

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

Trincea di Linea III Valico da pk 28+464,23 a pk 28+632

Muro di sostegno

Relazione di calcolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv 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	T R 1 2 0 5	0 0 2	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>Adriano...</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. <i>Alto Mancarella</i> Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002-A00.DOCX
-----------	--

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p> <p>Foglio 3 di 63</p>

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.....		11
6. CALCOLO E VERIFICA DEL MURO		12
6.1. Stratigrafia.....		12
6.2. Carichi applicati		13
6.3. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità		14
6.3.1. Concio 1 (altezza di calcolo H = 6.20 m).....		14
6.3.2. Concio 2 (altezza di calcolo H = 4.30 m).....		17
6.4. Verifiche strutturali		20
6.4.1. Concio 1 – sezione A (altezza di calcolo H = 7.10 m).....		20
6.4.2. Concio 1 – sezione B (altezza di calcolo H = 5.70 m).....		24
6.4.3. Concio 2 – sezione C (altezza di calcolo H = 4.30 m).....		28
6.4.1. Concio 2 – sezione D (altezza di calcolo H = 3.30 m).....		32
7. ALLEGATI.....		36
7.1. Muro H = 7.10 m (risultati utilizzati per verifiche strutturali).....		36
7.2. Muro H = 6.20 m (risultati utilizzati per verifiche di stabilità e verifiche strutturali).....		43
7.3. Muro H = 5.70 m (risultati utilizzati per verifiche strutturali).....		47
7.4. Muro H = 4.30 m (risultati utilizzati per verifiche di stabilità e verifiche strutturali).....		52
7.5. Muro H = 3.30 m (risultati utilizzati per verifiche strutturali).....		59

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00
Relazione di calcolo muro di sostegno

Foglio
4 di 63

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p> <p>Foglio 5 di 63</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 TR12.

Il muro ferroviario si trova a lato della piattaforma ferroviaria, appena oltre un marciapiede pedonale, e il suo sviluppo totale è pari a 43.06 m.

Il muro ferroviario si suddivide in quattro tipologie:

Concio 1 – sezione A: altezza variabile da 5.70 m a 7.10 m, estensione 8.00 m;

Concio 1 – sezione B: altezza variabile da 4.30 m a 5.70 m, estensione 14.00 m;

Concio 2 – sezione C: altezza variabile da 3.30 m a 4.30 m, estensione 10.50 m;

Concio 2 – sezione D: altezza variabile da 2.80 m a 3.30 m, estensione 10.50 m.

I primi due tratti sono separati da un giunto in elevazione, ma hanno una fondazione unica. Stessa cosa vale per il terzo e il quarto tratto sopra elencati.

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno
	Foglio 6 di 63

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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno
	Foglio 7 di 63

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 $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno <table border="1" data-bbox="1420 224 1532 291"> <tr> <td>Foglio 8 di 63</td> </tr> </table>	Foglio 8 di 63
Foglio 8 di 63		

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) $w_k = 0.10 \text{ mm}$;
- superfici non in contatto permanente con il terreno (superfici interne) $w_k = 0.10 \text{ mm}$.

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 $c_{min} = 4 \text{ cm}$).

4. GEOMETRIA

Il Concio 1 si estende per uno sviluppo di 22 m, con un'altezza variabile da un massimo di 7.10 m a un minimo di 4.30 m.

La ciabatta di fondazione è monolitica per l'intera estensione di 22 m, mentre sull'elevazione è previsto un giunto strutturale alla quota di 5.70 m, che divide il concio nei tratti di sezione A-A (5.70 m < H < 7.10 m) e B-B (4.30 m < H < 5.70 m).

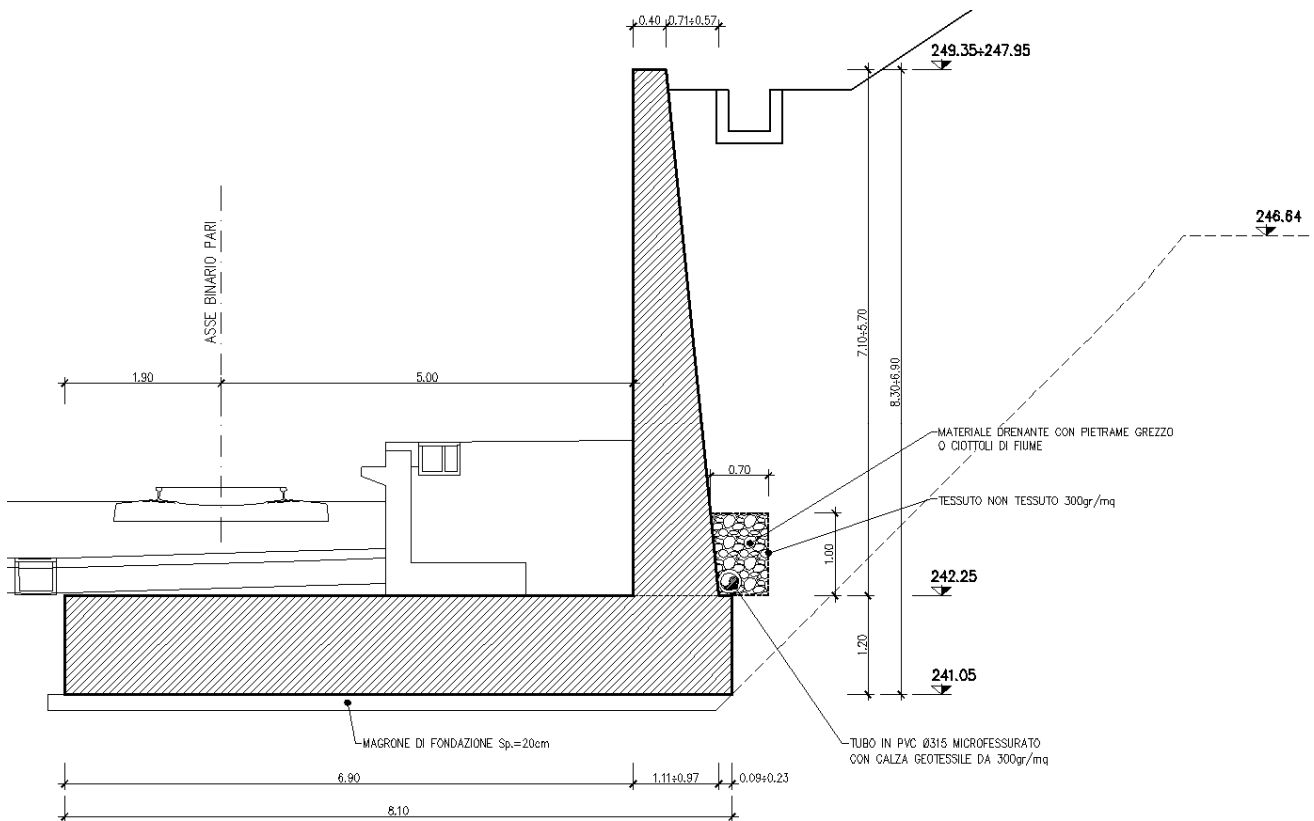
Si eseguono le verifiche di stabilità per un'altezza di 6.20 m, pari ai 2/3 della variabilità in altezza del paramento: $(2 \times 7.10 + 4.30) / 3 = 6.17 \text{ m} \approx 6.20 \text{ m}$.

Le verifiche strutturali invece saranno eseguite per le altezze effettive del paramento nei due tratti del concio.

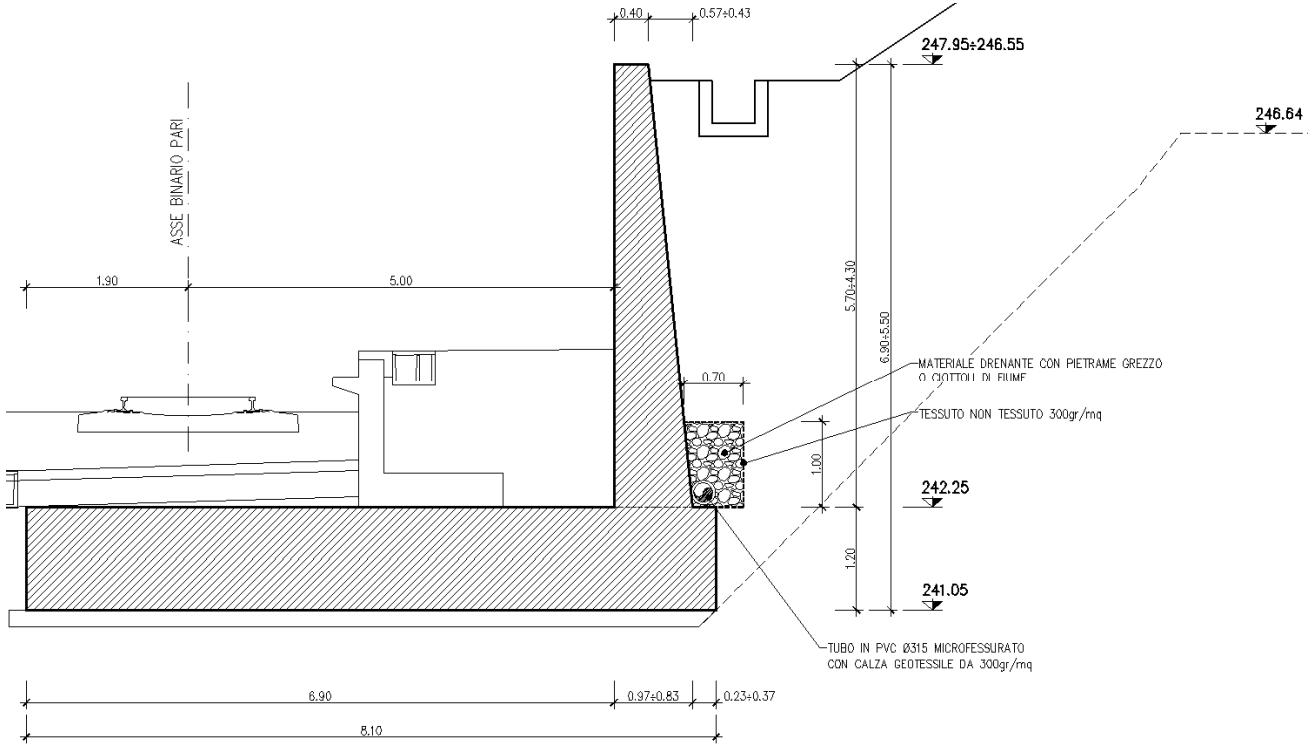
Il Concio 2 si estende per uno sviluppo di 21 m, con un'altezza variabile da un massimo di 4.30 m a un minimo di 2.80 m.

La ciabatta di fondazione è monolitica per l'intera estensione di 21 m, mentre sull'elevazione è previsto un giunto strutturale alla quota di 3.30 m, che divide il concio nei tratti di sezione C-C (3.30 m < H < 4.30 m) e D-D (2.80 m < H < 3.30 m).

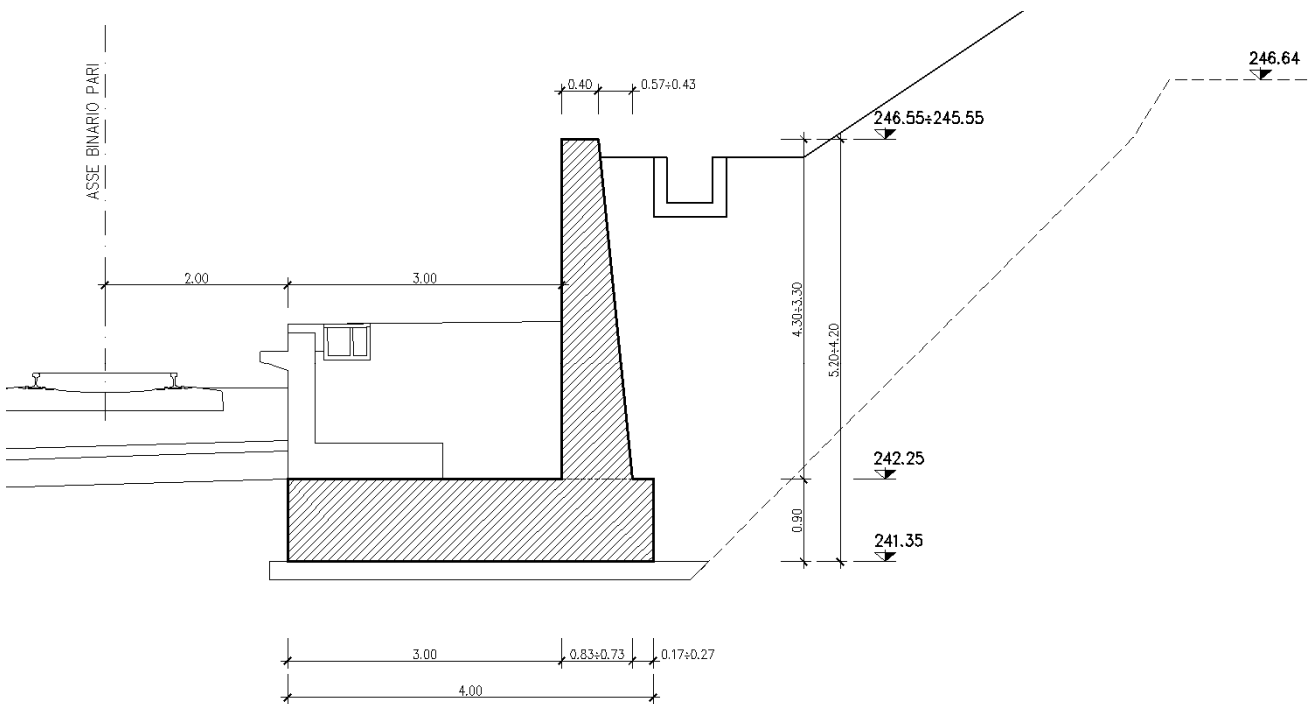
Concio 1 – Sezione A-A (5.70 m < H < 7.10 m)



