

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**

**NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO AL CANTIERE Pk 1+180  
Opere d'arte minori: muro di sottoscampa L=22.38m (progr. km 0+134.99)  
Relazione di calcolo**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. G. Guagnozzi	

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

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Errevia <i>Er</i>	23/05/2012	Ing. F. Colla <i>F</i>	29/05/2012	E. Pagani <i>EP</i>	31/05/2012	Ing. E. Ghislandi 
B00	Revisione a seguito istruttoria IG5101E11SNV0500001A del 31.07.2012	Errevia <i>Er</i>	11/10/2012	Ing. F. Colla <i>F</i>	12/10/2012	E. Pagani <i>EP</i>	15/10/2012	

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-CL-NV05-05-002-B00.DOC
-----------	---



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 3 di 67

## INDICE

1.	PREMESSE .....	4
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	5
2.1.	Normativa sismica .....	5
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	6
4.	CRITERI GENERALI VERIFICHE STRUTTURALI .....	7
5.	PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
6.	ANALISI DEI CARICHI.....	9
6.1.	Peso proprio e permanenti .....	9
6.2.	Carichi accidentali.....	9
6.3.	Azione sismica .....	9
6.3.1.	Coefficiente di intensità sismica (C).....	9
6.3.2.	Accelerazione al suolo .....	9
6.3.3.	Coefficiente di protezione sismica (I).....	10
7.	CRITERI DI CALCOLO .....	11
7.1.	Calcolo della spinta sul muro.....	11
7.2.	Verifica a ribaltamento .....	12
7.3.	Verifica a scorrimento .....	13
7.4.	Verifica al carico limite .....	14
7.5.	Verifica alla stabilità globale .....	15
8.	ANALISI MURO H = 6.0M.....	17
8.1.	Caratteristiche terreno .....	18
8.2.	Condizioni di carico.....	20
8.3.	Descrizione combinazioni di carico .....	20
8.4.	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati .....	21
8.5.	Analisi della spinta e verifiche .....	22
8.6.	Combinazione n° 1 .....	23
8.7.	Combinazione n° 2 .....	28
8.8.	Combinazione n° 3 .....	33
8.9.	Inviluppi sollecitazioni e verifiche.....	39
8.10.	Diagrammi.....	41
9.	ANALISI MURO H = 4.0M.....	42
9.1.	Caratteristiche terreno .....	43
9.2.	Condizioni di carico.....	45
9.3.	Descrizione combinazioni di carico .....	45
9.4.	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati .....	46
9.5.	Analisi della spinta e verifiche .....	47
9.6.	Combinazione n° 1 .....	48
9.7.	Combinazione n° 2 .....	53
9.8.	Combinazione n° 3 .....	59
9.9.	Inviluppi sollecitazioni e verifiche.....	65
9.10.	Diagrammi.....	67

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc</p>	<p>Foglio 4 di 67</p>

## 1. PREMESSE

La seguente relazione di calcolo è relativa all'analisi e al dimensionamento del muro di sottoscarpa alla progressiva km 0+134.99 opera prevista nell'ambito degli interventi della nuova viabilità per l'accesso al cantiere operativo al km 1+180.

Il muro in oggetto è gettato in opera con paramento verticale inclinato verso l'esterno con pendenza pari al 10% e spessore in testa di 30 cm, lo sviluppo totale è pari a 22.38 m suddiviso in due conci.

Il primo concio ha altezza variabile da  $\cong$  6.0m a 4.0m con fondazione di larghezza pari a 5.90m e spessore pari a 1.0m, il secondo concio ha altezza variabile da 4.0m a 2.60m con fondazione di larghezza pari a 4.0m e spessore pari a 0.80m.

Il paramento esterno è rivestito da un pannello prefabbricato in pietrame avente funzione di cassero.

Di seguito si riportano le analisi per le sezioni tipologiche dei muri condotte sulle altezze pari a 6.0 m e a 4.0 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 5 di 67

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per il dimensionamento delle opere strutturali si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- Legge 5 Novembre 1971 N° 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 - “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- Circolare LL.PP. 15 Ottobre 1996 n° 252 AA.GG./S.T.C. – “Istruzioni per l’applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al D.M. 9.01.1996”;
- Legge 2 Febbraio 1974 n.64: “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 - “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Circolare LL.PP. 10 Aprile, n° 65/AA.GG. – “Istruzioni per l’applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica» di cui al D.M. 16.01.1996”;
- D.M. 16 Gennaio 1996 - “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;
- Circolare LL.PP. 4 Luglio 1996 n° 156 AA.GG./S.T.C. – “Istruzioni per l’applicazione delle «Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi» di cui al D.M. 16.01.1996”;
- Decreto Ministero dei LL.PP. 4 Maggio 1990 – “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali”;
- Circolare Ministero LL.PP. N. 34233 (Pers. Cons. Sup. Serv. Tecnico Centrale, 25 febbraio 1991) – “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”.
- Istruzioni FF.SS. n°I/SC/PS-OM/2298 – “Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari – Istruzioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo.”
- Istruzioni FF.SS. 44° - “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione l’esecuzione e il collaudo di cavalcavia e passerelle pedonali sovrastanti la sede ferroviaria”.

### 2.1. Normativa sismica

Nell’analisi in condizioni sismiche viene recepita la nuova normativa (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 30.03.2003) per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale. In assenza di ulteriori specificazioni da parte della Regione Liguria essendo la zona classificata di 4° categoria, le verifiche sono state eseguite secondo le norme tecniche di cui al DM 15 Gennaio 1996 e relative circolari applicative, assumendo il grado di sismicità  $S=6$  e coefficiente di importanza  $I = 1.0$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 6 di 67

### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per gli elementi strutturali in cemento armato è previsto l'impiego dei seguenti materiali:

#### **Calcestruzzo per elevazione muri in c.a. C25/30 (ex cls $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ )**

Classe di resistenza	C 25/30
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza Slump	S3÷S5
Diametro max aggregato	32mm
Classe contenuto cloruri	Cl 0.2

#### **Calcestruzzo per fondazione muri in c.a. C25/30 (ex cls $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ )**

Classe di resistenza	C 25/30
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza Slump	S3÷S5
Diametro max aggregato	32mm
Classe contenuto cloruri	Cl 0.4

#### **Acciaio ordinario per armatura lenta B450C (ex Fe B 44 k)**

Limite di snervamento	$f_y = 450.00$	$\text{N/mm}^2$
Limite di rottura	$f_t = 540.00$	$\text{N/mm}^2$

#### **Magrone di pulizia e livellamento**

Resistenza media	$R_m \geq 15 \text{ MPa}$
Contenuto minimo di cemento	$150 \text{ kg/m}^3$

#### **Resistenze di calcolo dei materiali**

Nelle analisi svolte si assumono le resistenze dei materiali secondo quanto prescritto dal D.M. 16 Gennaio 1996.

#### **Calcestruzzo per muri in c.a. C25/30 (ex cls $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ )**

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} =$	30.00	$\text{N/mm}^2$
Compressione ammissibile	$\sigma_c = 6 + [(R_{ck} - 15) / 4] =$	9.75	$\text{N/mm}^2$
Trazione ammissibile senza armatura a taglio	$\tau_{c0} = 0.4 + [(R_{ck} - 15) / 75] =$	0.60	$\text{N/mm}^2$
Trazione ammissibile con armatura a taglio	$\tau_{c1} = 1.4 + [(R_{ck} - 15) / 35] =$	1.83	$\text{N/mm}^2$

#### **Acciaio ordinario per armatura lenta B450C (ex Fe B44k)**

Tensione di trazione ammissibile	$\sigma_s = 255.00$	$\text{N/mm}^2$
----------------------------------	---------------------	-----------------

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc	Foglio 7 di 67

#### 4. CRITERI GENERALI VERIFICHE STRUTTURALI

##### **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 definite negli elaborati grafici di progetto.

##### **Verifiche a fessurazione**

Nelle combinazioni di esercizio in cui il tasso di lavoro delle armature sia inferiore a  $160 \text{ N/mm}^2$ , le verifiche di fessurazione vengono omesse.

##### **Copriferro**

Si adotta un copriferro minimo netto (inclusi collegamenti e staffe) di 4cm.

##### **Interasse tra le barre**

Si pone:

Interasse massimo = 30cm

Diametro massimo = 30mm

##### **Percentuale minima di armatura per i muri**

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc <span style="float: right;">Foglio 8 di 67</span>

## 5. PARAMETRI GEOTECNICI

L'inquadramento sia generale che specifico delle problematiche geologico-geotecniche è riportato nella relazione tecnica specifica, individuata dall'elaborato A301 00 D CV RB NV0500 001A.

