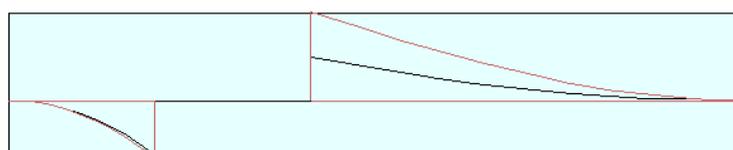
1,837



Pressioni sul terreno

1,708

-115,4611



Momento

74,6609

147,4149



Taglio

-62,4418

$M = 115.46 \text{ kNm/m}$

$T = 147.41 \text{ kN/m}$

Altezza sezione: 110 cm

Armatura tesa:  $\phi 22/20$

Armatura compressa:  $\phi 22/20$

Copriferro: 4 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	19,98	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	2328626	cm <sup>4</sup>	
tensione cls	$\sigma_c =$	0,99	MPa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-62,4	MPa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa	
<b>Verifica a fessurazione</b>				
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	0,99	MPa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	62,4	MPa	
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	498,38	kNm	
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	593,31	kNm	
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	320,7	MPa	
		$M_{cr} > M$	mm	
<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,16	MPa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

## 6.4. Concio 5

### 6.4.1. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità

Combinazione statica

Risultati combinazione n° 1

Tensioni ammissibili				
Coefficienti sicurezza	Spinta    Forze    Risultanti			
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	5,09			1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,66			1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	5,74			2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,63			1,30

Help

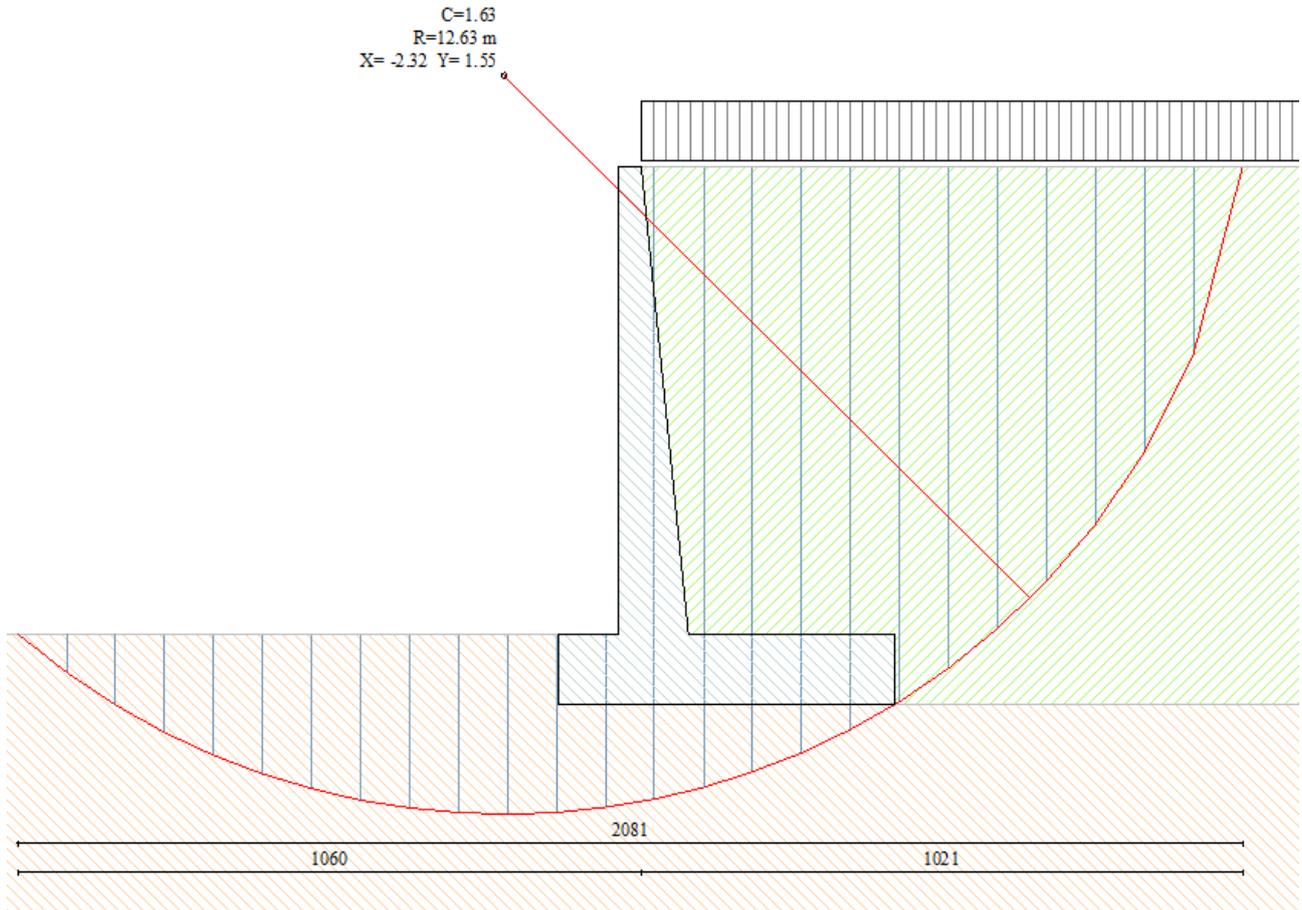
Combinazione sismica

Risultati combinazione n° 2

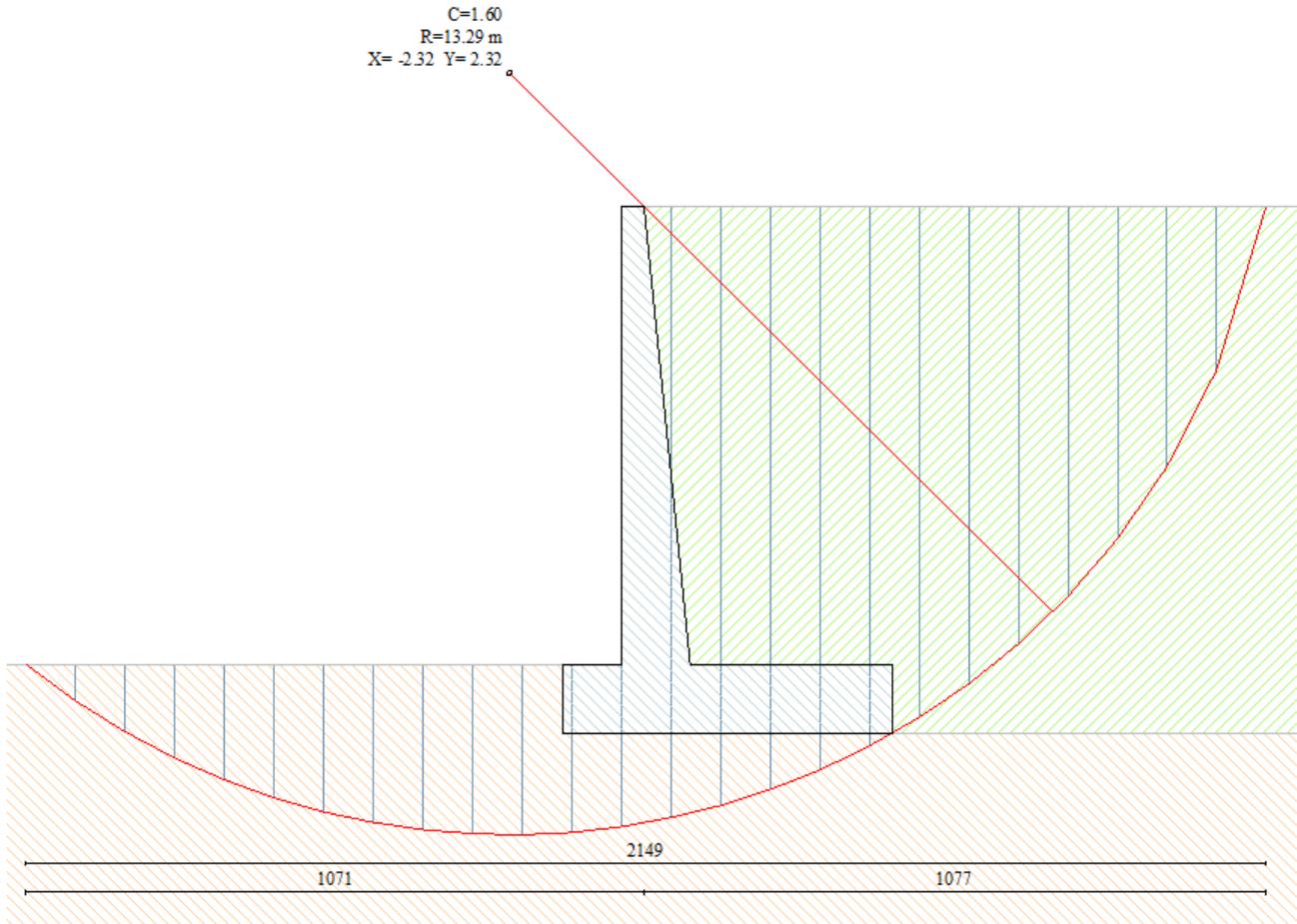
Tensioni ammissibili - Sismica				
Coefficienti sicurezza	Spinta    Forze    Risultanti			
	CALCOLATI			RICHIESTI
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4,14			1,50
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,43			1,30
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	5,84			2,00
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,60			1,30

