

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**

**S.P.163 della Castagnola – Frana Carbonasca
Muri piede frana con dreni
Relazione di calcolo**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	C L	N V 1 4 0 5	0 0 5	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	A. Maffei	05/11/2014	P. Romani	06/11/2014	A. Palomba	07/11/2014	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R
A01	Revisione cartiglio	A. Maffei	27/07/2015	P. Romani	27/07/2015	A. Mancarella	28/07/2015	

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC

CUP: F81H92000000008

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 78</p>

INDICE

INDICE.....	3
1. GENERALITÀ	4
1.1. Oggetto	4
1.2. Codice di calcolo	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3. INQUADRAMENTO SISMICO	6
3.1. Generalità	6
3.2. Coefficiente di intensità sismica (C).....	6
3.3. Coefficiente di fondazione.....	7
3.4. Coefficiente di protezione sismica (I).....	7
3.5. Coefficiente di risposta (R)	7
4. MATERIALI	8
5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO E STRATIGRAFICO.....	9
5.1. Parametri di resistenza al taglio.....	9
5.2. Falda e sottospinte.....	10
5.3. Fronti di scavo provvisorio	10
6. ANALISI DEI CARICHI.....	11
6.1. Spinta della terra	11
6.2. Angolo di attrito terreno-struttura	11
6.3. Coefficienti di spinta in condizioni statiche.....	11
6.3.1. Spinta passiva	11
6.3.2. Spinta attiva – Teoria di Coulomb.....	11
6.4. Azione sismica.....	12
6.5. Combinazioni di carico.....	12
7. CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....	13
7.1. Criterio di verifica	13
7.2. Verifiche a fessurazione.....	13
7.3. Copriferro.....	13
7.4. Interasse tra le barre e tensione nell'acciaio di armatura	13
7.5. Percentuale minima di armatura.....	13
8. CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE	14
8.1. Verifica allo scorrimento sul piano di posa	14
8.2. Verifica al ribaltamento	14
8.3. Capacità portante del terreno di fondazione	14
8.4. Verifica di stabilità globale	16
9. MURO M01	17
9.1. Conci da 12 a 16 – H = 2.00m	18
9.2. Concio da 11 – H = 2.90m	42
10. MURO M02	58

1. GENERALITÀ

1.1. Oggetto

Oggetto della presente relazione è la verifica delle opere di consolidamento della frana "Carbonasca" previste nell'ambito dei lavori di adeguamento della S.P.163 della Castagnola tra Borgo Fornari (GE) e Voltaggio (AL) nel tratto tra le progressive 9+080 e 9+560 (NV14).

Si tratta di:

- muro M01 di altezza massima pari a 2.90m gettato in opera e rivestito con pietrame a spacco "opus incertum" in spessore prossimo a 25cm.
- Muro M02 di altezza massima pari a 1.50m gettato in opera e rivestito con pietrame a spacco "opus incertum" in spessore prossimo a 25cm.

Per l'intercettazione delle acque di circolazione all'interno del corpo di frana sono previsti dreni sub-orizzontali disposti ad interasse pari a 2.0m, di lunghezza pari a 40m e diametro pari a 4" (diametro di perforazione pari a 120mm). Per lo sfogo di eventuali accumuli di acqua a monte del muro sono previsti opportuni barbacani da realizzarsi con spezzoni di tubo in PVC $\Phi 100/2m$ annegati nel getto.

Le principali caratteristiche dei muri in progetto sono riportate nella seguente tabella n.1.1.

MURO	H _{max} (m)	L (m)	NOTE
M01	2.90	105.15	Sostegno con dreni
M02	2.00	55.00	Sostegno con dreni

Tabella n.1.1 – Caratteristiche dei muri oggetto di verifica

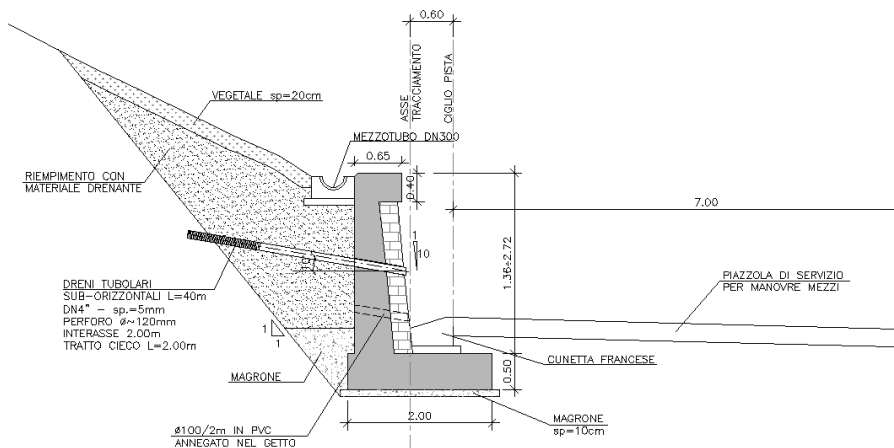


Figura n.1.1 – Sezione tipologica muro di sostegno

1.2. Codice di calcolo

Le verifiche geotecniche e strutturali dei muri sono state svolte con l'ausilio del codice di calcolo commerciale GEOSTRU MDC-2012; le verifiche di stabilità globale sono state svolte con l'ausilio del codice di calcolo commerciale SLIDE 5.0 (Rocscience).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 5 di 78

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.M. Infr. e Trasp.	05.11.2001 (*)	Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
D.M. Infr. e Trasp.	22.04.2004, n. 67/S (*)	Modifiche al D.M. 05/11/2001
D.M. LL.PP.	16.01.1996	Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi».
Circ.Min.LL.PP.	04.07.1996, n.156AA	Istruzioni relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al D.M. 16/01/96.
Legge	05.11-1971, n. 1086	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
D.M. LL.PP.	09.01.1996	Norme tecniche per l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
D.M. LL.PP.	04.05.1990	Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.
D.M. LL.PP.	11.03.1988	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
D.M. LL.PP.	16.01.1996	Norme Tecniche per le costruzioni in Zone Sismiche.
Ordinanza P.C.M.	20.03.2003, n. 3272 (**)	Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
D.Lgs	30.04.1992, n. 285	Codice della strada.
D.P.R.	16.12.1992, n. 495	Regolamento di attuazione del codice della strada.
D.P.R.	24.07.1996, n. 503	Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

NOTE

- (*) Norma non cogente in quanto trattasi di adeguamento funzionale
- (**) Vedere paragrafo successivo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 6 di 78

3. INQUADRAMENTO SISMICO

3.1. Generalità

In analogia ai criteri assunti in fase di progettazione definitiva la verifica sismica delle strutture viene svolta in accordo alla seguente normativa (cui si rimanda per approfondimento e dettagli):

- **D.M. 16/01/96** “*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*”
- Circolare 10/04/97 n°65/AA.GG. – Istruzioni per l’applicazione delle “*Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche*” di cui ad D.M. 16.01.1996
- Ordinanza della protezione civile n.2788 del 12/06/1998 “*Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale*” GU 146 del 25/06/1998

Le prescrizioni di cui alla **OPCM n. 3274 del 20.03.2003** (con relativi decreti regionali) sono state considerate solo per quanto concerne la classificazione sismica del territorio nazionale. Nello specifico i Comuni interessati dall’intervento dell’intero asse stradale (*Ronco Scrivia, Fraconalto, Voltaggio*) vale quanto indicato in tabella n.3.1 di cui al seguito.

Regione	Comune	Vecchia classificazione sismica	OPCM 2003
Piemonte	Fraconalto	N.C.	3
	Voltaggio	N.C.	3
Liguria	Ronco Scrivia	N.C.	3

Tabella n.3.1 – Zonazione sismica del territorio interessato dall’intervento

La tabella n.3.1 evidenzia come i comuni lungo il tracciato siano interessati da un rischio sismico tendenzialmente medio-bassociò che trova conferma nei terremoti registrati nel basso Piemonte e in Liguria dal gennaio 1982 fino al novembre 2000 (dati del “*Catalogo sismico 1982-2000*” edito dalla Regione Piemonte in collaborazione con l’Università di Genova), che indicano come l’area oggetto di studio sia interessata in maniera limitata da eventi sismici e come questi siano caratterizzati perlopiù da profondità e magnitudo medio-bassa.

3.2. Coefficiente di intensità sismica (C)

La normativa di riferimento (DM 16/01/96) prevede che il coefficiente di intensità sismica (C) venga calcolato sulla base della correlazione di cui al seguito (con “S” si indica il *grado di sismicità* del comune):

$$C = \text{coefficiente di intensità sismica} = (S - 2) / 100$$

Nel caso specifico si considera:

$$S = 6$$

$$C = 0.04$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 7 di 78

3.3. Coefficiente di fondazione

Il parametro “ ϵ ” che definisce gli effetti di amplificazione locale viene definito in accordo alla seguente tabella n.3.2 in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno. Nel caso specifico si assume $\epsilon = 1$

Descrizione	ϵ
Strati superficiali alluvionali di spessore compreso tra 5 e 20m su substrato rigido	1.3
Altri casi	1.0

Tabella n.3.2 – Coefficiente di fondazione

3.4. Coefficiente di protezione sismica (I)

Nel caso delle verifiche degli elementi strutturali, la Norma impone che l'azione sismica venga moltiplicata per un fattore di importanza (I) variabile in funzione del tipo di opera come indicato in tabella n.3.3 di cui al seguito.

Opera	γ
Edifici la cui funzionalità durante il terremoto ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi, etc)	1.4
Opere che presentano particolare rischio per le caratteristiche d'uso	1.2
Altri edifici	1.0

Tabella n.3.3 – Coefficiente di protezione sismica

In analogia a quanto assunto nel Progetto definitivo si considera:

$$I = 1.0$$

3.5. Coefficiente di risposta (R)

In assenza di specifica definizione del periodo fondamentale della struttura si assume in accordo con la Norma:

$$R = 1.0$$

4. MATERIALI

Calcestruzzo per fondazioni muri

- Classe di resistenza: **C25/30**
- Classe di esposizione: XC2
- Classe di consistenza Slump: S3-S5
- Classe contenuto cloruri: CI 0.4
- Diametro massimo aggregato: 32mm
- Copriferro: 40mm

Calcestruzzo per elevazioni muri (protetti con rivestimento)

- Classe di resistenza: **C25/30**
- Classe di esposizione: XC2
- Classe di consistenza Slump: S3-S5
- Classe contenuto cloruri: CI 0.4
- Diametro massimo aggregato: 32mm
- Copriferro: 40mm

Magrone di livellamento

- Classe di resistenza: **C12/15**
- Contenuto minimo di cemento: 150kg/mc

Acciaio per armature lente

barre in acciaio **B450C**

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo	Foglio 9 di 78

5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO E STRATIGRAFICO

I muri di cui alla presente verranno realizzati in un tratto del tracciato caratterizzato dalla presenza di coltri detritiche di spessore variabile tra 3m e 4m; In corrispondenza del muro M01 tali depositi risultano poggianti direttamente sul substrato roccioso (AGI – argilloscisti di Costagiutta cataclasati e litoidi) mentre in corrispondenza del muro M02 tali depositi risultano poggianti sui depositi in frana. In corrispondenza dell'alveo del torrente Carbonasca risultano invece affioranti i depositi alluvionali recenti.

5.1. Parametri di resistenza al taglio

Nel complesso si possono considerare i seguenti parametri di resistenza al taglio (per i dettagli si rimanda alla "Relazione Geotecnica"):

DEPOSITI IN FRANA

Scaglie di argille, sabbia e limo

- Peso specifico = 21kN/m^3
- Angolo di attrito interno = $22\div 26^\circ$
- Coesione efficace = $0\div 5\text{kPa}$

COLTRE DETRITICA (c)

Scaglie di argilliti, sabbia e limo

- Peso specifico = 21kN/m^3
- Angolo di attrito interno = $29\div 33^\circ$
- Coesione efficace = $5\div 20\text{kPa}$

DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (f13)

Ghiaia eterometrica

- Peso specifico = 20kN/m^3
- Angolo di attrito interno = $28(\div 32^\circ)$
- Coesione efficace = 0kPa

SUBSTRATO ROCCIOSO – ARGILLOSCISTI (AGI)

Cappellaccio di alterazione

- Peso specifico = $23\div 26\text{kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno = $(21\div)22^\circ$
- Coesione efficace = $20\div 100\text{kPa}$

Substrato integro

- Peso specifico = $26\div 27\text{kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno = $24\div 26^\circ$
- Coesione efficace = $150\text{-}350\text{kPa}$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo <table border="1" data-bbox="1420 235 1532 295"> <tr> <td>Foglio 10 di 78</td> </tr> </table>	Foglio 10 di 78
Foglio 10 di 78		

RILEVATI E REINTERRI

Reinterro posato in prossimità di opere d'arte

- Peso specifico = 18kN/m³
- Angolo di attrito interno ≥ 34°
- Coesione efficace = 0kPa

5.2. Falda e sottospinte

Dal punto di vista idrogeologico, le coperture (detritiche ed alluvionali) e lo strato di cappellaccio di alterazione sono interessate da circolazioni d'acqua solo in via transitoria e con entità proporzionale alla piovosità stagionale.

