

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**

**RIQUALIFICA VIA DEL VAPORE E DELLA EX. SS.35 IN ARQUATA SCRIVIA  
Riqualifica di Via del Vapore  
Tombino scatolare su Rio Campora  
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 1 9 0 X	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Errevia <i>Er</i>	25/09/2012	Ing. F. Colla <i>F</i>	27/09/2012	E. Pagani <i>Ep</i>	28/09/2012	Ing. E. Ghislandi

n. Elab.: \_\_\_\_\_ File: IG51-01-E-CV-CL-NV19-0X-001-A00.DOC



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc

## 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.	Versante a tergo del muro .....	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.	Accelerazione massima al suolo in fase di costruzione e/o per opere provvisionali .....	10
6.3.4.	Coefficiente di protezione sismica (I) .....	10
7.	CRITERI DI CALCOLO MURI.....	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 MURI .....	16
8.1.	Muro H=2.0 m .....	16
8.2.	Muro H=3.0 m .....	30
8.3.	Muro H=3.50m .....	43

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 4 di 55</span>

## 1. PREMESSE

La seguente relazione di calcolo è relativa all'analisi e al dimensionamento dei muri di controripa previsti nell'ambito del progetto esecutivo dell'adeguamento della strada provinciale n°161 della Crenna.

I muri in oggetto dell'analisi sono gettati in opera con paramento verticale inclinato verso l'esterno con pendenza pari al 10% e spessore in testa di 30 cm, il cordolo di testa ha larghezza pari a 60cm e altezza pari a 40cm.

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

Nella tabella seguente si riassumono le principali caratteristiche geometriche dei muri di controripa:

Altezza (m)	Spessore a base elevazione (m)	Larghezza fondazione (m)	Spessore fondazione (m)	Largh. dente anteriore fond. (m)
2.0	0.50	2.00	0.50	0.40
3.0	0.60	2.70	0.60	0.50
3.50	0.65	3.50	0.70	0.70

I muri con altezze intermedie rispetto a quelle indicate in tabella prenderanno la caratteristiche geometriche uguali a quelle dell'altezza superiore.

Di seguito si riportano le analisi per le sezioni tipologiche dei muri sopra descritti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc	
		Foglio 5 di 55

## 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  $I = 1.0$ .



### 3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

#### Calcestruzzo per fondazione ed elevazione muri $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$

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 Fe B 44 k

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} =$	430.00	$\text{N/mm}^2$
Tensione di trazione ammissibile	$\sigma_s =$	255.00	$\text{N/mm}^2$

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe  $R_{ck} 15 \text{ N/mm}^2$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc	Foglio 7 di 55

## 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
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 8 di 55</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 NV2100 001B.

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	Descrizione	Spessore (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$E$ (MPa)
Strato 1	Copertura superficiale: limo argilloso sabbioso	1.0-2.0	18.0	22-24°	0-5	-
Strato 2 <sup>1</sup>	Alterazione della formazione locale: argilla limosa mediamente consistente	3.50	19.0-20.0	22°-24°	10-30	100-300
Strato 3	Formazione di substrato: argille limose consistenti	-	20.0-21.0	23°-25°	30-50	300-500

Per il terreno di rilevato posto a tergo dei muri si assumono le seguenti caratteristiche geotecniche:

$$\begin{aligned} \phi' &= 35^\circ \\ \gamma &= 20 \text{ kN/m}^3 \\ c' &= 0.0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Si ipotizza che il terreno di fondazione per i muri sia lo "Strato 2" per il fatto che la quota di imposta della fondazione è sempre posta fra 1.0 e 2.0m dal piano campagna.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 9 di 55</span>

## 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. Versante a tergo del muro

Il programma considera in automatico il carico relativo al versante presente a tergo dei muri.

### 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  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc Foglio 10 di 55

### 6.3.3. Accelerazione massima al suolo in fase di costruzione e/o per opere provvisionali

Per le verifiche in fase di costruzione la norma non fornisce specifiche indicazioni. Si può comunque fare riferimento alle indicazioni di cui all'Eurocodice 8 (UNI-ENV 1998-2:1998 – Appendice A) considerando:

$t_{ro}$  = periodo di ritorno di riferimento dell'evento sismico = 475 anni

$p$  = probabilità di superamento in fase di costruzione  $\leq 0.05$

$t_c$  = durata della vita attesa della paratia = 3 anni

$t_{rc} = t_c/p$  = periodo di ritorno rapportato alla vita attesa della paratia = 60 anni