Help

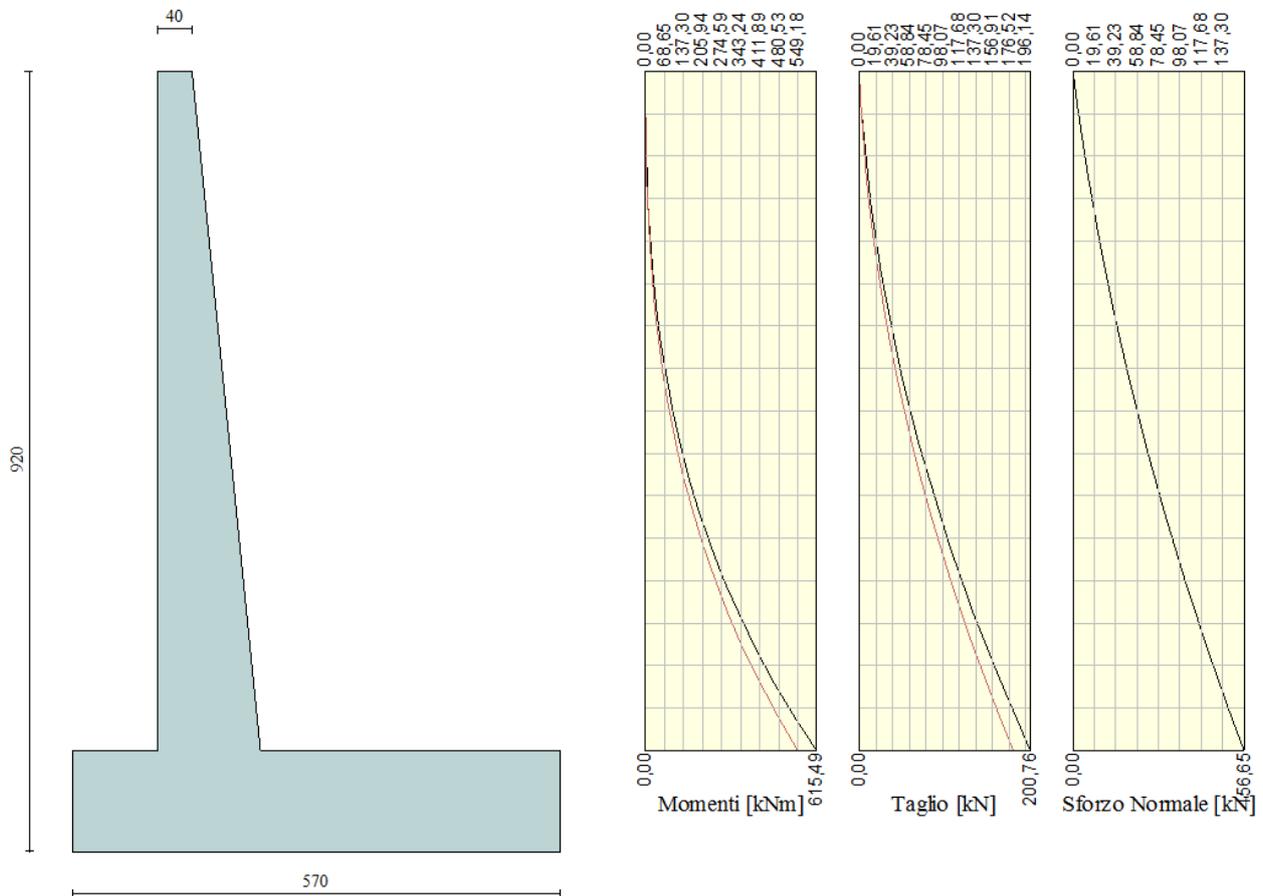
Combinazione 1 – statica



Combinazione 2 – sismica



### 6.4.2. Verifiche strutturali



Elevazione

$M = 615.49 \text{ kNm/m}$

$N = 156.65 \text{ kN/m}$

$T = 200.76 \text{ kN/m}$

Altezza sezione: 120 cm

Armatura tesa:  $\phi 26/20$

Armatura compressa:  $\phi 20/20$

Copriferro: 6 cm

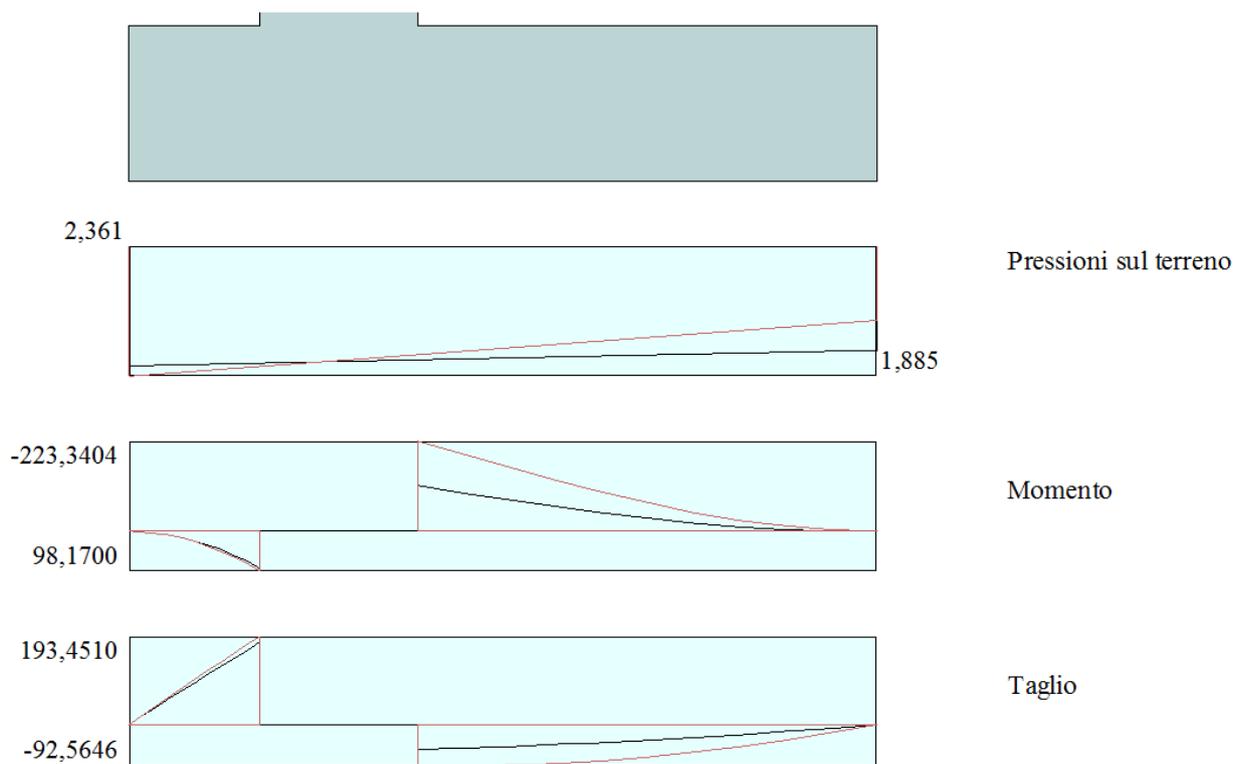
NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 49 di 88

<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	27,83	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	3612197	cm <sup>4</sup>	
eccentricità	e =	392,91	cm	
tensione cls	$\sigma_c =$	4,35	Mpa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-196,8	Mpa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa	
<b>Verifica a fessurazione</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	27,83	cm	
eccentricità	e =	392,91	cm	
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	4,35	Mpa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	196,8	Mpa	
momento di fessurazione	M <sub>cr</sub> =	909,11	kNm	
azione assiale per apertura fessure	N <sub>cr</sub> =	231,38	kN	
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	6,43	Mpa	
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	290,7	Mpa	
		M <sub>cr</sub> > M		
<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,20	Mpa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

*Fondazione*



$M = 223.34 \text{ kNm/m}$

$T = 193.45 \text{ kN/m}$

Altezza sezione: 120 cm

Armatura tesa:  $\phi 26/20$

Armatura compressa:  $\phi 26/20$

Copriferro: 4 cm

NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 51 di 88

<b>Verifiche di resistenza</b>				
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	23,96	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	3789474	cm <sup>4</sup>	
tensione cls	$\sigma_c =$	1,41	MPa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-79,3	MPa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa	
<b>Verifica a fessurazione</b>				
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1,41	MPa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	79,3	MPa	
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	613,51	kNm	
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	730,36	kNm	
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	259,4	MPa	
		$M_{cr} > M$	mm	
<b>Verifica a taglio</b>				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,19	MPa	

La sezione non si fessura nemmeno sotto i massimi carichi di esercizio, pertanto anche la verifica a fessurazione è automaticamente soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno	Foglio 52 di 88

## 7. ALLEGATI

### 7.1. Parti comuni a tutte le analisi

Progetto: Muro di sostegno  
Ditta:  
Comune:  
Progettista:  
Direttore dei Lavori:  
Impresa:

#### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

#### Calcolo della spinta sul muro

##### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

##### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\epsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\epsilon' = \epsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(C)$  essendo  $C$  il coefficiente di intensità sismica.

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 53 di 88</p>

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.  
Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 2/3 dell'altezza del muro stesso.  
Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.  
Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .  
La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che sia  $\eta_r \geq 1.5$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.  
Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ .  
La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_s \geq 1.3$ .

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.  
La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_f$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B$ , la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_f B$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.  
Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

### Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_q \geq 2.0$   
*Terzaghi* ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = cN_c s_c + qN_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

$c$	coesione del terreno in fondazione;
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione;
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione;
$B$	larghezza della fondazione;
$D$	profondità del piano di posa;
$q$	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

$$N_q = \frac{e^{2(0.75c - \phi) \operatorname{tg}(\phi)}}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 54 di 88

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\text{tg} \phi}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

I fattori di forma  $s_c$  e  $s_\gamma$  che compaiono nella espressione di  $q_u$  dipendono dalla forma della fondazione. In particolare valgono 1 per fondazioni nastriformi o rettangolari allungate e valgono rispettivamente 1.3 e 0.8 per fondazioni quadrate.

termine  $K_{p\gamma}$  che compare nell'espressione di  $N_\gamma$  non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per  $N_\gamma$  l'espressione proposta da Meyerhof

$$N_\gamma = (N_q - 1) \text{tg}(1.4 \cdot \phi)$$

### Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_g > 1.3$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \text{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{esima}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{esima}$ ,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Tensioni ammissibili

Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS <sub>sc</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS <sub>rib</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS <sub>lim</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS <sub>stab</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>sc</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>lim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	TAMM - [2]	--	1,66	5,09	5,74	1,63
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,43	4,14	5,84	1,60

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 55 di 88

## 7.2. Concio 1

### Normativa

Spinte e verifiche secondo :  
- D.M. 11/03/1988  
- D.M. 16/01/1996

### Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	4,20 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,82 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1,58 [m]
Lunghezza totale fondazione	3,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	0,80 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

<b>Calcestruzzo</b>	
Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{sk}$	250,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5,3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
<b>Acciaio</b>	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

**Simbologia adottata e sistema di riferimento**  
(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10,00	0,00	0,00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[%]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

N°	Descrizione terreno	Indice del terreno
$\gamma$		Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$		Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$		Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$		Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c		Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_u$		Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_u$
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,000	0,000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001</p> <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p>	
<p>Foglio 56 di 88</p>	

Limo 19,00 19,00 28,00 18,67 0,000 0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

N Indice dello strato  
H Spessore dello strato espresso in [m]  
a Inclinazione espressa in [%]  
Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
Ks Coefficiente di spinta  
Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	5,00	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	2,00	0,00	2,33	0,00	Limo

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.  
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
Momento positivo senso antiorario.  
X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
M Momento espresso in [kNm]  
X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kN/m]  
Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN/m]  
D / C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Sovraccarico stradale)

D Profilo X<sub>i</sub>=0,00 X<sub>f</sub>=10,00 Q<sub>i</sub>=20,0000 Q<sub>f</sub>=20,0000

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico stradale	1,00

### Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Tensioni ammissibili

### Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione  
Tipo Tipo combinazione  
Sisma Combinazione sismica  
CS<sub>sco</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
CS<sub>rib</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
CS<sub>qlim</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite  
CS<sub>stab</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>sco</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	TAMM - [2]	--	1,51	4,79	6,33	1,63
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,41	4,40	7,13	1,67