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici utilizzati per il calcolo delle spinte delle terre e per la verifiche delle tensioni scaricate in fondazione. Tali valori di peso specifico, angolo di attrito, coesione e modulo elastico sono ricavati dalla relazione e dalle sezioni geotecniche.

Stratigrafia	Spessor e (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	c' (kPa)	E (MPa)
Rilevato (a tergo dei muri)	-	20.00	35°	0.0	-
Alluvioni	3.50	19.00	30°- 32°	0.0	20-30
Copertura detritica	1.0-2.0	19.00	27°	15	10-25
Argiloscisti alterate	4.00	23-24	22°- 24°	70-100	40-60
Substrato di argiloscisti	-	25-27	24°- 25°	100-150	70-90

In accordo a quanto riportato nella relazione geotecnica si considera il terreno saturo d'acqua.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 9 di 67

## 6. ANALISI DEI CARICHI

Di seguito sono riportati i carichi agenti sulle strutture di cui si esegue il predimensionamento.

### 6.1. Peso proprio e permanenti

I carichi dovuti al peso proprio sono calcolati considerando i seguenti pesi specifici dei materiali:

calcestruzzo:  $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$ ;

terreno di riporto (rilevato stradale):  $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.2. Carichi accidentali

Il carico accidentale posto sulla carreggiata stradale a tergo del muro è stato considerato pari a  $20 \text{ kN/m}^2$ .

### 6.3. Azione sismica

#### 6.3.1. 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):

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

Si considera:

$$S = 6$$

$$C = 0.04$$

#### 6.3.2. Accelerazione al suolo

L'accelerazione di riferimento al suolo viene pertanto definita in funzione del tipo di terreno e del grado di sismicità come di seguito indicato:

$$a_{\max} = C \cdot \varepsilon$$

Dove:

C = coefficiente di intensità sismica

$\varepsilon$  = coefficiente di fondazione (pari a 1.0)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc	Foglio 10 di 67

### 6.3.3. 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.

Opera	$\gamma_I$
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

*Coefficiente di protezione sismica*

Si considera  $I = 1.0$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 11 di 67

## 7. CRITERI DI CALCOLO

### 7.1. Calcolo della spinta sul muro

#### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

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

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

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

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

#### Spinta in presenza di sisma

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

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

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

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

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

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

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

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

dove il coefficiente  $A$  vale

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc	Foglio 12 di 67

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1. Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a  $2/3$  dell'altezza del muro stesso.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## 7.2. Verifica a ribaltamento

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

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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

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

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc	Foglio 13 di 67

### 7.3. Verifica a scorrimento

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

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

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

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_r$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Muro di sottscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc	Foglio 14 di 67

## 7.4. Verifica al carico limite

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

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

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che  $\eta_q \geq 2.0$   
Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

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

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## 7.5. Verifica alla stabilità globale

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

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

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

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

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

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

dove il termine  $m$  è espresso da

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc</p>	<p>Foglio 16 di 67</p>

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



## 8. ANALISI MURO H = 6.0m

### Geometria muro e fondazione

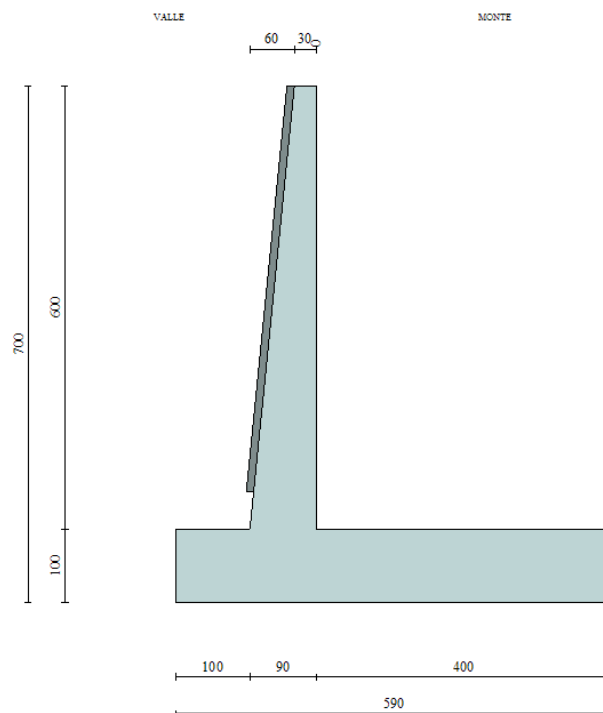
#### Descrizione

Altezza del paramento	6.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.90 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.71 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	20.00 [m]
Spessore rivestimento	0.10 [m]
Peso sp. rivestimento	20.0000 [kN/mc]

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

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	1.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	4.00 [m]
Lunghezza totale fondazione	5.90 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	1.00 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 18 di 67

## 8.1. Caratteristiche terreno

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	0.60	0.00	0.00
2	6.60	3.50	30.26
3	11.60	3.50	0.00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]  
 Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.50 [m]

### Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione 0.00 [m]

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

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

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	c <sub>a</sub>
Rilevato	20.00	21.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Alluvioni	19.00	20.00	31.00	20.67	0.0000	0.0000
Detriti	19.00	20.00	27.00	18.00	0.0150	0.0000
Roccia alterata	23.00	24.00	23.00	15.33	0.0800	0.0000
Substrato	24.00	25.00	24.00	16.00	0.1200	0.0000



## Stratigrafia

### Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>K<sub>w</sub></i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<i>K<sub>s</sub></i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

<b>Nr.</b>	<b>H</b>	<b>a</b>	<b>K<sub>w</sub></b>	<b>K<sub>s</sub></b>	<b>Terreno</b>
1	6.00	0.00	5.83	0.00	Rilevato
2	3.50	0.00	6.59	0.00	Alluvioni
3	1.50	0.00	0.00	0.00	Detriti
4	4.00	0.00	0.00	0.00	Roccia alterata
5	2.00	0.00	0.00	0.00	Substrato

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 20 di 67

## 8.2. Condizioni di carico

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

$M$  Momento espresso in [kNm]

$X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

$X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kN/m]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kN/m]

$D / C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Accidentali)

D Profilo  $X_i=7.10$   $X_f=11.10$   $Q_i=20.0000$   $Q_f=20.0000$

## 8.3. Descrizione combinazioni di carico

### *Simbologia adottata*

$C$  Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Combinazione n° 1 - Tensioni ammissibili

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

### Combinazione n° 2 - Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Accidentali	1.50

### Combinazione n° 3 - Tensioni ammissibili - Sismica

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

### Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc	Foglio 21 di 67

#### 8.4. Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

##### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
$CS_{SCO}$	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
$CS_{RIB}$	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
$CS_{QLIM}$	Coeff. di sicurezza a carico limite
$CS_{STAB}$	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b><math>CS_{SCO}</math></b>	<b><math>CS_{RIB}</math></b>	<b><math>CS_{QLIM}</math></b>	<b><math>CS_{STAB}</math></b>
1	TAMM - [1]	--	1.73	3.31	2.88	1.68
2	TAMM - [2]	--	1.51	2.92	2.37	1.59
3	TAMM - [3]	Orizzontale	1.44	2.57	2.10	1.56

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 22 di 67

## 8.5. Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

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

### Sisma

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

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	20.00 [m]

Peso muro	237.5000 [kN]
Baricentro del muro	X=0.53 Y=-5.36

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 4.00	Y = -7.00
Punto superiore superficie di spinta	X = 4.00	Y = 1.98
Altezza della superficie di spinta	8.98 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 23 di 67

## 8.6. Combinazione n° 1

Valore della spinta statica	277.3293	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	276.2521	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24.4193	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.00	[m]	Y = -3.80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	5.05	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.73	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 4.00	[m]	Y = -7.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	547.4333	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.11	[m]	Y = -2.55	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	276.2521	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	830.0902	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	885.1282	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2933.1201	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	830.0902	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	276.2521	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.48	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.90	[m]
Risultante in fondazione	874.8514	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18.41	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	400.7742	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2393.3230	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.90	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.20977	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.07161	[N/mm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 32.67$	$N_q = 20.63$	$N_\gamma = 18.56$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.63$	$i_q = 0.63$	$i_\gamma = 0.17$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.09$	$d_q = 1.04$	$d_\gamma = 1.04$

I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 22.53 \qquad N'_q = 13.64 \qquad N'_\gamma = 3.20$$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.31
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.73
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.88
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.68