$a_{gc}/a_g = (t_{rc}/t_{ro})^k \cong 0.5$

$a_{gc}$  = accelerazione relativa ad un periodo di ritorno  $t_{rc}$

$a_g$  = accelerazione relativa ad un periodo di ritorno  $t_{ro}$

$k$  = esponente funzione della sismicità della regione  $\cong 0.30$

si ottiene:

$$a_{gc}/a_g = a_{\max-c}/a_{\max} \cong 0.5$$

### 6.3.4. Coefficiente di protezione sismica (I)

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

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
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc Foglio 11 di 55

## 7. CRITERI DI CALCOLO MURI

### 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
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc

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
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc

### 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  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

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

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , 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
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc

## 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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc Foglio 15 di 55

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

### 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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc Foglio 16 di 55

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 MURI

### 8.1. Muro H=2.0 m

#### Geometria muro e fondazione

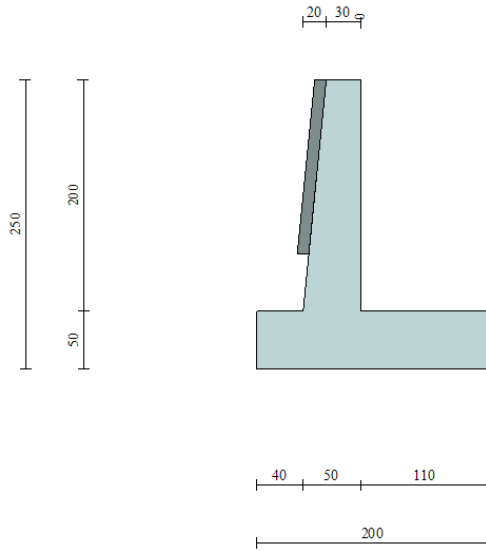
Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	2.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.71 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]
Spessore rivestimento	0.10 [m]
Peso sp. rivestimento	20.0000 [kN/mc]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0.40 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.10 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.50 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]





VALLE

MONTE



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 18 di 55</span>

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10.00	3.65	20.05

## 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]

## 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	20.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Argilla limosa	19.00	19.00	23.00	23.00	0.0100	0.0000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	2.00	0.00	5.83	0.00	Rilevato
2	3.50	0.00	2.16	0.00	Argilla limosa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc <span style="float: right;">Foglio 19 di 55</span>

## 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 - 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

### Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

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

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

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

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

<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]	--	2.10	4.29	4.87	2.43
2	TAMM - [2]	Orizzontale	1.64	3.06	3.75	2.23

**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 strisciac 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]= 0.00 Y[m]= 1.93

Raggio del cerchio R[m]= 4.57

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.02

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4.56

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 2.43

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	3.9837	77.43	3.8883	0.0137	35.00	0.000	0.000
2	9.3473	64.27	8.4207	0.0069	35.00	0.000	0.000
3	11.9714	56.44	9.9764	0.0054	35.00	0.000	0.000
4	13.7844	50.04	10.5656	0.0046	35.00	0.000	0.000
5	15.1118	44.41	10.5758	0.0042	35.00	0.000	0.000
6	16.0941	39.29	10.1920	0.0038	35.00	0.000	0.000
7	16.8081	34.53	9.5263	0.0036	35.00	0.000	0.000
8	17.2910	30.02	8.6506	0.0034	27.72	0.006	0.000
9	17.5493	25.71	7.6135	0.0033	23.00	0.010	0.000
10	17.6438	21.55	6.4821	0.0032	23.00	0.010	0.000
11	17.5932	17.51	5.2947	0.0031	23.00	0.010	0.000
12	17.8763	13.56	4.1923	0.0031	23.00	0.010	0.000
13	17.8851	9.68	3.0064	0.0030	23.00	0.010	0.000
14	17.4550	5.84	1.7747	0.0030	23.00	0.010	0.000
15	16.9059	2.02	0.5959	0.0030	23.00	0.010	0.000
16	19.6349	-1.79	-0.6121	0.0030	23.00	0.010	0.000
17	10.9442	-5.60	-1.0681	0.0030	23.00	0.010	0.000
18	7.1547	-9.44	-1.1735	0.0030	23.00	0.010	0.000
19	5.9650	-13.32	-1.3746	0.0031	23.00	0.010	0.000
20	5.4864	-17.27	-1.6288	0.0031	23.00	0.010	0.000
21	4.8740	-21.30	-1.7708	0.0032	23.00	0.010	0.000
22	4.1174	-25.45	-1.7695	0.0033	23.00	0.010	0.000
23	3.1992	-29.75	-1.5875	0.0034	23.00	0.010	0.000
24	2.0592	-34.24	-1.1587	0.0036	35.00	0.000	0.000
25	0.6886	-38.99	-0.4333	0.0038	35.00	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 291.4240$  [kN] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 88.1783$  [kN] $\Sigma W_i \tan \phi_i = 150.2230$  [kN]