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 57 di 88</p>

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
 Assisse X (esprese in [m]) positive verso monte  
 Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto  
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso  
 Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta metodo di Culmann  
 Calcolo del carico limite metodo di Terzaghi  
 Calcolo della stabilità globale metodo di Bishop  
 Calcolo della spinta in condizioni di Spinta attiva

### Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento) 4.00  
 Forma diagramma incremento sismico Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento) 0,0  
 Lunghezza del muro 10,00 [m]

Peso muro 125,5761 [kN]  
 Baricentro del muro X=0,16 Y=-3,47

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 2,00 Y = -5,00  
 Punto superiore superficie di spinta X = 2,00 Y = 0,00  
 Altezza della superficie di spinta 5,00 [m]  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0,00 [%]

### COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica 85,4896 [kN]  
 Componente orizzontale della spinta statica 78,4999 [kN]  
 Componente verticale della spinta statica 33,8561 [kN]  
 Punto d'applicazione della spinta X = 2,00 [m] Y = -3,09 [m]  
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 43,13 [%]  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 166,05 [%]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 190,3600 [kN]  
 Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 1,10 [m] Y = -2,02 [m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 78,4999 [kN]  
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 349,7923 [kN]  
 Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle 149,5928 [kNm]  
 Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle 716,9242 [kNm]  
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 349,7923 [kN]  
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 78,4999 [kN]  
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0,02 [m]  
 Risultante in fondazione 358,4925 [kN]  
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 22,44 [%]  
 Momento rispetto al baricentro della fondazione -7,6638 [kNm]  
 Carico ultimo della fondazione 2214,5948 [kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 3,20 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 1,0688 [kg/cmq]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 1,1604 [kg/cmq]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 31.61$   $N'_c = 31.61$   
 $N_q = 17.81$   $N'_q = 17.81$   
 $N_\gamma = 13.71$   $N'_\gamma = 13.71$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 4.79  
 Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.51  
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 6.33  
 Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 1.63

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 $c$  coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
 $b$  larghezza della striscia espressa in [m]  
 $u$  pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,25 Y[m]= 0,83

Raggio del cerchio R[m]= 6,68

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,65

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,38

Larghezza della striscia dx[m]= 0,44

Coefficiente di sicurezza C= 1.63

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1650.79	75.19	1595.97	1.73	35.00	0.000	0.000
2	2803.70	63.72	2513.83	1.00	35.00	0.000	0.000
3	3500.45	56.04	2903.51	0.79	35.00	0.000	0.000
4	4029.52	49.72	3074.17	0.68	35.00	0.000	0.000
5	4456.50	44.15	3104.21	0.61	35.00	0.000	0.000
6	4810.39	39.07	3031.94	0.57	35.00	0.000	0.000
7	5107.17	34.34	2880.82	0.53	35.00	0.000	0.000
8	5410.52	29.86	2693.81	0.51	32.80	0.000	0.000
9	5721.26	25.58	2469.95	0.49	28.00	0.000	0.000
10	5886.83	21.44	2151.98	0.47	28.00	0.000	0.000
11	6021.02	17.42	1802.75	0.46	28.00	0.000	0.000
12	6386.94	13.49	1489.85	0.45	28.00	0.000	0.000
13	6342.78	9.62	1060.05	0.45	28.00	0.000	0.000
14	2081.36	5.80	210.20	0.44	28.00	0.000	0.000
15	1600.50	2.00	55.79	0.44	28.00	0.000	0.000
16	1434.95	-1.79	-44.88	0.44	28.00	0.000	0.000
17	1410.59	-5.59	-137.41	0.44	28.00	0.000	0.000
18	1360.86	-9.41	-222.57	0.45	28.00	0.000	0.000
19	1285.09	-13.28	-295.17	0.45	28.00	0.000	0.000
20	1182.18	-17.21	-349.73	0.46	28.00	0.000	0.000
21	1050.54	-21.22	-380.27	0.47	28.00	0.000	0.000
22	887.96	-25.35	-380.17	0.49	28.00	0.000	0.000
23	689.12	-29.62	-340.64	0.51	32.43	0.000	0.000
24	442.64	-34.09	-248.10	0.53	35.00	0.000	0.000
25	148.63	-38.81	-93.15	0.57	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 742,3977$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 279,9523$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 445,9533$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.65$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,21	2,1133	0,1290	1,1611
3	0,42	4,3344	0,5484	2,5474
4	0,63	6,6632	1,3062	4,1558
5	0,84	9,0998	2,4501	5,9857
6	1,05	11,6442	4,0279	8,0372
7	1,26	14,2963	6,0870	10,3101
8	1,47	17,0562	8,6753	12,8045
9	1,68	19,9238	11,8404	15,5204
10	1,89	22,8992	15,6298	18,4577
11	2,10	25,9824	20,0913	21,6166
12	2,31	29,1733	25,2725	24,9970
13	2,52	32,4720	31,2210	28,5988
14	2,73	35,8785	37,9845	32,4221
15	2,94	39,3927	45,6108	36,4670
16	3,15	43,0146	54,1473	40,7333
17	3,36	46,7444	63,6418	45,2211
18	3,57	50,5819	74,1419	49,9304
19	3,78	54,5271	85,6952	54,8612
20	3,99	58,5802	98,3495	60,0135
21	4,20	62,7409	112,1504	65,3518

## Sollecitazioni fondazione di valle

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 59 di 88</p>

**Combinazione n° 1**

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,08	0,2729	6,8255
3	0,16	1,0926	13,6689
4	0,24	2,4604	20,5303
5	0,32	4,3779	27,4096
6	0,40	6,8464	34,3069
7	0,48	9,8675	41,2222
8	0,56	13,4424	48,1554
9	0,64	17,5728	55,1066
10	0,72	22,2600	62,0758
11	0,80	27,5054	69,0629

**Sollecitazioni fondazione di monte**

**Combinazione n° 1**

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,16	-0,1243	-1,5855
3	0,32	-0,5047	-3,2410
4	0,47	-1,1522	-4,9667
5	0,63	-2,0779	-6,7623
6	0,79	-3,2928	-8,6281
7	0,95	-4,8080	-10,5639
8	1,11	-6,6347	-12,5698
9	1,26	-8,7838	-14,6457
10	1,42	-11,2664	-16,7917
11	1,58	-14,0936	-19,0077

**COMBINAZIONE n° 2**

Valore della spinta statica	61,0535	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	56,0617	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24,1788	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,00	[m]	Y = -3,33	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	166,05	[%]		

Incremento sismico della spinta	5,7503	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2,00	[m]	Y = -1,67	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	154,02	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	150,3600	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,10	[m]	Y = -2,02	[m]
Inerzia del muro	5,0230	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	6,0144	[kN]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	72,3793	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	302,3922	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	136,7293	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	601,2083	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	302,3922	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	72,3793	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,06	[m]
Risultante in fondazione	310,9338	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,94	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	19,3485	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2155,5487	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	3,20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,0792	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,8480	[kg/cmq]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 31,61$	$N'_c = 31,61$
$N_q = 17,81$	$N'_q = 17,81$
$N_\gamma = 13,71$	$N'_\gamma = 13,71$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.40
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.41
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.13
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.67

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,25 Y[m]= 0,83

Raggio del cerchio R[m]= 6,68

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,65

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,38

Larghezza della striscia dx[m]= 0,44

Coefficiente di sicurezza C= 1,67

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	750.95	75.19	726.01	1.73	35.00	0.000	0.000
2	1903.86	63.72	1707.02	1.00	35.00	0.000	0.000
3	2600.62	56.04	2157.12	0.79	35.00	0.000	0.000
4	3129.68	49.72	2387.67	0.68	35.00	0.000	0.000
5	3556.66	44.15	2477.42	0.61	35.00	0.000	0.000
6	3910.55	39.07	2464.78	0.57	35.00	0.000	0.000
7	4207.33	34.34	2373.24	0.53	35.00	0.000	0.000
8	4510.68	29.86	2245.80	0.51	32.80	0.000	0.000
9	4821.42	25.58	2081.48	0.49	28.00	0.000	0.000
10	4986.99	21.44	1823.03	0.47	28.00	0.000	0.000
11	5121.18	17.42	1533.33	0.46	28.00	0.000	0.000
12	5487.10	13.49	1279.95	0.45	28.00	0.000	0.000
13	6163.87	9.62	1030.15	0.45	28.00	0.000	0.000
14	2081.36	5.80	210.20	0.44	28.00	0.000	0.000
15	1600.50	2.00	55.79	0.44	28.00	0.000	0.000
16	1434.95	-1.79	-44.88	0.44	28.00	0.000	0.000
17	1410.59	-5.59	-137.41	0.44	28.00	0.000	0.000
18	1360.86	-9.41	-222.57	0.45	28.00	0.000	0.000
19	1285.09	-13.28	-295.17	0.45	28.00	0.000	0.000
20	1182.18	-17.21	-349.73	0.46	28.00	0.000	0.000
21	1050.54	-21.22	-380.27	0.47	28.00	0.000	0.000
22	887.96	-25.35	-380.17	0.49	28.00	0.000	0.000
23	689.12	-29.62	-340.64	0.51	32.43	0.000	0.000
24	442.64	-34.09	-248.10	0.53	35.00	0.000	0.000
25	148.63	-38.81	-93.15	0.57	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 634,7487$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 216,3471$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 377,3122$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.65$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,21	2,1133	0,0668	0,5656
3	0,42	4,3344	0,2969	1,3380
4	0,63	6,6632	0,7350	2,3173
5	0,84	9,0998	1,4255	3,5033
6	1,05	11,6442	2,4130	4,8962
7	1,26	14,2963	3,7422	6,4958
8	1,47	17,0562	5,4575	8,3023
9	1,68	19,9238	7,6035	10,3156
10	1,89	22,8992	10,2249	12,5357
11	2,10	25,9824	13,3662	14,9626
12	2,31	29,1733	17,0719	17,5963
13	2,52	32,4720	21,3866	20,4368
14	2,73	35,8785	26,3549	23,4841
15	2,94	39,3927	32,0213	26,7382
16	3,15	43,0146	38,4305	30,1992
17	3,36	46,7444	45,6270	33,8669

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 61 di 88</p>

18	3,57	50,5819	53,6553	37,7415
19	3,78	54,5271	62,5601	41,8228
20	3,99	58,5802	72,3859	46,1110
21	4,20	62,7409	83,1752	50,5706

### Sollecitazioni fondazione di valle

#### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,08	0,2753	6,8750
3	0,16	1,0988	13,7047
4	0,24	2,4668	20,4890
5	0,32	4,3758	27,2279
6	0,40	6,8221	33,9215
7	0,48	9,8021	40,5698
8	0,56	13,3121	47,1727
9	0,64	17,3485	53,7303
10	0,72	21,9077	60,2425
11	0,80	26,9861	66,7094