Per quanto riguarda il progetto e la verifica dei muri di cui alla presente si considera quanto segue:

- A. Muri bassi (max 2.0m circa) e di sviluppo limitato (max 10m): si assume che non si possano instaurare sovrappressioni a monte del muro per accumulo di acqua.
- B. Negli altri casi si considera una sottospinta idraulica a monte del muro corrispondente al livello inferiore dei barbacani.

5.3. Fronti di scavo provvisorio

Nel caso specifico dei muri in oggetto si considera quanto segue (si vedano anche le specifiche tavole di progetto):

- A. Coltri detritiche: fronti di scavo 1:1 (vert:orizz) con altezza massima pari a 5m; per altezze superiori viene inserita una berma di 2m.
- B. Substrato roccioso (cappellaccio di alterazione): fronti di scavo 5:1 (vert:orizz) con altezza massima pari a 10m; per altezze superiori viene inserita una berma di 2m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 11 di 78

6. ANALISI DEI CARICHI

6.1. Spinta della terra

Si premette che le spinte sulle opere di sostegno vengono definite mediante le seguenti correlazioni di carattere generale (con ovvio significato dei simboli):

$$\sigma'_h = k_a \sigma'_v - 2c \sqrt{k_a} \quad (\text{regime di spinta attiva})$$

$$\sigma'_h = k_p \sigma'_v + 2c \sqrt{k_p} \quad (\text{regime di spinta passiva})$$

$$\sigma'_h = k_o \sigma'_v \quad (\text{a riposo})$$

6.2. Angolo di attrito terreno-struttura

Nella valutazione della spinta attiva si tiene in conto dell'attrito terreno/struttura per mezzo di un angolo (δ) pari a:

$$\delta/\phi = 0.7 \quad (\text{condizioni statiche})$$

$$\delta/\phi = 0.0 \quad (\text{condizioni sismiche})$$

6.3. Coefficienti di spinta in condizioni statiche

6.3.1. Spinta passiva

In accordo a quanto previsto dalla normativa vigente (DM 11/3/88 – paragrafo D.4.1) viene trascurato il contributo stabilizzante offerto della spinta passiva agente sul paramento anteriore della fondazione dei muri.

6.3.2. Spinta attiva – Teoria di Coulomb

Il coefficiente di spinta attiva (k_a) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \frac{\sqrt{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}}{\sqrt{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

ϕ = angolo d'attrito del terreno

α = angolo che la parete forma con l'orizzontale ($\alpha = 90^\circ$ per parete verticale)

δ = angolo d'attrito terreno-parete

β = inclinazione del terreno a monte rispetto all'orizzontale

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 12 di 78

6.4. Azione sismica

Si fa riferimento al capitolo D del DM16/01/96 che prevede che l'effetto del sisma venga messo in conto (per muri di altezza superiore a 3m) per mezzo di:

1. Un incremento di spinta orizzontale (ΔF) rispetto alle condizioni statiche pari a:

$$\Delta F = F_s - F$$

dove:

$$F_s = A \cdot F'$$

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

$$\theta = \arctg(C)$$

F' = spinta del terreno calcolata per $\beta' = \beta + \theta$ e per $\alpha' = \alpha + \theta$;

β = angolo formato dall'intradosso del muro con la verticale;

α = angolo formato dalla superficie del terreno con l'orizzontale.

Tale incremento di spinta viene applicato ad una distanza dalla base del muro pari a 2/3 dell'altezza del muro stesso.

2. Una forza d'inerzia orizzontale applicata nel baricentro dei pesi e pari a:

$$F_i = C \cdot W_i$$

con W pari al peso proprio del muro e di tutti i pesi e carichi permanenti sovrastanti la zattera di fondazione.

6.5. Combinazioni di carico

Si considera quanto segue (tabella n.6.1):

COMBINAZIONE	Pesi propri	Traffico	Urto su guardia	Sisma
STATICA	1.0	1.0	1.0	0.0
SISMA	1.0	0.0	0.0	1.0
Fessurazione QP	1.0	0.0	0.0	0.0
Fessurazione FR	1.0	0.7	0.0	0.0
Fessurazione RA	1.0	1.0	0.0	0.0

Tabella n.6.1 – Combinazioni di carico

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 13 di 78

7. CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

7.1. Criterio di verifica

Il dimensionamento e la verifica delle strutture in calcestruzzo armato viene condotto con riferimento al criterio delle tensioni ammissibili considerando le caratteristiche di resistenza dei materiali di norma secondo le classi al capitolo n.4.

7.2. Verifiche a fessurazione

Le verifiche vengono svolte per condizioni ambientali "*poco aggressive*" e considerando armature di tipo "*poco sensibile*". Si considerano gli stati limite di fessurazione "*frequente*" e "*quasi permanente*" assumendo come valore limite di apertura delle fessure 0.4 e 0.2mm rispettivamente.

7.3. Copriferro

Il copriferro è assunto pari a 40mm.

7.4. Interasse tra le barre e tensione nell'acciaio di armatura

Si pone:

- Interasse massimo = 25cm
- Diametro massimo = 30mm

7.5. Percentuale minima di armatura

Si considera di armare le sezioni (in fondazione ed in elevazione) con percentuali di armatura comunque non inferiori a 0.15% in accordo a quanto previsto dalla norma per strutture inflesse.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 14 di 78

8. CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE

8.1. Verifica allo scorrimento sul piano di posa

Si verifica che (in accordo con quanto stabilito dal D.M. 11/3/88 – paragrafo D.4.2) risulti:

$$FS_S = \mu \cdot N / H \geq 1.3$$

Dove:

N = risultante di tutte le forze ortogonali al piano di imposta della fondazione

H = risultante di tutte le forze parallele al piano di imposta della fondazione

Per i muri che verranno impostati su terreno riconducibile a coltre detritica le verifiche a scorrimento vengono cautelativamente svolte considerando:

$$\delta = \phi'_{cv} = \text{angolo di attrito terreno/fondazione} = 28^\circ \rightarrow \mu = \tan(\delta) = 0.53$$

Per i muri che verranno impostati su rilevato esistente le verifiche a scorrimento vengono cautelativamente svolte considerando:

$$\delta = \phi'_{cv} = \text{angolo di attrito terreno/fondazione} = 32^\circ \rightarrow \mu = \tan(\delta) = 0.62$$

8.2. Verifica al ribaltamento

Si verifica che (in accordo con quanto stabilito dal D.M. 11/3/88 – paragrafo D.4.3) risulti:

$$FS_R = M^+ / M^- \geq 1.5$$

dove:

M- = Momento ribaltante calcolato rispetto allo spigolo dell'aggetto di valle

M+ = Momento stabilizzante calcolato rispetto allo spigolo dell'aggetto di valle

8.3. Capacità portante del terreno di fondazione

Si verifica che (in accordo con quanto stabilito dal D.M. 11/3/88 – paragrafo D.4.4) risulti:

$$FS_Q = q_{lim} / q_{med} \geq 2.0$$

Per il calcolo della capacità portante limite del terreno di fondazione (carico a rottura) si fa riferimento ai tradizionali metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite così come originariamente proposti da Brinch-Hansen (1970) per terreno granulare omogeneo (condizioni di carico drenate a lungo termine):

$$q_{lim} = 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_c \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c$$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p> <p style="text-align: right;">Foglio 15 di 78</p>

dove:

B' = dimensione minima effettiva della fondazione

γ_c = peso del terreno di fondazione

q' = tensione verticale efficace alla quota di imposta nell'intorno della fondazione.

c' = coesione efficace

N_γ, N_q, N_c = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di attrito

Per terreno di fondazione coesivo e per verifiche a breve termine vale, invece:

$$q_{lim} = (2 + \pi) c_u \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q$$

dove:

q = tensione verticale totale alla quota di imposta nell'intorno della fondazione.

c_u = coesione non drenata

In presenza di carichi eccentrici si ricorre al criterio proposto Meyerhof (1953) che prevede di calcolare la capacità del terreno con riferimento all'area "netta" (B', L'):

$$B' = B - 2e_B$$

$$L' = L - 2e_L$$

dove:

L, B = dimensioni "reali" della fondazione;

e_L, e_B = eccentricità del carico nelle direzioni considerate

Per tener conto dell'influenza della falda sul terreno sottostante il piano di fondazione si fa riferimento ad un peso di volume corretto (γ_c) secondo il seguente procedimento:

$$\gamma_c = \gamma' + z_w/B(\gamma' - \gamma_w) \quad \text{se } 0 \leq z_w < B$$

$$\gamma_c = \gamma \quad \text{se } z_w \geq B$$

$$\gamma_c = \gamma' \quad \text{se il piano di posa è collocato sotto falda}$$

dove:

z_w = distanza tra il piano d'imposta della fondazione e la falda.

Si trascura la presenza del magrone.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p>	<p>Foglio 16 di 78</p>

8.4. Verifica di stabilità globale

Si fa riferimento alla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci).

Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

La letteratura tecnica documenta numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza; tra di essi si è optato per quello proposto da Bishop (1955) "simplificato" per superfici di rottura di forma cilindrica.

in accordo a quanto prescritto dal DM 11/3/88 il coefficiente di sicurezza globale deve risultare pari a:

$$FS_{\text{statico}} \geq 1.30$$

Occorre osservare che la normativa non fa differenza tra analisi statiche e sismiche; per queste ultime si ritengono accettabili coefficienti di sicurezza ridotti purché superiori a 1.15.

9. MURO M01

Si tratta di un muro con dreni sub-orizzontali di altezza massima pari a 2.90m e lunghezza pari a 105.15m posto immediatamente a monte della pista di servizio prevista lungo l'argine in massi in sinistra idrografica del torrente Carbonasca (figura n.9.1).

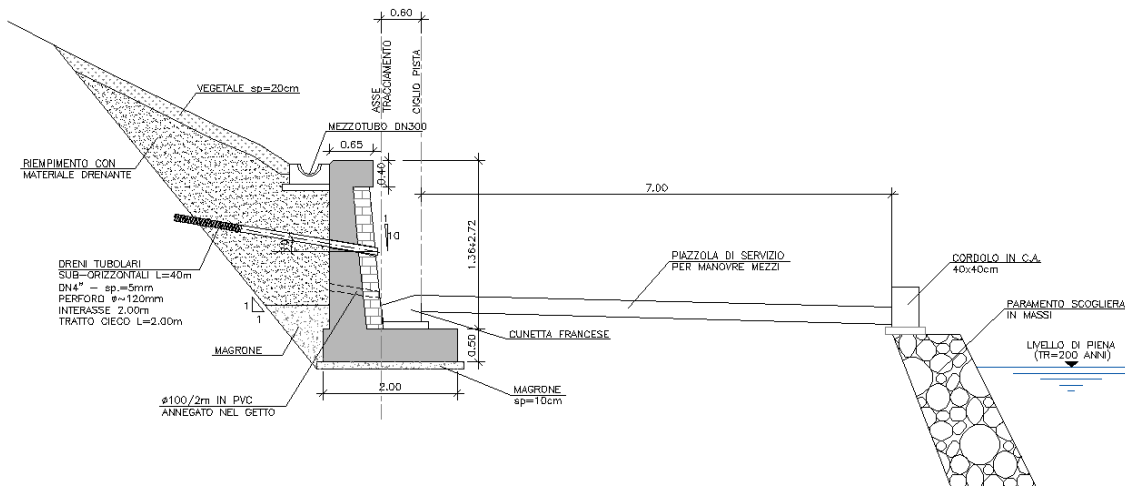


Figura n.9.1 – Sezione tipo muro M01

Il muro si inserisce in un contesto geologico caratterizzato dalla presenza di coltri detritiche di spessore variabile tra 3m e 4m poggianti sul substrato roccioso cataclasato.