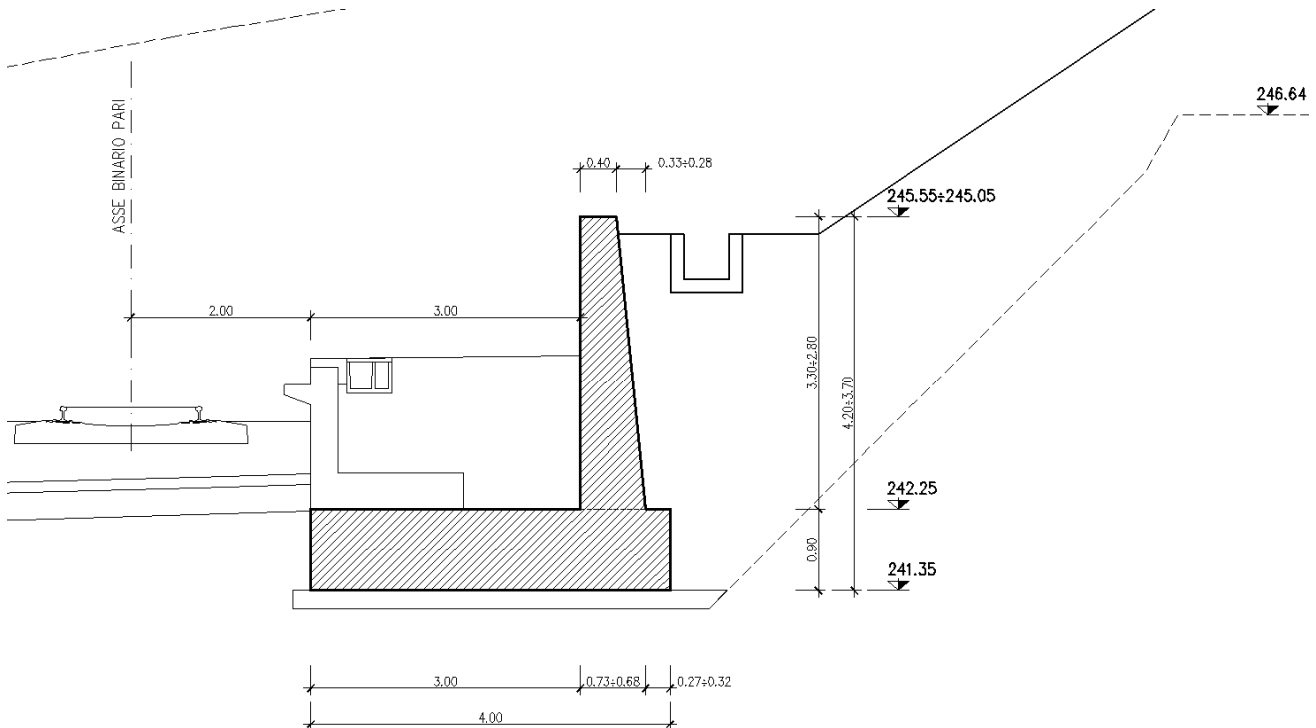
Concio 1 – Sezione B-B (4.30 m < H < 5.70 m)



Concio 2 – sezione C-C (3.30 m < H < 4.30 m)



Concio 2 – sezione D-D (2.80 m < H < 3.30 m)



5. ANALISI DEI CARICHI

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

Carichi permanenti

Sulla ciabatta di fondazione si considera il peso del marciapiede e della massicciata ferroviaria disponendo uno spessore di terreno di pari peso.

Si ha:..... $20 \times (3.00 \times 1.80 + 3.90 \times 1.10) = 193.8 \text{ kN}$

Spessore equipesante:..... $193.8 / 6.9 / 19 = 1.48 \text{ m} \approx 1.40 \text{ m}$

Sisma

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

Carichi variabili sul rilevato

sovraccarico in esercizio..... $q_{statico} = 10.00 \text{ kN/m}^2$

sovraccarico ferroviario 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.

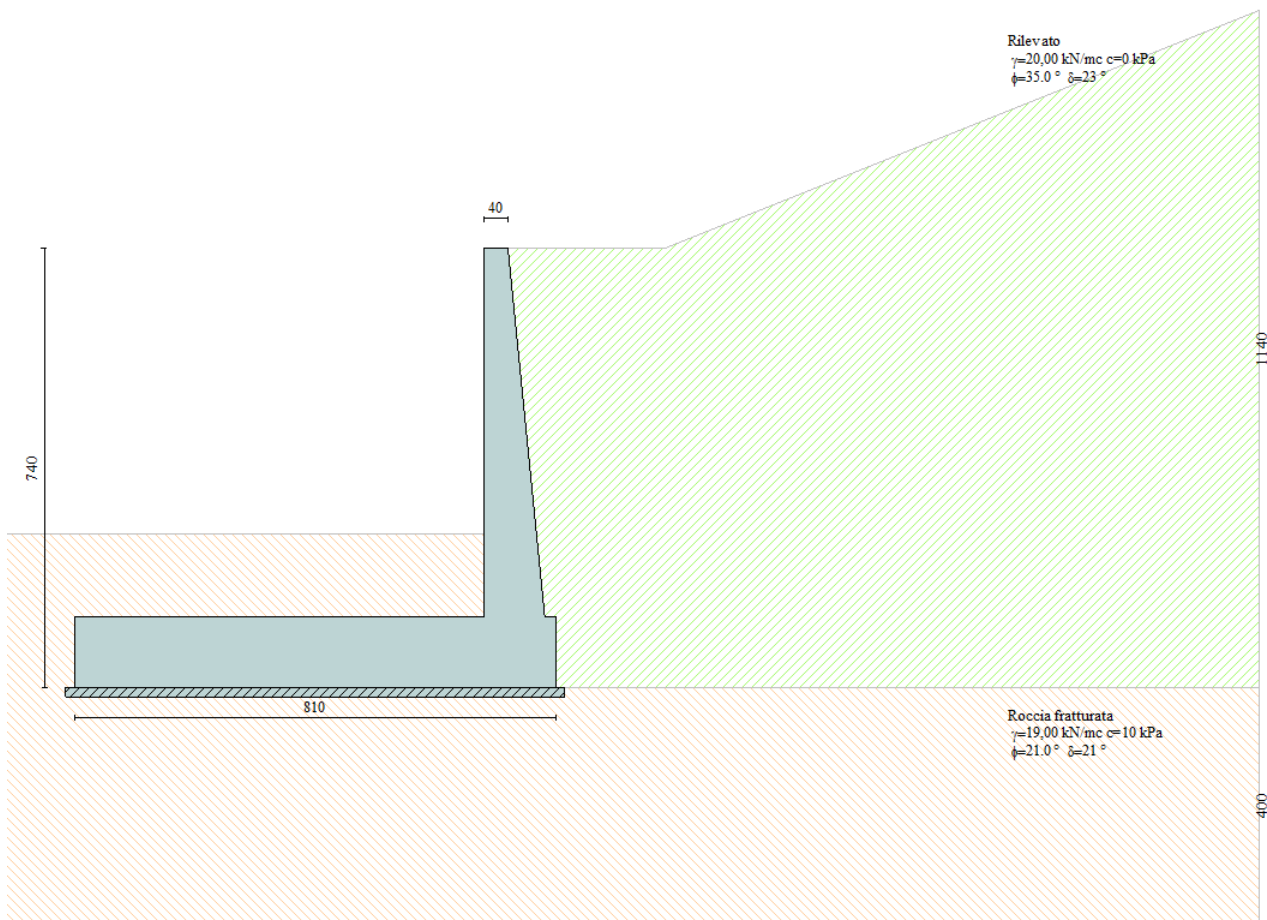
Il programma Max 10.0, una volta inserita la geometria del muro, i parametri del terreno, i carichi esterni e il coefficiente di intensità sismica svolge autonomamente il calcolo del muro per le varie verifiche di resistenza e stabilità.

Si prendono in esame due condizioni di carico

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

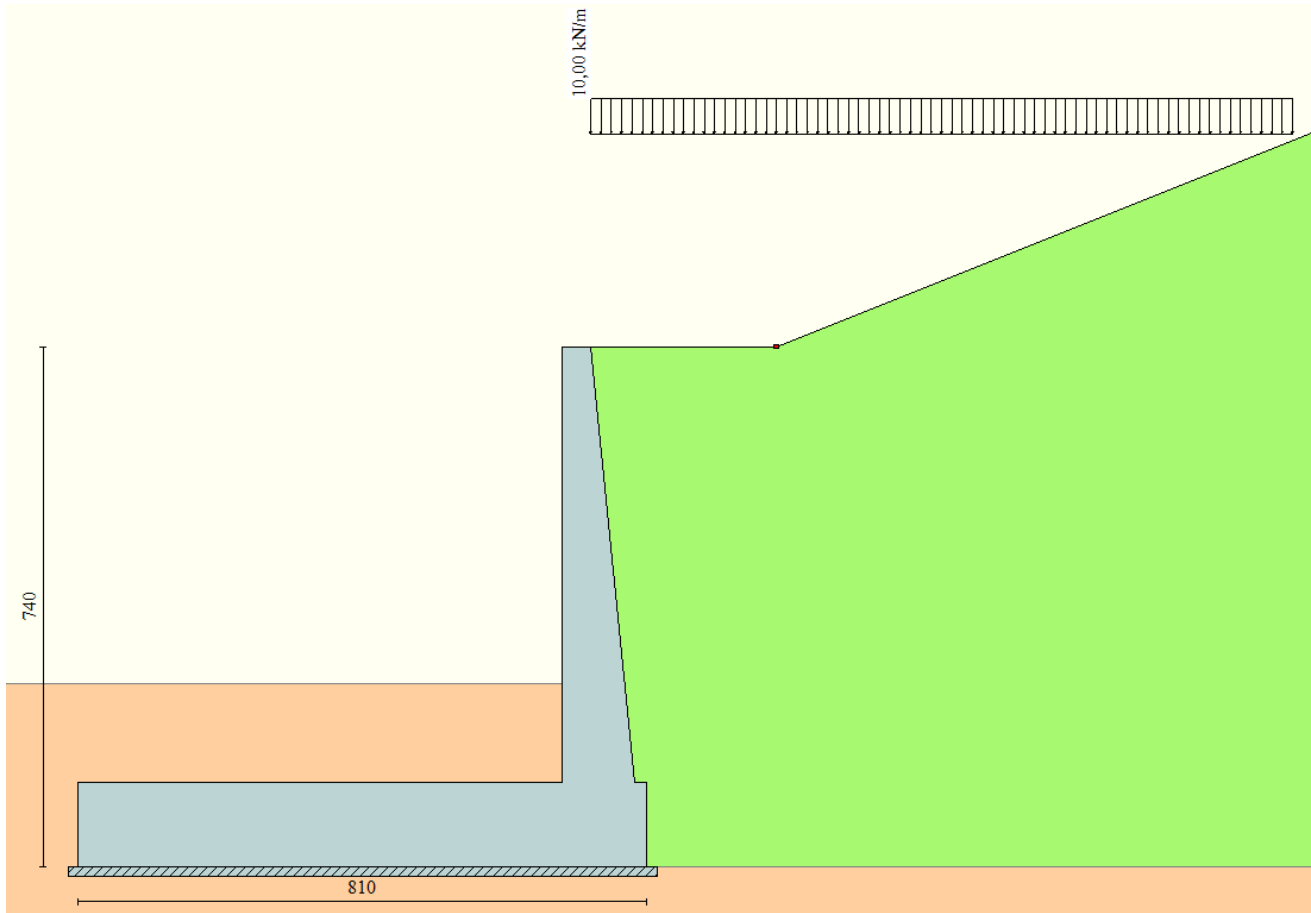
Di seguito si riporteranno i risultati delle sole condizioni di esercizio e sismica. Lo schema di calcolo, i dati relativi sia al muro che al terreno nonché i risultati ottenuti in termini di sollecitazioni sono riportati nelle seguenti figure e tabelle.