### Sollecitazioni fondazione di monte

#### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,16	-0,2506	-3,1431
3	0,32	-0,9839	-6,1094
4	0,47	-2,1719	-8,8988
5	0,63	-3,7866	-11,5113
6	0,79	-5,8001	-13,9468
7	0,95	-8,1845	-16,2056
8	1,11	-10,9118	-18,2874
9	1,26	-13,9540	-20,1923
10	1,42	-17,2832	-21,9204
11	1,58	-20,8715	-23,4715

## 7.3. Concio 2

### Normativa

#### Spinte e verifiche secondo:

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	5,00 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,90 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,80 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2,10 [m]
Lunghezza totale fondazione	3,80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	0,90 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 62 di 88</p>

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{sk}$	250,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5,3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
<i>Acciaio</i>	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[%]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz. valle-paramento	0,00	[m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Descrizione	Descrizione terreno	Indice del terreno
$\gamma$			Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$			Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$			Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$			Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c			Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$			Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,000	0,000
Limo	19,00	19,00	28,00	18,67	0,000	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	5,90	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	2,00	0,00	2,69	0,00	Limo

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
$Q_x$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
D/C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 63 di 88</p>

Condizione n° 1 (Sovraccarico stradale)

D Profilo  $X_i=0,00$   $X_f=10,00$   $Q_i=20,0000$   $Q_f=20,0000$

**Descrizione combinazioni di carico**

*Simbologia adottata*

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico stradale	1,00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	<b>C</b>
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00

**Impostazioni di analisi**

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

*Impostazioni avanzate*

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

**Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati**

*Simbologia adottata*

C Identificativo della combinazione  
 Tipo Tipo combinazione  
 Sisma Combinazione sismica  
 CS<sub>scv</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
 CS<sub>stab</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
 CS<sub>qlim</sub> Coeff. di sicurezza a carico limite  
 CS<sub>stab</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>scv</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	TAMM - [2]	--	1,60	5,06	6,25	1,64
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,45	4,44	6,71	1,67

**Analisi della spinta e verifiche**

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
 Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte  
 Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto  
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta  
 Calcolo del carico limite  
 Calcolo della stabilità globale  
 Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann  
 metodo di Terzaghi  
 metodo di Bishop  
 Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)  
 Forma diagramma incremento sismico

4,00  
 Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)  
 Lunghezza del muro

0,0  
 10,00 [m]

Peso muro  
 Baricentro del muro

163.5285 [kN]  
 X=0,33 Y=-4,17

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
 Punto superiore superficie di spinta  
 Altezza della superficie di spinta  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X = 2,60 Y = -5,90  
 X = 2,60 Y = 0,00  
 5,90 [m]  
 0,00 [%]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 64 di 88</p>

**COMBINAZIONE n° 1**

Valore della spinta statica	113,8464	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	104,5382	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	45,0862	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,60	[m]	Y = -3,68	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	166,05	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	287,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,42	[m]	Y = -2,41	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	104,5382	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	495,6147	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	231,7338	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1173,6591	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	495,6147	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	104,5382	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,00	[m]
Risultante in fondazione	506,5196	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,09	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-0,2575	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	3097,7634	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	3,80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,3289	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,3310	[kg/cmq]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 31.61$	$N'_c = 31.61$
$N_q = 17.81$	$N'_q = 17.81$
$N_\gamma = 13.71$	$N'_\gamma = 13.71$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.06
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.60
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.25
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.64

**Stabilità globale muro + terreno**

**Combinazione n° 1**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

**Metodo di Bishop**

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro	X[m]= -1,49	Y[m]= 0,99
Raggio del cerchio	R[m]= 8,01	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -6,82	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 6,47	
Larghezza della striscia	dx[m]= 0,53	
Coefficiente di sicurezza	C= 1.64	

Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	2178.35	75.23	2106.40	2.09	35.00	0.000	0.000
2	3854.43	63.65	3454.04	1.20	35.00	0.000	0.000
3	4863.61	55.97	4030.57	0.95	35.00	0.000	0.000
4	5629.78	49.63	4289.40	0.82	35.00	0.000	0.000
5	6247.93	44.05	4344.21	0.74	35.00	0.000	0.000
6	6760.05	38.96	4250.62	0.68	35.00	0.000	0.000
7	7189.30	34.22	4042.66	0.64	35.00	0.000	0.000
8	7705.50	29.73	3820.97	0.61	30.07	0.000	0.000
9	8056.45	25.43	3459.87	0.59	28.00	0.000	0.000
10	8295.09	21.29	3011.48	0.57	28.00	0.000	0.000
11	8488.15	17.26	2517.95	0.56	28.00	0.000	0.000
12	9039.17	13.31	2081.25	0.55	28.00	0.000	0.000
13	8559.09	9.43	1402.47	0.54	28.00	0.000	0.000
14	2334.86	5.59	227.58	0.53	28.00	0.000	0.000
15	2228.13	1.78	69.25	0.53	28.00	0.000	0.000
16	2122.00	-2.02	-74.92	0.53	28.00	0.000	0.000
17	2084.33	-5.84	-211.96	0.53	28.00	0.000	0.000
18	2009.62	-9.68	-337.78	0.54	28.00	0.000	0.000

19	1896.84	-13.56	-444.75	0.55	28.00	0.000	0.000
20	1744.35	-17.51	-524.82	0.56	28.00	0.000	0.000
21	1549.77	-21.55	-569.18	0.57	28.00	0.000	0.000
22	1309.77	-25.70	-568.02	0.59	28.00	0.000	0.000
23	1018.64	-30.01	-509.42	0.61	30.53	0.000	0.000
24	657.27	-34.51	-372.37	0.65	35.00	0.000	0.000
25	223.24	-39.27	-141.32	0.69	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1039,9698$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 385,9390$  [kN]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 619,2585$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.57$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
 Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
 Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
 Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,25	2,5281	0,1851	1,4082
3	0,50	5,2089	0,7947	3,1340
4	0,75	8,0424	1,9096	5,1744
5	1,00	11,0286	3,6104	7,5286
6	1,25	14,1676	5,9775	10,1968
7	1,50	17,4592	9,0912	13,1789
8	1,75	20,9036	13,0319	16,4749
9	2,00	24,5008	17,8800	20,0848
10	2,25	28,2506	23,7160	24,0085
11	2,50	32,1532	30,6202	28,2462
12	2,75	36,2085	38,6730	32,7978
13	3,00	40,4165	47,9549	37,6633
14	3,25	44,7773	58,5462	42,8427
15	3,50	49,2907	70,5273	48,3360
16	3,75	53,9569	83,9786	54,1432
17	4,00	58,7758	98,9805	60,2643
18	4,25	63,7475	115,6134	66,6993
19	4,50	68,8719	133,9578	73,4483
20	4,75	74,1489	154,0939	80,5111
21	5,00	79,5788	176,0989	87,8376

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,08	0,3464	8,6604
3	0,16	1,3857	17,3211
4	0,24	3,1178	25,9823
5	0,32	5,5428	34,6437
6	0,40	8,6608	43,3056
7	0,48	12,4717	51,9677
8	0,56	16,9757	60,6303
9	0,64	22,1726	69,2932
10	0,72	28,0626	77,9565
11	0,80	34,6456	86,6201

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,21	-0,2544	-2,4233
3	0,42	-1,0179	-4,8490
4	0,63	-2,2912	-7,2772
5	0,84	-4,0746	-9,7079
6	1,05	-6,3687	-12,1411

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001</p> <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p>	
<p>Foglio 66 di 88</p>	

7	1,26	-9,1740	-14,5768
8	1,47	-12,4911	-17,0150
9	1,68	-16,3205	-19,4556
10	1,89	-20,6626	-21,8987
11	2,10	-25,5181	-24,3443

**COMBINAZIONE n° 2**

Valore della spinta statica	85,0109	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	78,0604	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	33,6666	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,60	[m]	Y = -3,93	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	166,05	[%]		

Incremento sismico della spinta	8,0067	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2,60	[m]	Y = -1,97	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	154,02	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	235,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,42	[m]	Y = -2,41	[m]
Inerzia del muro	6,5411	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	9,4000	[kN]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	101,3536	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	435,3659	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	226,6725	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1006,0445	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	435,3659	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	101,3536	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,11	[m]
Risultante in fondazione	447,0079	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,28	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	47,8234	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2919,4679	[kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	3,80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,3709	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,9656	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

N <sub>c</sub> = 31.61	N' <sub>c</sub> = 31.61
N <sub>q</sub> = 17.81	N' <sub>q</sub> = 17.81
N <sub>γ</sub> = 13.71	N' <sub>γ</sub> = 13.71

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.44
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.71
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.67

**Stabilità globale muro + terreno**

**Combinazione n° 2**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

**Metodo di Bishop**

Numero di cerchi analizzati 36  
 Numero di strisce 25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -1,49 Y[m]= 1,49  
 Raggio del cerchio R[m]= 8,45  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,91  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,83  
 Larghezza della striscia dx[m]= 0,55  
 Coefficiente di sicurezza C= 1,67  
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	φ	c	u
1	1019,05	73.18	975.46	1.90	35.00	0.000	0.000
2	2638,86	62.85	2348.17	1.20	35.00	0.000	0.000
3	3687,36	55.47	3037.86	0.97	35.00	0.000	0.000
4	4493,48	49.32	3407.69	0.84	35.00	0.000	0.000
5	5148,00	43.87	3567.79	0.76	35.00	0.000	0.000
6	5692,59	38.89	3573.84	0.71	35.00	0.000	0.000
7	6150,67	34.24	3460.44	0.66	35.00	0.000	0.000