Ipotesi generali di calcolo:

- Si trascura l'effetto stabilizzante del peso del rivestimento.
- Si considerano le sottospinte idrauliche corrispondenti al livello dei barbacani ovvero a +1.00m sopra l'intradosso della fondazione per i soli conci di altezza superiore a 2m.
- Si verificano i conci di altezza pari a 2.00m e 2.90m.

Si assumono i seguenti parametri geotecnici di verifica:

Reintegro a monte del muro

- Peso specifico = 18kN/m^3
- Angolo di attrito interno $\geq 34^\circ$
- Coesione efficace = 0kPa
- Angolo di attrito terra/muro = 23° (nullo per analisi sismica)

Terreno di fondazione (coltre detritica) – Spessore 3.0m da imposta

- Peso specifico = 21kN/m^3
- Angolo di attrito interno = 29°
- Coesione efficace = 5kPa
- Angolo di attrito terra/muro = 20°

9.1. Conci da 12 a 16 – H = 2.00m

Si verificano i conci di altezza massima pari a 2.00m (vedere figura n.9.2).

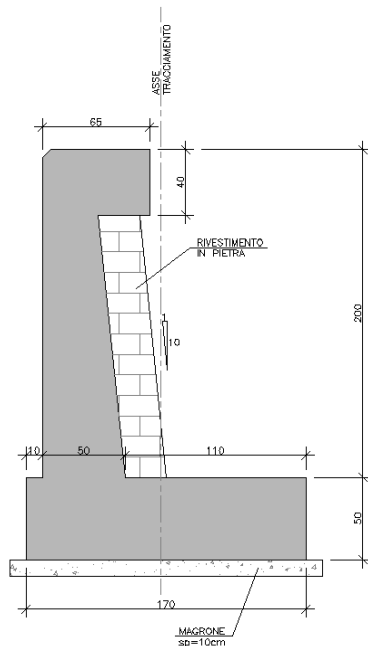


Figura n.9.2 – Geometria del muro M01 – Conci da 12 a 16 – Sezione di verifica

Quanto al modello di calcolo si rimanda alla figura n.9.3 di cui al seguito.

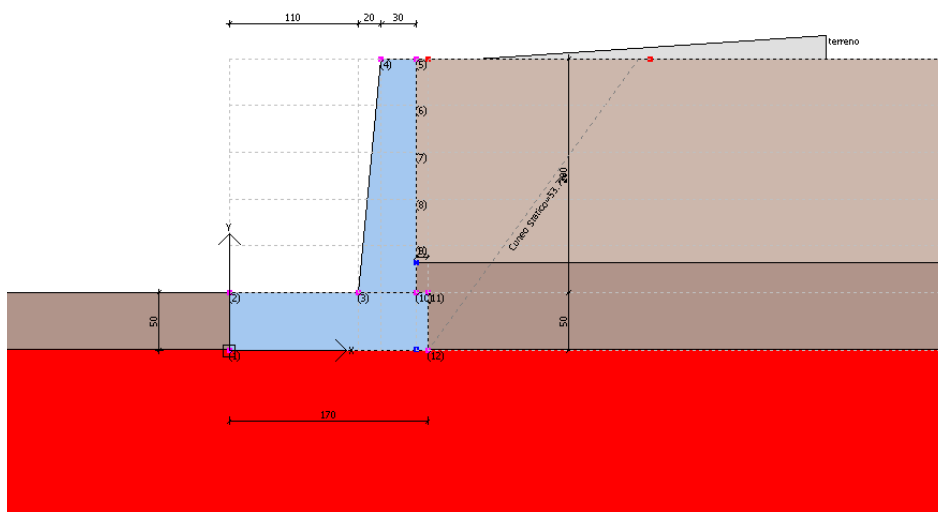


Figura n.9.3 – Geometria del muro M01 – Conci da 12 a 16 – Sezione di verifica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 19 di 78

Per quanto riguarda l'armatura si dispongono:

Elevazione

Φ20 / 20 (lato terra) – Armatura minima
 Φ12 / 20 (lato valle)

Fondazione

Φ20 / 20 (lembo superiore)
 Φ20 / 20 (lembo inferiore)

Segue tabulato di calcolo.

Dati generali

Codice progetto	COCIV
Descrizione	Muro 01
Data	07/11/2014
Condizioni ambientali	Ordinarie
Normativa GEO	D.M. 1996 (T.A.)
Normativa STR	D.M. 1996 (T.A.)

Dati generali muro

Altezza muro	200.0 cm
Spessore testa muro	30.0 cm
Risega muro lato valle	20.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	110.0 cm
Sporgenza mensola a monte	10.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	175	0	18.00	34	0.00	24	No		Rilevato_1
2	74	0	18.00	34	0.00	24	Si		Rilevato_2
3	401	0	21.00	29	5.00	20	Si		Copertura

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
terreno	100.0	350.0	0.0	40.0	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE

traffico (A-III)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

sisma (A-V)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

QP

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	0.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

FR

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	0.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 21 di 78

2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

RA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	0.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

traffico (A-III) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale K_h 0.04

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q_i	Quota iniziale strato (cm);
Q_f	Quota finale strato
Γ	Peso unità di volume (KN/m ³);
ϵ	Inclinazione dello strato. (°);
F_i	Angolo di resistenza a taglio (°);
Δ	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Q_i	Q_f	Γ	ϵ	F_i	Δ	c	β	Note
250.0	210.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
210.0	170.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
170.0	130.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
130.0	90.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
90.0	75.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
75.0	50.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
K_a	Coefficiente di spinta attiva.
K_d	Coefficiente di spinta dinamica.
D_k	Coefficiente di incremento dinamico.
K_{ax}, K_{ay}	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
D_{kx}, D_{ky}	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
-------	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 23 di 78

5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.02	0.07	0.25	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.06	0.25	0.78	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.14	1.57	1.69	0.02
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.24	4.1	2.92	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.29	5.35	3.45	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.37	7.86	4.43	0.04

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (170.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (170.0/250.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
250.0	210.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
210.0	170.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
170.0	130.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
130.0	90.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
90.0	75.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
75.0	50.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	Falda
50.0	1.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	Falda
1.0	0.0	21.0	0.0	29.0	20.0	5.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.32	0.06	0.21	0.14	0.05	0.03
24.0	0.25	0.31	0.06	0.23	0.1	0.05	0.02
20.0	0.31	0.36	0.05	0.29	0.11	0.05	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
----	----	-----	-----	--------	--------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 24 di 78

1	250.0	210.0	1.36	0.92	228.49	228.49
2	210.0	170.0	1.98	1.34	188.96	188.96
3	170.0	130.0	2.6	1.75	149.21	149.21
4	130.0	90.0	3.22	2.17	109.36	109.36
5	90.0	75.0	1.36	0.92	82.42	82.42
6	75.0	50.0	2.71	1.62	61.94	62.4
7	50.0	1.0	7.53	3.1	23.98	25.23
8	1.0	0.0	0.14	0.05	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50.0	0.0	21.0	180.0	29.0	20.0	5.0	180.0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-1.23	0.0	16.67	0.0

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	20.9	11.87	-1.31
Peso muro	0.0	19.61	-27.38
Peso fondazione	0.0	20.84	-17.71
Sovraccarico	0.0	1.23	-2.03
Terr. fondazione	0.0	3.6	-5.94
Spinte fondazione	-1.23	0.0	-0.2
	19.67	57.15	-54.58

Momento stabilizzante	-73.24 kNm
Momento ribaltante	18.66 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	20.9 kN
Sommatoria forze verticali	57.15 kN
Coefficiente di attrito	0.55
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	57.15 kN

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 25 di 78

Forze parall. al piano di scorrimento 20.9 kN
 Resistenza terreno 32.9 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd 1.57
Traslazione verificata Csd > 1.3

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -73.24 kNm
 Momento ribaltante 18.66 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 3.93
Muro verificato a ribaltamento Csv > 1.5

Carico limite verticale HANSEN

Somma forze in direzione x (Fx) 19.67 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 57.15 kN
 Somma momenti -54.58 kNm
 Larghezza fondazione 170.0 cm
 Lunghezza 7000.0 cm
 Eccentricità su B 10.5 cm
 Peso unità di volume 21.0 kN/m³
 Angolo di resistenza al taglio 29.0 °
 Coesione 5.0 kPa
 Terreno sulla fondazione 50.0 cm
 Peso terreno sul piano di posa 18.0 kN/m³
 Nq 16.44
 Nc 27.86
 Ng 12.84
 Fattori di forma
 sq 1.0
 sc 1.0
 sg 1.0
 Inclinazione carichi
 iq 0.64
 ic 0.61
 ig 0.52
 Fattori di profondità
 dq 1.1
 dc 1.13
 dg 1.0
 Carico limite verticale (Qlim) 382.17 kN
Fattore sicurezza (Csq = Qlim / Fy) 6.69

Carico limite verificato Csq > 2

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione 95.5 cm
 Larghezza della fondazione 170.0 cm
 x = 0.0 cm 21.15 kPa
 x = 170.0 cm 46.08 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
110.0	-1.23	-18.65	-8.52	50.0

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 26 di 78

Armature - Tensio ni

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
σ_c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);
σ_{ft}	Tensione acciaio teso (N/mm ²);
σ_{fc}	Tensione acciaio compresso (N/mm ²);
τ	Tensione tangenziale (N/mm ²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.28	12.49	2.78	0.05

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
160.0	0.14	13.39	-1.3	50.0

Armature - Tensioni (T.A.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
σ_c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);
σ_{ft}	Tensione acciaio teso (N/mm ²);
σ_{fc}	Tensione acciaio compresso (N/mm ²);
τ	Tensione tangenziale (N/mm ²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.04	2.0	0.41	0.03

sisma (A-V) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.04

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
250.0	210.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
210.0	170.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
170.0	130.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
130.0	90.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
90.0	75.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
75.0	50.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	Falda

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 27 di 78

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.31	0.06	0.23	0.1	0.05	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	250.0	210.0	1.62	0.66	228.49	228.49
2	210.0	170.0	2.35	0.96	188.96	188.96
3	170.0	130.0	3.08	1.25	149.21	149.21
4	130.0	90.0	3.81	1.55	109.36	109.36
5	90.0	75.0	1.62	0.66	82.42	82.42
6	75.0	50.0	3.25	1.16	62.01	62.4

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
210.0	0.13	3.14	144.0	229.6
170.0	0.27	6.67	142.9	208.4
130.0	0.42	10.59	141.8	186.7
90.0	0.6	14.91	140.7	164.4
75.0	0.66	16.62	140.3	155.9
50.0	0.78	19.61	139.6	141.7

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
210.0	1.74	3.8	0.18	34.0
170.0	4.23	8.28	1.07	38.0
130.0	7.46	13.46	2.95	42.0
90.0	11.44	19.32	6.1	46.0
75.0	13.13	21.7	7.66	47.5
50.0	16.5	25.85	10.83	50.0

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 28 di 78

Tensioni - Armature parete (T.A .)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
σ_c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);
σ_{ft}	Tensione acciaio teso (N/mm ²);
σ_{fc}	Tensione acciaio compresso (N/mm ²);
τ	Tensione tangenziale (N/mm ²);

Afv	Afm	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.02	0.05	0.26	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.07	0.39	0.86	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.15	2.04	1.86	0.02
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.27	5.02	3.2	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.32	6.48	3.78	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.41	9.39	4.85	0.04

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (170.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (170.0/250.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
250.0	210.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
210.0	170.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
170.0	130.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
130.0	90.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
90.0	75.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
75.0	50.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	Falda
50.0	1.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	Falda
1.0	0.0	21.0	0.0	29.0	20.0	5.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.32	0.06	0.21	0.14	0.05	0.03
24.0	0.25	0.31	0.06	0.23	0.1	0.05	0.02
20.0	0.31	0.36	0.05	0.29	0.11	0.05	0.02