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



Muri di controripa  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc

Foglio  
21 di 55

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.26$



## 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	0.20	1.5498	0.0015	0.1376
2	0.50	4.0615	0.0936	0.8597
3	0.80	6.7973	0.4558	2.2009
4	1.10	9.7575	1.2703	4.1611
5	1.40	12.9419	2.7194	6.7403
6	1.70	16.3505	4.9855	9.9385
7	2.00	19.9834	8.2505	13.7448

## 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	0.04	0.0392	1.9538
2	0.16	0.6167	7.6245
3	0.28	1.8576	13.0093
4	0.40	3.7275	18.1081

## 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	0.11	-0.1694	-3.0257
2	0.44	-2.4216	-10.1312
3	0.77	-6.5307	-14.2795
4	1.10	-11.5208	-15.4706



## 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]
$A_{fs}$	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	0.20	100, 32	7.70	5.65	0.005	0.001	-0.067	-0.070
2	0.50	100, 35	7.70	5.65	0.015	0.003	-0.118	-0.212
3	0.80	100, 38	7.70	5.65	0.035	0.008	-0.060	-0.452
4	1.10	100, 41	7.70	5.65	0.074	0.014	0.437	-0.898
5	1.40	100, 44	7.70	5.65	0.153	0.020	2.579	-1.664
6	1.70	100, 47	7.70	5.65	0.264	0.028	6.948	-2.668
7	2.00	100, 50	7.70	5.65	0.404	0.036	13.495	-3.888



## 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]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mmq]
$\sigma_{fs}$	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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.04	100, 50	7.70	7.70	0.002	0.005	0.122	-0.012
2	0.16	100, 50	7.70	7.70	0.030	0.020	1.913	-0.194
3	0.28	100, 50	7.70	7.70	0.092	0.034	5.761	-0.584
4	0.40	100, 50	7.70	7.70	0.184	0.047	11.560	-1.172

### 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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.11	100, 50	7.70	7.70	0.008	-0.008	-0.053	0.525
2	0.44	100, 50	7.70	7.70	0.120	-0.026	-0.761	7.510
3	0.77	100, 50	7.70	7.70	0.323	-0.037	-2.053	20.254
4	1.10	100, 50	7.70	7.70	0.569	-0.040	-3.621	35.730



## 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]= 0.00 Y[m]= 1.93

Raggio del cerchio R[m]= 4.57

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.02

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4.56

Larghezza della striscia dx[m]= 0.30

Coefficiente di sicurezza C= 2.23

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	3.9837	77.43	3.8883	0.0137	35.00	0.000	0.000
2	9.3473	64.27	8.4207	0.0069	35.00	0.000	0.000
3	11.9714	56.44	9.9764	0.0054	35.00	0.000	0.000
4	13.7844	50.04	10.5656	0.0046	35.00	0.000	0.000
5	15.1118	44.41	10.5758	0.0042	35.00	0.000	0.000
6	16.0941	39.29	10.1920	0.0038	35.00	0.000	0.000
7	16.8081	34.53	9.5263	0.0036	35.00	0.000	0.000
8	17.2910	30.02	8.6506	0.0034	27.72	0.006	0.000
9	17.5493	25.71	7.6135	0.0033	23.00	0.010	0.000
10	17.6438	21.55	6.4821	0.0032	23.00	0.010	0.000
11	17.5932	17.51	5.2947	0.0031	23.00	0.010	0.000
12	17.8763	13.56	4.1923	0.0031	23.00	0.010	0.000
13	17.8851	9.68	3.0064	0.0030	23.00	0.010	0.000
14	17.4550	5.84	1.7747	0.0030	23.00	0.010	0.000
15	16.9059	2.02	0.5959	0.0030	23.00	0.010	0.000
16	19.6349	-1.79	-0.6121	0.0030	23.00	0.010	0.000
17	10.9442	-5.60	-1.0681	0.0030	23.00	0.010	0.000
18	7.1547	-9.44	-1.1735	0.0030	23.00	0.010	0.000
19	5.9650	-13.32	-1.3746	0.0031	23.00	0.010	0.000
20	5.4864	-17.27	-1.6288	0.0031	23.00	0.010	0.000
21	4.8740	-21.30	-1.7708	0.0032	23.00	0.010	0.000
22	4.1174	-25.45	-1.7695	0.0033	23.00	0.010	0.000
23	3.1992	-29.75	-1.5875	0.0034	23.00	0.010	0.000
24	2.0592	-34.24	-1.1587	0.0036	35.00	0.000	0.000
25	0.6886	-38.99	-0.4333	0.0038	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 291.4240$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 88.1783$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 150.2230$  [kN]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muri di controripa Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc</p>	<p>Foglio 26 di 55</p>