8	6605.05	29.83	3285.65	0.63	33.01	0.000	0.000
9	7078.52	25.61	3060.02	0.61	28.00	0.000	0.000
10	7336.16	21.54	2693.54	0.59	28.00	0.000	0.000
11	7545.78	17.58	2279.05	0.58	28.00	0.000	0.000
12	7876.25	13.70	1865.93	0.57	28.00	0.000	0.000
13	9006.20	9.89	1547.15	0.56	28.00	0.000	0.000
14	3414.47	6.12	364.22	0.55	28.00	0.000	0.000
15	2276.81	2.38	94.61	0.55	28.00	0.000	0.000
16	2126.09	-1.35	-50.09	0.55	28.00	0.000	0.000
17	2093.14	-5.09	-185.61	0.55	28.00	0.000	0.000
18	2021.54	-8.85	-310.90	0.56	28.00	0.000	0.000
19	1910.34	-12.65	-418.20	0.56	28.00	0.000	0.000
20	1758.00	-16.50	-499.33	0.57	28.00	0.000	0.000
21	1562.27	-20.44	-545.48	0.59	28.00	0.000	0.000
22	1320.02	-24.47	-546.88	0.60	28.00	0.000	0.000
23	1025.29	-28.65	-491.57	0.63	31.10	0.000	0.000
24	659.58	-33.00	-359.21	0.66	35.00	0.000	0.000
25	222.56	-37.57	-135.72	0.69	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 928,3915$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 313,9985$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 551,0975$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.35$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,25	2,5281	0,1075	0,7829
3	0,50	5,2089	0,4799	1,8590
4	0,75	8,0424	1,1927	3,2281
5	1,00	11,0286	2,3208	4,8903
6	1,25	14,1676	3,9396	6,8456
7	1,50	17,4592	6,1242	9,0940
8	1,75	20,9036	8,9499	11,6356
9	2,00	24,5008	12,4917	14,4702
10	2,25	28,2506	16,8250	17,5979
11	2,50	32,1532	22,0248	21,0187
12	2,75	36,2085	28,1665	24,7326
13	3,00	40,4165	35,3252	28,7395
14	3,25	44,7773	43,5760	33,0396
15	3,50	49,2907	52,9942	37,6328
16	3,75	53,9569	63,6551	42,5191
17	4,00	58,7758	75,6337	47,6985
18	4,25	63,7475	89,0053	53,1709
19	4,50	68,8719	103,8450	58,9365
20	4,75	74,1489	120,2281	64,9952
21	5,00	79,5788	138,2264	71,2967

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,08	0,3587	8,9566
3	0,16	1,4313	17,8463
4	0,24	3,2123	26,6690
5	0,32	5,6965	35,4248
6	0,40	8,8785	44,1137
7	0,48	12,7529	52,7356
8	0,56	17,3144	61,2906
9	0,64	22,5576	69,7787
10	0,72	28,4772	78,1998
11	0,80	35,0678	86,5540

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 2

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 68 di 88</p>

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,21	-0,5873	-5,5164
3	0,42	-2,2846	-10,5715
4	0,63	-4,9950	-15,1654
5	0,84	-8,6218	-19,2981
6	1,05	-13,0680	-22,9696
7	1,26	-18,2367	-26,1799
8	1,47	-24,0312	-28,9289
9	1,68	-30,3546	-31,2167
10	1,89	-37,1099	-33,0433
11	2,10	-44,2005	-34,4087

## 7.4. Concio 3

### Normativa

Spinte e verifiche secondo :  
- D.M. 11/03/1988  
- D.M. 16/01/1996

### Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	6,10 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,01 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	1,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2,59 [m]
Lunghezza totale fondazione	4,60 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	1,10 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

<b>Calcestruzzo</b>	
Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5,3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
<b>Acciaio</b>	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

**Simbologia adottata e sistema di riferimento**  
(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	15,00	0,00	0,00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 69 di 88

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[%]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Descrizione terreno	Indice del terreno
$\gamma$		Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$		Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$		Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$		Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$		Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$		Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,000	0,000
Limo	19,00	19,00	28,00	18,67	0,000	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

Nr.	Indice dello strato
$H$	Spessore dello strato espresso in [m]
$a$	Inclinazione espressa in [%]
$K_w$	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
$K_s$	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	$K_w$	$K_s$	Terreno
1	7,20	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	5,00	0,00	3,27	0,00	Limo

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
$X$	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
$M$	Momento espresso in [kNm]
$X_i$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_f$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q$	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
$Q_f$	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
$D/C$	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Sovraccarico stradale)

D	Profilo	$X_i=0,00$	$X_f=15,00$	$Q_i=20,0000$	$Q_f=20,0000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$C$	Coefficiente totale di partecipazione della condizione
-----	--

### Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico stradale	1,00

### Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Tensioni ammissibili

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 70 di 88

### Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS <sub>scd</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS <sub>stab</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS <sub>glb</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS <sub>stab</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>scd</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>glb</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	TAMM - [2]	--	1,62	5,15	6,38	1,66
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,43	4,37	6,75	1,66

### Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
Assisse X (esprresse in [m]) positive verso monte  
Ordinate Y (esprresse in [m]) positive verso l'alto  
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

#### Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Terzaghi
Calcolo della stabilità globale	metodo di Bishop
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

#### Sisma

Coefficiente di intensità sismica (per cento)	4,00
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (per cento)	0,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Peso muro	229,4915 [kN]
Baricentro del muro	X=0,47 Y=-5,20

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 3,20	Y = -7,20
Punto superiore superficie di spinta	X = 3,20	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	7,20	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00	[%]

#### COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	161,7907	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	148,5625	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	64,0734	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,20	[m]	Y = -4,54	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	166,05	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	417,1900	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,75	[m]	Y = -2,94	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	148,5625	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	710,7549	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	395,5248	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2037,9439	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	710,7549	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	148,5625	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,01	[m]
Risultante in fondazione	726,1152	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,90	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7,6829	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4536,4482	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,60	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,5533	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,5978	[kg/cmq]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

N <sub>c</sub> = 31.61	N' <sub>c</sub> = 31.61
------------------------	-------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 71 di 88</p>

$N_q = 17.81$   
 $N_y = 13.71$

$N'_q = 17.81$   
 $N'_y = 13.71$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.15
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.62
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.38
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.66

**Stabilità globale muro + terreno**

**Combinazione n° 1**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

**Metodo di Bishop**

Numero di cerchi analizzati 36  
Numero di strisce 25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -1,81 Y[m]= 1,21  
Raggio del cerchio R[m]= 9,79  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,33  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7,91  
Larghezza della striscia dx[m]= 0,65  
Coefficiente di sicurezza C= 1.66

Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	$\alpha$ (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	2958.08	75.23	2860.30	2.55	35.00	0.000	0.000
2	5461.14	63.67	4894.75	1.47	35.00	0.000	0.000
3	6969.22	55.98	5776.38	1.16	35.00	0.000	0.000
4	8113.73	49.64	6182.60	1.00	35.00	0.000	0.000
5	9036.97	44.05	6283.78	0.90	35.00	0.000	0.000
6	9801.74	38.96	6163.15	0.84	35.00	0.000	0.000
7	10442.67	34.21	5871.61	0.79	35.00	0.000	0.000
8	11222.17	29.72	5563.83	0.75	29.87	0.000	0.000
9	11736.80	25.42	5038.91	0.72	28.00	0.000	0.000
10	12092.98	21.28	4388.24	0.70	28.00	0.000	0.000
11	12381.08	17.24	3670.16	0.68	28.00	0.000	0.000
12	13190.18	13.30	3033.69	0.67	28.00	0.000	0.000
13	11454.53	9.41	1873.55	0.66	28.00	0.000	0.000
14	3499.34	5.57	339.91	0.65	28.00	0.000	0.000
15	3304.50	1.76	101.47	0.65	28.00	0.000	0.000
16	3180.67	-2.05	-113.62	0.65	28.00	0.000	0.000
17	3124.04	-5.86	-319.12	0.65	28.00	0.000	0.000
18	3012.08	-9.71	-507.77	0.66	28.00	0.000	0.000
19	2843.22	-13.59	-668.19	0.67	28.00	0.000	0.000
20	2615.00	-17.54	-788.29	0.68	28.00	0.000	0.000
21	2323.85	-21.59	-854.92	0.70	28.00	0.000	0.000
22	1964.77	-25.74	-853.38	0.72	28.00	0.000	0.000
23	1529.37	-30.05	-765.92	0.75	30.42	0.000	0.000
24	988.97	-34.56	-561.04	0.79	35.00	0.000	0.000
25	339.55	-39.33	-215.21	0.84	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1506,1946$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 553,0535$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 895,7990$  [kN]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.56$

**Sollecitazioni paramento**

**Combinazione n° 1**

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,30	3,1047	0,2801	1,7611
3	0,61	6,4368	1,2184	3,9931
4	0,92	9,9961	2,9616	6,6930
5	1,22	13,7828	5,6557	9,8601
6	1,52	17,7968	9,4468	13,4944

7	1,83	22,0381	14,4808	17,5959
8	2,13	26,5067	20,9038	22,1646
9	2,44	31,2026	28,8616	27,2006
10	2,75	36,1259	38,5004	32,7037
11	3,05	41,2764	49,9660	38,6741
12	3,35	46,6543	63,4045	45,1117
13	3,66	52,2595	78,9618	52,0165
14	3,96	58,0920	96,7840	59,3885
15	4,27	64,1518	117,0171	67,2277
16	4,58	70,4389	139,8070	75,5341
17	4,88	76,9534	165,2997	84,3078
18	5,18	83,6951	193,6412	93,5486
19	5,49	90,6642	224,9775	103,2567
20	5,79	97,8606	259,4546	113,4320
21	6,10	105,2843	297,2124	123,9998

### Sollecitazioni fondazione di valle

#### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,10	0,6270	12,5412
3	0,20	2,5086	25,0919
4	0,30	5,6457	37,6520
5	0,40	10,0393	50,2217
6	0,50	15,6903	62,8008
7	0,60	22,5997	75,3893
8	0,70	30,7685	87,9874
9	0,80	40,1975	100,5949
10	0,90	50,8878	113,2118
11	1,00	62,8402	125,8383

### Sollecitazioni fondazione di monte

#### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,26	-0,4146	-3,2118
3	0,52	-1,6692	-6,4872
4	0,78	-3,7804	-9,8261
5	1,04	-6,7646	-13,2286
6	1,29	-10,6383	-16,6946
7	1,55	-15,4179	-20,2241
8	1,81	-21,1199	-23,8172
9	2,07	-27,7607	-27,4738
10	2,33	-35,3568	-31,1939
11	2,59	-43,9247	-34,9776

#### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	126,6006	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	116,2496	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	50,1372	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,20	[m]	Y = -4,80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	166,05	[%]		
Incremento sismico della spinta	11,9238	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,20	[m]	Y = -2,40	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	154,02	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	353,1900	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,75	[m]	Y = -2,94	[m]
Inerzia del muro	9,1797	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	14,1276	[kN]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	150,5058	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	637,5408	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	410,2877	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1794,1420	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	637,5408	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	150,5058	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,13	[m]
Risultante in fondazione	655,0651	[kN]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 73 di 88</p>

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,61	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	82,4897	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4301,4646	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,60	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,6518	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,1748	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 31.61$	$N'_c = 31.61$
$N_q = 17.81$	$N'_q = 17.81$
$N_\gamma = 13.71$	$N'_\gamma = 13.71$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.37
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.43
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.75
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.66