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.85 Y[m]= 4.93

Raggio del cerchio R[m]= 13.29

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -10.09

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 11.37

Larghezza della striscia dx[m]= 0.86

Coefficiente di sicurezza C= 1.68

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	29.6185	76.03	28.7422	0.0349	35.00	0.000	0.000
2	74.4789	64.20	67.0527	0.0193	35.00	0.000	0.000
3	100.8875	56.58	84.2038	0.0153	35.00	0.000	0.000
4	120.9353	50.31	93.0675	0.0132	35.00	0.000	0.000
5	137.1358	44.80	96.6389	0.0119	35.00	0.000	0.000
6	149.7341	39.79	95.8170	0.0110	35.00	0.000	0.000
7	153.7325	35.11	88.4243	0.0103	33.46	0.000	0.000
8	154.3118	30.70	78.7730	0.0098	31.00	0.000	0.000
9	155.1893	26.47	69.1825	0.0094	31.00	0.000	0.000
10	155.5544	22.40	59.2852	0.0091	31.00	0.000	0.003
11	152.2127	18.45	48.1688	0.0089	31.00	0.000	0.007
12	147.8028	14.58	37.2166	0.0087	31.00	0.000	0.009
13	143.2862	10.79	26.8153	0.0086	31.00	0.000	0.011
14	149.7440	7.04	18.3427	0.0085	31.00	0.000	0.012
15	57.8628	3.32	3.3470	0.0084	31.00	0.000	0.013
16	50.1500	-0.39	-0.3412	0.0084	31.00	0.000	0.013
17	47.4826	-4.10	-3.3928	0.0084	31.00	0.000	0.013
18	45.9423	-7.82	-6.2529	0.0085	31.00	0.000	0.012
19	43.4197	-11.58	-8.7167	0.0086	31.00	0.000	0.011
20	39.8808	-15.39	-10.5848	0.0087	31.00	0.000	0.009
21	35.2753	-19.27	-11.6433	0.0089	31.00	0.000	0.006
22	29.5325	-23.25	-11.6575	0.0092	31.00	0.000	0.003
23	22.6789	-27.35	-10.4189	0.0095	31.00	0.000	0.000
24	14.7425	-31.61	-7.7265	0.0099	31.00	0.000	0.000
25	5.1543	-36.07	-3.0349	0.0104	35.00	0.000	0.000



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc</p>	<p>Foglio 25 di 67</p>

$$\Sigma W_i = 2216.7456 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 821.3080 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1402.5786 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.32$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 26 di 67

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.60	4.9485	0.1229	0.9756
2	1.50	14.0532	2.6264	6.5234
3	2.40	25.1761	12.7544	19.1468
4	3.30	38.3174	36.9367	38.9547
5	4.20	53.4769	81.5206	65.9039
6	5.10	70.6548	152.7627	99.6583
7	6.00	89.8509	256.1871	139.0574

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.10	0.8725	17.4102
2	0.40	13.7720	68.2356
3	0.70	41.6031	116.9536
4	1.00	83.7334	163.5641

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.40	-8.6700	-42.4144
2	1.60	-120.7571	-135.9774
3	2.80	-314.8078	-179.0205
4	4.00	-530.6183	-173.6436

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 27 di 67

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 1

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.60	100, 36	31.42	10.05	0.018	0.004	-0.113	-0.249
2	1.50	100, 45	31.42	10.05	0.108	0.019	0.727	-1.333
3	2.40	100, 54	31.42	10.05	0.349	0.046	5.976	-4.085
4	3.30	100, 63	31.42	10.05	0.743	0.079	17.376	-8.685
5	4.20	100, 72	31.42	10.05	1.277	0.116	35.516	-15.076
6	5.10	100, 81	31.42	10.05	1.935	0.154	60.655	-23.124
7	6.00	100, 90	31.42	10.05	2.695	0.192	92.632	-32.605

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.10	100, 100	45.24	22.62	0.007	0.022	0.432	-0.076
2	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.109	0.085	6.821	-1.192
3	0.70	100, 100	45.24	22.62	0.330	0.145	20.604	-3.601
4	1.00	100, 100	45.24	22.62	0.664	0.203	41.470	-7.248

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.060	-0.053	-0.743	2.215
2	1.60	100, 100	45.24	22.62	0.842	-0.168	-10.344	30.857
3	2.80	100, 100	55.29	22.62	2.053	-0.222	-25.679	66.387
4	4.00	100, 100	55.29	22.62	3.460	-0.215	-43.282	111.898

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 28 di 67

## 8.7. Combinazione n° 2

Valore della spinta statica	319.9321	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	318.6747	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	28.3364	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.00	[m]	Y = -3.82	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	5.08	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.67	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 4.00	[m]	Y = -7.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	547.4333	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.11	[m]	Y = -2.55	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	318.6747	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	834.0073	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1012.0847	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2956.2310	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	834.0073	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	318.6747	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.62	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.90	[m]
Risultante in fondazione	892.8167	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20.91	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	516.1752	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1975.9466	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.90	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.23033	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.05239	[N/mm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 32.67$	$N_q = 20.63$	$N_\gamma = 18.56$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.59$	$i_q = 0.59$	$i_\gamma = 0.11$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.09$	$d_q = 1.04$	$d_\gamma = 1.04$

I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 20.98 \qquad N'_q = 12.70 \qquad N'_\gamma = 2.05$$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.92
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.51
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.37
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.59

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.85 Y[m]= 4.93

Raggio del cerchio R[m]= 13.29

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -10.09

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 11.37

Larghezza della striscia dx[m]= 0.86

Coefficiente di sicurezza C= 1.59

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	47.3554	76.03	45.9543	0.0349	35.00	0.000	0.000
2	100.2324	64.20	90.2385	0.0193	35.00	0.000	0.000
3	126.6411	56.58	105.6985	0.0153	35.00	0.000	0.000
4	146.6889	50.31	112.8865	0.0132	35.00	0.000	0.000
5	162.1382	44.80	114.2580	0.0119	35.00	0.000	0.000
6	149.7341	39.79	95.8170	0.0110	35.00	0.000	0.000
7	153.7325	35.11	88.4243	0.0103	33.46	0.000	0.000
8	154.3118	30.70	78.7730	0.0098	31.00	0.000	0.000
9	155.1893	26.47	69.1825	0.0094	31.00	0.000	0.000
10	155.5544	22.40	59.2852	0.0091	31.00	0.000	0.003
11	152.2127	18.45	48.1688	0.0089	31.00	0.000	0.007
12	147.8028	14.58	37.2166	0.0087	31.00	0.000	0.009
13	143.2862	10.79	26.8153	0.0086	31.00	0.000	0.011
14	149.7440	7.04	18.3427	0.0085	31.00	0.000	0.012
15	57.8628	3.32	3.3470	0.0084	31.00	0.000	0.013
16	50.1500	-0.39	-0.3412	0.0084	31.00	0.000	0.013
17	47.4826	-4.10	-3.3928	0.0084	31.00	0.000	0.013
18	45.9423	-7.82	-6.2529	0.0085	31.00	0.000	0.012
19	43.4197	-11.58	-8.7167	0.0086	31.00	0.000	0.011
20	39.8808	-15.39	-10.5848	0.0087	31.00	0.000	0.009
21	35.2753	-19.27	-11.6433	0.0089	31.00	0.000	0.006
22	29.5325	-23.25	-11.6575	0.0092	31.00	0.000	0.003
23	22.6789	-27.35	-10.4189	0.0095	31.00	0.000	0.000
24	14.7425	-31.61	-7.7265	0.0099	31.00	0.000	0.000
25	5.1543	-36.07	-3.0349	0.0104	35.00	0.000	0.000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc</p>	<p>Foglio 30 di 67</p>

$\Sigma W_i = 2336.7456$  [kN]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 920.6387$  [kN]  
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 1486.6035$  [kN]  
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.32$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 31 di 67

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.60	4.9485	0.1229	0.9756
2	1.50	14.0532	2.6264	6.5234
3	2.40	25.1761	12.7544	19.1468
4	3.30	38.3174	36.9367	38.9547
5	4.20	53.4769	81.5206	65.9039
6	5.10	70.6548	152.8829	100.3440
7	6.00	89.8509	258.0850	142.4389

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.10	0.9741	19.4319
2	0.40	15.3445	75.9182
3	0.70	46.2536	129.6901
4	1.00	92.8871	180.7476

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.40	-10.1362	-49.5658
2	1.60	-140.7647	-158.1101
3	2.80	-365.5087	-206.4250
4	4.00	-612.5128	-196.6103

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 32 di 67

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 2

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.60	100, 36	31.42	10.05	0.018	0.004	-0.113	-0.249
2	1.50	100, 45	31.42	10.05	0.108	0.019	0.727	-1.333
3	2.40	100, 54	31.42	10.05	0.349	0.046	5.976	-4.085
4	3.30	100, 63	31.42	10.05	0.743	0.079	17.376	-8.685
5	4.20	100, 72	31.42	10.05	1.277	0.116	35.516	-15.076
6	5.10	100, 81	31.42	10.05	1.936	0.155	60.710	-23.141
7	6.00	100, 90	31.42	10.05	2.715	0.197	93.409	-32.832