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 29 di 78

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	250.0	210.0	1.5	0.92	228.49	228.49
2	210.0	170.0	2.18	1.34	188.96	188.96
3	170.0	130.0	2.86	1.75	149.21	149.21
4	130.0	90.0	3.54	2.17	109.36	109.36
5	90.0	75.0	1.5	0.92	82.42	82.42
6	75.0	50.0	3.05	1.62	61.99	62.4
7	50.0	1.0	8.27	3.1	24.06	25.23
8	1.0	0.0	0.15	0.05	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50.0	0.0	21.0	180.0	29.0	20.0	5.0	180.0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-1.23	0.0	16.67	0.0

Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	23.04	11.87	0.62
Peso muro	0.78	19.61	-26.27
Peso fondazione	0.83	20.84	-17.5
Sovraccarico	0.05	1.23	-1.91
Terr. fondazione	0.14	3.6	-5.72
Spinte fondazione	-1.23	0.0	-0.2
	23.63	57.15	-50.99

Momento stabilizzante -73.24 kNm

Momento ribaltante 22.25 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	24.85 kN
Sommatoria forze verticali	57.15 kN
Coefficiente di attrito	0.55
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	57.15 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	24.85 kN
Resistenza terreno	32.9 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1.32
Traslazione verificata Csd > 1.3	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-73.24 kNm
Momento ribaltante	22.25 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	3.29
Muro verificato a ribaltamento Csv > 1.5	

Carico limite verticale HANSEN

Somma forze in direzione x (Fx)	23.63 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	57.15 kN
Somma momenti	-50.99 kNm
Larghezza fondazione	170.0 cm
Lunghezza	7000.0 cm
Eccentricità su B	4.22 cm
Peso unità di volume	21.0 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	29.0 °
Coesione	5.0 kPa
Terreno sulla fondazione	50.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0 kN/m ³
Nq	16.44
Nc	27.86
Ng	12.84
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.58
ic	0.56
ig	0.46
Fattori di profondità	
dq	1.09
dc	1.12
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	378.04 kN
Fattore sicurezza (Csq = Qlim / Fy)	6.61
Carico limite verificato Csq > 2	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	89.22 cm
Larghezza della fondazione	170.0 cm
x = 0.0 cm	28.61 kPa
x = 170.0 cm	38.62 kPa

MENSOLA A VALLE



Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
110.0	-1.23	-21.56	-11.09	50.0

Armature - Tensio ni

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 σ_c Tensione calcestruzzo (N/mm²);
 σ_{ft} Tensione acciaio teso (N/mm²);
 σ_{fc} Tensione acciaio compresso (N/mm²);
 τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.37	16.37	3.61	0.05

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
160.0	0.15	14.09	-1.34	50.0

Armature - Tensioni (T.A.)

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 σ_c Tensione calcestruzzo (N/mm²);
 σ_{ft} Tensione acciaio teso (N/mm²);
 σ_{fc} Tensione acciaio compresso (N/mm²);
 τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.04	2.06	0.42	0.03

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 32 di 78

Verifica fessurazione

QP [Quasi perm.]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0.300	--	--	Si	3.37	112.50	-8.46
Si	0.000	0.300	182.878	374	Si	0.63	112.50	2.53
Si	0.001	0.300	249.041	679	Si	1.41	112.50	16.05
Si	0.004	0.300	291.041	873	Si	2.48	112.50	41.77
Si	0.005	0.300	304.208	934	Si	2.95	112.50	54.57
Si	0.008	0.300	318.451	1000	Si	3.80	112.50	80.16

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.012	0.300	318.451	1000	Si	2.88	112.50	127.38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.002	0.300	318.451	1000	Si	0.44	112.50	19.54

FR [Frequente]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0.400	--	--	Si	3.37	150.00	-8.46
Si	0.000	0.400	182.878	374	Si	0.63	150.00	2.53
Si	0.001	0.400	249.041	679	Si	1.41	150.00	16.05
Si	0.004	0.400	291.041	873	Si	2.48	150.00	41.77
Si	0.005	0.400	304.208	934	Si	2.95	150.00	54.57
Si	0.008	0.400	318.451	1000	Si	3.80	150.00	80.16

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.012	0.400	318.451	1000	Si	2.88	150.00	127.38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.002	0.400	318.451	1000	Si	0.44	150.00	19.54

RA [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	3.37	150.00	-8.46
Si	0.000	--	182.878	374	Si	0.63	150.00	2.53

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 33 di 78

Si	0.001	--	249.041	679	Si	1.41	150.00	16.05
Si	0.004	--	291.041	873	Si	2.48	150.00	41.77
Si	0.005	--	304.208	934	Si	2.95	150.00	54.57
Si	0.008	--	318.451	1000	Si	3.80	150.00	80.16

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.012	--	318.451	1000	Si	2.88	150.00	127.38

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.002	--	318.451	1000	Si	0.44	150.00	19.54

Analisi di stabilità

Le analisi di stabilità vengono svolte con riferimento alle seguenti condizioni:

- Condizioni statiche
- Condizioni statiche – Livello di piena torrente Carbonasca
- Condizioni sismiche

Si assumono i seguenti parametri geotecnici di verifica:

Reinterro a monte del muro

- Peso specifico = 18kN/m³
- Angolo di attrito interno ≥ 34°
- Coesione efficace = 0kPa

Coltre detritica

- Peso specifico = 21kN/m³
- Angolo di attrito interno = 30°
- Coesione efficace = 5kPa

Subastato roccioso cataclasato

- Peso specifico = 23kN/m³
- Angolo di attrito interno = 21°
- Coesione efficace = 20kPa

Subastato roccioso litoide

- Peso specifico = 26kN/m³
- Angolo di attrito interno = 21°
- Coesione efficace = 50kPa

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p> <p>Foglio 34 di 78</p>

CONDIZIONI STATICHE

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: M01_200cm_statico.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Left to Right
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Data Output: Standard
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
 Janbu simplified

Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Slope Search
 Number of Surfaces: 2000
 Upper Angle: Not Defined
 Lower Angle: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:
 Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 5 kN/m²

Material Properties

Material: coltre
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 30 degrees
 Water Surface: None

Material: muro
 Strength Type: Infinite strength
 Unit Weight: 25 kN/m³

**Material: argine**

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 40 degrees
Water Surface: None

Material: riporto

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

Material: frana

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None

Material: substrato

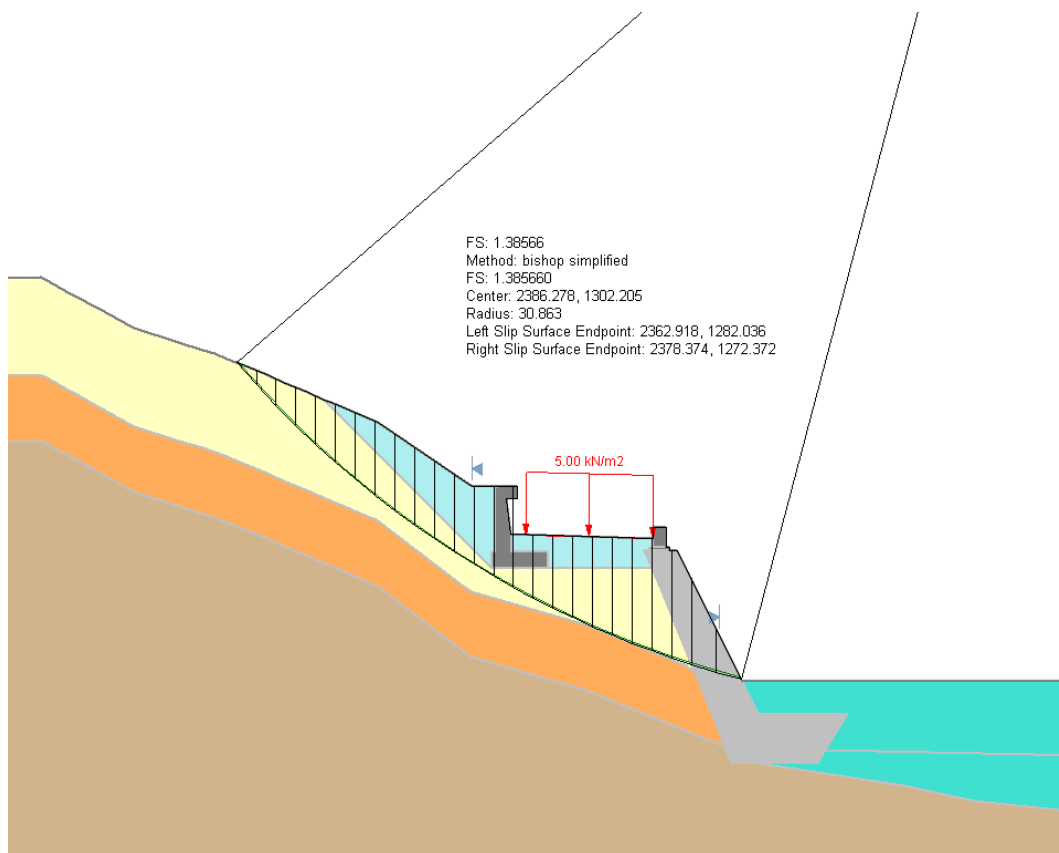
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26 kN/m³
Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None

Material: alluvioni

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Global Minimums**Method: bishop simplified**

FS: 1.385660
Center: 2386.278, 1302.205
Radius: 30.863
Left Slip Surface Endpoint: 2362.918, 1282.036
Right Slip Surface Endpoint: 2378.374, 1272.372
Resisting Moment=14106.3 kN-m
Driving Moment=10180.2 kN-m



CONDIZIONI STATICHE – PIENA TORRENTE CARBONASCA

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: M01_200cm_statico_piena.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Left to Right
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Data Output: Standard
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
 Janbu simplified

Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p> <p style="text-align: right;">Foglio 37 di 78</p>

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Slope Search
Number of Surfaces: 2000
Upper Angle: Not Defined
Lower Angle: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: coltre

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 21 kN/m3
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 30 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: muro

Strength Type: Infinite strength
Unit Weight: 25 kN/m3

Material: argine

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 25 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 40 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: riporto

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: frana

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 23 kN/m3
Cohesion: 20 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: substrato

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26 kN/m3
Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: alluvioni

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m3
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.352500

Center: 2386.278, 1302.205

Radius: 30.863

Left Slip Surface Endpoint: 2362.918, 1282.036

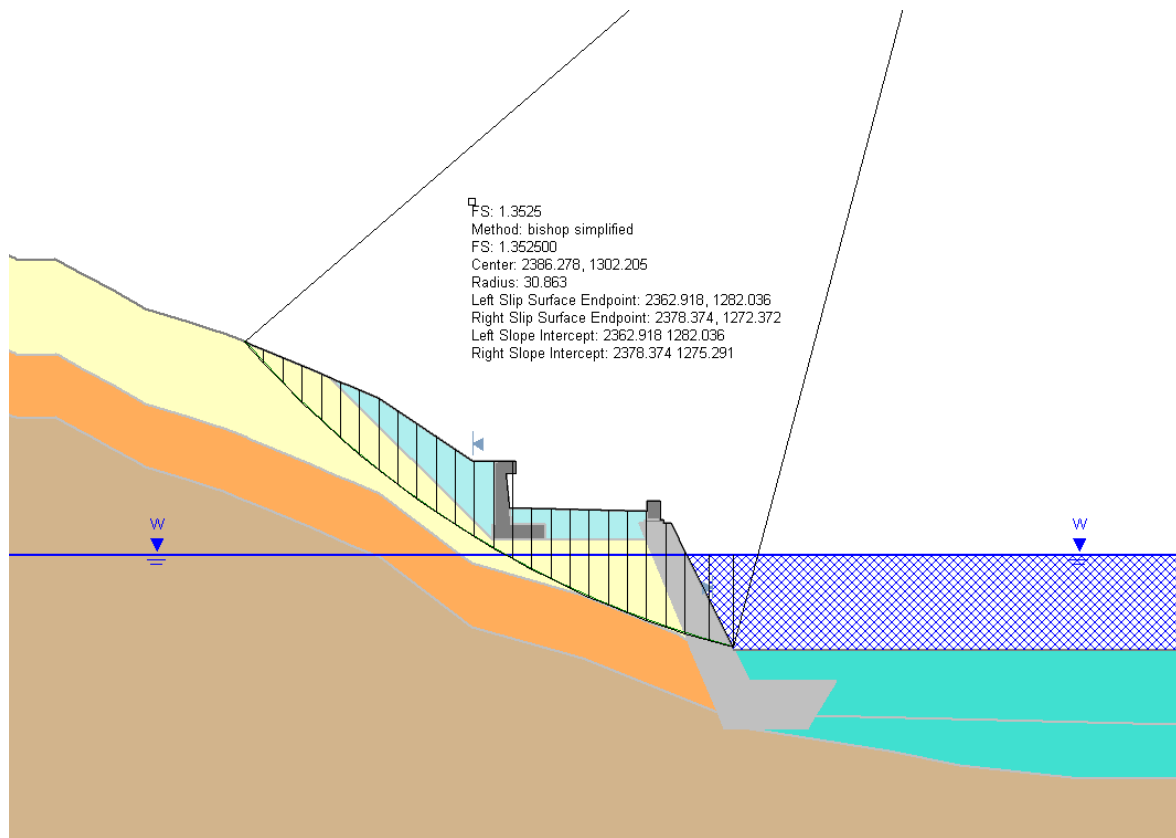
Right Slip Surface Endpoint: 2378.374, 1272.372