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.26$



## 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	0.20	1.5498	0.0356	0.4743
2	0.50	4.0615	0.2989	1.6549
3	0.80	6.7973	0.9614	3.3983
4	1.10	9.7575	2.1884	5.7047
5	1.40	12.9419	4.1455	8.5740
6	1.70	16.3505	6.9982	12.0061
7	2.00	19.9834	10.9116	15.9902

## 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	0.04	0.0521	2.5939
2	0.16	0.8147	10.0295
3	0.28	2.4384	16.9463
4	0.40	4.8610	23.3441

## 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	0.11	-0.2629	-4.6918
2	0.44	-3.7443	-15.6210
3	0.77	-10.0536	-21.8308
4	1.10	-17.6335	-23.3212



## 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	0.20	100, 32	7.70	5.65	0.007	0.002	-0.048	-0.089
2	0.50	100, 35	7.70	5.65	0.025	0.006	-0.012	-0.315
3	0.80	100, 38	7.70	5.65	0.067	0.012	0.619	-0.759
4	1.10	100, 41	7.70	5.65	0.145	0.019	2.898	-1.467
5	1.40	100, 44	7.70	5.65	0.252	0.026	7.116	-2.386
6	1.70	100, 47	7.70	5.65	0.386	0.034	13.301	-3.519
7	2.00	100, 50	7.70	5.65	0.545	0.042	21.507	-4.878

## 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]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fs}$	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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.04	100, 50	7.70	7.70	0.003	0.007	0.161	-0.016
2	0.16	100, 50	7.70	7.70	0.040	0.026	2.527	-0.256
3	0.28	100, 50	7.70	7.70	0.121	0.044	7.562	-0.766
4	0.40	100, 50	7.70	7.70	0.240	0.061	15.075	-1.528

### 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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.11	100, 50	7.70	7.70	0.013	-0.012	-0.083	0.815
2	0.44	100, 50	7.70	7.70	0.185	-0.041	-1.177	11.612
3	0.77	100, 50	7.70	7.70	0.497	-0.057	-3.160	31.179
4	1.10	100, 50	7.70	7.70	0.871	-0.061	-5.543	54.687

## 8.2. Muro H=3.0 m

### Geometria muro e fondazione

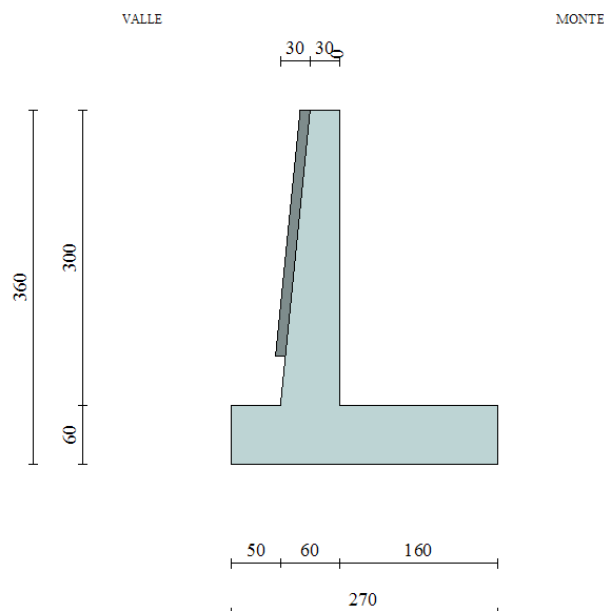
#### Descrizione

Altezza del paramento	3.00 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.60 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.71 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [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	0.50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.60 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.70 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.60 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc	Foglio 31 di 55