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 2

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.10	100, 100	45.24	22.62	0.008	0.024	0.482	-0.084
2	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.122	0.094	7.600	-1.328
3	0.70	100, 100	45.24	22.62	0.367	0.161	22.908	-4.004
4	1.00	100, 100	45.24	22.62	0.736	0.224	46.004	-8.040

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.071	-0.061	-0.868	2.590
2	1.60	100, 100	45.24	22.62	0.982	-0.196	-12.057	35.970
3	2.80	100, 100	55.29	22.62	2.384	-0.256	-29.814	77.079
4	4.00	100, 100	55.29	22.62	3.994	-0.243	-49.962	129.168



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 33 di 67

## 8.8. Combinazione n° 3

Valore della spinta statica	277.3293	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	276.2521	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	24.4193	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 4.00	[m]	Y = -3.80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	5.05	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53.73	[°]		
Incremento sismico della spinta	24.1552	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 4.00	[m]	Y = -1.01	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51.98	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 4.00	[m]	Y = -7.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	547.4333	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 2.11	[m]	Y = -2.55	[m]
Inerzia del muro	9.5000	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	21.8973	[kN]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	332.5403	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	832.2171	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	1144.6360	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2945.6688	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	832.2171	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	332.5403	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.79	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	5.90	[m]		
Risultante in fondazione	896.1966	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.78	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	654.0075	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	1751.1827	[kN]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	5.90	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.25378	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.02833	[N/mm <sup>2</sup> ]		

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 32.67$	$N_q = 20.63$	$N_\gamma = 18.56$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.57$	$i_q = 0.57$	$i_\gamma = 0.09$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.09$	$d_q = 1.04$	$d_\gamma = 1.04$

I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 20.46$	$N'_q = 12.39$	$N'_\gamma = 1.72$
----------------	----------------	--------------------

### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.57
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.44
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.10
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.56

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc

Foglio  
34 di 67

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 35 di 67

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mmq]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.85 Y[m]= 5.55

Raggio del cerchio R[m]= 13.84

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -10.20

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 11.85

Larghezza della striscia dx[m]= 0.88

Coefficiente di sicurezza C= 1.56

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	28.1151	74.53	27.0964	0.0324	35.00	0.000	0.000
2	71.9531	63.67	64.4876	0.0195	35.00	0.000	0.000
3	99.3262	56.26	82.5966	0.0156	35.00	0.000	0.000
4	120.2903	50.12	92.3128	0.0135	35.00	0.000	0.000
5	137.3057	44.70	96.5871	0.0122	35.00	0.000	0.000
6	151.4693	39.76	96.8734	0.0113	35.00	0.000	0.000
7	158.4313	35.15	91.2114	0.0106	34.52	0.000	0.000
8	159.1754	30.79	81.4820	0.0101	31.00	0.000	0.000
9	158.6708	26.62	71.1009	0.0097	31.00	0.000	0.000
10	160.4441	22.60	61.6614	0.0094	31.00	0.000	0.002
11	156.9808	18.70	50.3185	0.0091	31.00	0.000	0.005
12	152.4004	14.88	39.1314	0.0090	31.00	0.000	0.008
13	147.0500	11.13	28.3806	0.0088	31.00	0.000	0.010
14	158.1538	7.43	20.4389	0.0087	31.00	0.000	0.012
15	68.8045	3.75	4.5047	0.0087	31.00	0.000	0.012
16	51.0928	0.10	0.0873	0.0087	31.00	0.000	0.013
17	47.8558	-3.56	-2.9697	0.0087	31.00	0.000	0.012
18	46.3852	-7.23	-5.8361	0.0087	31.00	0.000	0.012
19	43.8958	-10.93	-8.3219	0.0088	31.00	0.000	0.010
20	40.3554	-14.68	-10.2241	0.0089	31.00	0.000	0.008
21	35.7155	-18.49	-11.3262	0.0091	31.00	0.000	0.006
22	29.9080	-22.39	-11.3920	0.0094	31.00	0.000	0.002
23	22.9803	-26.40	-10.2190	0.0097	31.00	0.000	0.000
24	14.9408	-30.56	-7.5971	0.0100	31.00	0.000	0.000
25	5.2295	-34.91	-2.9928	0.0105	35.00	0.000	0.000

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc</p>	<p>Foglio 36 di 67</p>

$$\Sigma W_i = 2266.9300 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 837.3922 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 1436.8587 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.12$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 37 di 67

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 3

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.60	4.9485	1.1969	4.5031
2	1.50	14.0532	9.0439	14.7524
3	2.40	25.1761	28.4281	31.3693
4	3.30	38.3174	65.1424	54.4629
5	4.20	53.4769	124.8968	83.9900
6	5.10	70.6548	213.3110	119.6144
7	6.00	89.8509	335.2719	160.1757

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.10	1.0900	21.7371
2	0.40	17.1349	84.6555
3	0.70	51.5394	144.1348
4	1.00	103.2718	200.1749

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.40	-11.9752	-58.5458
2	1.60	-166.0648	-186.2991
3	2.80	-430.3625	-242.2261
4	4.00	-719.0968	-228.4267

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 38 di 67

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 3

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.60	100, 36	31.42	10.05	0.072	0.017	0.763	-0.784
2	1.50	100, 45	31.42	10.05	0.336	0.043	6.249	-3.632
3	2.40	100, 54	31.42	10.05	0.742	0.075	17.279	-8.228
4	3.30	100, 63	31.42	10.05	1.277	0.110	34.533	-14.532
5	4.20	100, 72	31.42	10.05	1.926	0.147	58.253	-22.392
6	5.10	100, 81	31.42	10.05	2.674	0.185	88.508	-31.649
7	6.00	100, 90	31.42	10.05	3.502	0.222	125.026	-42.085

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 3

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.10	100, 100	45.24	22.62	0.009	0.027	0.540	-0.094
2	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.136	0.105	8.486	-1.483
3	0.70	100, 100	45.24	22.62	0.408	0.178	25.526	-4.461
4	1.00	100, 100	45.24	22.62	0.818	0.248	51.147	-8.939

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.084	-0.073	-1.026	3.060
2	1.60	100, 100	45.24	22.62	1.158	-0.231	-14.225	42.435
3	2.80	100, 100	55.29	22.62	2.806	-0.300	-35.104	90.756
4	4.00	100, 100	55.29	22.62	4.689	-0.283	-58.656	151.645

## 8.9. Inviluppi sollecitazioni e verifiche

### Inviluppo Sollecitazioni paramento

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

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

Nr.	Y	Mmin	Mmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.60	4.9485	4.9485	0.1229	1.1969	0.9756	4.5031
2	1.50	14.0532	14.0532	2.6264	9.0439	6.5234	14.7524
3	2.40	25.1761	25.1761	12.7544	28.4281	19.1468	31.3693
4	3.30	38.3174	38.3174	36.9367	65.1424	38.9547	54.4629
5	4.20	53.4769	53.4769	81.5206	124.8968	65.9039	83.9900
6	5.10	70.6548	70.6548	152.7627	213.3110	99.6583	119.6144
7	6.00	89.8509	89.8509	256.1871	335.2719	139.0574	160.1757

### Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.10	0.8725	1.0900	17.4102	21.7371
2	0.40	13.7720	17.1349	68.2356	84.6555
3	0.70	41.6031	51.5394	116.9536	144.1348
4	1.00	83.7334	103.2718	163.5641	200.1749

### Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.40	-11.9752	-8.6700	-58.5458	-42.4144
2	1.60	-166.0648	-120.7571	-186.2991	-135.9774
3	2.80	-430.3625	-314.8078	-242.2261	-179.0205
4	4.00	-719.0968	-530.6183	-228.4267	-173.6436

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 40 di 67

## Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.60	100, 36	31.42	10.05	0.072	0.017	0.763	-0.784
2	1.50	100, 45	31.42	10.05	0.336	0.043	6.249	-3.632
3	2.40	100, 54	31.42	10.05	0.742	0.075	17.279	-8.228
4	3.30	100, 63	31.42	10.05	1.277	0.110	34.533	-14.532
5	4.20	100, 72	31.42	10.05	1.926	0.147	58.253	-22.392
6	5.10	100, 81	31.42	10.05	2.674	0.185	88.508	-31.649
7	6.00	100, 90	31.42	10.05	3.502	0.222	125.026	-42.085

## Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.10	100, 100	45.24	22.62	0.009	0.027	0.540	-0.094
2	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.136	0.105	8.486	-1.483
3	0.70	100, 100	45.24	22.62	0.408	0.178	25.526	-4.461
4	1.00	100, 100	45.24	22.62	0.818	0.248	51.147	-8.939

### Fondazione di monte

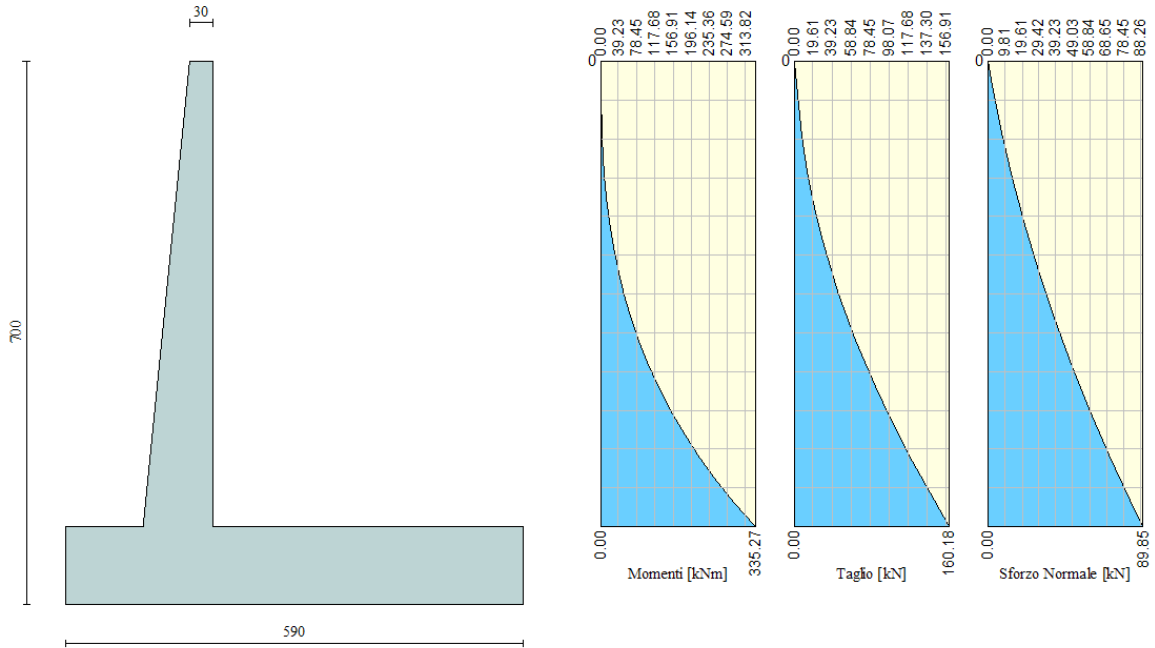
(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.40	100, 100	45.24	22.62	0.084	-0.073	-1.026	3.060
2	1.60	100, 100	45.24	22.62	1.158	-0.231	-14.225	42.435
3	2.80	100, 100	55.29	22.62	2.806	-0.300	-35.104	90.756
4	4.00	100, 100	55.29	22.62	4.689	-0.283	-58.656	151.645

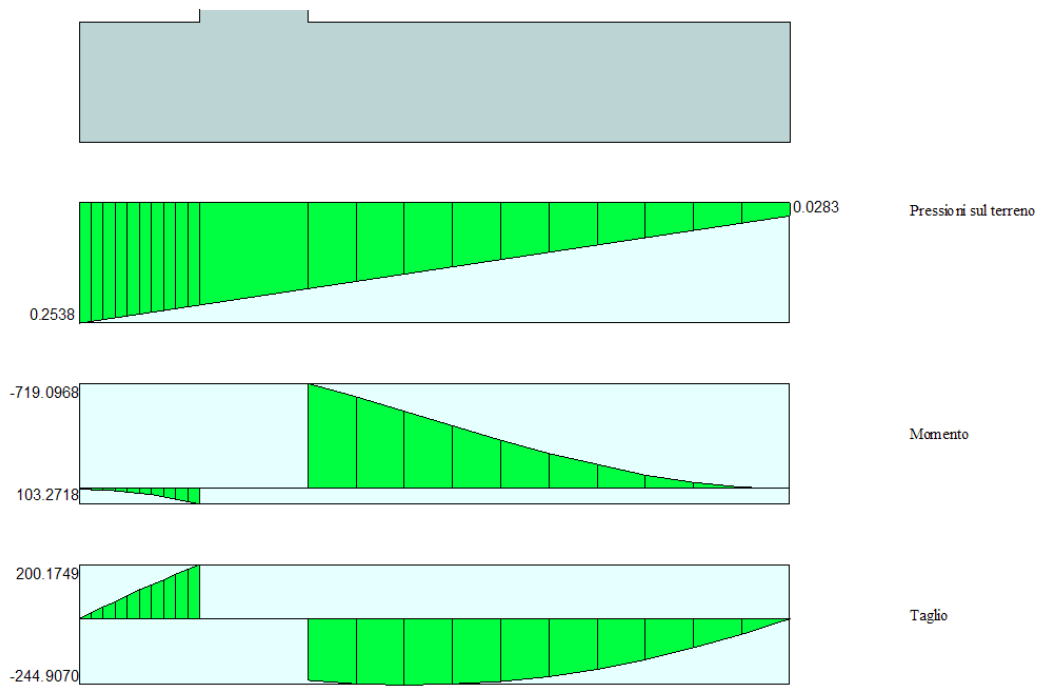


### 8.10. Diagrammi

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni massime.



Sollecitazioni sul paramento – Comb. 3



Sollecitazioni sulla fondazione – Comb. 3

## 9. ANALISI MURO H = 4.0m

### Geometria muro e fondazione

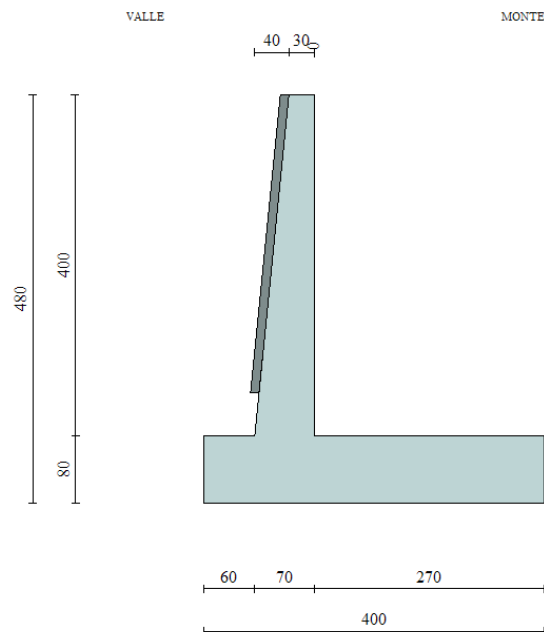
#### Descrizione

Altezza del paramento	4.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.70 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.71 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	20.00 [m]
Spessore rivestimento	0.10 [m]
Peso sp. rivestimento	20.0000 [kN/mc]

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

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.60 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.70 [m]
Lunghezza totale fondazione	4.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.80 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 43 di 67

## 9.1. Caratteristiche terreno

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	0.60	0.00	0.00
2	6.60	3.50	30.26
3	11.60	3.50	0.00

### Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50	[m]

### Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0.00	[m]
---	------	-----

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

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

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Rilevato	20.00	21.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Alluvioni	19.00	20.00	31.00	20.67	0.0000	0.0000
Detriti	19.00	20.00	27.00	18.00	0.0150	0.0000
Roccia alterata	23.00	24.00	23.00	15.33	0.0800	0.0000
Substrato	24.00	25.00	24.00	16.00	0.1200	0.0000



## Stratigrafia

### Simbologia adottata

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

<b>Nr.</b>	<b>H</b>	<b>a</b>	<b>Kw</b>	<b>Ks</b>	<b>Terreno</b>
1	4.00	0.00	5.83	0.00	Rilevato
2	3.50	0.00	5.07	0.00	Alluvioni
3	1.50	0.00	0.00	0.00	Detriti
4	4.00	0.00	0.00	0.00	Roccia alterata
5	2.00	0.00	0.00	0.00	Substrato

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 45 di 67

## 9.2. Condizioni di carico

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

$X$  Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

$F_x$  Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

$F_y$  Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

$M$  Momento espresso in [kNm]

$X_i$  Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

$X_f$  Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kN/m]

$Q_f$  Intensità del carico per  $x=X_f$  espressa in [kN/m]

$D/C$  Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Acc)