6.1. Stratigrafia



6.2. Carichi applicati





Carico variabile



6.3. Risultati dell'analisi e verifiche di stabilità





6.3.1. Concio 1 (altezza di calcolo $H = 6.20\text{ m}$)

Risultati combinazione n° 1

Tensioni ammissibili				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHESTI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	8,81			1,50
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1,61			1,30
Coefficiente di sicurezza a carico limite	9,63			2,00
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	2,07			1,30

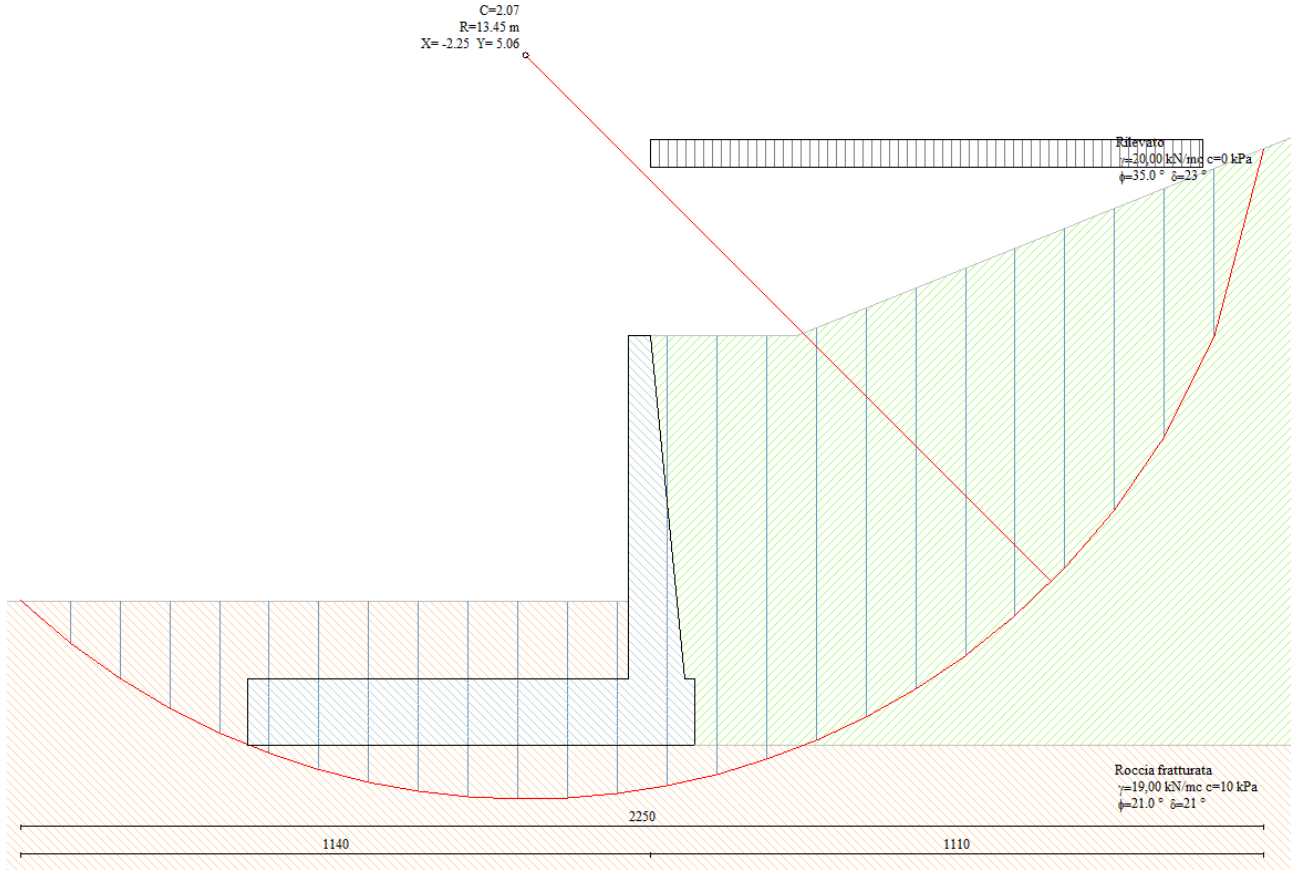
Help

Risultati combinazione n° 2

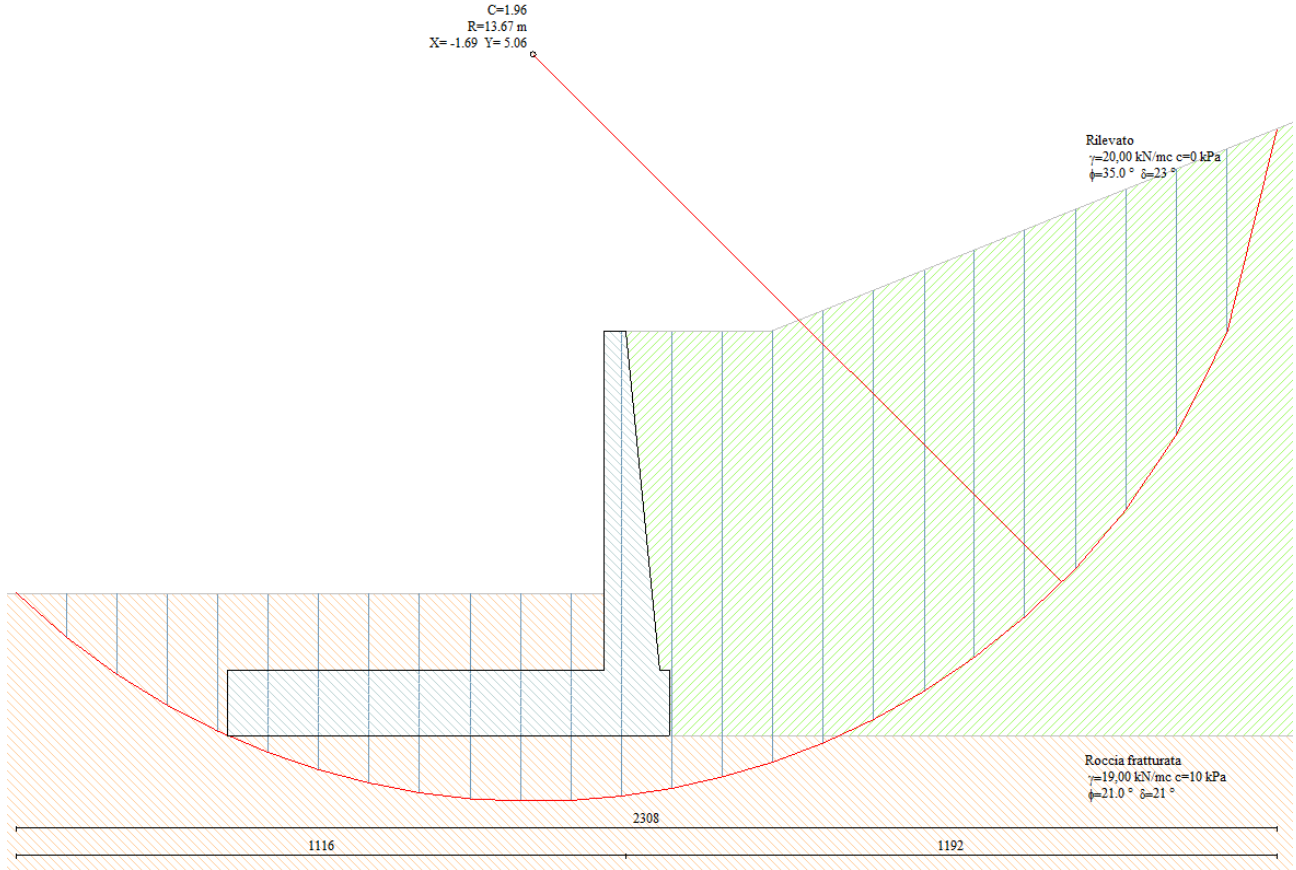
Tensioni ammissibili - Sismica				
Coefficienti sicurezza	Spinta	Forze	Risultanti	
	CALCOLATI			RICHESTI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7,37			1,50
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1,40			1,30
Coefficiente di sicurezza a carico limite	10,17			2,00
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	1,96			1,30

Help

Combinazione 1 – statica



Combinazione 2 – sismica




6.3.2. Concio 2 (altezza di calcolo $H = 4.30\text{ m}$)

Risultati combinazione n° 1

Tensioni ammissibili

Coefficienti sicurezza Spinta Forze Risultanti





	CALCOLATI		RICHESTI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5,75		1,50
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1,53		1,30
Coefficiente di sicurezza a carico limite	8,72		2,00
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	2,41		1,30

Help

Risultati combinazione n° 2

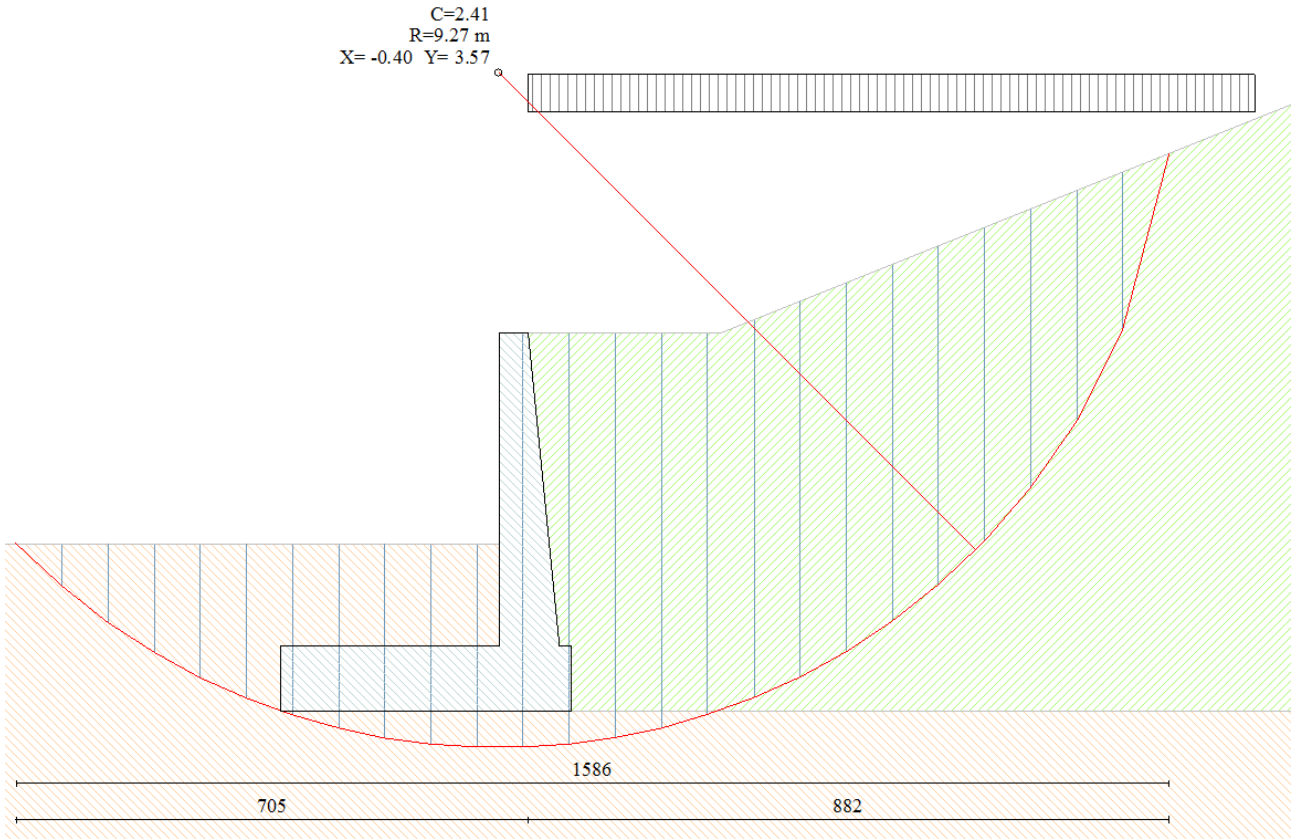
Tensioni ammissibili - Sismica

Coefficienti sicurezza Spinta Forze Risultanti

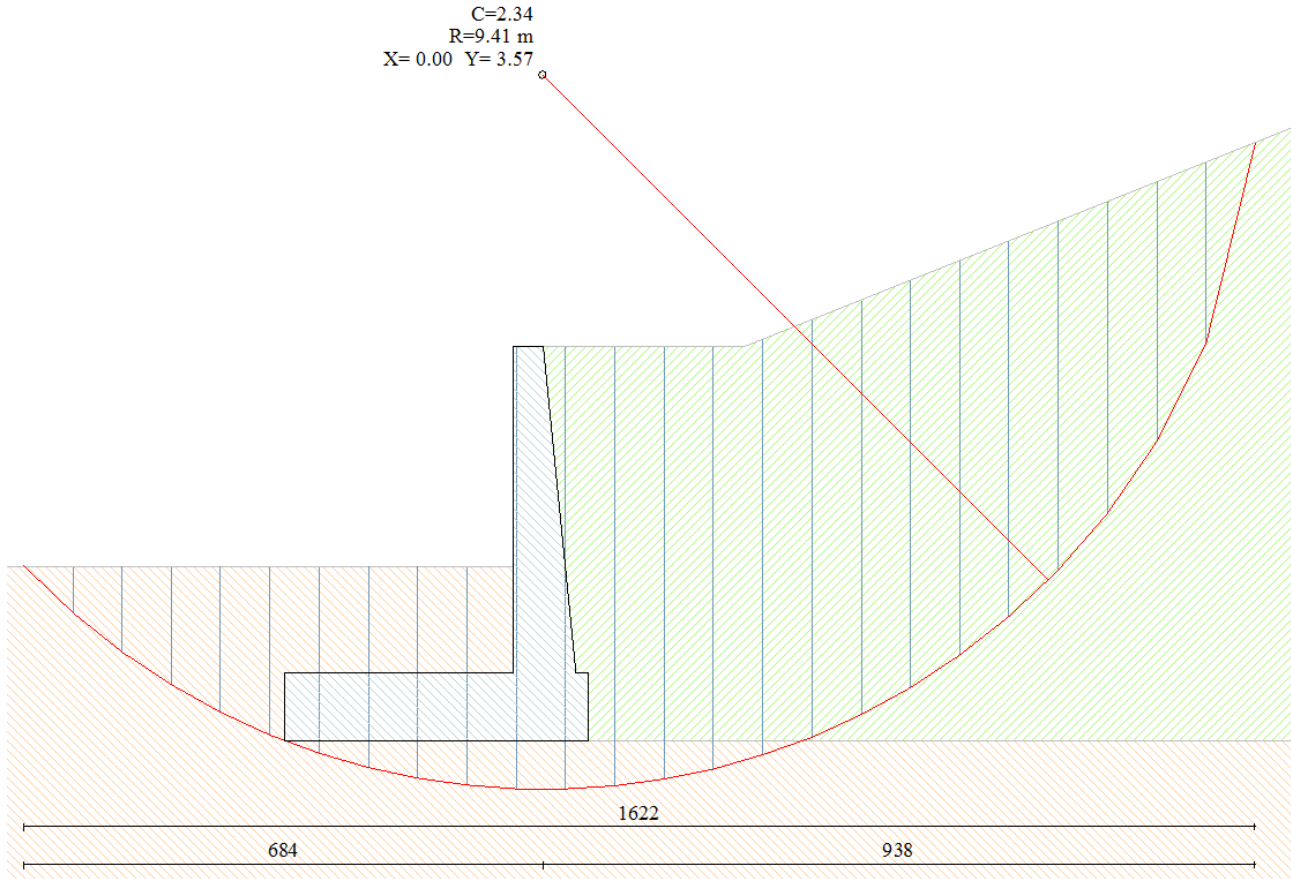
	CALCOLATI		RICHESTI
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5,03		1,50
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1,40		1,30
Coefficiente di sicurezza a carico limite	9,42		2,00
Coefficiente di sicurezza stabilità globale	2,34		1,30