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	10.00	3.65	20.05

## 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]

## 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	20.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Argilla limosa	19.00	19.00	23.00	23.00	0.0100	0.0000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	3.00	0.00	5.83	0.00	Rilevato
2	3.50	0.00	2.35	0.00	Argilla limosa

## 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 - 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

### Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

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

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

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione  
 Tipo Tipo combinazione  
 Sisma Combinazione sismica  
 $CS_{SCO}$  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]	--	1.64	3.66	3.18	1.99
2	TAMM - [2]	Orizzontale	1.32	2.65	2.38	1.84





## 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]= -0.31 Y[m]= 2.75

Raggio del cerchio R[m]= 6.63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6.31

Larghezza della striscia dx[m]= 0.43

Coefficiente di sicurezza C= 1.99

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	7.5510	77.48	7.3714	0.0193	35.00	0.000	0.000
2	18.3038	64.74	16.5537	0.0098	35.00	0.000	0.000
3	23.6513	57.02	19.8391	0.0077	35.00	0.000	0.000
4	27.3610	50.70	21.1743	0.0066	35.00	0.000	0.000
5	30.0944	45.17	21.3420	0.0059	35.00	0.000	0.000
6	32.1363	40.13	20.7132	0.0055	35.00	0.000	0.000
7	33.6418	35.45	19.5110	0.0051	35.00	0.000	0.000
8	34.7038	31.03	17.8869	0.0049	32.38	0.002	0.000
9	35.3237	26.80	15.9270	0.0047	23.00	0.010	0.000
10	35.5935	22.73	13.7523	0.0045	23.00	0.010	0.000
11	35.5769	18.78	11.4509	0.0044	23.00	0.010	0.000
12	36.5774	14.91	9.4136	0.0043	23.00	0.010	0.000
13	36.0946	11.12	6.9613	0.0043	23.00	0.010	0.000
14	35.3330	7.38	4.5356	0.0042	23.00	0.010	0.000
15	35.8741	3.66	2.2915	0.0042	23.00	0.010	0.000
16	34.5620	-0.04	-0.0213	0.0042	23.00	0.010	0.000
17	12.9535	-3.73	-0.8434	0.0042	23.00	0.010	0.000
18	11.4363	-7.45	-1.4822	0.0042	23.00	0.010	0.000
19	10.3614	-11.19	-2.0111	0.0043	23.00	0.010	0.000
20	9.5542	-14.99	-2.4707	0.0043	23.00	0.010	0.000
21	8.4982	-18.85	-2.7457	0.0044	23.00	0.010	0.000
22	7.1773	-22.81	-2.7820	0.0045	23.00	0.010	0.000
23	5.5695	-26.88	-2.5181	0.0047	23.00	0.010	0.000
24	3.6093	-31.11	-1.8648	0.0049	35.00	0.000	0.000
25	1.2069	-35.53	-0.7014	0.0051	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 562.7454$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 191.2833$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 295.1048$  [kN]

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



Muri di controripa  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc

Foglio  
34 di 55

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.82$



## 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	0.30	2.3621	0.0135	0.3095
2	0.75	6.3258	0.3690	1.9344
3	1.20	10.7940	1.6738	4.9521
4	1.65	15.7668	4.5433	9.3625
5	2.10	21.2442	9.5928	15.1657
6	2.55	27.2262	17.4376	22.3617
7	3.00	33.7127	28.6920	30.9257

## 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	0.05	0.1015	4.0515
2	0.20	1.5996	15.8283
3	0.35	4.8217	27.0385
4	0.50	9.6828	37.6823

## 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	0.16	-0.5986	-7.3442
2	0.64	-8.5137	-24.3882
3	1.12	-22.8141	-33.9495
4	1.60	-39.9080	-36.0281

## 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]
$A_{fs}$	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	0.30	100, 33	10.05	5.65	0.008	0.001	-0.091	-0.110
2	0.75	100, 38	10.05	5.65	0.031	0.007	-0.077	-0.404
3	1.20	100, 42	10.05	5.65	0.093	0.016	0.803	-1.103
4	1.65	100, 47	10.05	5.65	0.227	0.027	4.896	-2.406
5	2.10	100, 51	10.05	5.65	0.418	0.039	12.749	-4.202
6	2.55	100, 56	10.05	5.65	0.660	0.052	24.430	-6.506
7	3.00	100, 60	10.05	5.65	0.951	0.066	40.061	-9.330