D Profilo  $X_i=7.10$   $X_f=11.10$   $Q_i=20.0000$   $Q_f=20.0000$

## 9.3. Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Combinazione n° 1 - Tensioni ammissibili

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

### Combinazione n° 2 - Tensioni ammissibili

	<b>C</b>
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Acc	1.50

### Combinazione n° 3 - Tensioni ammissibili - Sismica

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

### Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

**Tensioni ammissibili**

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc

#### 9.4. Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

##### Simbologia adottata

<b>C</b>	Identificativo della combinazione
<b>Tipo</b>	Tipo combinazione
<b>Sisma</b>	Combinazione sismica
<b>CS<sub>SCO</sub></b>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<b>CS<sub>RIB</sub></b>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<b>CS<sub>QLIM</sub></b>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<b>CS<sub>STAB</sub></b>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>QLIM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	TAMM - [1]	--	1.66	3.08	3.01	1.72
2	TAMM - [2]	--	1.52	2.92	2.69	1.65
3	TAMM - [3]	Orizzontale	1.38	2.35	2.15	1.60

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 47 di 67

## 9.5. Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

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

### Sisma

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

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	20.00 [m]

Peso muro	127.4885 [kN]
Baricentro del muro	X=0.33 Y=-3.58

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 2.70	Y = -4.80
Punto superiore superficie di spinta	X = 2.70	Y = 1.23
Altezza della superficie di spinta	6.03 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 48 di 67

## 9.6. Combinazione n° 1

Valore della spinta statica	145.0970	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	144.2109	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	16.0114	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.70	[m]	Y = -2.69	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	6.34	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50.33	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2.70	[m]	Y = -4.80	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	241.7250	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.42	[m]	Y = -1.74	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	144.2109	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	398.1623	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	304.3482	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	936.1835	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	398.1623	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	144.2109	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.41	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]
Risultante in fondazione	423.4738	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.91	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	164.4894	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1199.7709	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.16122	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.03786	[N/mm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 32.67$	$N_q = 20.63$	$N_\gamma = 18.56$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.61$	$i_q = 0.61$	$i_\gamma = 0.13$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.11$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.06$

I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 22.09 \qquad N'_q = 13.23 \qquad N'_\gamma = 2.51$$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.08
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.66
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.01
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.72



## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.85 Y[m]= 3.82

Raggio del cerchio R[m]= 9.32

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -6.64

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8.46

Larghezza della striscia dx[m]= 0.60

Coefficiente di sicurezza C= 1.72

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	18.8307	78.22	18.4340	0.0290	35.00	0.000	0.000
2	44.0522	64.74	39.8387	0.0139	35.00	0.000	0.000
3	57.3957	56.98	48.1226	0.0109	35.00	0.000	0.000
4	65.6763	50.64	50.7791	0.0093	35.00	0.000	0.000
5	69.5421	45.08	49.2441	0.0084	35.00	0.000	0.000
6	72.0089	40.03	46.3132	0.0077	35.00	0.000	0.000
7	73.4027	35.33	42.4450	0.0073	35.00	0.000	0.000
8	73.8094	30.89	37.8915	0.0069	31.07	0.000	0.000
9	73.3657	26.65	32.9051	0.0066	31.00	0.000	0.000
10	73.3164	22.56	28.1286	0.0064	31.00	0.000	0.000
11	72.9033	18.59	23.2430	0.0062	31.00	0.000	0.002
12	70.7406	14.71	17.9671	0.0061	31.00	0.000	0.004
13	68.0779	10.90	12.8774	0.0060	31.00	0.000	0.005
14	66.9823	7.14	8.3279	0.0060	31.00	0.000	0.006
15	68.3107	3.41	4.0649	0.0059	31.00	0.000	0.007
16	26.5624	-0.30	-0.1413	0.0059	31.00	0.000	0.007
17	23.7560	-4.02	-1.6663	0.0059	31.00	0.000	0.007
18	22.6112	-7.76	-3.0518	0.0060	31.00	0.000	0.006
19	21.3703	-11.52	-4.2697	0.0060	31.00	0.000	0.005
20	19.6252	-15.34	-5.1933	0.0061	31.00	0.000	0.004
21	17.3510	-19.24	-5.7165	0.0063	31.00	0.000	0.002
22	14.5539	-23.22	-5.7386	0.0064	31.00	0.000	0.000
23	11.2695	-27.33	-5.1744	0.0067	31.00	0.000	0.000
24	7.3415	-31.60	-3.8470	0.0070	31.00	0.000	0.000
25	2.5113	-36.08	-1.4789	0.0073	35.00	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc

Foglio  
50 di 67

$$\Sigma W_i = 1135.3673 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 424.3045 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 722.4055 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.98$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 51 di 67

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 1

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.40	3.1375	0.0270	0.4336
2	1.00	8.5769	0.6983	2.7109
3	1.60	14.8959	3.2511	7.5332
4	2.20	22.0947	9.5018	15.6891
5	2.80	30.1731	21.3765	27.0407
6	3.40	39.1312	40.7589	41.5694
7	4.00	48.9690	69.5241	59.2150

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.06	0.2367	7.8711
2	0.24	3.7337	30.8183
3	0.42	11.2713	52.7662
4	0.60	22.6696	73.7148

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.27	-3.0046	-21.7398
2	1.08	-41.3801	-68.3661
3	1.89	-106.2275	-87.1027
4	2.70	-175.3762	-80.0495

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 52 di 67

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 1

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.40	100, 34	15.71	7.70	0.010	0.002	-0.107	-0.145
2	1.00	100, 40	15.71	7.70	0.045	0.009	-0.025	-0.576
3	1.60	100, 46	15.71	7.70	0.144	0.022	1.747	-1.685
4	2.20	100, 52	15.71	7.70	0.343	0.039	7.927	-3.749
5	2.80	100, 58	15.71	7.70	0.634	0.060	19.350	-6.786
6	3.40	100, 64	15.71	7.70	1.013	0.083	36.416	-10.823
7	4.00	100, 70	15.71	7.70	1.475	0.107	59.394	-15.851

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 1

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.06	100, 80	22.62	22.62	0.003	0.012	0.151	-0.033
2	0.24	100, 80	22.62	22.62	0.048	0.048	2.380	-0.516
3	0.42	100, 80	22.62	22.62	0.146	0.083	7.185	-1.559
4	0.60	100, 80	22.62	22.62	0.293	0.116	14.451	-3.136

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.27	100, 80	22.62	22.62	0.039	-0.034	-0.416	1.915
2	1.08	100, 80	22.62	22.62	0.534	-0.107	-5.724	26.378
3	1.89	100, 80	22.62	22.62	1.372	-0.137	-14.695	67.716
4	2.70	100, 80	22.62	22.62	2.265	-0.126	-24.260	111.796

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 53 di 67

## 9.7. Combinazione n° 2

Valore della spinta statica	160.0047	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	158.9170	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	18.6248	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.70	[m]	Y = -2.76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	6.68	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	47.08	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2.70	[m]	Y = -4.80	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	241.7250	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.42	[m]	Y = -1.74	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	158.9170	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	400.7758	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	324.0793	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	946.6374	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	400.7758	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	158.9170	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.45	[m]
Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]
Risultante in fondazione	431.1332	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21.63	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	178.9935	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1079.7205	[kN]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.16732	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.03307	[N/mm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 32.67$	$N_q = 20.63$	$N_\gamma = 18.56$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.58$	$i_q = 0.58$	$i_\gamma = 0.09$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.11$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.06$

I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 21.02 \qquad N'_q = 12.59 \qquad N'_\gamma = 1.79$$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.92
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.69
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.65