Help

Combinazione 1 – statica

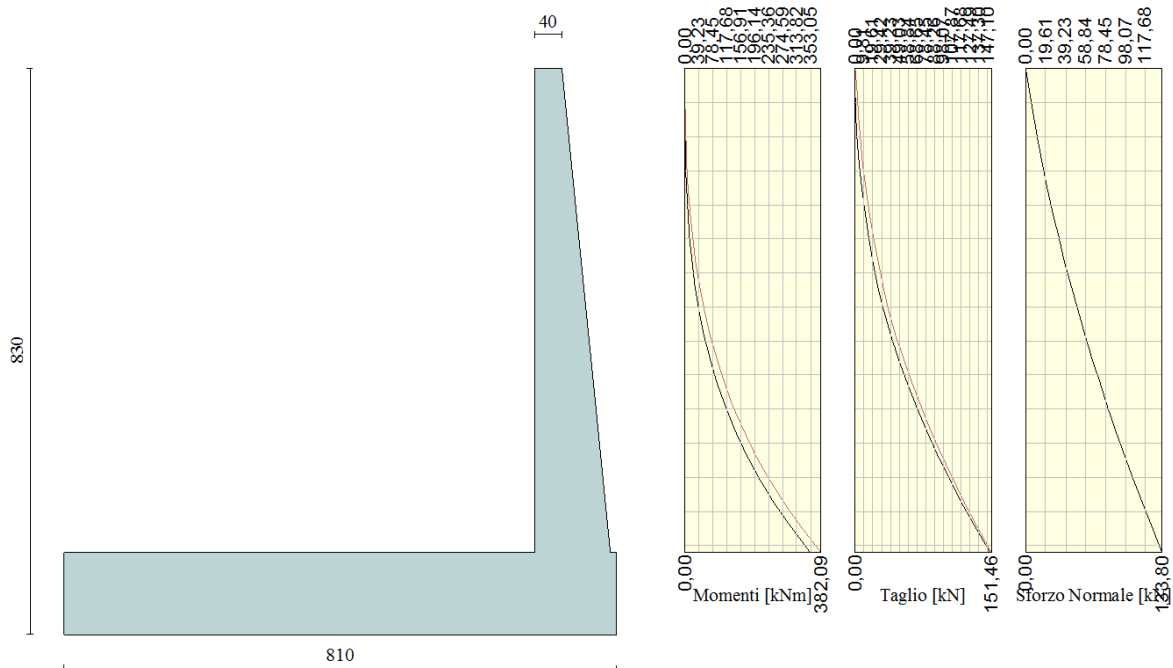


Combinazione 2 – sismica



6.4. Verifiche strutturali

6.4.1. Concio 1 – sezione A (altezza di calcolo $H = 7.10$ m)



Elevazione

$M = 382.09$ kNm/m

$N = 133.80$ kN/m

$T = 151.46$ kN/m

Altezza sezione: 110 cm

Armatura tesa: $\phi 22/20$

Armatura compressa: $\phi 22/20$

Copriferro: 6 cm

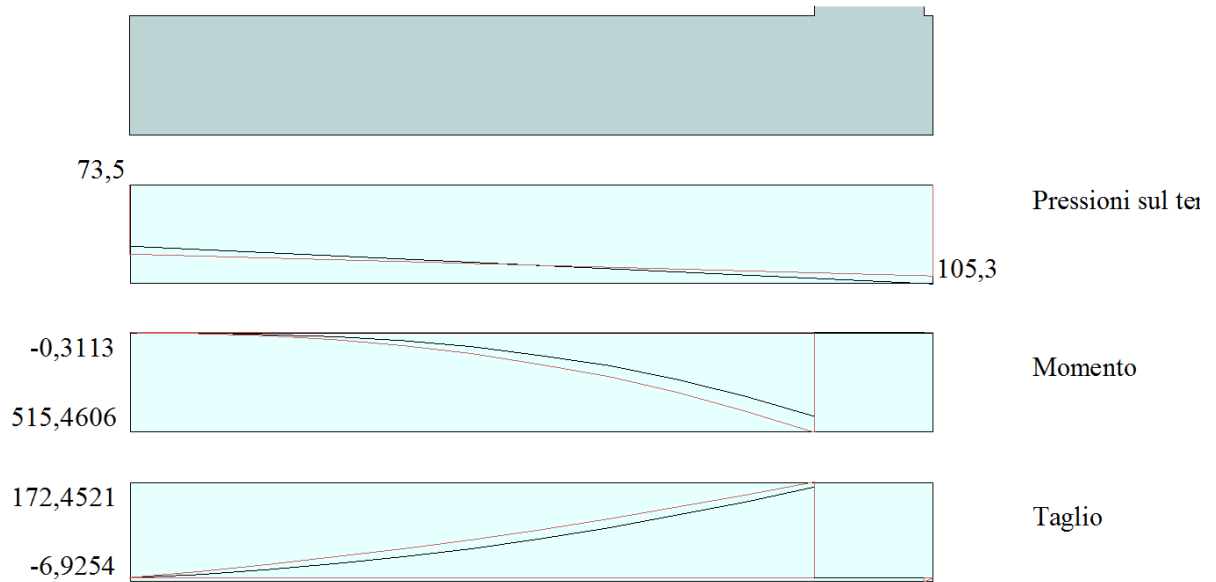
NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 21 di 63

Momento massimo	M =	382,09	kNm
Azione assiale	N =	-133,80	kN
Verifiche di resistenza			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	23,23	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	2247526	cm ⁴
eccentricità	e =	285,57	cm
tensione cls	σ_c =	3,51	Mpa
tensione acciaio layer 1	σ_{s1} =	-178,3	Mpa
tensione acciaio layer 2	σ_{s2} =		Mpa
Verifica a fessurazione			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	23,23	cm
eccentricità	e =	285,57	cm
tensione cls per fessurazione	σ_c =	3,51	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	σ_{s1} =	178,3	Mpa
momento di fessurazione	M _{cr} =	631,09	kNm
azione assiale per apertura fessure	N _{cr} =	221,00	kN
tensione cls prima fessurazione	σ_{cr} =	5,80	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	σ_{sr} =	294,5	Mpa
		M _{cr} > M	
Verifica a taglio			
massimo sforzo di taglio	τ_{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.

Fondazione



$$M = 515.46 \text{ kNm/m}$$

$$T = 172.45 \text{ kN/m}$$

Altezza sezione: 120 cm

Armatura tesa: $\phi 22/20$

Armatura compressa: $\phi 22/20$

Copriferro: 4 cm

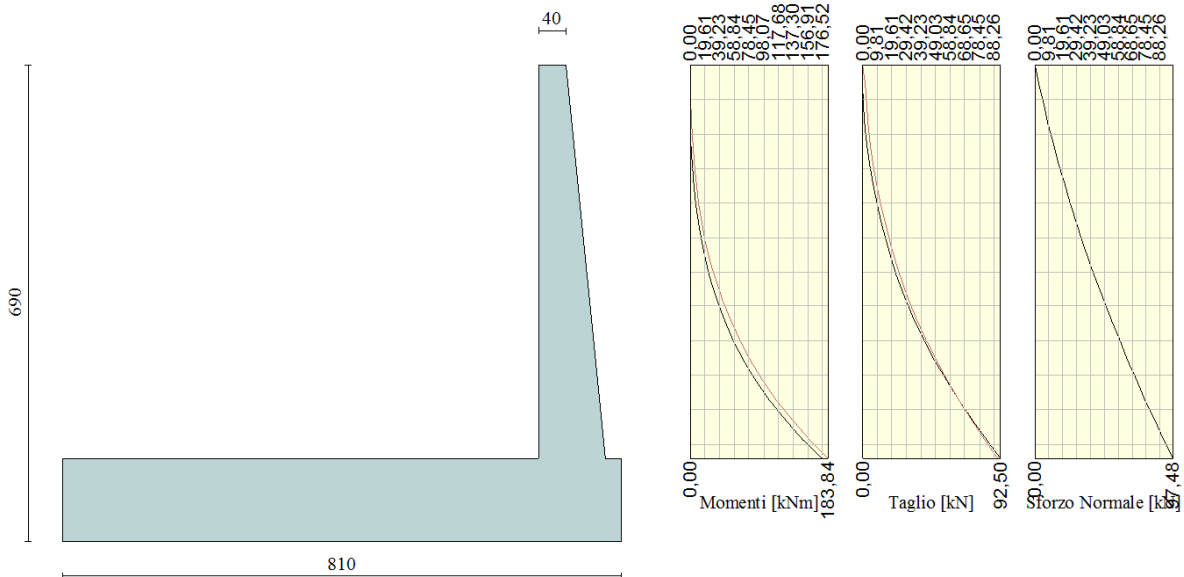
NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

Momento massimo	$M =$	515,46	kNm
Taglio massimo	$T =$	172,45	kN
Verifiche di resistenza			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	21,07	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	2832508	cm ⁴
tensione cls	$\sigma_c =$	3,83	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-253,4	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
Verifica a fessurazione			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	3,83	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	253,4	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	588,51	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	700,61	kNm
tensione acciaio per M_{fctm}	$\sigma_{sr} =$	344,4	MPa
		$M_{cr} > M$	mm
Verifica a taglio			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,17	MPa

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

6.4.2. Concio 1 – sezione B (altezza di calcolo $H = 5.70$ m)

Elevazione



$$M = 183.84 \text{ kNm/m}$$

$$N = 97.48 \text{ kN/m}$$

$$T = 92.50 \text{ kN/m}$$

Altezza sezione: 97 cm

Armatura tesa: $\phi 20/20$

Armatura compressa: $\phi 20/20$

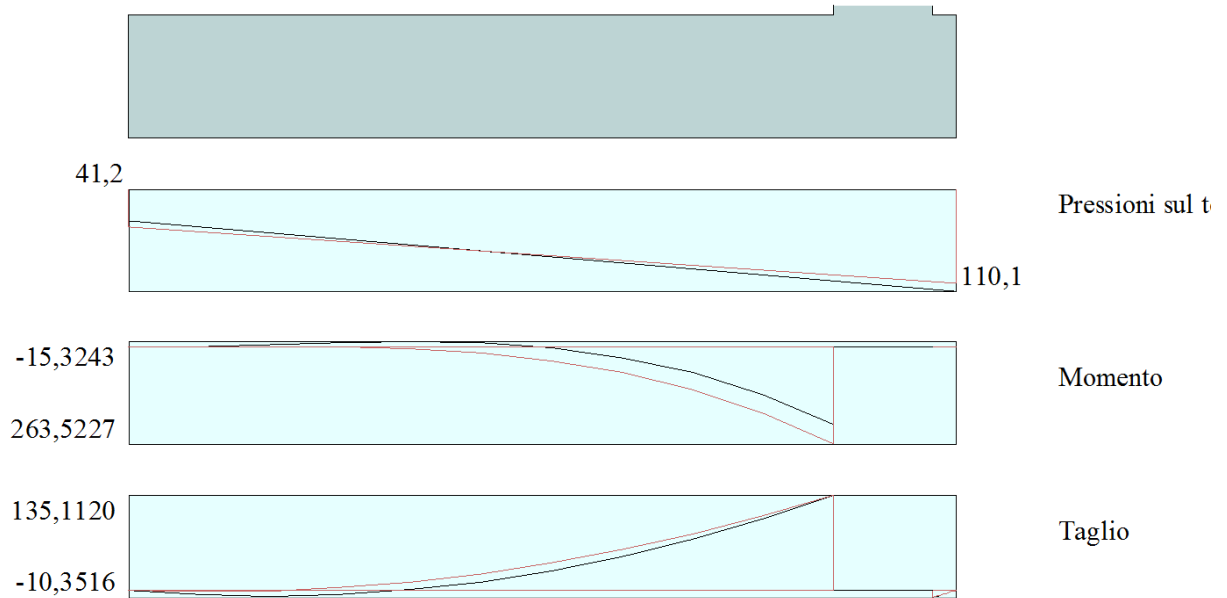
Copriferro: 6 cm

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

Momento massimo	M =	183,84	kNm
Azione assiale	N =	-97,48	kN
Verifiche di resistenza			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	20,93	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	1436846	cm ⁴
eccentricità	e =	188,59	cm
tensione cls	σ_c =	2,29	Mpa
tensione acciaio layer 1	σ_{s1} =	-111,5	Mpa
tensione acciaio layer 2	σ_{s2} =		Mpa
Verifica a fessurazione			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	20,93	cm
eccentricità	e =	188,59	cm
tensione cls per fessurazione	σ_c =	2,29	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	σ_{s1} =	111,5	Mpa
momento di fessurazione	M _{cr} =	497,45	kNm
azione assiale per apertura fessure	N _{cr} =	263,77	kN
tensione cls prima fessurazione	σ_{cr} =	6,19	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	σ_{sr} =	301,8	Mpa
		M _{cr} > M	
Verifica a taglio			
massimo sforzo di taglio	τ_{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.