## 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]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fs}$	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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.05	100, 60	10.05	10.05	0.003	0.009	0.197	-0.026
2	0.20	100, 60	10.05	10.05	0.050	0.034	3.106	-0.405
3	0.35	100, 60	10.05	10.05	0.152	0.058	9.363	-1.221
4	0.50	100, 60	10.05	10.05	0.305	0.081	18.802	-2.453

### 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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.16	100, 60	10.05	10.05	0.019	-0.016	-0.152	1.162
2	0.64	100, 60	10.05	10.05	0.268	-0.052	-2.157	16.532
3	1.12	100, 60	10.05	10.05	0.719	-0.073	-5.779	44.301
4	1.60	100, 60	10.05	10.05	1.258	-0.077	-10.109	77.494



## 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]= -0.31 Y[m]= 2.75

Raggio del cerchio R[m]= 6.63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4.37

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6.31

Larghezza della striscia dx[m]= 0.43

Coefficiente di sicurezza C= 1.84

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	7.5510	77.48	7.3714	0.0193	35.00	0.000	0.000
2	18.3038	64.74	16.5537	0.0098	35.00	0.000	0.000
3	23.6513	57.02	19.8391	0.0077	35.00	0.000	0.000
4	27.3610	50.70	21.1743	0.0066	35.00	0.000	0.000
5	30.0944	45.17	21.3420	0.0059	35.00	0.000	0.000
6	32.1363	40.13	20.7132	0.0055	35.00	0.000	0.000
7	33.6418	35.45	19.5110	0.0051	35.00	0.000	0.000
8	34.7038	31.03	17.8869	0.0049	32.38	0.002	0.000
9	35.3237	26.80	15.9270	0.0047	23.00	0.010	0.000
10	35.5935	22.73	13.7523	0.0045	23.00	0.010	0.000
11	35.5769	18.78	11.4509	0.0044	23.00	0.010	0.000
12	36.5774	14.91	9.4136	0.0043	23.00	0.010	0.000
13	36.0946	11.12	6.9613	0.0043	23.00	0.010	0.000
14	35.3330	7.38	4.5356	0.0042	23.00	0.010	0.000
15	35.8741	3.66	2.2915	0.0042	23.00	0.010	0.000
16	34.5620	-0.04	-0.0213	0.0042	23.00	0.010	0.000
17	12.9535	-3.73	-0.8434	0.0042	23.00	0.010	0.000
18	11.4363	-7.45	-1.4822	0.0042	23.00	0.010	0.000
19	10.3614	-11.19	-2.0111	0.0043	23.00	0.010	0.000
20	9.5542	-14.99	-2.4707	0.0043	23.00	0.010	0.000
21	8.4982	-18.85	-2.7457	0.0044	23.00	0.010	0.000
22	7.1773	-22.81	-2.7820	0.0045	23.00	0.010	0.000
23	5.5695	-26.88	-2.5181	0.0047	23.00	0.010	0.000
24	3.6093	-31.11	-1.8648	0.0049	35.00	0.000	0.000
25	1.2069	-35.53	-0.7014	0.0051	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 562.7454$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 191.2833$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 295.1048$  [kN]

GENERAL CONTRACTOR



Consorzio Collegamenti Integrati Veloci

ALTA SORVEGLIANZA



Muri di controripa  
Relazione di calcolo

ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc

Foglio  
39 di 55

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.82$



## 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	0.30	2.3621	0.1218	1.0222
2	0.75	6.3258	1.0196	3.6110
3	1.20	10.7940	3.2721	7.4662
4	1.65	15.7668	7.4378	12.5881
5	2.10	21.2442	14.0752	18.9764
6	2.55	27.2262	23.7427	26.6313
7	3.00	33.7127	36.9981	35.5280

## 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	0.05	0.1338	5.3347
2	0.20	2.0969	20.6734
3	0.35	6.2859	35.0136
4	0.50	12.5511	48.3555

## 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	0.16	-0.9143	-11.2081
2	0.64	-12.9353	-36.8952
3	1.12	-34.4288	-50.6768
4	1.60	-59.6801	-52.5528



## 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	0.30	100, 33	10.05	5.65	0.013	0.004	-0.035	-0.168
2	0.75	100, 38	10.05	5.65	0.073	0.013	0.824	-0.794
3	1.20	100, 42	10.05	5.65	0.200	0.024	4.714	-1.961
4	1.65	100, 47	10.05	5.65	0.385	0.036	12.060	-3.623
5	2.10	100, 51	10.05	5.65	0.620	0.049	23.000	-5.793
6	2.55	100, 56	10.05	5.65	0.903	0.062	37.644	-8.471
7	3.00	100, 60	10.05	5.65	1.228	0.076	56.063	-11.646