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.42 Y[m]= 3.82

Raggio del cerchio R[m]= 9.17

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.96

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8.73

Larghezza della striscia dx[m]= 0.59

Coefficiente di sicurezza C= 1.65

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	35.5193	78.26	34.7764	0.0283	35.00	0.000	0.000
2	59.5083	64.87	53.8754	0.0136	35.00	0.000	0.000
3	68.3753	57.15	57.4441	0.0106	35.00	0.000	0.000
4	63.9142	50.86	49.5694	0.0091	35.00	0.000	0.000
5	68.4290	45.33	48.6668	0.0082	35.00	0.000	0.000
6	70.8245	40.31	45.8187	0.0076	35.00	0.000	0.000
7	72.2020	35.64	42.0733	0.0071	35.00	0.000	0.000
8	72.7131	31.23	37.7038	0.0067	32.84	0.000	0.000
9	72.3690	27.02	32.8814	0.0065	31.00	0.000	0.000
10	71.4034	22.97	27.8616	0.0063	31.00	0.000	0.000
11	71.4995	19.03	23.3125	0.0061	31.00	0.000	0.000
12	70.0945	15.18	18.3584	0.0060	31.00	0.000	0.002
13	67.6315	11.41	13.3756	0.0059	31.00	0.000	0.004
14	64.7699	7.68	8.6556	0.0058	31.00	0.000	0.005
15	65.5759	3.99	4.5577	0.0058	31.00	0.000	0.005
16	58.8291	0.31	0.3159	0.0058	31.00	0.000	0.005
17	23.3739	-3.37	-1.3735	0.0058	31.00	0.000	0.005
18	20.5606	-7.06	-2.5268	0.0058	31.00	0.000	0.005
19	19.3040	-10.78	-3.6105	0.0059	31.00	0.000	0.004
20	17.7499	-14.55	-4.4582	0.0060	31.00	0.000	0.002
21	15.7063	-18.38	-4.9524	0.0061	31.00	0.000	0.001
22	13.2244	-22.30	-5.0181	0.0062	31.00	0.000	0.000
23	10.2539	-26.33	-4.5488	0.0064	31.00	0.000	0.000
24	6.6865	-30.52	-3.3953	0.0067	31.00	0.000	0.000
25	2.2929	-34.89	-1.3115	0.0070	35.00	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc

Foglio  
55 di 67

$$\Sigma W_i = 1182.8111 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 468.0515 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 757.7654 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 8.22$$



## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 2

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.40	3.1375	0.0270	0.4336
2	1.00	8.5769	0.6983	2.7109
3	1.60	14.8959	3.2511	7.5332
4	2.20	22.0947	9.5018	15.6891
5	2.80	30.1731	21.3765	27.0407
6	3.40	39.1312	40.7589	41.5694
7	4.00	48.9690	69.5241	59.2150

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.06	0.2476	8.2318
2	0.24	3.9029	32.2021
3	0.42	11.7751	55.0851
4	0.60	23.6683	76.8807

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.27	-3.1701	-22.9328
2	1.08	-43.6001	-71.9487
3	1.89	-111.7150	-91.2904
4	2.70	-183.8986	-83.0581





## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 2

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\sigma_{fs}$	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$
1	0.40	100, 34	15.71	7.70	0.010	0.002	-0.107	-0.145
2	1.00	100, 40	15.71	7.70	0.045	0.009	-0.025	-0.576
3	1.60	100, 46	15.71	7.70	0.144	0.022	1.747	-1.685
4	2.20	100, 52	15.71	7.70	0.343	0.039	7.927	-3.749
5	2.80	100, 58	15.71	7.70	0.634	0.060	19.350	-6.786
6	3.40	100, 64	15.71	7.70	1.013	0.083	36.416	-10.823
7	4.00	100, 70	15.71	7.70	1.475	0.107	59.394	-15.851

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 58 di 67

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 2

#### Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm <sup>2</sup> ]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mm <sup>2</sup> ]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.06	100, 80	22.62	22.62	0.003	0.013	0.158	-0.034
2	0.24	100, 80	22.62	22.62	0.050	0.051	2.488	-0.540
3	0.42	100, 80	22.62	22.62	0.152	0.086	7.506	-1.629
4	0.60	100, 80	22.62	22.62	0.306	0.121	15.088	-3.274

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.27	100, 80	22.62	22.62	0.041	-0.036	-0.439	2.021
2	1.08	100, 80	22.62	22.62	0.563	-0.113	-6.031	27.794
3	1.89	100, 80	22.62	22.62	1.443	-0.143	-15.454	71.214
4	2.70	100, 80	22.62	22.62	2.375	-0.130	-25.439	117.229

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 59 di 67

## 9.8. Combinazione n° 3

Valore della spinta statica	145.0970	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	144.2109	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	16.0114	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.70	[m]	Y = -2.69	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	6.34	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	50.33	[°]		
Incremento sismico della spinta	14.8375	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.70	[m]	Y = -0.78	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48.64	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2.70	[m]	Y = -4.80	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	241.7250	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.42	[m]	Y = -1.74	[m]
Inerzia del muro	5.0995	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	9.6690	[kN]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	174.2439	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	399.7996	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	400.4798	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	942.7327	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	399.7996	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	174.2439	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.64	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]		
Risultante in fondazione	436.1200	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23.55	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	257.3464	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	859.5688	[kN]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	4.00	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.19645	[N/mmq]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00345	[N/mmq]		

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 32.67$	$N_q = 20.63$	$N_\gamma = 18.56$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.55$	$i_q = 0.55$	$i_\gamma = 0.06$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.11$	$d_q = 1.06$	$d_\gamma = 1.06$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 19.86$	$N'_q = 11.89$	$N'_\gamma = 1.13$
----------------	----------------	--------------------

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.35
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.38
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.15
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	1.60

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc

Foglio  
60 di 67

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm<sup>2</sup>]

### Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1.27 Y[m]= 3.82

Raggio del cerchio R[m]= 9.49

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7.33

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 8.21

Larghezza della striscia dx[m]= 0.62

Coefficiente di sicurezza C= 1.60

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	19.8835	78.18	19.4615	0.0297	35.00	0.000	0.000
2	46.4776	64.60	41.9859	0.0142	35.00	0.000	0.000
3	60.1377	56.80	50.3194	0.0111	35.00	0.000	0.000
4	66.9883	50.42	51.6328	0.0096	35.00	0.000	0.000
5	70.9962	44.83	50.0540	0.0086	35.00	0.000	0.000
6	73.5424	39.74	47.0207	0.0079	35.00	0.000	0.000
7	74.9349	35.01	42.9949	0.0074	33.48	0.000	0.000
8	75.2165	30.54	38.2243	0.0071	31.00	0.000	0.000
9	75.0033	26.27	33.1990	0.0068	31.00	0.000	0.000
10	75.8119	22.15	28.5880	0.0066	31.00	0.000	0.002
11	74.0235	18.15	23.0626	0.0064	31.00	0.000	0.004
12	71.6702	14.24	17.6330	0.0063	31.00	0.000	0.006
13	70.0816	10.40	12.6502	0.0062	31.00	0.000	0.007
14	76.0847	6.60	8.7486	0.0061	31.00	0.000	0.008
15	32.1943	2.84	1.5925	0.0061	31.00	0.000	0.008
16	27.1456	-0.92	-0.4357	0.0061	31.00	0.000	0.008
17	26.0445	-4.68	-2.1245	0.0061	31.00	0.000	0.008
18	25.1537	-8.46	-3.6999	0.0062	31.00	0.000	0.007
19	23.7384	-12.28	-5.0471	0.0062	31.00	0.000	0.006
20	21.7788	-16.15	-6.0575	0.0063	31.00	0.000	0.005
21	19.2460	-20.10	-6.6142	0.0065	31.00	0.000	0.003
22	16.1113	-24.15	-6.5929	0.0067	31.00	0.000	0.000
23	12.4512	-28.34	-5.9113	0.0069	31.00	0.000	0.000
24	8.1130	-32.71	-4.3836	0.0072	31.00	0.000	0.000
25	2.7903	-37.29	-1.6906	0.0077	35.00	0.000	0.000

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc

Foglio  
62 di 67

$$\Sigma W_i = 1145.6194 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 424.6102 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma W_i \tan \phi_i = 726.7553 \text{ [kN]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.75$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 63 di 67

## Sollecitazioni paramento

### Combinazione n° 3

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0.40	3.1375	0.4265	2.4016
2	1.00	8.5769	3.0840	7.2965
3	1.60	14.8959	9.0732	14.3354
4	2.20	22.0947	19.9699	24.3065
5	2.80	30.1731	37.4593	37.0722
6	3.40	39.1312	63.1845	52.6138
7	4.00	48.9690	98.7800	70.8712

## Sollecitazioni fondazione di valle

### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.06	0.2995	9.9536
2	0.24	4.7083	38.7722
3	0.42	14.1637	66.0274
4	0.60	28.3843	91.7193

## Sollecitazioni fondazione di monte

### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.27	-4.2018	-30.3965
2	1.08	-57.7938	-95.3773
3	1.89	-148.0985	-121.0451
4	2.70	-243.6924	-109.5000

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 64 di 67

## Armature e tensioni nei materiali del muro

### Combinazione n° 3

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.40	100, 34	15.71	7.70	0.034	0.010	0.255	-0.375
2	1.00	100, 40	15.71	7.70	0.180	0.025	3.777	-1.776
3	1.60	100, 46	15.71	7.70	0.407	0.041	11.209	-3.995
4	2.20	100, 52	15.71	7.70	0.714	0.061	23.197	-7.109
5	2.80	100, 58	15.71	7.70	1.100	0.082	40.233	-11.149
6	3.40	100, 64	15.71	7.70	1.558	0.105	62.548	-16.087
7	4.00	100, 70	15.71	7.70	2.082	0.128	90.272	-21.884