Left Slope Intercept: 2362.918 1282.036

Right Slope Intercept: 2378.374 1275.291

Resisting Moment=12046.9 kN-m

Driving Moment=8907.12 kN-m



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p>	<p>Foglio 39 di 78</p>

CONDIZIONI SISMICHE

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: M01_200cm_sismico.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Left to Right
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Data Output: Standard
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
 Janbu simplified

Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Slope Search
 Number of Surfaces: 2000
 Upper Angle: Not Defined
 Lower Angle: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.04

Material Properties

Material: coltre
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 30 degrees
 Water Surface: None

Material: muro
 Strength Type: Infinite strength
 Unit Weight: 25 kN/m³

Material: argine
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 25 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 40 degrees



Water Surface: None

Material: riporto

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

Material: frana

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 23 kN/m³
Cohesion: 20 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None

Material: substrato

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 26 kN/m³
Cohesion: 50 kPa
Friction Angle: 21 degrees
Water Surface: None

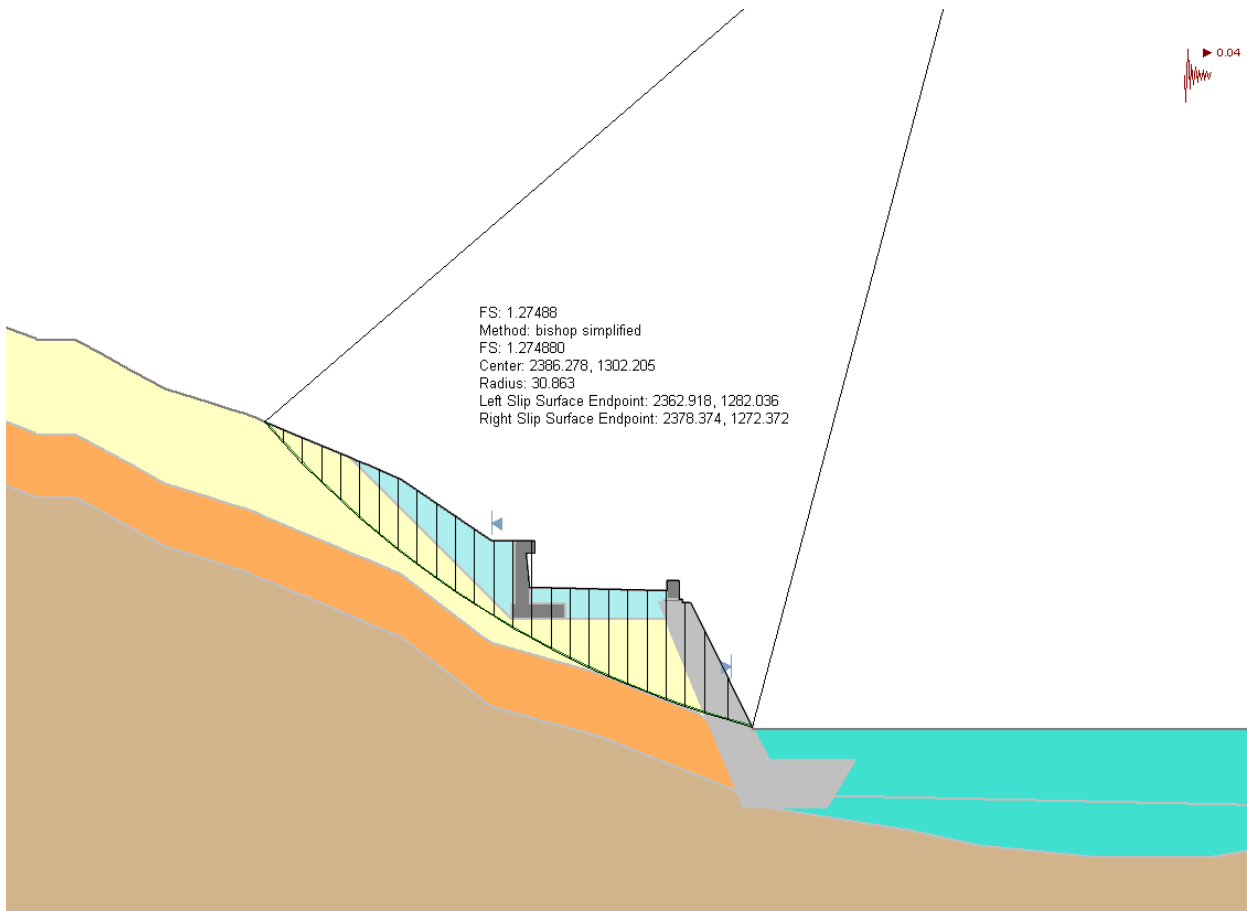
Material: alluvioni

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 32 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.274880
Center: 2386.278, 1302.205
Radius: 30.863
Left Slip Surface Endpoint: 2362.918, 1282.036
Right Slip Surface Endpoint: 2378.374, 1272.372
Resisting Moment=13561.5 kN-m
Driving Moment=10637.4 kN-m



9.2. Concio da 11 – H = 2.90m

Si verifica il concio di altezza massima pari a 2.90m (vedere figura n.9.4).

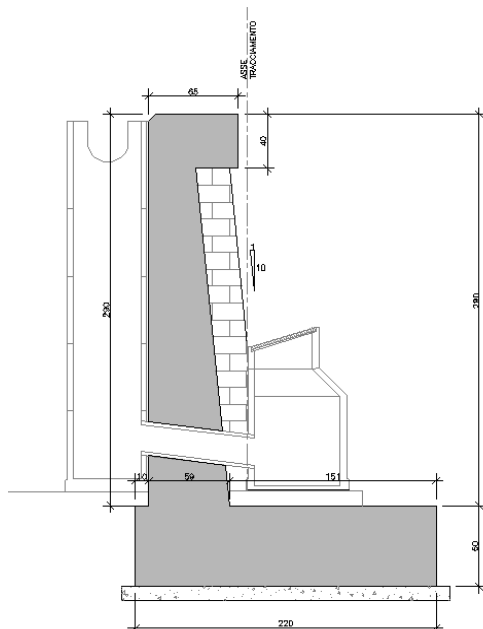


Figura n.9.4 – Geometria del muro M01 – Concio 11 – Sezione di verifica

Quanto al modello di calcolo si rimanda alla figura n.9.5 di cui al seguito.

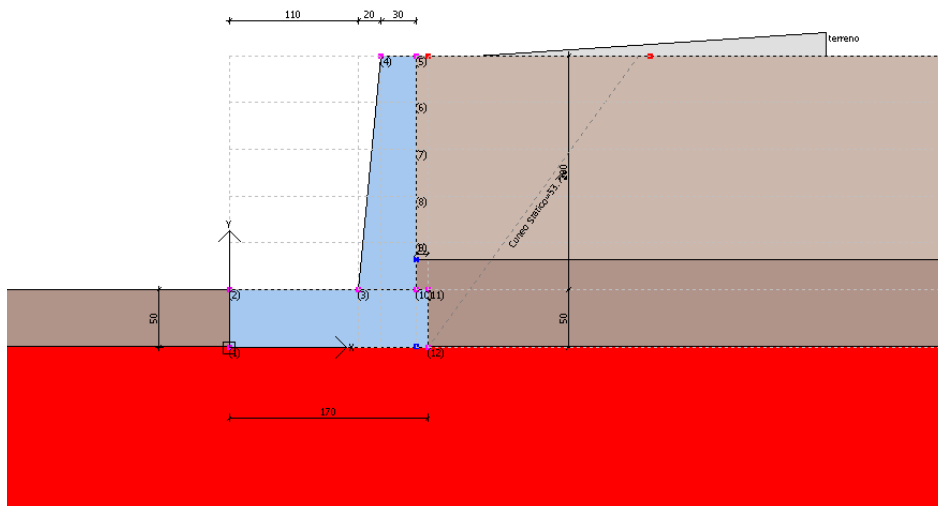


Figura n.9.5 – Geometria del muro M01 – Concio 11 – Sezione di verifica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 43 di 78

Per quanto riguarda l'armatura si dispongono:

Elevazione

Φ20 / 20 (lato terra) – Armatura minima
 Φ12 / 20 (lato valle)

Fondazione

Φ20 / 20 (lembo superiore)
 Φ20 / 20 (lembo inferiore)

Segue tabulato di calcolo.

Dati generali

Codice progetto	COCIV
Descrizione	Muro M36
Data	22/03/2013
Condizioni ambientali	Ordinarie
Normativa GEO	D.M. 1996 (T.A.)
Normativa STR	D.M. 1996 (T.A.)

Dati generali muro

Altezza muro	290.0 cm
Spessore testa muro	30.0 cm
Risega muro lato valle	29.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	151.0 cm
Sporgenza mensola a monte	10.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	60.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	60.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	250	0	18.00	34	0.00	24	No		Rilevato_1
2	99	0	18.00	34	0.00	24	Si		Rilevato_2
3	401	0	21.00	29	5.00	20	Si		Copertura

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
terreno	200.0	350.0	0.0	0.0	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE

traffico (A-III)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

sisma (A-V)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

QP

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

FR

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 46 di 78

24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.31	0.06	0.23	0.1	0.05	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	350.0	292.0	0.7	0.31	311.33	311.33
2	292.0	234.0	2.11	0.94	259.78	259.78
3	234.0	176.0	3.51	1.56	203.07	203.07
4	176.0	118.0	4.92	2.19	145.62	145.62
5	118.0	100.0	1.81	0.81	108.89	108.89
6	100.0	60.0	5.12	1.93	78.78	79.77

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	292.0	0.19	4.68	193.5	320.1
	234.0	0.41	10.17	191.9	288.9
	176.0	0.66	16.5	190.3	256.5
	118.0	0.95	23.66	188.7	223.2
	100.0	1.04	26.04	188.1	212.7
	60.0	1.27	31.63	187.0	189.3

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
292.0	0.89	5.0	0.07	35.8
234.0	3.22	11.43	0.78	41.6
176.0	6.99	19.32	2.92	47.4
118.0	12.19	28.67	7.23	53.2
100.0	14.1	31.85	9.17	55.0
60.0	19.44	39.37	14.65	59.0

Tensioni - Armature parete (T.A .)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
σc Tensione calcestruzzo (N/mm²);
σft Tensione acciaio teso (N/mm²);
σfc Tensione acciaio compresso (N/mm²);
τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afv	Afm	σc	σft	σfc	τ

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 47 di 78

5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.02	0.15	0.24	0.0
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.05	0.08	0.7	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.12	0.66	1.6	0.02
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.24	3.2	3.1	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.29	4.48	3.69	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.41	8.17	5.17	0.04

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (220.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (220.0/350.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
350.0	292.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
292.0	234.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
234.0	176.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
176.0	118.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
118.0	100.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
100.0	60.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	Falda
60.0	1.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	Falda
1.0	0.0	21.0	0.0	29.0	20.0	5.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.32	0.06	0.21	0.14	0.05	0.03
24.0	0.25	0.31	0.06	0.23	0.1	0.05	0.02
20.0	0.31	0.36	0.05	0.29	0.11	0.05	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
----	----	-----	-----	--------	--------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC</p> <p>Relazione di calcolo</p>	
<p>Foglio 48 di 78</p>	