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc Foglio 42 di 55

## 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	0.05	100, 60	10.05	10.05	0.004	0.011	0.260	-0.034
2	0.20	100, 60	10.05	10.05	0.066	0.044	4.072	-0.531
3	0.35	100, 60	10.05	10.05	0.198	0.075	12.206	-1.592
4	0.50	100, 60	10.05	10.05	0.396	0.103	24.372	-3.179

### 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	0.16	100, 60	10.05	10.05	0.029	-0.024	-0.232	1.775
2	0.64	100, 60	10.05	10.05	0.408	-0.079	-3.277	25.118
3	1.12	100, 60	10.05	10.05	1.085	-0.108	-8.721	66.855
4	1.60	100, 60	10.05	10.05	1.881	-0.112	-15.118	115.888

### 8.3. Muro H=3.50m

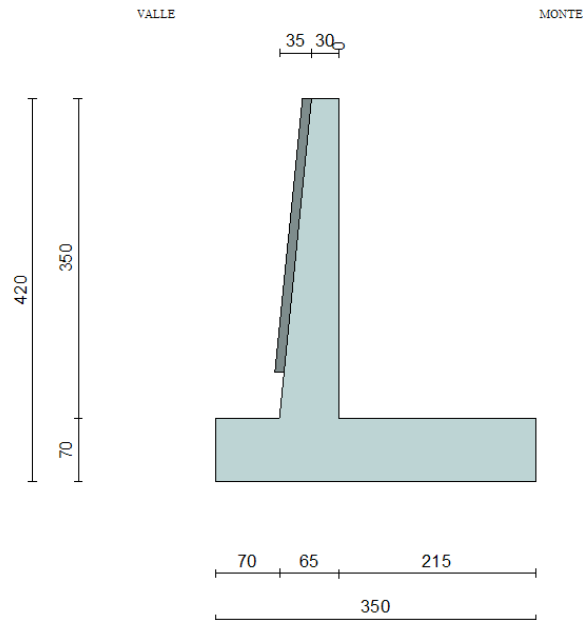
#### Geometria muro e fondazione

##### Descrizione

	<b>Muro a mensola in c.a.</b>
Altezza del paramento	3.50 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.65 [m]
Inclinazione paramento esterno	5.71 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]
Spessore rivestimento	0.10 [m]
Peso sp. rivestimento	20.0000 [kN/mc]

##### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.70 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2.15 [m]
Lunghezza totale fondazione	3.50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.70 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc <div style="float: right;">Foglio 44 di 55</div>

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	10.00	3.65	20.05

## 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]

## 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	20.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Argilla limosa	19.00	19.00	23.00	23.00	0.0100	0.0000

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	3.50	0.00	5.83	0.00	Rilevato
2	3.50	0.00	2.57	0.00	Argilla limosa

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Muri di controripa Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc Foglio 45 di 55

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

### Combinazione n° 1 - Tensioni ammissibili

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

### Combinazione n° 2 - Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

## Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Tensioni ammissibili

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

### Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

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

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

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS <sub>SCO</sub>	CS <sub>RIB</sub>	CS <sub>qlim</sub>	CS <sub>stab</sub>
1	TAMM - [1]	--	1.65	4.24	3.13	1.89
2	TAMM - [2]	Orizzontale	1.32	3.06	2.38	1.75