## Armature e tensioni nei materiali della fondazione

### Combinazione n° 3

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.06	100, 80	22.62	22.62	0.004	0.016	0.191	-0.041
2	0.24	100, 80	22.62	22.62	0.061	0.061	3.001	-0.651
3	0.42	100, 80	22.62	22.62	0.183	0.104	9.029	-1.959
4	0.60	100, 80	22.62	22.62	0.367	0.144	18.094	-3.926

### Fondazione di monte

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.27	100, 80	22.62	22.62	0.054	-0.048	-0.581	2.679
2	1.08	100, 80	22.62	22.62	0.746	-0.150	-7.995	36.842
3	1.89	100, 80	22.62	22.62	1.913	-0.190	-20.487	94.408
4	2.70	100, 80	22.62	22.62	3.148	-0.172	-33.711	155.346



## 9.9. Inviluppi sollecitazioni e verifiche

### Inviluppo Sollecitazioni paramento

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

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

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.40	3.1375	3.1375	0.0270	0.4265	0.4336	2.4016
2	1.00	8.5769	8.5769	0.6983	3.0840	2.7109	7.2965
3	1.60	14.8959	14.8959	3.2511	9.0732	7.5332	14.3354
4	2.20	22.0947	22.0947	9.5018	19.9699	15.6891	24.3065
5	2.80	30.1731	30.1731	21.3765	37.4593	27.0407	37.0722
6	3.40	39.1312	39.1312	40.7589	63.1845	41.5694	52.6138
7	4.00	48.9690	48.9690	69.5241	98.7800	59.2150	70.8712

### Inviluppo Sollecitazioni fondazione di valle

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.06	0.2367	0.2995	7.8711	9.9536
2	0.24	3.7337	4.7083	30.8183	38.7722
3	0.42	11.2713	14.1637	52.7662	66.0274
4	0.60	22.6696	28.3843	73.7148	91.7193

### Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

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

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.27	-4.2018	-3.0046	-30.3965	-21.7398
2	1.08	-57.7938	-41.3801	-95.3773	-68.3661
3	1.89	-148.0985	-106.2275	-121.0451	-87.1027
4	2.70	-243.6924	-175.3762	-109.5000	-80.0495

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muro di sottoscarpa progr. km 0+134.99 Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-05-002-b00.doc Foglio 66 di 67

## Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro

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

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [N/mmq]

Nr.	Y	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fs</sub>	σ <sub>fi</sub>
1	0.40	100, 34	15.71	7.70	0.034	0.010	0.255	-0.375
2	1.00	100, 40	15.71	7.70	0.180	0.025	3.777	-1.776
3	1.60	100, 46	15.71	7.70	0.407	0.041	11.209	-3.995
4	2.20	100, 52	15.71	7.70	0.714	0.061	23.197	-7.109
5	2.80	100, 58	15.71	7.70	1.100	0.082	40.233	-11.149
6	3.40	100, 64	15.71	7.70	1.558	0.105	62.548	-16.087
7	4.00	100, 70	15.71	7.70	2.082	0.128	90.272	-21.884

## Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A <sub>fi</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A <sub>fs</sub>	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ <sub>c</sub>	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
τ <sub>c</sub>	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
σ <sub>fi</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
σ <sub>fs</sub>	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [N/mmq]

### Fondazione di valle

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

Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.06	100, 80	22.62	22.62	0.004	0.016	0.191	-0.041
2	0.24	100, 80	22.62	22.62	0.061	0.061	3.001	-0.651
3	0.42	100, 80	22.62	22.62	0.183	0.104	9.029	-1.959
4	0.60	100, 80	22.62	22.62	0.367	0.144	18.094	-3.926

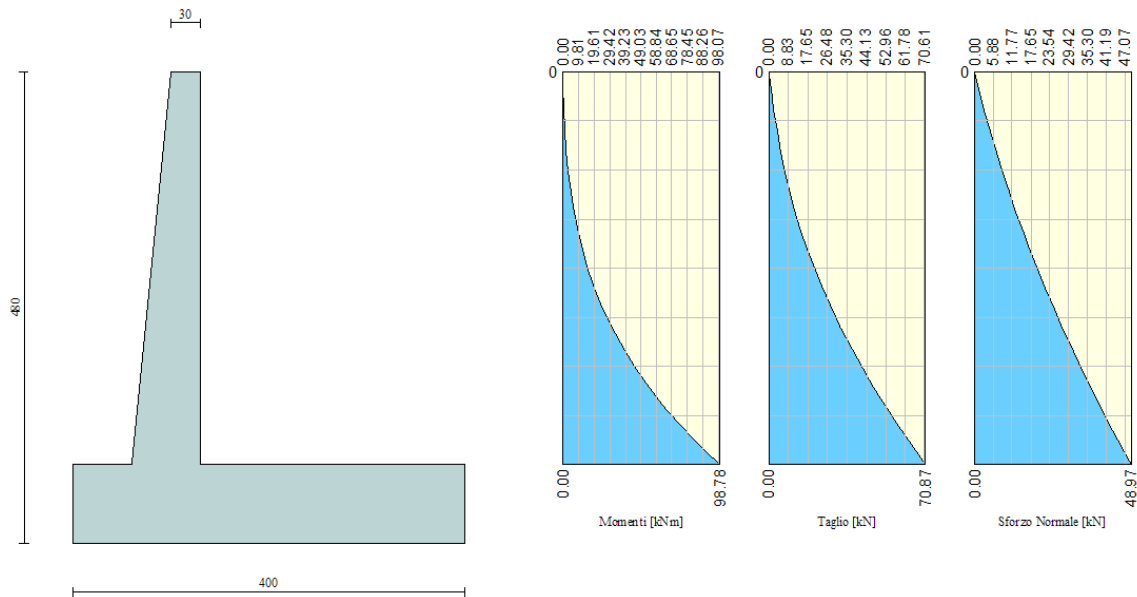
### Fondazione di monte

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

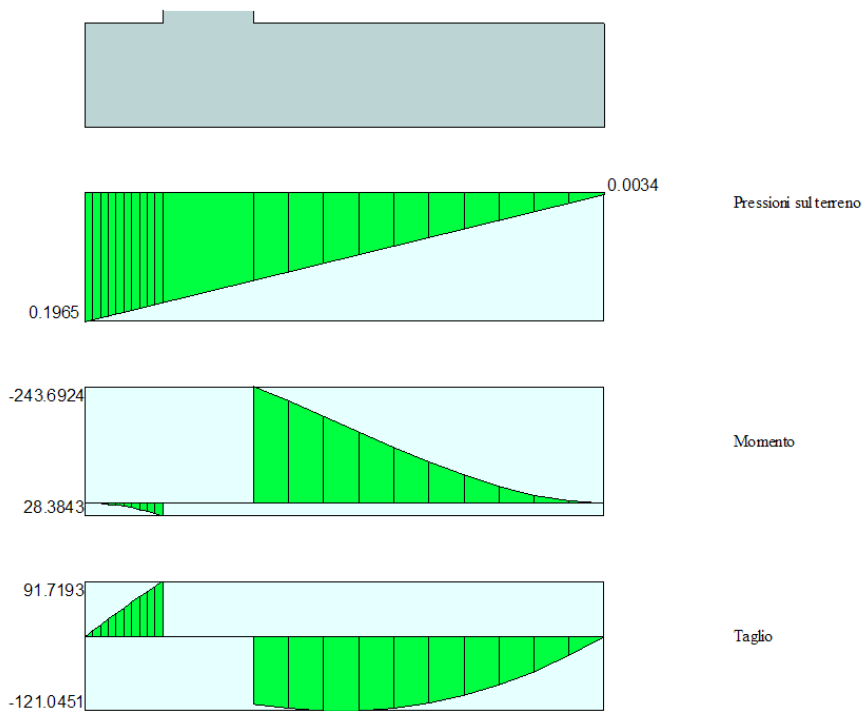
Nr.	X	B, H	A <sub>fs</sub>	A <sub>fi</sub>	σ <sub>c</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>fi</sub>	σ <sub>fs</sub>
1	0.27	100, 80	22.62	22.62	0.054	-0.048	-0.581	2.679
2	1.08	100, 80	22.62	22.62	0.746	-0.150	-7.995	36.842
3	1.89	100, 80	22.62	22.62	1.913	-0.190	-20.487	94.408
4	2.70	100, 80	22.62	22.62	3.148	-0.172	-33.711	155.346

### 9.10. Diagrammi

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni massime.



Sollecitazioni sul paramento – Comb. 3



Sollecitazioni sulla fondazione – Comb. 3