**Stabilità globale muro + terreno**

Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36  
 Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,81 Y[m]= 1,81  
 Raggio del cerchio R[m]= 10,31  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,44  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8,34  
 Larghezza della striscia dx[m]= 0,67  
 Coefficiente di sicurezza C= 1.66  
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1528.54	73.27	1463.83	2.33	35.00	0.000	0.000
2	3951.89	62.82	3515.50	1.47	35.00	0.000	0.000
3	5513.85	55.44	4541.02	1.18	35.00	0.000	0.000
4	6715.04	49.29	5090.35	1.03	35.00	0.000	0.000
5	7690.42	43.84	5327.22	0.93	35.00	0.000	0.000
6	8501.99	38.86	5334.56	0.86	35.00	0.000	0.000
7	9184.63	34.21	5163.90	0.81	35.00	0.000	0.000
8	9873.21	29.80	4907.42	0.77	32.78	0.000	0.000
9	10567.03	25.59	4563.61	0.74	28.00	0.000	0.000
10	10950.83	21.51	4015.80	0.72	28.00	0.000	0.000
11	11263.03	17.55	3396.48	0.70	28.00	0.000	0.000
12	11751.93	13.68	2778.32	0.69	28.00	0.000	0.000
13	13436.48	9.86	2301.29	0.68	28.00	0.000	0.000
14	3772.95	6.09	400.43	0.68	28.00	0.000	0.000
15	3374.49	2.35	138.33	0.67	28.00	0.000	0.000
16	3185.14	-1.38	-76.90	0.67	28.00	0.000	0.000
17	3135.47	-5.12	-279.94	0.67	28.00	0.000	0.000
18	3028.12	-8.88	-467.60	0.68	28.00	0.000	0.000
19	2861.65	-12.68	-628.31	0.69	28.00	0.000	0.000
20	2633.77	-16.54	-749.86	0.70	28.00	0.000	0.000
21	2341.11	-20.48	-819.06	0.72	28.00	0.000	0.000
22	1978.98	-24.52	-821.31	0.74	28.00	0.000	0.000
23	1538.62	-28.70	-738.82	0.77	30.99	0.000	0.000
24	992.27	-33.05	-541.15	0.80	35.00	0.000	0.000
25	339.06	-37.63	-207.02	0.85	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1374,0365$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 466,8835$  [kN]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 815,9009$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.35$

**Sollecitazioni paramento**

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
 Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	<b>ALTA SORVEGLIANZA</b>  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
<b>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001</b> <b>Relazione di calcolo muro di sostegno</b>		Foglio 74 di 88

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
 Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,30	3,1047	0,1861	1,1390
3	0,61	6,4368	0,8353	2,7142
4	0,92	9,9961	2,0843	4,7257
5	1,22	13,7828	4,0695	7,1735
6	1,52	17,7968	6,9276	10,0574
7	1,83	22,0381	10,7950	13,3777
8	2,13	26,5067	15,8083	17,1341
9	2,44	31,2026	22,1040	21,3268
10	2,75	36,1259	29,8187	25,9558
11	3,05	41,2764	39,0889	31,0210
12	3,35	46,6543	50,0512	36,5224
13	3,66	52,2595	62,8422	42,4601
14	3,96	58,0920	77,5983	48,8340
15	4,27	64,1518	94,4561	55,6442
16	4,58	70,4389	113,5521	62,8906
17	4,88	76,9534	135,0229	70,5732
18	5,18	83,6951	159,0051	78,6922
19	5,49	90,6642	185,6351	87,2473
20	5,79	97,8606	215,0496	96,2387
21	6,10	105,2843	247,3789	105,5916

### Sollecitazioni fondazione di valle

#### Combinazione n° 2

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,10	0,6734	13,4509
3	0,20	2,6868	26,8001
4	0,30	6,0300	40,0476
5	0,40	10,6929	53,1934
6	0,50	16,6653	66,2375
7	0,60	23,9370	79,1799
8	0,70	32,4979	92,0206
9	0,80	42,3378	104,7596
10	0,90	53,4464	117,3969
11	1,00	65,8137	129,9325

### Sollecitazioni fondazione di monte

#### Combinazione n° 2

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,26	-1,1030	-8,4036
3	0,52	-4,2941	-16,1249
4	0,78	-9,3968	-23,1641
5	1,04	-16,2343	-29,5211
6	1,29	-24,6298	-35,1959
7	1,55	-34,4068	-40,1885
8	1,81	-45,3886	-44,4989
9	2,07	-57,3983	-48,1271
10	2,33	-70,2595	-51,0731
11	2,59	-83,7953	-53,3369

## 7.5. Concio 4

### Normativa

#### Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 75 di 88</p>

## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	6,70 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,07 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<b>Fondazione</b>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	1,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2,93 [m]
Lunghezza totale fondazione	5,00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	1,10 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<b>Calcestruzzo</b>	
Peso specifico	24,517 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	250,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	85,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	5,3 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16,9 [kg/cm <sup>2</sup> ]
<b>Acciaio</b>	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	15,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[%]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Descrizione terreno	Indice del terreno
$\gamma$		Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$		Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$		Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$		Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c		Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$		Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,000	0,000
Limo	19,00	19,00	28,00	18,67	0,000	0,000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
N					Indice dello strato
H					Spessore dello strato espresso in [m]
a					Inclinazione espressa in [%]
Kw					Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks					Coefficiente di spinta
Terreno					Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	7,80	0,00	0,00	0,00	Rilevato

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 76 di 88

2                      5,00                      0,00                      3,39                      0,00                      Limo

## Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.  
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
Momento positivo senso antiorario.  
X                      Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
F<sub>x</sub>                      Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
F<sub>y</sub>                      Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
M                      Momento espresso in [kNm]  
X<sub>i</sub>                      Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
X<sub>f</sub>                      Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
Q<sub>i</sub>                      Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kN/m]  
Q<sub>f</sub>                      Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN/m]  
D / C                      Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Sovraccarico stradale)

D                      Profilo                      X<sub>i</sub>=0,00                      X<sub>f</sub>=15,00                      Q<sub>i</sub>=20,0000                      Q<sub>f</sub>=20,0000

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

C                      Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00
Sovraccarico stradale	1,00

### Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	<b>C</b>
Peso proprio	1,00
Spinta terreno	1,00

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Tensioni ammissibili

### Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

C                      Identificativo della combinazione  
Tipo                      Tipo combinazione  
Sisma                      Combinazione sismica  
CS<sub>scor</sub>                      Coeff. di sicurezza allo scorrimento  
CS<sub>rib</sub>                      Coeff. di sicurezza al ribaltamento  
CS<sub>glim</sub>                      Coeff. di sicurezza a carico limite  
CS<sub>stab</sub>                      Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>scor</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>glim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	TAMM - [2]	--	1,65	5,27	6,21	1,65
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,45	4,39	6,45	1,63

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte  
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto  
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso  
Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Foglio 77 di 88</p>
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		

Calcolo della spinta  
Calcolo del carico limite  
Calcolo della stabilità globale  
Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann  
metodo di Terzaghi  
metodo di Bishop  
Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)  
Forma diagramma incremento sismico

4,00  
Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)  
Lunghezza del muro

0,0  
10,00 [m]

Peso muro  
Baricentro del muro

255,5776 [kN]  
X=0,58 Y=-5,65

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
Punto superiore superficie di spinta  
Altezza della superficie di spinta  
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X = 3,60 Y = -7,80  
X = 3,60 Y = 0,00  
7,80 [m]  
0,00 [%]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica  
Componente orizzontale della spinta statica  
Componente verticale della spinta statica  
Punto d'applicazione della spinta  
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie  
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

186,8126 [kN]  
171,5386 [kN]  
73,9827 [kN]  
X = 3,60 [m] Y = -4,93 [m]  
43,13 [%]  
142,06 [%]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte  
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte

509,5100 [kN]  
X = 1,96 [m] Y = -3,24 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale  
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale  
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle  
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle  
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione  
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione  
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione  
Risultante in fondazione  
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)  
Momento rispetto al baricentro della fondazione  
Carico ultimo della fondazione

171,5386 [kN]  
839,0703 [kN]  
491,5234 [kNm]  
2588,0548 [kNm]  
839,0703 [kN]  
171,5386 [kN]  
0,00 [m]  
856,4254 [kN]  
20,44 [%]  
1,1444 [kNm]  
5211,8214 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente  
Tensione terreno allo spigolo di valle  
Tensione terreno allo spigolo di monte

5,00 [m]  
1,7140 [kg/cmq]  
1,7084 [kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 31,61$   
 $N_q = 17,81$   
 $N_\gamma = 13,71$

$N'_c = 31,61$   
 $N'_q = 17,81$   
 $N'_\gamma = 13,71$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento  
Coefficiente di sicurezza a scorrimento  
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo  
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale

5,27  
1,65  
6,21  
1,65

**Stabilità globale muro + terreno**

Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
W peso della striscia espresso in [kN]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36  
Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,97 Y[m]= 1,31  
Raggio del cerchio R[m]= 10,68  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -9,05  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8,64  
Larghezza della striscia dx[m]= 0,71  
Coefficiente di sicurezza C= 1,65

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	3389.39	75.31	3278.58	2.79	35.00	0.000	0.000
2	6366.62	63.66	5705.42	1.59	35.00	0.000	0.000
3	8153.43	55.98	6758.21	1.26	35.00	0.000	0.000
4	9510.53	49.66	7248.95	1.09	35.00	0.000	0.000
5	10605.75	44.08	7378.66	0.98	35.00	0.000	0.000
6	11513.36	39.00	7245.74	0.91	35.00	0.000	0.000
7	12274.31	34.26	6910.35	0.86	35.00	0.000	0.000
8	13220.30	29.78	6566.27	0.82	28.89	0.000	0.000
9	13775.20	25.49	5928.67	0.78	28.00	0.000	0.000
10	14198.57	21.35	5169.79	0.76	28.00	0.000	0.000
11	14541.39	17.33	4330.92	0.74	28.00	0.000	0.000
12	15460.50	13.39	3580.15	0.73	28.00	0.000	0.000
13	13368.59	9.51	2209.90	0.72	28.00	0.000	0.000
14	4061.04	5.68	402.23	0.71	28.00	0.000	0.000
15	3796.12	1.88	124.46	0.71	28.00	0.000	0.000
16	3720.52	-1.92	-124.53	0.71	28.00	0.000	0.000
17	3655.69	-5.72	-364.58	0.71	28.00	0.000	0.000
18	3525.48	-9.55	-585.19	0.72	28.00	0.000	0.000
19	3328.10	-13.43	-772.96	0.73	28.00	0.000	0.000
20	3060.68	-17.37	-913.67	0.74	28.00	0.000	0.000
21	2719.08	-21.39	-991.89	0.76	28.00	0.000	0.000
22	2297.50	-25.54	-990.39	0.78	28.00	0.000	0.000
23	1787.63	-29.83	-889.10	0.82	28.00	0.000	0.000
24	1157.61	-34.31	-652.52	0.86	35.00	0.000	0.000
25	395.29	-39.05	-249.04	0.91	35.00	0.000	0.000

$$\Sigma W_i = 1764,0746 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 650,2347 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1045,3003 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.63$$