Fondazione



$$M = 263.52 \text{ kNm/m}$$

$$T = 135.11 \text{ kN/m}$$

Altezza sezione: 120 cm

Armatura tesa: $\phi 22/20$

Armatura compressa: $\phi 22/20$

Copriferro: 4 cm

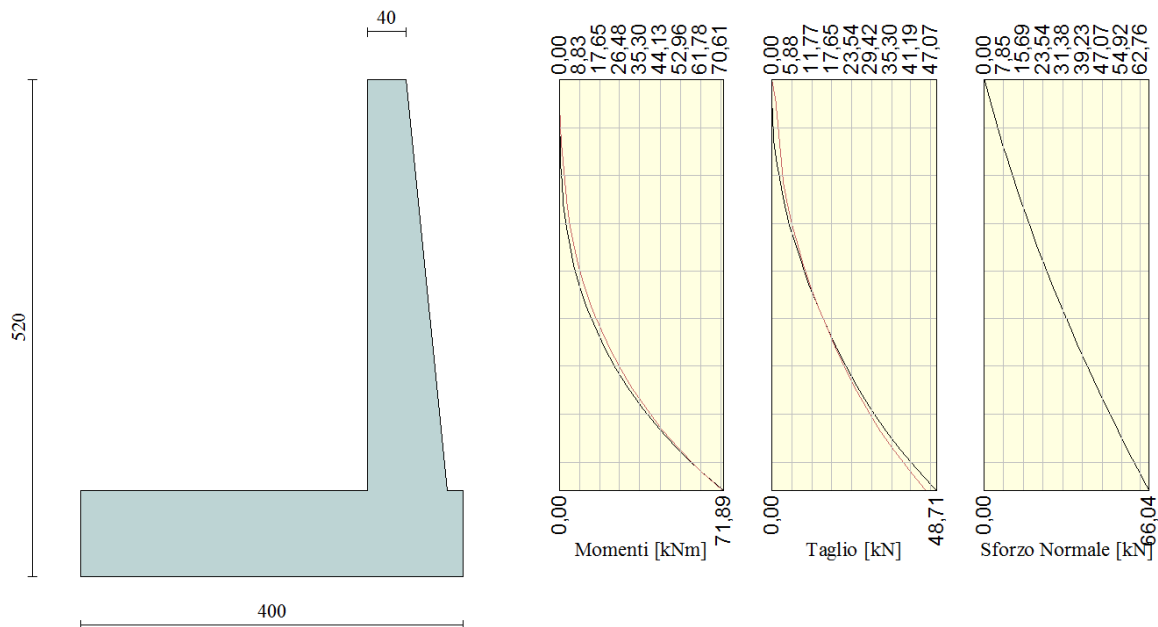
NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

Momento massimo	$M =$	263,52	kNm	
Taglio massimo	$T =$	135,11	kN	
Verifiche di resistenza				
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	21,07	cm	
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	2832508	cm ⁴	
tensione cls	$\sigma_c =$	1,96	MPa	
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-129,5	MPa	
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa	
Verifica a fessurazione				
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1,96	MPa	
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	129,5	MPa	
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	588,51	kNm	
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	700,61	kNm	
tensione acciaio per M_{fctm}	$\sigma_{sr} =$	344,4	MPa	
		$M_{cr} > M$	mm	
Verifica a taglio				
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,13	MPa	

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

6.4.3. Concio 2 – sezione C (altezza di calcolo $H = 4.30$ m)

Elevazione



$M = 71.89$ kNm/m

$N = 66.04$ kN/m

$T = 48.71$ kN/m

Altezza sezione: 83 cm

Armatura tesa: $\phi 18/20$

Armatura compressa: $\phi 18/20$

Copriferro: 6 cm

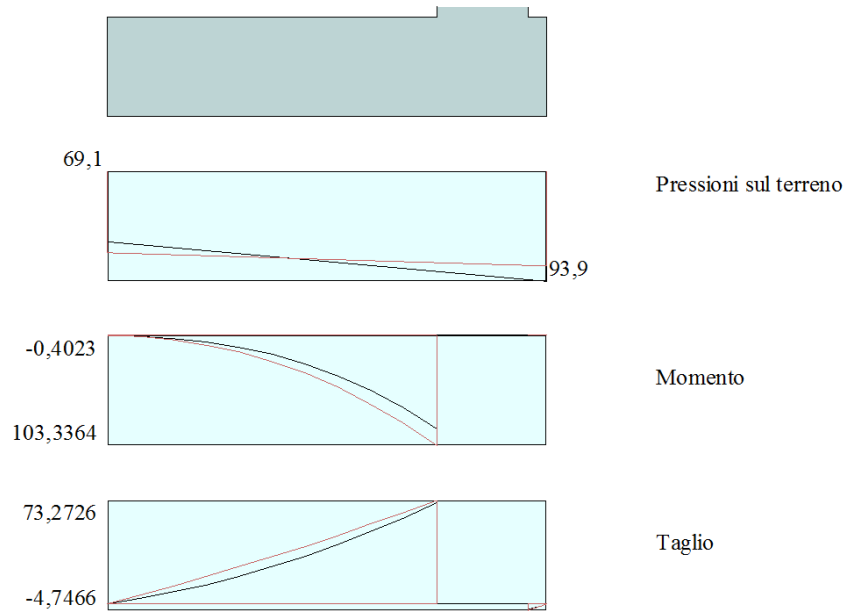
NB: la quantità d'armatura è conforme al minimo di regolamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno
	Foglio 29 di 63

Momento massimo	M =	71,89	kNm
Azione assiale	N =	-66,04	kN
Verifiche di resistenza			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	19,19	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	856467	cm ⁴
eccentricità	e =	108,86	cm
tensione cls	$\sigma_c =$	1,28	Mpa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-56,0	Mpa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		Mpa
Verifica a fessurazione			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	19,19	cm
eccentricità	e =	108,86	cm
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1,28	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	56,0	Mpa
momento di fessurazione	M _{cr} =	378,19	kNm
azione assiale per apertura fessure	N _{cr} =	347,42	kN
tensione cls prima fessurazione	$\sigma_{cr} =$	6,74	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	$\sigma_{sr} =$	294,4	Mpa
		M _{cr} > M	
Verifica a taglio			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0,07	Mpa

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

Fondazione



$M = 103.34 \text{ kNm/m}$

$T = 73.27 \text{ kN/m}$

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

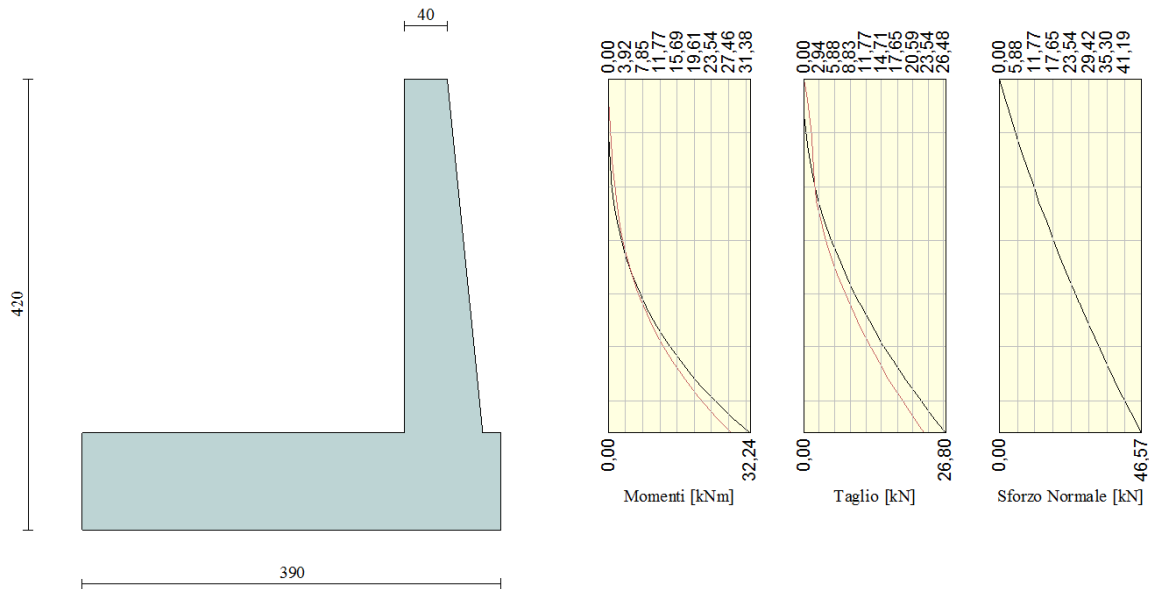
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno
	Foglio 31 di 63

Momento massimo	M =	103,34	kNm
Taglio massimo	T =	73,27	kN
Verifiche di resistenza			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	16,41	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	1249240	cm ⁴
tensione cls	$\sigma_c =$	1,36	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-83,9	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
Verifica a fessurazione			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	1,36	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	83,9	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
Verifica a taglio			
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.

6.4.1. Concio 2 – sezione D (altezza di calcolo $H = 3.30$ m)

Elevazione



$M = 32.24$ kNm/m

$N = 46.57$ kN/m

$T = 26.80$ kN/m

Altezza sezione: 73 cm

Armatura tesa: $\phi 18/20$

Armatura compressa: $\phi 18/20$

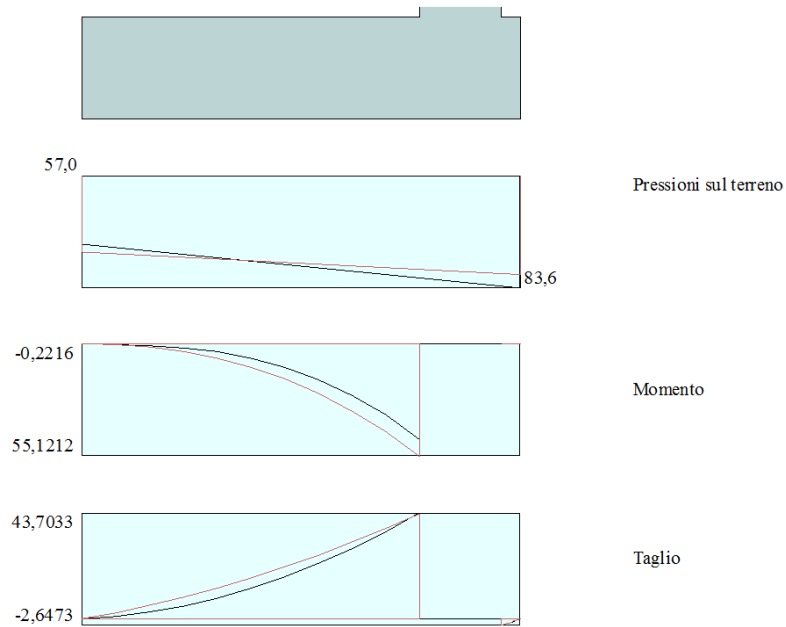
Copriferro: 6 cm

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

Momento massimo	M =	32,24	kNm
Azione assiale	N =	-46,57	kN
Verifiche di resistenza			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	19,64	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	673304	cm ⁴
eccentricità	e =	69,23	cm
tensione cls	σ_c =	0,71	Mpa
tensione acciaio layer 1	σ_{s1} =	-24,7	Mpa
tensione acciaio layer 2	σ_{s2} =		Mpa
Verifica a fessurazione			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	19,64	cm
eccentricità	e =	69,23	cm
tensione cls per fessurazione	σ_c =	0,71	Mpa
tensione acciaio per fessurazione	σ_{s1} =	24,7	Mpa
momento di fessurazione	M _{cr} =	312,89	kNm
azione assiale per apertura fessure	N _{cr} =	451,97	kN
tensione cls prima fessurazione	σ_{cr} =	6,91	Mpa
tensione acciaio prima fessurazione	σ_{sr} =	239,7	Mpa
		M _{cr} > M	
Verifica a taglio			
massimo sforzo di taglio	τ_{max} =	0,05	Mpa

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

Fondazione



$M = 55.12 \text{ kNm/m}$

$T = 43.70 \text{ kN/m}$

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

Momento massimo		M =	55,12	kNm
Taglio massimo		T =	43,70	kN
Verifiche di resistenza				
Asse neutro (da lembo compresso)		x =	16,41	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata		J =	1249240	cm ⁴
tensione cls		$\sigma_c =$	0,72	MPa
tensione acciaio layer 1		$\sigma_{s1} =$	-44,7	MPa
tensione acciaio layer 2		$\sigma_{s2} =$		MPa
Verifica a fessurazione				
tensione cls per fessurazione		$\sigma_c =$	0,72	MPa
tensione acciaio per fessurazione		$\sigma_{s1} =$	44,7	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
Verifica a taglio				
massimo sforzo di taglio		$\tau_{max} =$	0,06	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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 36 di 63

7. ALLEGATI

7.1. Muro H = 7.10 m (risultati utilizzati per verifiche strutturali)

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 ρ 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 ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

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

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

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

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 η_r .

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che sia $\eta_r \geq 1.5$.

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 37 di 63</p>

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

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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ 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 η_s .