1	350.0	292.0	0.65	0.44	311.33	311.33
2	292.0	234.0	1.95	1.31	259.78	259.78
3	234.0	176.0	3.24	2.19	203.07	203.07
4	176.0	118.0	4.54	3.06	145.62	145.62
5	118.0	100.0	1.67	1.13	108.89	108.89
6	100.0	60.0	4.78	2.7	78.71	79.77
7	60.0	1.0	10.46	4.26	28.58	30.16
8	1.0	0.0	0.16	0.06	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
60.0	0.0	21.0	180.0	29.0	20.0	5.0	180.0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60.0	0.0	-1.77	0.0	20.0	0.0

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	27.45	15.15	-4.47
Peso muro	0.0	31.63	-59.14
Peso fondazione	0.0	32.36	-35.6
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	5.22	-11.22
Spinte fondazione	-1.77	0.0	-0.35
	25.69	84.36	-110.79

Momento stabilizzante	-139.29 kNm
Momento ribaltante	28.5 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	27.45 kN
Sommatoria forze verticali	84.36 kN
Coefficiente di attrito	0.55
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	84.36 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	27.45 kN

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo

Foglio
49 di 78

Resistenza terreno 48.53 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd **1.77**
Traslazione verificata Csd > 1.3

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -139.29 kNm
 Momento ribaltante 28.5 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv **4.89**
Muro verificato a ribaltamento Csv > 1.5

Carico limite verticale HANSEN

Somma forze in direzione x (Fx) 25.69 kN
 Somma forze in direzione y (Fy) 84.36 kN
 Somma momenti -110.79 kNm
 Larghezza fondazione 220.0 cm
 Lunghezza 7000.0 cm
 Eccentricità su B 21.33 cm
 Peso unità di volume 21.0 KN/m³
 Angolo di resistenza al taglio 29.0 °
 Coesione 5.0 kPa
 Terreno sulla fondazione 60.0 cm
 Peso terreno sul piano di posa 18.0 KN/m³
 Nq 16.44
 Nc 27.86
 Ng 12.84
 Fattori di forma
 sq 1.0
 sc 1.0
 sg 1.0
 Inclinazione carichi
 iq 0.66
 ic 0.64
 ig 0.55
 Fattori di profondità
 dq 1.1
 dc 1.14
 dg 1.0
 Carico limite verticale (Qlim) 534.43 kN
Fattore sicurezza (Csq = Qlim / Fy) **6.34**

Carico limite verificato Csqu > 2

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione 131.33 cm
 Larghezza della fondazione 220.0 cm
 x = 0.0 cm 16.04 kPa
 x = 220.0 cm 60.65 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
151.0	-1.77	-25.12	-12.97	60.0

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 50 di 78

Armature - Tensio ni

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
σ_c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);
σ_{ft}	Tensione acciaio teso (N/mm ²);
σ_{fc}	Tensione acciaio compresso (N/mm ²);
τ	Tensione tangenziale (N/mm ²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.32	15.42	3.3	0.05

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
210.0	0.16	15.88	-1.6	60.0

Armature - Tensioni (T.A.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
σ_c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);
σ_{ft}	Tensione acciaio teso (N/mm ²);
σ_{fc}	Tensione acciaio compresso (N/mm ²);
τ	Tensione tangenziale (N/mm ²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.04	2.01	0.39	0.03

sisma (A-V) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.04

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
350.0	292.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
292.0	234.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
234.0	176.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
176.0	118.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
118.0	100.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
100.0	60.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 51 di 78

μ Angolo di direzione della spinta.
 K_a Coefficiente di spinta attiva.
 K_d Coefficiente di spinta dinamica.
 D_k Coefficiente di incremento dinamico.
 K_{ax}, K_{ay} Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
 D_{kx}, D_{ky} Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.31	0.06	0.23	0.1	0.05	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.
 Q_f Quota inizio strato.
 R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
 $Z(R_{px})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
 $Z(R_{py})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	350.0	292.0	0.77	0.31	311.33	311.33
2	292.0	234.0	2.31	0.94	259.78	259.78
3	234.0	176.0	3.84	1.56	203.07	203.07
4	176.0	118.0	5.38	2.19	145.62	145.62
5	118.0	100.0	1.98	0.81	108.89	108.89
6	100.0	60.0	5.54	1.93	78.83	79.77

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

P_y Peso del muro (kN);
 P_x Forza inerziale (kN);
 X_p, Y_p Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
292.0	0.19	4.68	193.5	320.1
234.0	0.41	10.17	191.9	288.9
176.0	0.66	16.5	190.3	256.5
118.0	0.95	23.66	188.7	223.2
100.0	1.04	26.04	188.1	212.7
60.0	1.27	31.63	187.0	189.3

Sollecitazioni sul muro

Q_u Origine ordinata minima del muro (cm).
 F_x Forza in direzione x (kN);
 F_y Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	F_x	F_y	M	H
292.0	0.96	5.0	0.08	35.8
234.0	3.48	11.43	0.89	41.6
176.0	7.58	19.32	3.26	47.4
118.0	13.24	28.67	8.05	53.2
100.0	15.32	31.85	10.19	55.0
60.0	21.08	39.37	16.24	59.0

Tensioni - Armature parete (T.A .)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 52 di 78

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
 σ_c Tensione calcestruzzo (N/mm²);
 σ_{ft} Tensione acciaio teso (N/mm²);
 σ_{fc} Tensione acciaio compresso (N/mm²);
 τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afv	Afm	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.02	0.14	0.24	0.0
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.06	0.04	0.74	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.14	0.97	1.75	0.02
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.27	4.15	3.42	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.33	5.68	4.06	0.03
5Ø12 (5.65)	5Ø20 (15.71)	0.46	10.0	5.69	0.04

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (220.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (220.0/350.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
350.0	292.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
292.0	234.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
234.0	176.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
176.0	118.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
118.0	100.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
100.0	60.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	Falda
60.0	1.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	Falda
1.0	0.0	21.0	0.0	29.0	20.0	5.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.32	0.06	0.21	0.14	0.05	0.03
24.0	0.25	0.31	0.06	0.23	0.1	0.05	0.02
20.0	0.31	0.36	0.05	0.29	0.11	0.05	0.02

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 53 di 78

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	350.0	292.0	0.71	0.44	311.33	311.33
2	292.0	234.0	2.14	1.31	259.78	259.78
3	234.0	176.0	3.57	2.19	203.07	203.07
4	176.0	118.0	5.0	3.06	145.62	145.62
5	118.0	100.0	1.84	1.13	108.89	108.89
6	100.0	60.0	5.2	2.7	78.77	79.77
7	60.0	1.0	11.2	4.26	28.65	30.16
8	1.0	0.0	0.17	0.06	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
60.0	0.0	21.0	180.0	29.0	20.0	5.0	180.0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	60.0	0.0	-1.77	0.0	20.0	0.0

Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	29.83	15.15	-1.71
Peso muro	1.27	31.63	-56.75
Peso fondazione	1.29	32.36	-35.21
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.21	5.22	-10.79
Spinte fondazione	-1.77	0.0	-0.35
	30.84	84.36	-104.81

Momento stabilizzante -139.29 kNm
Momento ribaltante 34.48 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	32.6 kN
Sommatoria forze verticali	84.36 kN
Coefficiente di attrito	0.55
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	84.36 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	32.6 kN
Resistenza terreno	48.53 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1.49
Traslazione verificata Csd > 1.3	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-139.29 kNm
Momento ribaltante	34.48 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4.04
Muro verificato a ribaltamento Csv > 1.5	

Carico limite verticale HANSEN

Somma forze in direzione x (Fx)	30.84 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	84.36 kN
Somma momenti	-104.81 kNm
Larghezza fondazione	220.0 cm
Lunghezza	7000.0 cm
Eccentricità su B	14.25 cm
Peso unità di volume	21.0 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	29.0 °
Coesione	5.0 kPa
Terreno sulla fondazione	60.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0 kN/m ³
Nq	16.44
Nc	27.86
Ng	12.84
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.61
ic	0.59
ig	0.49
Fattori di profondità	
dq	1.09
dc	1.13
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	531.18 kN
Fattore sicurezza (Csq = Qlim / Fy)	6.3

Carico limite verificato Csq > 2
Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	124.25 cm
Larghezza della fondazione	220.0 cm
x = 0.0 cm	23.44 kPa
x = 220.0 cm	53.24 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
151.0	-1.77	-28.64	-17.58	60.0

Armature - Tensio ni

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 σ_c Tensione calcestruzzo (N/mm²);
 σ_{ft} Tensione acciaio teso (N/mm²);
 σ_{fc} Tensione acciaio compresso (N/mm²);
 τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.43	21.08	4.45	0.06

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
210.0	0.17	16.58	-1.64	60.0

Armature - Tensioni (T.A.)

Afi Area dei ferri inferiori.
 Afs Area dei ferri superiori.
 σ_c Tensione calcestruzzo (N/mm²);
 σ_{ft} Tensione acciaio teso (N/mm²);
 σ_{fc} Tensione acciaio compresso (N/mm²);
 τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø20 (15.71)	5Ø20 (15.71)	0.04	2.06	0.4	0.03

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 56 di 78

Verifica fessurazione

QP [Quasi perm.]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0.300	--	--	Si	3.63	112.50	-14.65
Si	--	0.300	--	--	Si	10.65	112.50	-21.93
Si	0.000	0.300	213.547	515	Si	1.24	112.50	6.68
Si	0.003	0.300	296.589	899	Si	2.48	112.50	32.62
Si	0.004	0.300	316.938	993	Si	2.98	112.50	45.69
Si	0.008	0.300	318.451	1000	Si	4.23	112.50	83.34

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.015	0.300	318.451	1000	Si	3.22	112.50	157.20

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.002	0.300	318.451	1000	Si	0.40	112.50	19.55

FR [Frequente]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0.400	--	--	Si	3.63	150.00	-14.65
Si	--	0.400	--	--	Si	10.65	150.00	-21.93
Si	0.000	0.400	213.547	515	Si	1.24	150.00	6.68
Si	0.003	0.400	296.589	899	Si	2.48	150.00	32.62
Si	0.004	0.400	316.938	993	Si	2.98	150.00	45.69
Si	0.008	0.400	318.451	1000	Si	4.23	150.00	83.34

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.015	0.400	318.451	1000	Si	3.22	150.00	157.20

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.002	0.400	318.451	1000	Si	0.40	150.00	19.55

RA [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	3.63	150.00	-14.65

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 57 di 78

Si	--	--	--	--	Si	10.65	150.00	-21.93
Si	0.000	--	213.547	515	Si	1.24	150.00	6.68
Si	0.003	--	296.589	899	Si	2.48	150.00	32.62
Si	0.004	--	316.938	993	Si	2.98	150.00	45.69
Si	0.008	--	318.451	1000	Si	4.23	150.00	83.34

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.015	--	318.451	1000	Si	3.22	150.00	157.20

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.002	--	318.451	1000	Si	0.40	150.00	19.55

Analisi di stabilità

Per le analisi di stabilità si rimanda al paragrafo n.9.1.

10. MURO M02

Si tratta di un muro con dreni sub-orizzontali di altezza pari a 1.50m e lunghezza pari a 31.20m posto immediatamente a monte della pista di servizio prevista al piede del versante (figura n.10.1).

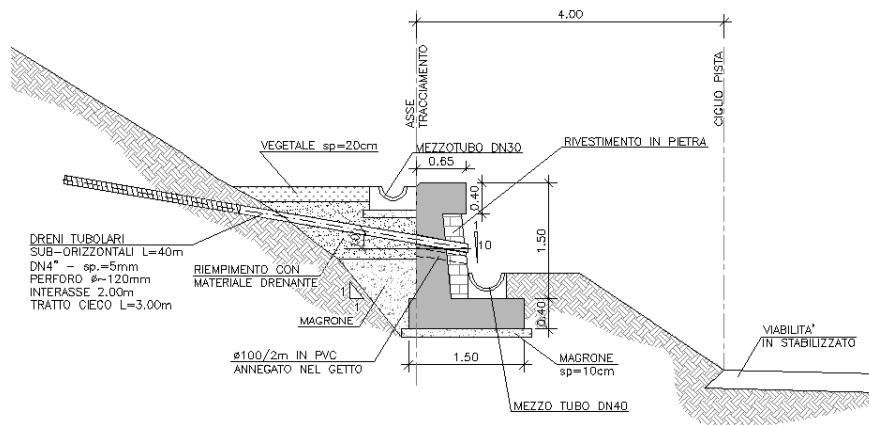


Figura n.10.1 – Sezione tipo muro M01

Il muro si inserisce in un contesto geologico caratterizzato dalla presenza di coltri detritiche di spessore variabile tra 3m e 4m poggianti sul deposito di frana che localmente presenta uno spessore dell'ordine di 5-6m.