## Sollecitazioni paramento

## Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	3,4224	0,3408	1,9600
3	0,67	7,1190	1,4932	4,4873
4	1,01	11,0899	3,6512	7,5789
5	1,34	15,3350	7,0084	11,2342
6	1,68	19,8543	11,7583	15,4531
7	2,01	24,6478	18,0942	20,2357
8	2,35	29,7156	26,2096	25,5819
9	2,68	35,0576	36,2981	31,4917
10	3,02	40,6739	48,5529	37,9652
11	3,35	46,5643	63,1676	45,0024
12	3,69	52,7290	80,3355	52,6032
13	4,02	59,1680	100,2503	60,7676
14	4,36	65,8811	123,1052	69,4956
15	4,69	72,8685	149,0937	78,7874
16	5,03	80,1301	178,4094	88,6427
17	5,36	87,6660	211,2455	99,0617
18	5,70	95,4761	247,7956	110,0444
19	6,03	103,5604	288,2532	121,5907
20	6,37	111,9189	332,8116	133,7006
21	6,70	120,5517	381,6562	146,2840

## Sollecitazioni fondazione di valle

## Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,10	0,7056	14,1115
3	0,20	2,8223	28,2218
4	0,30	6,3499	42,3311
5	0,40	11,2884	56,4392
6	0,50	17,6377	70,5463
7	0,60	25,3976	84,6522
8	0,70	34,5681	98,7571

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001</p> <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p>	
<p>Foglio 79 di 88</p>	

9	0,80	45,1490	112,8609
10	0,90	57,1403	126,9635
11	1,00	70,5417	141,0651

### Sollecitazioni fondazione di monte

#### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,29	-0,5760	-3,9301
3	0,59	-2,3021	-7,8507
4	0,88	-5,1756	-11,7619
5	1,17	-9,1937	-15,6637
6	1,47	-14,3536	-19,5561
7	1,76	-20,6526	-23,4390
8	2,05	-28,0879	-27,3124
9	2,34	-36,6568	-31,1765
10	2,64	-46,3564	-35,0311
11	2,93	-57,1841	-38,8763

#### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	148,6769	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	136,5210	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	58,8800	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 3,60	[m]	Y = -5,20	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	142,06	[%]		

Incremento sismico della spinta	13,9680	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 3,60	[m]	Y = -2,60	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	132,32	[%]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	437,5100	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,96	[m]	Y = -3,24	[m]
Inerzia del muro	10,2231	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	17,5004	[kN]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	177,0705	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	757,4993	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	523,5902	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2298,1521	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	757,4993	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	177,0705	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,16	[m]
Risultante in fondazione	777,9197	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,38	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	119,1863	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	4886,4724	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,8365	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,2532	[kg/cmq]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 31.61$	$N'_c = 31.61$
$N_q = 17.81$	$N'_q = 17.81$
$N_\gamma = 13.71$	$N'_\gamma = 13.71$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.39
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.45
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.45
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.63

### Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kN]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36  
Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]=-1,97 Y[m]= 1,97  
Raggio del cerchio R[m]= 11,25  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -9,15  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9,11  
Larghezza della striscia dx[m]= 0,73  
Coefficiente di sicurezza C= 1,63

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1807.37	73.24	1730.62	2.53	35.00	0.000	0.000
2	4678.07	62.90	4164.35	1.60	35.00	0.000	0.000
3	6533.88	55.52	5386.11	1.29	35.00	0.000	0.000
4	7960.73	49.37	6042.05	1.12	35.00	0.000	0.000
5	9119.41	43.93	6327.06	1.01	35.00	0.000	0.000
6	10083.69	38.95	6339.65	0.94	35.00	0.000	0.000
7	10895.04	34.31	6140.98	0.88	35.00	0.000	0.000
8	11745.08	29.91	5856.35	0.84	31.97	0.000	0.000
9	12501.45	25.70	5420.78	0.81	28.00	0.000	0.000
10	12958.22	21.63	4776.58	0.79	28.00	0.000	0.000
11	13330.24	17.68	4047.38	0.77	28.00	0.000	0.000
12	13873.17	13.81	3310.69	0.75	28.00	0.000	0.000
13	15885.42	10.00	2758.65	0.74	28.00	0.000	0.000
14	4295.63	6.24	466.86	0.73	28.00	0.000	0.000
15	3868.17	2.50	169.06	0.73	28.00	0.000	0.000
16	3717.52	-1.22	-79.07	0.73	28.00	0.000	0.000
17	3661.76	-4.95	-315.81	0.73	28.00	0.000	0.000
18	3537.91	-8.70	-535.02	0.74	28.00	0.000	0.000
19	3344.33	-12.49	-723.05	0.75	28.00	0.000	0.000
20	3078.36	-16.33	-865.59	0.76	28.00	0.000	0.000
21	2736.10	-20.25	-947.17	0.78	28.00	0.000	0.000
22	2312.13	-24.28	-950.67	0.80	28.00	0.000	0.000
23	1798.29	-28.44	-856.30	0.83	28.00	0.000	0.000
24	1162.44	-32.76	-629.10	0.87	35.00	0.000	0.000
25	397.33	-37.32	-240.87	0.92	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1620,8858$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 556,9727$  [kN]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 959,4556$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.43$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,34	3,4224	0,2417	1,3612
3	0,67	7,1190	1,0873	3,2486
4	1,01	11,0899	2,7179	5,6623
5	1,34	15,3350	5,3143	8,6023
6	1,68	19,8543	9,0574	12,0686
7	2,01	24,6478	14,1283	16,0612
8	2,35	29,7156	20,7077	20,5800
9	2,68	35,0576	28,9767	25,6252
10	3,02	40,6739	39,1162	31,1966
11	3,35	46,5643	51,3071	37,2943
12	3,69	52,7290	65,7303	43,9183
13	4,02	59,1680	82,5668	51,0686
14	4,36	65,8811	101,9974	58,7451
15	4,69	72,8685	124,2032	66,9480
16	5,03	80,1301	149,3650	75,6771
17	5,36	87,6660	177,6638	84,9325
18	5,70	95,4761	209,2806	94,7142
19	6,03	103,5604	244,3961	105,0221
20	6,37	111,9189	283,1914	115,8564
21	6,70	120,5517	325,8393	127,1267

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,10	0,7638	15,2564
3	0,20	3,0475	30,3983
4	0,30	6,8396	45,4259
5	0,40	12,1288	60,3390
6	0,50	18,9036	75,1377
7	0,60	27,1525	89,8220
8	0,70	36,8642	104,3918
9	0,80	48,0271	118,8473
10	0,90	60,6298	133,1883
11	1,00	74,6609	147,4149

### Sollecitazioni fondazione di monte

#### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,29	-1,5863	-10,6644
3	0,59	-6,1534	-20,3466
4	0,88	-13,4135	-29,0464
5	1,17	-23,0787	-36,7640
6	1,47	-34,8613	-43,4993
7	1,76	-48,4734	-49,2524
8	2,05	-63,6272	-54,0232
9	2,34	-80,0350	-57,8117
10	2,64	-97,4089	-60,6179
11	2,93	-115,4611	-62,4418

## 7.6. Concio 5

### Normativa

#### Spinte e verifiche secondo :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Geometria muro e fondazione

#### Descrizione

Altezza del paramento  
 Spessore in sommità  
 Spessore all'attacco con la fondazione  
 Inclinazione paramento esterno  
 Inclinazione paramento interno  
 Lunghezza del muro

#### Muro a mensola in c.a.

8,00 [m]  
 0,40 [m]  
 1,20 [m]  
 0,00 [%]  
 10,00 [%]  
 10,00 [m]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle  
 Lunghezza mensola fondazione di monte  
 Lunghezza totale fondazione  
 Inclinazione piano di posa della fondazione  
 Spessore fondazione  
 Spessore magrone

1,00 [m]  
 3,50 [m]  
 5,70 [m]  
 0,00 [%]  
 1,20 [m]  
 0,15 [m]

### Materiali utilizzati per la struttura

#### Calcestruzzo

Peso specifico  
 Resistenza caratteristica a compressione  $R_{bk}$   
 Tensione ammissibile a compressione  $\sigma_c$   
 Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c0}$

24,517 [kN/mc]  
 250,0 [kg/cmq]  
 85,0 [kg/cmq]  
 5,3 [kg/cmq]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 82 di 88</p>

Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	16,9 [kg/cmq]
Acciaio	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	2600,0 [kg/cmq]

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	15,00	0,00	0,00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[%]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr.	Descrizione terreno	Indice del terreno
$\gamma$		Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$		Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$		Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$		Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c		Coesione espressa in [kg/cmq]
$c_a$		Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,000	0,000
Limo	19,00	19,00	28,00	18,67	0,000	0,000

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [%]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	9,20	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	6,00	0,00	3,76	0,00	Limo

### Condizioni di carico

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
$F_x$	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
$F_z$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
$X_1$	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
$X_2$	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
$Q_1$	Intensità del carico per $x=X_1$ espressa in [kN/m]
$Q_2$	Intensità del carico per $x=X_2$ espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

#### Condizione n° 1 (Sovraccarico stradale)

D	Profilo	$X_1=0,00$	$X_2=15,00$	$Q_1=20,0000$	$Q_2=20,0000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

### Descrizione combinazioni di carico

#### Simbologia adottata

C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione
---	--

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 83 di 88</p>

Combinazione n° 1 Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Sovraccarico stradale	1.00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

**Impostazioni di analisi**

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

*Impostazioni avanzate*

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

**Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati**

*Simbologia adottata*

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS <sub>scd</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS <sub>stab</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS <sub>slim</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS <sub>stab</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>scd</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>slim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	TAMM - [2]	--	1,66	5,09	5,74	1,63
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,43	4,14	5,84	1,60

**Analisi della spinta e verifiche**

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
 Assise X (esprese in [m]) positive verso monte  
 Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto  
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso  
 Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta  
 Calcolo del carico limite  
 Calcolo della stabilità globale  
 Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann  
 metodo di Terzaghi  
 metodo di Bishop  
 Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)  
 Forma diagramma incremento sismico

4.00  
 Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)  
 Lunghezza del muro

0,0  
 10,00 [m]

Peso muro  
 Baricentro del muro

324,6053 [kN]  
 X=0,77 Y=-6,70

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
 Punto superiore superficie di spinta  
 Altezza della superficie di spinta  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X = 4,30 Y = -9,20  
 X = 4,30 Y = 0,00  
 9,20 [m]  
 0,00 [%]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica  
 Componente orizzontale della spinta statica  
 Componente verticale della spinta statica  
 Punto d'applicazione della spinta  
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche

251,6693 [kN]  
 231,0926 [kN]  
 99,6677 [kN]  
 X = 4,30 [m]  
 43,13 [%]  
 166,05 [%]  
 Y = -5,86 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 710,0000 [kN]  
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 2,34 [m] Y = -3,86 [m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 231,0926 [kN]  
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 1134,2730 [kN]  
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle 772,4231 [kNm]  
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle 3928,5885 [kNm]  
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 1134,2730 [kN]  
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 231,0926 [kN]  
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,07 [m]  
Risultante in fondazione 1157,5746 [kN]  
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 20,37 [%]  
Momento rispetto al baricentro della fondazione 76,5126 [kNm]  
Carico ultimo della fondazione 6509,5468 [kN]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente 5,70 [m]  
Tensione terreno allo spigolo di valle 2,1732 [kg/cmq]  
Tensione terreno allo spigolo di monte 1,8851 [kg/cmq]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

$N_c = 31.61$   $N'_c = 31.61$   
 $N_q = 17.81$   $N'_q = 17.81$   
 $N_\gamma = 13.71$   $N'_\gamma = 13.71$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 5,09  
Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1,66  
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 5,74  
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 1,63

**Stabilità globale muro + terreno****Combinazione n° 1**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

**Metodo di Bishop**

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -2,32 Y[m]= 1,55

Raggio del cerchio R[m]= 12,63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -10,60

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 10,21

Larghezza della striscia dx[m]= 0,83

Coefficiente di sicurezza C= 1,63

Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	4403.03	75.37	4260.19	3.29	35.00	0.000	0.000
2	8537.90	63.70	7654.04	1.88	35.00	0.000	0.000
3	11016.56	56.05	9138.47	1.49	35.00	0.000	0.000
4	12900.17	49.74	9844.76	1.29	35.00	0.000	0.000
5	14421.09	44.18	10051.12	1.16	35.00	0.000	0.000
6	15682.17	39.12	9893.69	1.07	35.00	0.000	0.000
7	16740.19	34.39	9455.70	1.01	35.00	0.000	0.000
8	18028.72	29.92	8993.47	0.96	28.78	0.000	0.000
9	18789.67	25.65	8133.12	0.92	28.00	0.000	0.000
10	19380.01	21.52	7109.99	0.89	28.00	0.000	0.000
11	19859.04	17.51	5975.65	0.87	28.00	0.000	0.000
12	21022.43	13.59	4939.00	0.86	28.00	0.000	0.000
13	18156.94	9.73	3068.16	0.84	28.00	0.000	0.000
14	5440.68	5.91	560.52	0.84	28.00	0.000	0.000
15	5039.24	2.12	186.79	0.83	28.00	0.000	0.000
16	5044.74	-1.66	-145.73	0.83	28.00	0.000	0.000
17	4961.40	-5.44	-470.55	0.84	28.00	0.000	0.000
18	4788.12	-9.25	-769.93	0.84	28.00	0.000	0.000
19	4522.53	-13.11	-1025.52	0.85	28.00	0.000	0.000
20	4160.81	-17.02	-1217.96	0.87	28.00	0.000	0.000
21	3697.47	-21.02	-1326.24	0.89	28.00	0.000	0.000
22	3124.77	-25.13	-1326.99	0.92	28.00	0.000	0.000
23	2432.05	-29.38	-1193.30	0.96	28.00	0.000	0.000
24	1581.65	-33.83	-880.44	1.00	34.87	0.000	0.000
25	546.07	-38.51	-340.03	1.06	35.00	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 2395,5819$  [kN]

$\Sigma W_s \sin \alpha_s = 888,1824$  [kN]  
 $\Sigma W_s \tan \phi_s = 1418,6398$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_s \tan \phi_s = 6,72$

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
 Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
 Stozzo normale positivo di compressione, espresso in kN  
 Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,40	4,1182	0,4950	2,4065
3	0,80	8,6274	2,2007	5,6201
4	1,20	13,5275	5,4473	9,6381
5	1,60	18,8187	10,5641	14,4596
6	2,00	24,5008	17,8804	20,0848
7	2,40	30,5738	27,7256	26,5135
8	2,80	37,0379	40,4289	33,7458
9	3,20	43,8929	56,3197	41,7817
10	3,60	51,1389	75,7273	50,6212
11	4,00	58,7758	98,9809	60,2643
12	4,40	66,8038	126,4099	70,7110
13	4,80	75,2227	158,3436	81,9613
14	5,20	84,0326	195,1113	94,0152
15	5,60	93,2334	237,0423	106,8726
16	6,00	102,8252	284,4660	120,5337
17	6,40	112,8080	337,7115	134,9983
18	6,80	123,1818	397,1083	150,2666
19	7,20	133,9465	462,9856	166,3384
20	7,60	145,1023	535,6728	183,2138
21	8,00	156,6489	615,4854	200,7642

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,10	0,9177	18,3457
3	0,20	3,6675	36,6418
4	0,30	8,2444	54,8883
5	0,40	14,6435	73,0852
6	0,50	22,8598	91,2326
7	0,60	32,8883	109,3303
8	0,70	44,7242	127,3785
9	0,80	58,3624	145,3772
10	0,90	73,7980	163,3262
11	1,00	91,0260	181,2257

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	-1,4686	-8,2906
3	0,70	-5,7325	-15,9738
4	1,05	-12,5793	-23,0497
5	1,40	-21,7964	-29,5182
6	1,75	-33,1712	-35,3794
7	2,10	-46,4912	-40,6333
8	2,45	-61,5437	-45,2799
9	2,80	-78,1163	-49,3191
10	3,15	-95,9963	-52,7510
11	3,50	-114,9712	-55,5756

### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica 206,7028 [kN]  
 Componente orizzontale della spinta statica 189,8026 [kN]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 86 di 88

Componente verticale della spinta statica	81,8598	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4,30	[m]	Y = -6,13	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	166,05	[%]		
Incremento sismico della spinta	19,4683	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4,30	[m]	Y = -3,07	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	154,02	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	624,0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2,34	[m]	Y = -3,86	[m]
Inerzia del muro	12,9842	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	24,9600	[kN]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	245,6233	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	1038,1750	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	857,8342	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3549,1181	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	1038,1750	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	245,6233	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,26	[m]
Risultante in fondazione	1066,8356	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,66	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	267,5148	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	6064,5354	[kN]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5,70	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,3610	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	1,3535	[kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

N <sub>c</sub> = 31.61	N' <sub>c</sub> = 31.61
N <sub>q</sub> = 17.81	N' <sub>q</sub> = 17.81
N <sub>γ</sub> = 13.71	N' <sub>γ</sub> = 13.71

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.14
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.43
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	5.84
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.60

### Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]  
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

#### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36  
Numero di strisce 25

#### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,32 Y[m]= 2,32  
Raggio del cerchio R[m]= 13,29  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -10,71  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 10,77  
Larghezza della striscia dx[m]= 0,86  
Coefficiente di sicurezza C= 1,60  
Le strisce sono numerate da monte verso valle

#### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	φ	c	u
1	2509.89	73.30	2403.98	2.99	35.00	0.000	0.000
2	6494.68	62.95	5784.18	1.89	35.00	0.000	0.000
3	9069.27	55.59	7482.59	1.52	35.00	0.000	0.000
4	11049.63	49.46	8397.54	1.32	35.00	0.000	0.000
5	12658.49	44.03	8798.84	1.20	35.00	0.000	0.000
6	13998.13	39.07	8822.79	1.11	35.00	0.000	0.000
7	15126.00	34.44	8554.03	1.04	35.00	0.000	0.000
8	16296.34	30.05	8160.88	0.99	31.87	0.000	0.000
9	17320.88	25.85	7552.92	0.95	28.00	0.000	0.000
10	17957.55	21.80	6668.52	0.93	28.00	0.000	0.000
11	18477.13	17.86	5665.97	0.90	28.00	0.000	0.000
12	19161.71	14.00	4636.21	0.89	28.00	0.000	0.000
13	21961.63	10.21	3892.91	0.87	28.00	0.000	0.000
14	5447.95	6.46	613.28	0.86	28.00	0.000	0.000
15	5098.98	2.74	244.15	0.86	28.00	0.000	0.000
16	5032.85	-0.96	-84.57	0.86	28.00	0.000	0.000
17	4962.32	-4.67	-404.39	0.86	28.00	0.000	0.000
18	4798.09	-8.41	-701.39	0.87	28.00	0.000	0.000
19	4538.02	-12.17	-956.94	0.88	28.00	0.000	0.000

20	4178.56	-16.00	-1151.46	0.89	28.00	0.000	0.000
21	3714.55	-19.89	-1263.92	0.91	28.00	0.000	0.000
22	3138.74	-23.89	-1271.09	0.94	28.00	0.000	0.000
23	2441.12	-28.01	-1146.55	0.97	28.39	0.000	0.000
24	1582.07	-32.30	-845.48	1.02	35.00	0.000	0.000
25	542.24	-36.81	-324.89	1.07	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 2231,6053$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 779,9169$  [kN]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 1321,8585$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.51$

### Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
 Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm  
 Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,40	4,1182	0,3977	1,9102
3	0,80	8,6274	1,7961	4,5707
4	1,20	13,5275	4,5032	7,9815
5	1,60	18,8187	8,8271	12,1426
6	2,00	24,5008	15,0757	17,0541
7	2,40	30,5738	23,5569	22,7159
8	2,80	37,0379	34,5790	29,1280
9	3,20	43,8929	48,4497	36,2905
10	3,60	51,1389	65,4772	44,2032
11	4,00	58,7758	85,9694	52,8663
12	4,40	66,8038	110,2343	62,2797
13	4,80	75,2227	138,5800	72,4435
14	5,20	84,0326	171,3144	83,3576
15	5,60	93,2334	208,7455	95,0220
16	6,00	102,8252	251,1814	107,4367
17	6,40	112,8080	298,9300	120,6017
18	6,80	123,1818	352,2994	134,5171
19	7,20	133,9465	411,5975	149,1828
20	7,60	145,1023	477,1323	164,5988
21	8,00	156,6489	549,1982	180,6366

### Sollecitazioni fondazione di valle

#### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,10	1,0077	20,1251
3	0,20	4,0192	40,0769
4	0,30	9,0173	59,8554
5	0,40	15,9845	79,4605
6	0,50	24,9036	98,8923
7	0,60	35,7572	118,1507
8	0,70	48,5280	137,2358
9	0,80	63,1986	156,1475
10	0,90	79,7517	174,8859
11	1,00	98,1700	193,4510

### Sollecitazioni fondazione di monte

#### Combinazione n° 2

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte  
 Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm  
 Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,35	-3,3482	-18,7787
3	0,70	-12,8974	-35,4340
4	1,05	-27,9043	-49,9659
5	1,40	-47,6257	-62,3743
6	1,75	-71,3185	-72,6592
7	2,10	-98,2395	-80,8207

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-CL-IR1D-05-001  
Relazione di calcolo muro di sostegno

Foglio  
88 di 88

8	2,45	-127,6453	-86,8588
9	2,80	-158,7929	-90,7734
10	3,15	-190,9390	-92,5646
11	3,50	-223,3404	-92,2324