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

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

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 δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

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, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_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 η_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 $\eta_q > 2.0$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 \gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

c	coesione del terreno in fondazione;
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ	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:

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

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

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

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

termine K_{py} che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Meyerhof

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p> <p style="text-align: right;">Foglio 38 di 63</p>

$$N_y = (N_q - 1) \operatorname{tg}(1.4 \cdot \phi)$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_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:

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

dove il termine m è espresso da

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

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_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 ϕ_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 η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

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	7,10 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,11 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Fondazione	
Lunghezza mensola fondazione di valle	6,90 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,09 [m]
Lunghezza totale fondazione	8,10 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	1,20 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo	
Peso specifico	25,000 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{pk}	24517 [kPa]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	8336 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	523 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	1653 [kPa]
Acciaio	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile σ_{sa}	254977 [kPa]

Geometria profilo terreno a monte del muro

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 39 di 63

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	2,65	0,00	0,00
2	12,65	4,00	21,80

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	1,50	[m]

Descrizione terreni
Simbologia adottata

 Nr. Indice del terreno
 Descrizione Descrizione terreno
 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
 γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
 c Coesione espressa in [kPa]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,0	0,0
Roccia frantumata	19,00	19,00	21,00	21,00	10,0	0,0

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/cm²/cm
 Ks Coefficiente di spinta
 Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	8,20	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	4,00	0,00	3,88	0,00	Roccia frantumata

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_i 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)

D	Profilo	X _i =0,00	X _f =10,00	Q _i =10,0000	Q _f =10,0000
---	---------	----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

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	1.00

Combinazione n° 2 Tensioni ammissibili - Sismica

	c
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 40 di 63</p>

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Tensioni ammissibili

Impostazioni avanzate

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

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_{acc} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
 CS_{rib} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
 CS_{lim} Coeff. di sicurezza a carico limite
 CS_{stab} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{acc}	CS _{rib}	CS _{lim}	CS _{stab}
1	TAMM - [2]	--	1,24	6,51	10,03	1,93
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,13	5,61	10,39	1,80

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

377,0125 [kN]
 X=-2,09 Y=-6,42

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 = 0,83 Y = -8,30
 X = 0,00 Y = 0,00
 8,30 [m]
 10,00 [%]

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

243,6858 [kN]
 213,1296 [kN]
 118,1463 [kN]
 X = 0,57 [m] Y = -5,73 [m]
 43,05 [%]
 95,27 [%]

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

-1,0796 [kN]
 X = 0,00 [m] Y = 0,00 [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

213,1296 [kN]
 690,7292 [kN]
 547,7495 [kNm]
 3563,8808 [kNm]
 690,7292 [kN]
 213,1296 [kN]
 -0,32 [m]
 722,8630 [kN]
 30,86 [%]
 -218,6782 [kNm]
 6930,6412 [kN]

Tensioni sul terreno

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

8,10 [m]
 65,28 [kPa]
 105,27 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N_c = 18.92

N'c = 18.92



$N_q = 8.26$
 $N_\gamma = 4.09$

$N'_q = 8.26$
 $N'_\gamma = 4.09$

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

6.51
1.24
10.03
1.93

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	0,35	3,7070	0,0535	0,1839
3	0,71	7,7280	0,3415	0,9921
4	1,06	12,0631	1,1214	2,5251
5	1,42	16,7121	2,6433	4,7141
6	1,77	21,6752	5,1413	7,5412
7	2,13	26,9523	8,8470	11,0032
8	2,48	32,5435	13,9911	15,0990
9	2,84	38,4486	20,8042	19,8282
10	3,19	44,6678	29,5167	25,1963
11	3,55	51,2009	40,3900	31,4366
12	3,90	58,0481	53,8315	39,0385
13	4,26	65,2093	70,3238	47,8435
14	4,61	72,6846	90,2322	57,5405
15	4,97	80,4738	113,8759	68,1203
16	5,32	88,5771	141,5739	79,5831
17	5,68	96,9944	173,6452	91,9287
18	6,03	105,7257	210,4090	105,1572
19	6,39	114,7710	252,1842	119,2686
20	6,74	124,1303	299,2900	134,2629
21	7,10	133,8037	352,0318	149,9989

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	0,69	1,8837	5,8517
3	1,38	8,6161	14,0543
4	2,07	21,8193	24,6078
5	2,76	43,1155	37,5121
6	3,45	74,1267	52,7673
7	4,14	116,4750	70,3734
8	4,83	171,7826	90,3304
9	5,52	241,6716	112,6382
10	6,21	327,7641	137,2969
11	6,90	431,6821	164,3065

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	0,01	-0,0031	-0,6907
3	0,02	-0,0124	-1,3819
4	0,03	-0,0280	-2,0734
5	0,04	-0,0498	-2,7654
6	0,04	-0,0778	-3,4577
7	0,05	-0,1120	-4,1504
8	0,06	-0,1525	-4,8436
9	0,07	-0,1992	-5,5371
10	0,08	-0,2521	-6,2311
11	0,09	-0,3113	-6,9254

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica

216,0102

[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-TR12-05-002_A00</p> <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 42 di 63</p>

Componente orizzontale della spinta statica	188,9276	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	104,7223	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,59	[m]	Y = -5,87	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	95,27	[°]		
Incremento sismico della spinta	27,0254	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,28	[m]	Y = -2,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	85,18	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	-1,0796	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,00	[m]	Y = 0,00	[m]
Inerzia del muro	15,0805	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	-0,0432	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	235,4679	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	690,4072	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	634,1199	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3558,8774	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	690,4072	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	235,4679	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,19	[m]
Risultante in fondazione	729,4568	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	34,11	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-128,6085	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	7172,5485	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	8,10	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	73,47	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	97,00	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 18.92	N' _c = 18.92
N _q = 8.26	N' _q = 8.26
N _γ = 4.09	N' _γ = 4.09

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.61
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.13
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.39
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.80

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	0,35	3,7070	0,4605	2,3219
3	0,71	7,7280	1,7205	4,1377
4	1,06	12,0631	3,6625	5,8873
5	1,42	16,7121	6,4314	8,4491
6	1,77	21,6752	10,3574	11,8392
7	2,13	26,9523	15,6784	15,7941
8	2,48	32,5435	22,6006	20,3137
9	2,84	38,4486	31,3299	25,3981
10	3,19	44,6678	42,0726	31,0510
11	3,55	51,2009	55,0558	37,4361
12	3,90	58,0481	70,6189	44,9584
13	4,26	65,2093	89,1759	53,5427
14	4,61	72,6846	111,0579	62,9488
15	4,97	80,4738	136,5598	73,1695
16	5,32	88,5771	165,9764	84,2049
17	5,68	96,9944	199,6026	96,0551
18	6,03	105,7257	237,7332	108,7198
19	6,39	114,7710	280,6630	122,1993
20	6,74	124,1303	328,6869	136,4935
21	7,10	133,8037	382,0862	151,4610

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	0,69	3,7236	11,0235
3	1,38	15,5305	23,4297
4	2,07	36,3746	37,2184
5	2,76	67,2099	52,3897
6	3,45	108,9904	68,9436

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno
	Foglio 43 di 63

7	4,14	162,6701	86,8801
8	4,83	229,2030	106,1992
9	5,52	309,5431	126,9009
10	6,21	404,6443	148,9852
11	6,90	515,4606	172,4521

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	0,01	-0,0030	-0,6751
3	0,02	-0,0122	-1,3505
4	0,03	-0,0273	-2,0261
5	0,04	-0,0486	-2,7020
6	0,04	-0,0760	-3,3781
7	0,05	-0,1094	-4,0544
8	0,06	-0,1490	-4,7310
9	0,07	-0,1946	-5,4078
10	0,08	-0,2463	-6,0848
11	0,09	-0,3041	-6,7621

7.2. Muro H = 6.20 m (risultati utilizzati per verifiche di stabilità e verifiche strutturali)

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	6,20 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,02 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	6,90 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,18 [m]
Lunghezza totale fondazione	8,10 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	1,20 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

<u>Calcestruzzo</u>	
Peso specifico	25,000 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}	24517 [kPa]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	8336 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	523 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	1653 [kPa]
<u>Acciaio</u>	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile σ_{sa}	254977 [kPa]

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 [°]

<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-TR12-05-002_A00</p> <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p>	
<p>Foglio 44 di 63</p>	

N	X	Y	A
1	2,65	0,00	0,00
2	12,65	4,00	21,80

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	1,40	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Descrizione terreno	Indice del terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]	
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]	
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]	
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]	
c	Coesione espressa in [kPa]	
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]	

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,0	0,0
Roccia fratturata	19,00	19,00	21,00	21,00	10,0	0,0

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 ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	7,40	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	4,00	0,00	3,79	0,00	Roccia fratturata

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senza 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=Xi espressa in [kN/m]
Q_x	Intensità del carico per x=Xi espressa in [kN/m]
D / c	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Sovraccarico)

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

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	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

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 45 di 63</p>

Impostazioni avanzate

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

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 _{sc}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS _{rib}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS _{qlim}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS _{stab}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{sc}	CS _{rib}	CS _{qlim}	CS _{stab}
1	TAMM - [2]	--	1,61	8,81	9,63	2,07
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,40	7,37	10,17	1,96

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)
 Assisse 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

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	353,0500 [kN]
Baricentro del muro	X=-2,24 Y=-5,79

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,80 Y = -7,40
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,80 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	7,40 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [%]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	174,9966	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	160,6888	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	69,3033	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,80	[m]	Y = -4,91 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	135,48	[%]	

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	68,7600	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,52	[m]	Y = -2,45 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	160,6888	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	674,6533	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	399,4791	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3517,4771	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	674,6533	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	160,6888	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,57	[m]
Risultante in fondazione	693,5257	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,82	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-385,6523	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	6497,4346	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	8,10	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	48,02	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	118,56	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N _c = 18.92	N' _c = 18.92
N _q = 8.26	N' _q = 8.26
N _γ = 4.09	N' _γ = 4.09

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	8.81
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.61

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 9.63
 Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 2.07

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]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo anticorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36
 Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,25 Y[m]= 5,06
 Raggio del cerchio R[m]= 13,45
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -11,40
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 11,10
 Larghezza della striscia dx[m]= 0,90
 Coefficiente di sicurezza C= 2.07
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	φ	c	u
1	2794.83	75.20	2702.13	3.52	35.00	0.000	0.000
2	7630.44	63.47	6826.88	2.01	35.00	0.000	0.000
3	10036.88	55.76	8297.63	1.60	35.00	0.000	0.000
4	11552.96	49.41	8772.52	1.38	35.00	0.000	0.000
5	12647.63	43.80	8754.01	1.25	35.00	0.000	0.000
6	13439.98	38.69	8400.68	1.15	35.00	0.000	0.000
7	13995.76	33.92	7809.72	1.08	35.00	0.000	0.000
8	14355.75	29.41	7048.53	1.03	35.00	0.000	0.000
9	14547.09	25.09	6167.86	0.99	35.00	0.000	0.000
10	14703.73	20.92	5249.35	0.96	24.30	0.078	0.000
11	15192.72	16.86	4406.37	0.94	21.00	0.102	0.000
12	16189.49	12.89	3611.24	0.92	21.00	0.102	0.000
13	15917.34	8.98	2484.61	0.91	21.00	0.102	0.000
14	6960.97	5.11	620.44	0.90	21.00	0.102	0.000
15	7049.69	1.27	156.28	0.90	21.00	0.102	0.000
16	7031.69	-2.57	-314.98	0.90	21.00	0.102	0.000
17	6906.69	-6.42	-771.87	0.91	21.00	0.102	0.000
18	6672.78	-10.30	-1192.57	0.91	21.00	0.102	0.000
19	6326.25	-14.22	-1554.29	0.93	21.00	0.102	0.000
20	5861.12	-18.22	-1832.55	0.95	21.00	0.102	0.000
21	4958.68	-22.31	-1882.52	0.97	29.13	0.043	0.000
22	3965.42	-26.53	-1771.07	1.01	35.00	0.000	0.000
23	3059.06	-30.91	-1571.23	1.05	35.00	0.000	0.000
24	1976.01	-35.50	-1147.38	1.11	35.00	0.000	0.000
25	685.29	-40.37	-443.88	1.18	35.00	0.000	0.000

ΣW_i= 2201,2189 [kN]
 ΣW_isinα_i= 674,9624 [kN]
 ΣW_itanφ_i= 1206,5621 [kN]
 Σtanα_itanφ_i= 6.36

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	152,7111	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	140,2253	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	60,4776	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,80	[m]	Y = -5,05 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	135,79	[°]	
Incremento sismico della spinta	19,7784	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,80	[m]	Y = -2,47 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	121,87	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	60,7600	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,52	[m]	Y = -2,45 [m]
Inerzia del muro	14,1220	[kNm]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,4304	[kNm]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	182,2806	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	665,6604	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	467,6116	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3446,8562	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	665,6604	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	182,2806	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,43	[m]
Risultante in fondazione	690,1666	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27,38	[°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione -283,3201 [kNm]
Carico ultimo della fondazione 6770,1704 [kN]

Tensioni sul terreno
Lunghezza fondazione reagente 8,10 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle 56,27 [kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte 108,09 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante
 $N_c = 18.92$ $N'_c = 18.92$
 $N_q = 8.26$ $N'_q = 8.26$
 $N_\gamma = 4.09$ $N'_\gamma = 4.09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 7.37
Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.40
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 10.17
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 1.96

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 [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce 25

Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -1,69 Y[m]= 5,06
Raggio del cerchio R[m]= 13,67
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -11,16
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 11,92
Larghezza della striscia dx[m]= 0,92
Coefficiente di sicurezza C= 1.96
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	w	α (°)	$w \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	ϕ	c	u
1	3171.25	76.12	3078.71	3.85	35.00	0.000	0.000
2	7757.67	63.75	6957.77	2.09	35.00	0.000	0.000
3	10109.81	55.92	8373.09	1.65	35.00	0.000	0.000
4	11716.12	49.48	8906.31	1.42	35.00	0.000	0.000
5	12871.84	43.82	8911.77	1.28	35.00	0.000	0.000
6	13705.76	38.65	8560.77	1.18	35.00	0.000	0.000
7	14288.50	33.84	7957.64	1.11	35.00	0.000	0.000
8	14663.63	29.29	7174.51	1.06	35.00	0.000	0.000
9	14858.00	24.94	6264.69	1.02	30.50	0.033	0.000
10	14868.48	20.73	5263.67	0.99	21.00	0.102	0.000
11	15053.27	16.64	4311.28	0.96	21.00	0.102	0.000
12	15484.75	12.64	3387.97	0.95	21.00	0.102	0.000
13	17624.28	8.70	2664.62	0.93	21.00	0.102	0.000
14	11685.19	4.79	976.76	0.93	21.00	0.102	0.000
15	7636.49	0.92	122.11	0.92	21.00	0.102	0.000
16	7606.68	-2.96	-392.57	0.92	21.00	0.102	0.000
17	7463.19	-6.85	-889.68	0.93	21.00	0.102	0.000
18	7203.81	-10.77	-1345.75	0.94	21.00	0.102	0.000
19	6824.36	-14.74	-1736.23	0.95	21.00	0.102	0.000
20	6318.26	-18.79	-2034.65	0.98	21.00	0.102	0.000
21	5570.31	-22.93	-2170.44	1.00	23.79	0.082	0.000
22	4302.11	-27.21	-1967.24	1.04	35.00	0.000	0.000
23	3319.05	-31.66	-1742.23	1.08	35.00	0.000	0.000
24	2143.45	-36.34	-1270.18	1.15	35.00	0.000	0.000
25	739.68	-41.32	-488.40	1.23	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 2324,0754$ [kN]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 675,4366$ [kN]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 1231,6277$ [kN]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.44$