Ipotesi generali di calcolo:

- Si trascura l'effetto stabilizzante del peso del rivestimento.
- Si considerano le sottospinte idrauliche corrispondenti al livello dei barbacani ovvero a +1.00m sopra l'intradosso della fondazione per i soli conci di altezza superiore a 2m.

Si assumono i seguenti parametri geotecnici di verifica:

Reinterro a monte del muro

- Peso specifico = 18kN/m^3
- Angolo di attrito interno $\geq 34^\circ$
- Coesione efficace = 0kPa
- Angolo di attrito terra/muro = 23° (nullo per analisi sismica)

Terreno di fondazione (coltre detritica) – Spessore 3.0m da imposta

- Peso specifico = 21kN/m^3
- Angolo di attrito interno = 29°
- Coesione efficace = 5kPa
- Angolo di attrito terra/muro = 20°

Si verifica il concio tipo di altezza pari a 1.50m (vedere figura n.10.2).

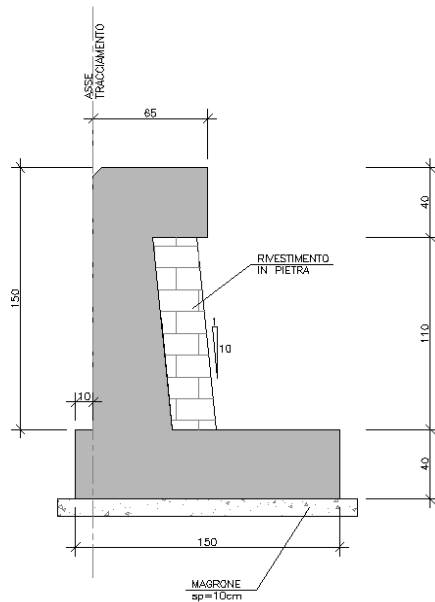


Figura n.10.2 – Geometria del muro M02 – Sezione di verifica

Quanto al modello di calcolo si rimanda alla figura n.9.3 di cui al seguito.

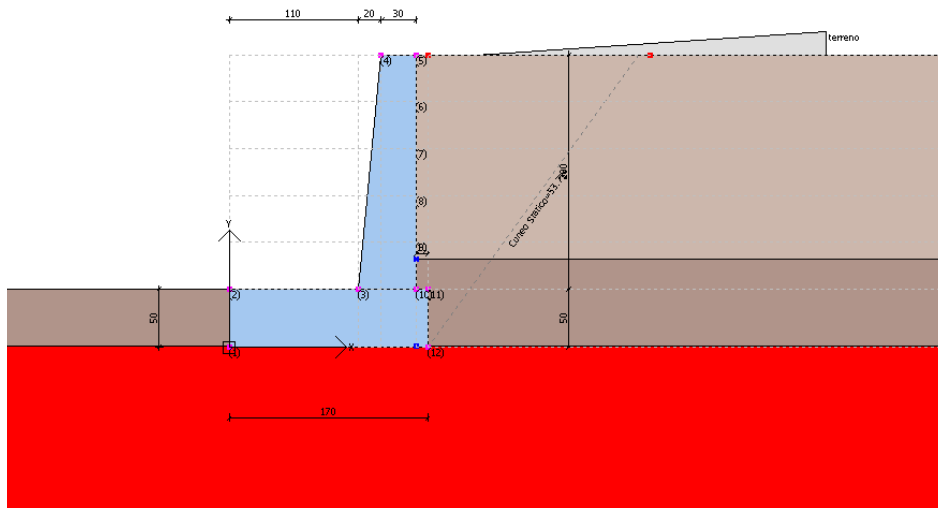


Figura n.9.3 – Geometria del muro M01 – Conci da 12 a 16 – Sezione di verifica

Per quanto riguarda l'armatura si dispongono:

Elevazione

Φ16 / 20 (lato terra) – Armatura minima

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 60 di 78

Φ12 / 20 (lato valle)

Fondazione

Φ16 / 20 (lembo superiore)

Φ1 / 20 (lembo inferiore)

Segue tabulato di calcolo.

Dati generali

Codice progetto	COCIV
Descrizione	Muro M02
Data	07/11/2014
Condizioni ambientali	Ordinarie
Normativa GEO	D.M. 1996 (T.A.)
Normativa STR	D.M. 1996 (T.A.)

Dati generali muro

Altezza muro	150.0 cm
Spessore testa muro	30.0 cm
Risega muro lato valle	15.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	95.0 cm
Sporgenza mensola a monte	10.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	100	0	18.00	34	0.00	24	No		Rilevato_1
2	99	0	18.00	34	0.00	24	No		Rilevato_2
3	401	0	21.00	29	5.00	20	Si		Copertura

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
terreno	200.0	350.0	0.0	0.0	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE

traffico (A-III)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

sisma (A-V)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

QP

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

FR

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 62 di 78

2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

RA

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	terreno	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

traffico (A-III) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale K_h 0.04

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q_i	Quota iniziale strato (cm);
Q_f	Quota finale strato
Γ	Peso unità di volume (KN/m ³);
ϵ	Inclinazione dello strato. (°);
F_i	Angolo di resistenza a taglio (°);
Δ	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Q_i	Q_f	Γ	ϵ	F_i	Δ	c	β	Note
200.0	170.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
170.0	140.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
140.0	110.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
110.0	100.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
100.0	80.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
80.0	50.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
K_a	Coefficiente di spinta attiva.
K_d	Coefficiente di spinta dinamica.
D_k	Coefficiente di incremento dinamico.
K_{ax}, K_{ay}	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
D_{kx}, D_{ky}	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 63 di 78

24.0 0.25 0.28 0.02 0.23 0.1 0.02 0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	200.0	170.0	0.19	0.08	180.0	180.0
2	170.0	140.0	0.56	0.25	153.33	153.33
3	140.0	110.0	0.94	0.42	124.0	124.0
4	110.0	100.0	0.4	0.18	104.91	104.91
5	100.0	80.0	0.92	0.41	89.7	89.7
6	80.0	50.0	1.69	0.75	64.44	64.44

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
170.0	0.09	2.3	124.2	184.8
140.0	0.19	4.85	123.5	169.1
110.0	0.3	7.6	122.7	153.0
100.0	0.34	8.58	122.4	147.6
80.0	0.42	10.59	121.8	136.7
50.0	0.55	13.78	121.0	120.0

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
170.0	0.28	2.39	0.0	33.0
140.0	0.95	5.19	0.08	36.0
110.0	2.0	8.35	0.33	39.0
100.0	2.43	9.51	0.48	40.0
80.0	3.43	11.93	0.89	42.0
50.0	5.25	15.87	1.82	45.0

Tensioni - Armature parete (T.A .)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
σc Tensione calcestruzzo (N/mm²);
σft Tensione acciaio teso (N/mm²);
σfc Tensione acciaio compresso (N/mm²);
τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afv	Afm	σc	σft	σfc	τ
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.01	0.1	0.11	0.0
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.02	0.16	0.25	0.0
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.03	0.16	0.45	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.04	0.14	0.54	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.06	0.07	0.75	0.01

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 64 di 78

5Ø12 (5.65) 5Ø16 (10.05) 0.09 0.22 1.17 0.01

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (150.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (150.0/200.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
200.0	170.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
170.0	140.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
140.0	110.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
110.0	100.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
100.0	80.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
80.0	50.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
50.0	1.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
1.0	0.0	21.0	0.0	29.0	20.0	5.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
20.0	0.31	0.36	0.05	0.29	0.11	0.05	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	200.0	170.0	0.17	0.12	180.0	180.0
2	170.0	140.0	0.52	0.35	153.33	153.33
3	140.0	110.0	0.87	0.59	124.0	124.0
4	110.0	100.0	0.37	0.25	104.91	104.91
5	100.0	80.0	0.85	0.57	89.7	89.7

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 65 di 78

6	80.0	50.0	1.56	1.05	64.44	64.44
7	50.0	1.0	3.34	2.14	24.27	24.65
8	1.0	0.0	0.03	0.03	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50.0	0.0	21.0	180.0	29.0	20.0	5.0	180.0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-1.23	0.0	16.67	0.0

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	7.7	5.09	-2.49
Peso muro	0.0	13.78	-16.67
Peso fondazione	0.0	18.39	-13.79
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	2.7	-3.92
Spinte fondazione	-1.23	0.0	-0.2
	6.48	39.96	-37.07

Momento stabilizzante	-42.02 kNm
Momento ribaltante	4.95 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	7.7 kN
Sommatoria forze verticali	39.96 kN
Coefficiente di attrito	0.55
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	39.96 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	7.7 kN
Resistenza terreno	23.37 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	3.03
Traslazione verificata Csd>1.3	

Verifica al ribaltamento

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo	Foglio 66 di 78

Momento stabilizzante	-42.02 kNm
Momento ribaltante	4.95 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	8.5
Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1.5	

Carico limite verticale HANSEN

Somma forze in direzione x (F _x)	6.48 kN
Somma forze in direzione y (F _y)	39.96 kN
Somma momenti	-37.07 kNm
Larghezza fondazione	150.0 cm
Lunghezza	7000.0 cm
Eccentricità su B	17.77 cm
Peso unità di volume	21.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	29.0 °
Coesione	5.0 kPa
Terreno sulla fondazione	50.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0 KN/m ³
N _q	16.44
N _c	27.86
N _g	12.84
Fattori di forma	
s _q	1.0
s _c	1.0
s _g	1.0
Inclinazione carichi	
i _q	0.82
i _c	0.81
i _g	0.75
Fattori di profondità	
d _q	1.13
d _c	1.17
d _g	1.0
Carico limite verticale (Q _{lim})	378.63 kN
Fattore sicurezza (C_{sq}=Q_{lim}/F_y)	9.48

Carico limite verificato C_{sq}>2

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	92.77 cm
Larghezza della fondazione	150.0 cm
x = 0.0 cm	7.7 kPa
x = 150.0 cm	45.58 kPa

MENSOLA A VALLE

X _{progr.}	Ascissa progressiva (cm);
F _x	Forza in direzione x (kN);
F _y	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

X _{progr.}	F _x	F _y	M	H
95.0	-1.23	-7.07	-1.46	50.0

Armature - Tensio ni

A _{fi}	Area dei ferri inferiori.
A _{fs}	Area dei ferri superiori.
σ _c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 67 di 78

oft Tensione acciaio teso (N/mm²);
ofc Tensione acciaio compresso (N/mm²);
τ Tensione tangenziale (N/mm²);

	Afi	Afs	σc	σft	σfc	τ
	5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	0.06	2.82	0.59	0.02

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
140.0	0.03	4.59	-0.49	50.0

Armature - Tensioni (T.A.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
σc Tensione calcestruzzo (N/mm²);
oft Tensione acciaio teso (N/mm²);
ofc Tensione acciaio compresso (N/mm²);
τ Tensione tangenziale (N/mm²);

	Afi	Afs	σc	oft	ofc	τ
	5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	0.02	1.16	0.18	0.01

sisma (A-V) [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.04

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
200.0	170.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
170.0	140.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
140.0	110.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
110.0	100.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
100.0	80.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
80.0	50.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 68 di 78

Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota fine strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	200.0	170.0	0.21	0.08	180.0	180.0
2	170.0	140.0	0.62	0.25	153.33	153.33
3	140.0	110.0	1.03	0.42	124.0	124.0
4	110.0	100.0	0.43	0.18	104.91	104.91
5	100.0	80.0	1.01	0.41	89.7	89.7
6	80.0	50.0	1.85	0.75	64.44	64.44

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
170.0	0.09	2.3	124.2	184.8
140.0	0.19	4.85	123.5	169.1
110.0	0.3	7.6	122.7	153.0
100.0	0.34	8.58	122.4	147.6
80.0	0.42	10.59	121.8	136.7
50.0	0.55	13.78	121.0	120.0