7.3. Muro H = 5.70 m (risultati utilizzati per verifiche strutturali)

Normativa

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno		Foglio 48 di 63

- D.M. 16/01/1996

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	5,70 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,97 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Fondazione	
Lunghezza mensola fondazione di valle	6,90 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,23 [m]
Lunghezza totale fondazione	8,10 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	1,20 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo	
Peso specifico	25,000 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}	24517 [kPa]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	8336 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	523 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	1653 [kPa]
Acciaio	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile σ_{ra}	254977 [kPa]

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	2,65	0,00	0,00
2	12,65	4,00	21,80

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	0,90	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno
Descrizione Descrizione terreno
 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
 γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c Coesione espressa in [kPa]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,0	0,0
Roccia fratturata	19,00	19,00	21,00	21,00	10,0	0,0

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/cm²/cm
Ks Coefficiente di spinta
Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
-----	---	---	----	----	---------

<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-TR12-05-002_A00</p> <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p>	
<p>Foglio 49 di 63</p>	

1	6,90	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	4,00	0,00	3,34	0,00	Roccia fratturata

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_i 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)

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

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	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

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni
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_{acc} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{rib} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{lim} Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{stab} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{acc}	CS _{rib}	CS _{lim}	CS _{stab}
1	TAMM - [2]	--	1,61	9,58	9,73	1,95
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,41	8,11	10,29	1,87

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

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 340,6125 [kN]
 Baricentro del muro X=-2,33 Y=-5,42

Superficie di spinta
 Punto inferiore superficie di spinta X = 0,80 Y = -6,90
 Punto superiore superficie di spinta X = 0,80 Y = 0,00
 Altezza della superficie di spinta 6,90 [m]
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0,00 [%]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica 151,8861 [kN]
 Componente orizzontale della spinta statica 139,4677 [kN]
 Componente verticale della spinta statica 60,1509 [kN]
 Punto d'applicazione della spinta X = 0,80 [m] Y = -4,57 [m]
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 43,13 [%]
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 135,79 [%]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 66,7100 [kN]
 Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0,52 [m] Y = -2,32 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 139,4677 [kN]
 Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 585,4634 [kN]
 Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle 324,4239 [kNm]
 Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle 3108,7449 [kNm]
 Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 585,4634 [kN]
 Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 139,4677 [kN]
 Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0,71 [m]
 Risultante in fondazione 601,8460 [kN]
 Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 23,82 [%]
 Momento rispetto al baricentro della fondazione -413,1943 [kNm]
 Carico ultimo della fondazione 5694,1270 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 8,10 [m]
 Tensione terreno allo spigolo di valle 34,49 [kPa]
 Tensione terreno allo spigolo di monte 110,07 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N_c = 18.92 N'_c = 18.92
 N_q = 8.26 N'_q = 8.26
 N_γ = 4.09 N'_γ = 4.09

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 9.58
 Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.61
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 9.73
 Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 1.95

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	0,29	2,9512	0,0279	0,0790
3	0,57	6,1048	0,1670	0,5265
4	0,86	9,4608	0,5534	1,4856
5	1,14	13,0191	1,3269	2,8857
6	1,43	16,7799	2,6112	4,7016
7	1,71	20,7430	4,5268	6,9283
8	2,00	24,9085	7,1936	9,5642
9	2,28	29,2765	10,7310	12,6089
10	2,57	33,8468	15,2582	16,0618
11	2,85	38,6195	20,8945	19,9229
12	3,14	43,5946	27,7593	24,1922
13	3,42	48,7721	35,9755	28,9212
14	3,71	54,1519	45,7193	34,4670
15	3,99	59,7342	57,2677	40,9976
16	4,28	65,5188	70,8572	48,1735
17	4,56	71,5059	86,6572	55,9184
18	4,85	77,6953	104,8328	64,2324
19	5,13	84,0871	125,5491	73,1155
20	5,42	90,6813	148,9712	82,5675
21	5,70	97,4779	175,2572	92,4976

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

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 51 di 63</p>

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,69	-2,4903	-6,4778
3	1,38	-7,9177	-8,5136
4	2,07	-13,2174	-6,1074
5	2,76	-15,3243	0,7408
6	3,45	-11,1735	12,0310
7	4,14	2,3001	27,7632
8	4,83	28,1613	47,9374
9	5,52	69,4753	72,5536
10	6,21	129,3069	101,6118
11	6,90	210,7212	135,1120

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	0,02	-0,0116	-1,0130
3	0,05	-0,0466	-2,0308
4	0,07	-0,1051	-3,0537
5	0,09	-0,1871	-4,0814
6	0,11	-0,2929	-5,1141
7	0,14	-0,4224	-6,1518
8	0,16	-0,5759	-7,1943
9	0,18	-0,7534	-8,2418
10	0,21	-0,9551	-9,2943
11	0,23	-1,1810	-10,3516

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	131,2766	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	120,5433	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	51,9890	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,80	[m]	Y = -4,71	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	136,41	[°]		

Incremento sismico della spinta	16,8997	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,80	[m]	Y = -2,30	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	122,15	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	58,7100	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,52	[m]	Y = -2,32	[m]
Inerzia del muro	13,6245	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,3484	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	156,7537	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	575,9942	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	374,0608	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3034,3148	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	575,9942	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	156,7537	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,57	[m]
Risultante in fondazione	596,9431	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27,21	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-327,4775	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	5927,7549	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	8,10	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	41,16	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	101,06	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 18,92$	$N'_c = 18,92$
$N_q = 8,26$	$N'_q = 8,26$
$N_\gamma = 4,09$	$N'_\gamma = 4,09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	8.11
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.41
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.29
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.87

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
<p>IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 52 di 63</p>

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	0,29	2,9512	0,2633	1,6273
3	0,57	6,1048	0,9716	2,8308
4	0,86	9,4608	2,0322	3,8215
5	1,14	13,0191	3,4368	5,0023
6	1,43	16,7799	5,3234	6,8657
7	1,71	20,7430	7,8763	9,2292
8	2,00	24,9085	11,2135	11,9611
9	2,28	29,2765	15,4428	15,0615
10	2,57	33,8468	20,6722	18,5302
11	2,85	38,6195	27,0096	22,3673
12	3,14	43,5946	34,5628	26,5728
13	3,42	48,7721	43,4422	31,1778
14	3,71	54,1519	53,7951	36,4539
15	3,99	59,7342	65,8535	42,5734
16	4,28	65,5188	79,8266	49,2828
17	4,56	71,5059	95,8716	56,5217
18	4,85	77,6953	114,1423	64,2901
19	5,13	84,0871	134,7926	72,5879
20	5,42	90,6813	157,9762	81,4153
21	5,70	97,4779	183,8401	90,6811

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	0,69	-1,0085	-2,3364
3	1,38	-2,4146	-1,1524
4	2,07	-1,7891	3,5522
5	2,76	3,2972	11,7773
6	3,45	15,2733	23,5229
7	4,14	36,5685	38,7890
8	4,83	69,6119	57,5756
9	5,52	116,8326	79,8828
10	6,21	180,6598	105,7104
11	6,90	263,5227	135,0586

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	0,02	-0,0114	-0,9896
3	0,05	-0,0456	-1,9832
4	0,07	-0,1026	-2,9806
5	0,09	-0,1827	-3,9820
6	0,11	-0,2858	-4,9872
7	0,14	-0,4121	-5,9964
8	0,16	-0,5617	-7,0095
9	0,18	-0,7346	-8,0265
10	0,21	-0,9309	-9,0474
11	0,23	-1,1508	-10,0722

7.4. Muro H = 4.30 m (risultati utilizzati per verifiche di stabilità e verifiche strutturali)

Normativa

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

Geometria muro e fondazione

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 53 di 63</p>

<p>Descrizione</p> <p>Altezza del paramento</p> <p>Spessore in sommità</p> <p>Spessore all'attacco con la fondazione</p> <p>Inclinazione paramento esterno</p> <p>Inclinazione paramento interno</p> <p>Lunghezza del muro</p> <p><u>Fondazione</u></p> <p>Lunghezza mensola fondazione di valle</p> <p>Lunghezza mensola fondazione di monte</p> <p>Lunghezza totale fondazione</p> <p>Inclinazione piano di posa della fondazione</p> <p>Spessore fondazione</p> <p>Spessore magrone</p>	<p>Muro a mensola in c.a.</p> <p>4,30 [m]</p> <p>0,40 [m]</p> <p>0,83 [m]</p> <p>0,00 [%]</p> <p>10,00 [%]</p> <p>10,00 [m]</p> <p>3,00 [m]</p> <p>0,17 [m]</p> <p>4,00 [m]</p> <p>0,00 [%]</p> <p>0,90 [m]</p> <p>0,15 [m]</p>
--	--

Materiali utilizzati per la struttura

<p><u>Calcestruzzo</u></p> <p>Peso specifico</p> <p>Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}</p> <p>Tensione ammissibile a compressione σ_c</p> <p>Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}</p> <p>Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}</p> <p><u>Acciaio</u></p> <p>Tipo</p> <p>Tensione ammissibile σ_{ra}</p>	<p>25,000 [kN/mc]</p> <p>24517 [kPa]</p> <p>8336 [kPa]</p> <p>523 [kPa]</p> <p>1653 [kPa]</p> <p>FeB44K</p> <p>254977 [kPa]</p>
--	---

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	2,65	0,00	0,00
2	12,65	4,00	21,80

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	1,40	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,0	0,0
Roccia fratturata	19,00	19,00	21,00	21,00	10,0	0,0

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 ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	5,20	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	4,00	0,00	3,11	0,00	Roccia fratturata

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_i 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)

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

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	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

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni
 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_{scor} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
 CS_{rib} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
 CS_{car} Coeff. di sicurezza a carico limite
 CS_{stab} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{scor}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	TAMM - [2]	--	1,53	5,75	8,72	2,41
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,40	5,03	9,42	2,34

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	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 156,1125 [kN]
 Baricentro del muro X=-0,84 Y=-3,76

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 0,60 Y = -5,20

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 55 di 63</p>

Punto superiore superficie di spinta X = 0,60 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta 5,20 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0,00 [%]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica 84,2510 [kN]
Componente orizzontale della spinta statica 77,3626 [kN]
Componente verticale della spinta statica 33,3656 [kN]
Punto d'applicazione della spinta X = 0,60 [m] Y = -3,40 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 43,13 [%]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 139,90 [%]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 39,1100 [kN]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 0,39 [m] Y = -1,75 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 77,3626 [kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 308,3881 [kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle 139,3226 [kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle 800,7865 [kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 308,3881 [kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 77,3626 [kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione -0,14 [m]
Risultante in fondazione 317,9437 [kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 25,09 [%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione -44,6877 [kNm]
Carico ultimo della fondazione 2689,7211 [kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 4,00 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle 60,34 [kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte 93,85 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N_c = 18.92 N'_c = 18.92
N_q = 8.26 N'_q = 8.26
N_γ = 4.09 N'_γ = 4.09

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 5.75
Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.53
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 8.72
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 2.41

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]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo anticorario)
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop
Numero di cerchi analizzati 36
Numero di strisce 25

Cerchio critico
Coordinate del centro X[m]= -0,40 Y[m]= 3,57
Raggio del cerchio R[m]= 9,27
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,05
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8,82
Larghezza della striscia dx[m]= 0,63
Coefficiente di sicurezza C= 2.41
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α(°)	Wsinα	b/cosα	φ	c	u
1	2044.48	75.27	1977.30	2.50	35.00	0.000	0.000
2	4094.57	63.32	3658.49	1.41	35.00	0.000	0.000
3	5180.00	55.49	4268.25	1.12	35.00	0.000	0.000
4	5921.42	49.03	4471.22	0.97	35.00	0.000	0.000
5	6453.31	43.35	4429.58	0.87	35.00	0.000	0.000
6	6834.94	38.16	4222.69	0.81	35.00	0.000	0.000
7	7098.91	33.32	3899.19	0.76	35.00	0.000	0.000
8	7265.41	28.73	3492.86	0.72	35.00	0.000	0.000
9	7347.83	24.35	3029.20	0.70	35.00	0.000	0.000
10	7368.16	20.11	2533.00	0.68	32.30	0.102	0.000
11	7542.65	15.98	2076.52	0.66	21.00	0.102	0.000
12	7736.79	11.94	1600.25	0.65	21.00	0.102	0.000
13	7888.59	7.95	1091.57	0.64	21.00	0.102	0.000
14	8811.06	4.01	616.01	0.64	21.00	0.102	0.000
15	6602.55	0.08	9.60	0.63	21.00	0.102	0.000
16	3859.24	-3.84	-258.59	0.64	21.00	0.102	0.000
17	3778.57	-7.79	-511.87	0.64	21.00	0.102	0.000
18	3641.92	-11.77	-742.69	0.65	21.00	0.102	0.000
19	3446.97	-15.81	-938.94	0.66	21.00	0.102	0.000
20	2970.11	-19.93	-1012.42	0.67	31.75	0.024	0.000

21	2563.54	-24.16	-1049.39	0.70	35.00	0.000	0.000
22	2156.03	-28.54	-1030.25	0.72	35.00	0.000	0.000
23	1664.91	-33.12	-909.63	0.76	35.00	0.000	0.000
24	1076.99	-37.94	-662.24	0.80	35.00	0.000	0.000
25	372.48	-43.12	-254.58	0.87	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1213,3120$ [kN]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 333,4816$ [kN]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 676,9075$ [kN]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 5.91$

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	2,2076	0,0119	0,0045
3	0,43	4,5304	0,0622	0,1733
4	0,65	6,9683	0,2096	0,6737
5	0,86	9,5214	0,5224	1,4523
6	1,07	12,1897	1,0575	2,4761
7	1,29	14,9732	1,8676	3,7369
8	1,50	17,8719	3,0047	5,2322
9	1,72	20,8857	4,5203	6,9609
10	1,94	24,0148	6,4658	8,9224
11	2,15	27,2590	8,8924	11,1165
12	2,36	30,6184	11,8514	13,5430
13	2,58	34,0929	15,3939	16,2019
14	2,79	37,6827	19,5713	19,0931
15	3,01	41,3876	24,4346	22,2166
16	3,23	45,2077	30,0350	25,5722
17	3,44	49,1430	36,4250	29,1805
18	3,65	53,1935	43,6805	33,2939
19	3,87	57,3591	51,9400	38,0824
20	4,08	61,6399	61,3211	43,2623
21	4,30	66,0359	71,8946	48,7143

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	0,30	0,5435	3,7488
3	0,60	2,3247	8,2517
4	0,90	5,5699	13,5087
5	1,20	10,5053	19,5198
6	1,50	17,3572	26,2850
7	1,80	26,3518	33,8044
8	2,10	37,7152	42,0778
9	2,40	51,6739	51,1053
10	2,70	68,4538	60,8870
11	3,00	88,2814	71,4227

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	0,02	-0,0036	-0,4202
3	0,03	-0,0143	-0,8428
4	0,05	-0,0322	-1,2678
5	0,07	-0,0574	-1,6952
6	0,08	-0,0899	-2,1251
7	0,10	-0,1297	-2,5574
8	0,12	-0,1769	-2,9921
9	0,14	-0,2314	-3,4292
10	0,15	-0,2935	-3,8688
11	0,17	-0,3630	-4,3107

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	69,6350	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	63,9416	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	27,5773	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,60	[m]	Y = -3,52	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	141,85	[%]		
Incremento sismico della spinta	8,4320	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,60	[m]	Y = -1,73	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	126,59	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	33,1100	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,39	[m]	Y = -1,75	[m]
Inerzia del muro	6,2445	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,3244	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	82,4451	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	299,9391	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	152,8079	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	768,2654	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	299,9391	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	82,4451	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,05	[m]
Risultante in fondazione	311,0637	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27,49	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-15,5793	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2824,5129	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4,00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	69,14	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	80,83	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 18.92$	$N'_c = 18.92$
$N_q = 8.26$	$N'_q = 8.26$
$N_\gamma = 4.09$	$N'_\gamma = 4.09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.03
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.40
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.42
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.34

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 espressa in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espressa 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 [kPa]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36
 Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0,00 Y[m]= 3,57
 Raggio del cerchio R[m]= 9,41
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6,84
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9,38
 Larghezza della striscia dx[m]= 0,65
 Coefficiente di sicurezza C= 2.34
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	ϕ	c	u
1	1572.33	76.18	1526.82	2.72	35.00	0.000	0.000
2	3836.60	63.58	3435.99	1.46	35.00	0.000	0.000
3	4984.37	55.64	4114.62	1.15	35.00	0.000	0.000
4	5764.20	49.12	4358.23	0.99	35.00	0.000	0.000
5	6322.03	43.38	4342.49	0.89	35.00	0.000	0.000
6	6721.29	38.15	4152.26	0.82	35.00	0.000	0.000
7	6996.68	33.28	3839.24	0.78	35.00	0.000	0.000
8	7169.59	28.67	3439.26	0.74	35.00	0.000	0.000
9	7254.16	24.25	2979.26	0.71	35.00	0.000	0.000
10	7255.58	19.98	2479.28	0.69	24.24	0.078	0.000
11	7244.94	15.83	1975.88	0.67	21.00	0.102	0.000
12	7421.97	11.76	1512.22	0.66	21.00	0.102	0.000
13	7562.21	7.75	1019.22	0.65	21.00	0.102	0.000
14	7835.32	3.77	515.64	0.65	21.00	0.102	0.000
15	9200.84	-0.18	-29.06	0.65	21.00	0.102	0.000
16	4489.35	-4.14	-323.80	0.65	21.00	0.102	0.000
17	4024.67	-8.11	-567.86	0.66	21.00	0.102	0.000
18	3876.97	-12.13	-814.43	0.66	21.00	0.102	0.000

19	3667.76	-16.20	-1023.46	0.68	21.00	0.102	0.000
20	3301.80	-20.37	-1149.11	0.69	25.59	0.069	0.000
21	2741.15	-24.65	-1143.11	0.71	35.00	0.000	0.000
22	2305.77	-29.08	-1120.65	0.74	35.00	0.000	0.000
23	1780.97	-33.71	-988.52	0.78	35.00	0.000	0.000
24	1152.08	-38.62	-719.02	0.83	35.00	0.000	0.000
25	396.84	-43.89	-275.10	0.90	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 1224,6689$ [kN]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 309,2703$ [kN]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 660,9369$ [kN]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 6.02$

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	2,2076	0,1268	1,0230
3	0,43	4,5304	0,4679	1,7701
4	0,65	6,9683	0,9714	2,3163
5	0,86	9,5214	1,6098	2,7922
6	1,07	12,1897	2,3913	3,4564
7	1,29	14,9732	3,3932	4,5687
8	1,50	17,8719	4,6970	5,9481
9	1,72	20,8857	6,3524	7,5418
10	1,94	24,0148	8,4066	9,3496
11	2,15	27,2590	10,9068	11,3717
12	2,36	30,6184	13,9006	13,6079
13	2,58	34,0929	17,4350	16,0584
14	2,79	37,6827	21,5574	18,7230
15	3,01	41,3876	26,3152	21,6018
16	3,23	45,2077	31,7556	24,6949
17	3,44	49,1430	37,9263	28,0095
18	3,65	53,1935	44,8907	31,7350
19	3,87	57,3591	52,7638	36,0359
20	4,08	61,6399	61,6494	40,6968
21	4,30	66,0359	71,6139	45,6118

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	0,30	0,9151	6,1442
3	0,60	3,7128	12,5513
4	0,90	8,4721	19,2213
5	1,20	15,2719	26,1542
6	1,50	24,1910	33,3500
7	1,80	35,3082	40,8088
8	2,10	48,7025	48,5304
9	2,40	64,4527	56,5149
10	2,70	82,6377	64,7623
11	3,00	103,3364	73,2726

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	0,02	-0,0040	-0,4709
3	0,03	-0,0160	-0,9426
4	0,05	-0,0361	-1,4151
5	0,07	-0,0641	-1,8885
6	0,08	-0,1003	-2,3628
7	0,10	-0,1445	-2,8378
8	0,12	-0,1968	-3,3138
9	0,14	-0,2571	-3,7905
10	0,15	-0,3256	-4,2682

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno
	Foglio 59 di 63

11 0,17 -0,4023 -4,7466

7.5. Muro H = 3.30 m (risultati utilizzati per verifiche strutturali)

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	3,30 [m]
Spessore in sommità	0,40 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,73 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [%]
Inclinazione paramento interno	10,00 [%]
Lunghezza del muro	10,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	3,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,17 [m]
Lunghezza totale fondazione	3,90 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [%]
Spessore fondazione	0,90 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

<u>Calcestruzzo</u>	
Peso specifico	25,000 [kN/mc]
Resistenza caratteristica a compressione R_{bk}	24517 [kPa]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	8336 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	523 [kPa]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	1653 [kPa]
<u>Acciaio</u>	
Tipo	FeB44K
Tensione ammissibile σ_{ra}	254977 [kPa]

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	2,65	0,00	0,00
2	12,65	4,00	21,80

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	1,40	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20,00	20,00	35,00	23,33	0,0	0,0
Roccia fratturata	19,00	19,00	21,00	21,00	10,0	0,0

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 60 di 63</p>

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 ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	4,20	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	4,00	0,00	3,10	0,00	Roccia fratturata

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 _i	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)

D	Profilo	X _i =0,00	X _f =10,00	Q _i =10,0000	Q _f =10,0000
---	---------	----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

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	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

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

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 _{scd}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS _{sl}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS _{slim}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS _{stab}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS _{scd}	CS _{sl}	CS _{slim}	CS _{stab}
1	TAMM - [2]	--	2,01	8,33	9,84	3,03
2	TAMM - [3]	Orizzontale	1,82	7,38	10,53	2,99

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Assisse X (esprasse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (esprasse 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

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 61 di 63</p>

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	134,3625 [kN]
Baricentro del muro	X=-0,98 Y=-3,08

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,50	Y = -4,20
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,50	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	4,20 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [%]	

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	54,6248	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	50,1586	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	21,6329	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -2,69	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[%]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	146,56	[%]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	27,1100	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,32	[m]	Y = -1,38	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	50,1586	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	262,9054	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	75,5894	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	629,3814	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	262,9054	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	50,1586	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,16	[m]
Risultante in fondazione	267,6474	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19,08	[%]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-41,1265	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2586,5680	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3,90	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	51,19	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	83,64	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 18.92$	$N'_c = 18.92$
$N_q = 8.26$	$N'_q = 8.26$
$N_\gamma = 4.09$	$N'_\gamma = 4.09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	8.33
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.01
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.84
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	3.03

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	0,17	1,6839	0,0069	0,0016
3	0,33	3,4357	0,0320	0,0658
4	0,49	5,2553	0,0959	0,3074
5	0,66	7,1427	0,2313	0,7406
6	0,83	9,0980	0,4674	1,3306
7	0,99	11,1211	0,8292	2,0652
8	1,16	13,2120	1,3410	2,9404
9	1,32	15,3708	2,0262	3,9543
10	1,49	17,5974	2,9083	5,1061
11	1,65	19,8918	4,0104	6,3953
12	1,82	22,2541	5,3559	7,8218
13	1,98	24,6843	6,9680	9,3853
14	2,15	27,1822	8,8697	11,0857
15	2,31	29,7480	11,0843	12,9231
16	2,48	32,3817	13,6349	14,8973

<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-TR12-05-002_A00</p> <p>Relazione di calcolo muro di sostegno</p>	
<p>Foglio 62 di 63</p>	

17	2,64	35,0831	16,5446	17,0083
18	2,81	37,8524	19,8366	19,2562
19	2,97	40,6896	23,5340	21,6408
20	3,14	43,5946	27,6600	24,1622
21	3,30	46,5674	32,2367	26,7985

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	0,30	0,1314	1,0008
3	0,60	0,6754	2,7504
4	0,90	1,8565	5,2488
5	1,20	3,8995	8,4960
6	1,50	7,0290	12,4919
7	1,80	11,4696	17,2366
8	2,10	17,4459	22,7301
9	2,40	25,1825	28,9724
10	2,70	34,9042	35,9634
11	3,00	46,8355	43,7033

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	0,02	-0,0022	-0,2539
3	0,03	-0,0086	-0,5102
4	0,05	-0,0195	-0,7689
5	0,07	-0,0348	-1,0300
6	0,09	-0,0546	-1,2936
7	0,10	-0,0788	-1,5595
8	0,12	-0,1076	-1,8278
9	0,14	-0,1410	-2,0986
10	0,15	-0,1790	-2,3717
11	0,17	-0,2216	-2,6473

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	43,5708	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	40,0085	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	17,2552	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,50	[m]	Y = -2,81	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	43,13	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	151,83	[°]		
Incremento sismico della spinta	4,7851	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,50	[m]	Y = -1,40	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	134,25	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	22,1100	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,32	[m]	Y = -1,38	[m]
Inerzia del muro	5,3745	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0,8844	[kN]		
Risultanti				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	53,8533	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	255,4227	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	81,4679	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	601,1044	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	255,4227	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	53,8533	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,08	[m]		
Risultante in fondazione	261,0382	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,08	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-21,5622	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	2690,4207	[kN]		
Tensioni sul terreno				
Lunghezza fondazione reagente	3,90	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	56,99	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	74,00	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 18.92$	$N'_c = 18.92$
$N_q = 8.26$	$N'_q = 8.26$

<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-TR12-05-002_A00 Relazione di calcolo muro di sostegno</p>		<p>Foglio 63 di 63</p>

$N_{\gamma} = 4.09$

$N'_{\gamma} = 4.09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.38
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.82
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.53
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.99

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	0,17	1,6839	0,0590	0,6046
3	0,33	3,4357	0,2189	1,0506
4	0,49	5,2553	0,4542	1,3453
5	0,66	7,1427	0,7449	1,5503
6	0,83	9,0980	1,0833	1,7355
7	0,99	11,1211	1,4688	1,9419
8	1,16	13,2120	1,9242	2,4165
9	1,32	15,3708	2,5026	3,1874
10	1,49	17,5974	3,2381	4,0958
11	1,65	19,8918	4,1532	5,1367
12	1,82	22,2541	5,2702	6,3102
13	1,98	24,6843	6,6117	7,6162
14	2,15	27,1822	8,2000	9,0548
15	2,31	29,7480	10,0575	10,6259
16	2,48	32,3817	12,2068	12,3296
17	2,64	35,0831	14,6703	14,1658
18	2,81	37,8524	17,4703	16,1345
19	2,97	40,6896	20,6293	18,2358
20	3,14	43,5946	24,1698	20,4697
21	3,30	46,5674	28,1132	22,8142

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	0,30	0,3746	2,5625
3	0,60	1,5767	5,5175
4	0,90	3,7243	8,8651
5	1,20	6,9350	12,6053
6	1,50	11,3267	16,7380
7	1,80	17,0171	21,2633
8	2,10	24,1240	26,1812
9	2,40	32,7651	31,4917
10	2,70	43,0583	37,1948
11	3,00	55,1212	43,2904

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	0,02	-0,0021	-0,2472
3	0,03	-0,0084	-0,4956
4	0,05	-0,0190	-0,7452
5	0,07	-0,0338	-0,9962
6	0,09	-0,0528	-1,2484
7	0,10	-0,0762	-1,5018
8	0,12	-0,1039	-1,7565
9	0,14	-0,1359	-2,0125
10	0,15	-0,1723	-2,2697
11	0,17	-0,2131	-2,5282