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
170.0	0.3	2.39	0.0	33.0
140.0	1.02	5.19	0.09	36.0
110.0	2.15	8.35	0.38	39.0
100.0	2.63	9.51	0.54	40.0
80.0	3.71	11.93	1.0	42.0
50.0	5.69	15.87	2.04	45.0

Tensioni - Armature parete (T.A .)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
 σ_c Tensione calcestruzzo (N/mm²);
 σ_{ft} Tensione acciaio teso (N/mm²);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 69 di 78

σ_c Tensione acciaio compresso (N/mm²);
 τ Tensione tangenziale (N/mm²);

Afv	Afm	σ_c	σ_{ft}	σ_c	τ
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.01	0.1	0.11	0.0
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.02	0.15	0.25	0.0
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.03	0.14	0.47	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.04	0.11	0.57	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.06	0.02	0.79	0.01
5Ø12 (5.65)	5Ø16 (10.05)	0.1	0.4	1.27	0.02

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (150.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (150.0/200.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
200.0	170.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
170.0	140.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
140.0	110.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
110.0	100.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
100.0	80.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
80.0	50.0	18.0	0.0	34.0	34.0	0.0	0.0	
50.0	1.0	18.0	0.0	34.0	24.0	0.0	0.0	
1.0	0.0	21.0	0.0	29.0	20.0	5.0	0.0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
34.0	0.26	0.28	0.03	0.21	0.14	0.02	0.01
24.0	0.25	0.28	0.02	0.23	0.1	0.02	0.01
20.0	0.31	0.36	0.05	0.29	0.11	0.05	0.02

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 70 di 78

Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	200.0	170.0	0.19	0.12	180.0	180.0
2	170.0	140.0	0.57	0.35	153.33	153.33
3	140.0	110.0	0.95	0.59	124.0	124.0
4	110.0	100.0	0.4	0.25	104.91	104.91
5	100.0	80.0	0.93	0.57	89.7	89.7
6	80.0	50.0	1.72	1.05	64.44	64.44
7	50.0	1.0	3.67	2.14	24.28	24.65
8	1.0	0.0	0.03	0.03	0.5	0.5

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
Gamma Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50.0	0.0	21.0	180.0	29.0	20.0	5.0	180.0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
Qf Quota inizio strato.
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-1.23	0.0	16.67	0.0

Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	8.48	5.09	-1.97
Peso muro	0.55	13.78	-16.01
Peso fondazione	0.74	18.39	-13.61
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.11	2.7	-3.78
Spinte fondazione	-1.23	0.0	-0.2
	8.65	39.96	-35.57

Momento stabilizzante -42.02 kNm
Momento ribaltante 6.44 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 9.87 kN
Sommatoria forze verticali 39.96 kN

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 71 di 78

Coefficiente di attrito	0.55
Adesione	0.0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	39.96 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	9.87 kN
Resistenza terreno	23.37 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2.37
Traslazione verificata Csd > 1.3	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-42.02 kNm
Momento ribaltante	6.44 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	6.52
Muro verificato a ribaltamento Csv > 1.5	

Carico limite verticale HANSEN

Somma forze in direzione x (Fx)	8.65 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	39.96 kN
Somma momenti	-35.57 kNm
Larghezza fondazione	150.0 cm
Lunghezza	7000.0 cm
Eccentricità su B	14.03 cm
Peso unità di volume	21.0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	29.0 °
Coesione	5.0 kPa
Terreno sulla fondazione	50.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.0 KN/m ³
Nq	16.44
Nc	27.86
Ng	12.84
Fattori di forma	
sq	1.0
sc	1.0
sg	1.0
Inclinazione carichi	
iq	0.77
ic	0.75
ig	0.68
Fattori di profondità	
dq	1.12
dc	1.16
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	376.7 kN
Fattore sicurezza (Csq = Qlim / Fy)	9.43

Carico limite verificato Csq > 2

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	89.03 cm
Larghezza della fondazione	150.0 cm
x = 0.0 cm	11.69 kPa
x = 150.0 cm	41.59 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo
	Foglio 72 di 78

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
95.0	-1.23	-8.46	-2.49	50.0

Armature - Tensio ni

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
σ_c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);
σ_{ft}	Tensione acciaio teso (N/mm ²);
σ_{fc}	Tensione acciaio compresso (N/mm ²);
τ	Tensione tangenziale (N/mm ²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	0.1	5.22	0.97	0.02

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
140.0	0.03	4.96	-0.51	50.0

Armature - Tensioni (T.A.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
σ_c	Tensione calcestruzzo (N/mm ²);
σ_{ft}	Tensione acciaio teso (N/mm ²);
σ_{fc}	Tensione acciaio compresso (N/mm ²);
τ	Tensione tangenziale (N/mm ²);

Afi	Afs	σ_c	σ_{ft}	σ_{fc}	τ
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	0.02	1.21	0.18	0.01

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 73 di 78

Verifica fessurazione

QP [Quasi perm.]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0.300	--	--	Si	1.55	112.50	-12.01
Si	--	0.300	--	--	Si	3.71	112.50	-23.60
Si	--	0.300	--	--	Si	6.85	112.50	-31.55
Si	--	0.300	--	--	Si	8.18	112.50	-33.09
Si	--	0.300	--	--	Si	11.25	112.50	-34.10
Si	--	0.300	--	--	Si	16.91	112.50	-30.52

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.003	0.300	379.363	1000	Si	0.63	112.50	28.80

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.001	0.300	379.363	1000	Si	0.21	112.50	11.53

FR [Frequente]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	0.400	--	--	Si	1.55	150.00	-12.01
Si	--	0.400	--	--	Si	3.71	150.00	-23.60
Si	--	0.400	--	--	Si	6.85	150.00	-31.55
Si	--	0.400	--	--	Si	8.18	150.00	-33.09
Si	--	0.400	--	--	Si	11.25	150.00	-34.10
Si	--	0.400	--	--	Si	16.91	150.00	-30.52

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.003	0.400	379.363	1000	Si	0.63	150.00	28.80

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.001	0.400	379.363	1000	Si	0.21	150.00	11.53

RA [Rara]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	--	--	--	--	Si	1.55	150.00	-12.01
Si	--	--	--	--	Si	3.71	150.00	-23.60
Si	--	--	--	--	Si	6.85	150.00	-31.55
Si	--	--	--	--	Si	8.18	150.00	-33.09

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo		Foglio 74 di 78

Si	--	--	--	--	Si	11.25	150.00	-34.10
Si	--	--	--	--	Si	16.91	150.00	-30.52

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²
Si	0.003	--	379.363	1000	Si	0.63	150.00	28.80

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm ²	Sigma C(+compr.) daN/cm ²	SigmaC Lim daN/cm ²	SigmaF Max daN/cm ²

Analisi di stabilità

Le analisi di stabilità vengono svolte con riferimento alle seguenti condizioni:

- Condizioni statiche
- Condizioni sismiche

Si assumono i seguenti parametri geotecnici di verifica:

Reinterro a monte del muro

- Peso specifico = 18kN/m³
- Angolo di attrito interno ≥ 34°
- Coesione efficace = 0kPa

Coltre detritica

- Peso specifico = 21kN/m³
- Angolo di attrito interno = 30°
- Coesione efficace = 5kPa

Depositi in frana

- Peso specifico = 21kN/m³
- Angolo di attrito interno = 22°
- Coesione efficace = 5kPa

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p> <p style="text-align: right;">Foglio 75 di 78</p>

CONDIZIONI STATICHE

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: M02_150cm_statico.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Left to Right
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Data Output: Standard
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified

Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Slope Search
 Number of Surfaces: 2000
 Upper Angle: Not Defined
 Lower Angle: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Material: coltre
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 30 degrees
 Water Surface: None

Material: muro
 Strength Type: Infinite strength
 Unit Weight: 25 kN/m³

Material: riporto
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 34 degrees
 Water Surface: None

Material: frana
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa

Friction Angle: 22 degrees
 Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.642330

Center: 2405.897, 1300.965

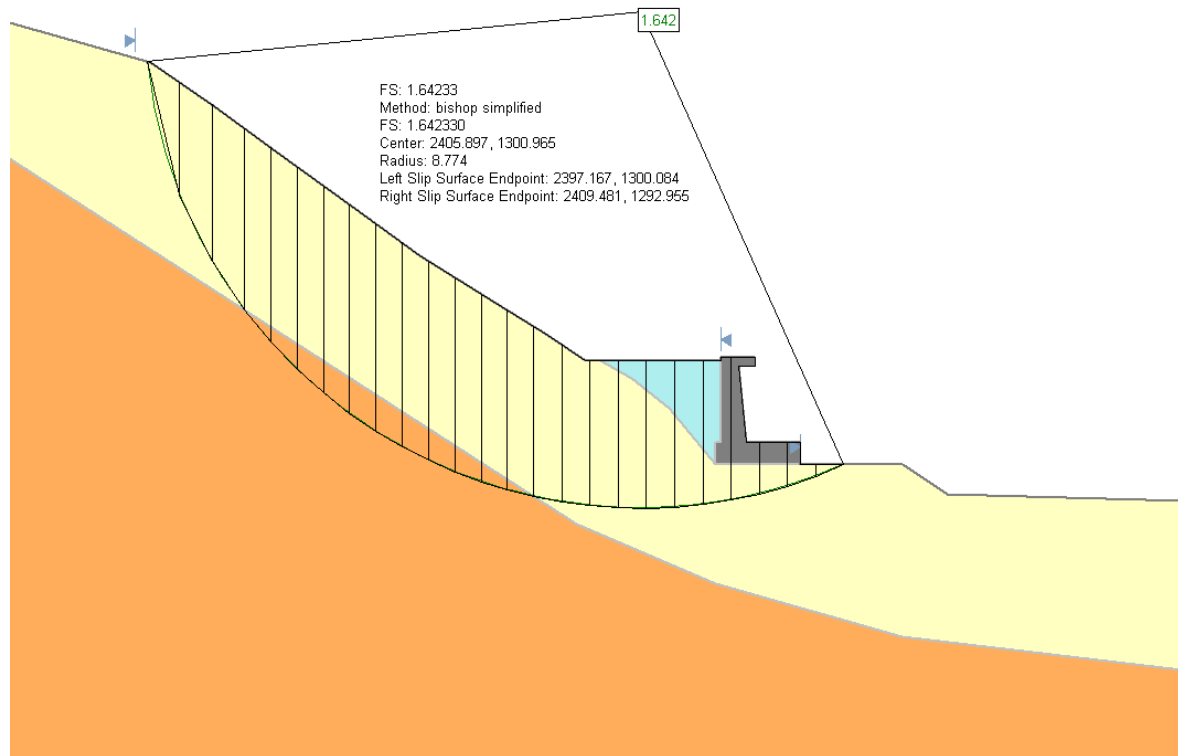
Radius: 8.774

Left Slip Surface Endpoint: 2397.167, 1300.084

Right Slip Surface Endpoint: 2409.481, 1292.955

Resisting Moment=3650.93 kN-m

Driving Moment=2223.02 kN-m



CONDIZIONI SISMICHE

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: M02_150cm_sismico.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-CL-NV14-05-005-A01.DOC Relazione di calcolo</p> <p style="text-align: right;">Foglio 77 di 78</p>

Groundwater Method: Water Surfaces
 Data Output: Standard
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified

Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Search Method: Slope Search
 Number of Surfaces: 2000
 Upper Angle: Not Defined
 Lower Angle: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack
 Minimum Elevation: Not Defined
 Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.04

Material Properties

Material: coltre
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 30 degrees
 Water Surface: None

Material: muro
 Strength Type: Infinite strength
 Unit Weight: 25 kN/m³

Material: riporto
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 18 kN/m³
 Cohesion: 0 kPa
 Friction Angle: 34 degrees
 Water Surface: None

Material: frana
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Cohesion: 5 kPa
 Friction Angle: 22 degrees
 Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
 FS: 1.517080
 Center: 2405.897, 1300.965
 Radius: 8.774
 Left Slip Surface Endpoint: 2397.167, 1300.084



Right Slip Surface Endpoint: 2409.481, 1292.955
Resisting Moment=3613.92 kN-m
Driving Moment=2382.16 kN-m