## 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]= -0.36 Y[m]= 3.28

Raggio del cerchio R[m]= 7.89

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.16

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7.52

Larghezza della striscia dx[m]= 0.51

Coefficiente di sicurezza C= 1.89

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	10.5828	77.42	10.3287	0.0228	35.00	0.000	0.000
2	25.6954	64.82	23.2531	0.0117	35.00	0.000	0.000
3	33.2609	57.10	27.9259	0.0092	35.00	0.000	0.000
4	38.5102	50.80	29.8413	0.0079	35.00	0.000	0.000
5	42.3806	45.27	30.1069	0.0071	35.00	0.000	0.000
6	45.2748	40.24	29.2468	0.0065	35.00	0.000	0.000
7	47.4121	35.57	27.5762	0.0061	35.00	0.000	0.000
8	48.9155	31.15	25.3039	0.0058	30.24	0.004	0.000
9	49.7844	26.94	22.5517	0.0056	23.00	0.010	0.000
10	50.1790	22.87	19.5041	0.0054	23.00	0.010	0.000
11	50.9219	18.93	16.5191	0.0053	23.00	0.010	0.000
12	51.6236	15.08	13.4282	0.0052	23.00	0.010	0.000
13	50.9019	11.29	9.9686	0.0051	23.00	0.010	0.000
14	49.8446	7.56	6.5577	0.0050	23.00	0.010	0.000
15	50.0906	3.86	3.3705	0.0050	23.00	0.010	0.000
16	46.4753	0.17	0.1402	0.0050	23.00	0.010	0.000
17	17.7041	-3.51	-1.0845	0.0050	23.00	0.010	0.000
18	16.1234	-7.21	-2.0240	0.0050	23.00	0.010	0.000
19	14.3547	-10.94	-2.7246	0.0051	23.00	0.010	0.000
20	13.2408	-14.72	-3.3643	0.0051	23.00	0.010	0.000
21	11.7788	-18.56	-3.7500	0.0052	23.00	0.010	0.000
22	9.9467	-22.50	-3.8062	0.0054	23.00	0.010	0.000
23	7.7146	-26.55	-3.4481	0.0056	23.00	0.010	0.000
24	5.0212	-30.75	-2.5671	0.0058	35.00	0.000	0.000
25	1.7001	-35.14	-0.9786	0.0061	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 789.4378$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 271.8756$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 411.7364$  [kN]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>CODIV</b> Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muri di controripa Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc</p>	<p>Foglio 47 di 55</p>

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.83$



## 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	0.35	2.7776	0.0252	0.4213
2	0.88	7.5164	0.6099	2.6329
3	1.40	12.9419	2.7194	6.7403
4	1.92	19.0542	7.3308	12.7434
5	2.45	25.8533	15.4212	20.6422
6	2.97	33.3391	27.9678	30.4368
7	3.50	41.5118	45.9459	42.0933

## 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	0.07	0.1976	5.6353
2	0.28	3.1233	22.1236
3	0.49	9.4457	37.9856
4	0.70	19.0334	53.2213

## 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	0.21	-1.0021	-9.1566
2	0.86	-14.3248	-30.6630
3	1.50	-38.6342	-43.2240
4	2.15	-68.1605	-46.8398





## 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]
$A_{fs}$	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	0.35	100, 34	10.05	5.65	0.009	0.002	-0.101	-0.132
2	0.88	100, 39	10.05	5.65	0.042	0.009	-0.013	-0.536
3	1.40	100, 44	10.05	5.65	0.145	0.020	2.154	-1.619
4	1.92	100, 49	10.05	5.65	0.337	0.034	9.247	-3.444
5	2.45	100, 55	10.05	5.65	0.602	0.049	21.497	-5.949
6	2.97	100, 60	10.05	5.65	0.934	0.065	39.089	-9.160
7	3.50	100, 65	10.05	5.65	1.328	0.083	62.191	-13.076

## 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]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fs}$	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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.07	100, 70	12.72	12.72	0.004	0.010	0.256	-0.039
2	0.28	100, 70	12.72	12.72	0.067	0.040	4.053	-0.621
3	0.49	100, 70	12.72	12.72	0.204	0.069	12.256	-1.877
4	0.70	100, 70	12.72	12.72	0.410	0.096	24.696	-3.782

### 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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.21	100, 70	12.72	12.72	0.022	-0.017	-0.199	1.300
2	0.86	100, 70	12.72	12.72	0.309	-0.055	-2.847	18.587
3	1.50	100, 70	12.72	12.72	0.833	-0.078	-7.677	50.129
4	2.15	100, 70	12.72	12.72	1.470	-0.085	-13.545	88.439



## 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]= -0.36 Y[m]= 3.28

Raggio del cerchio R[m]= 7.89

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.16

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 7.52

Larghezza della striscia dx[m]= 0.51

Coefficiente di sicurezza C= 1.75

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	10.5828	77.42	10.3287	0.0228	35.00	0.000	0.000
2	25.6954	64.82	23.2531	0.0117	35.00	0.000	0.000
3	33.2609	57.10	27.9259	0.0092	35.00	0.000	0.000
4	38.5102	50.80	29.8413	0.0079	35.00	0.000	0.000
5	42.3806	45.27	30.1069	0.0071	35.00	0.000	0.000
6	45.2748	40.24	29.2468	0.0065	35.00	0.000	0.000
7	47.4121	35.57	27.5762	0.0061	35.00	0.000	0.000
8	48.9155	31.15	25.3039	0.0058	30.24	0.004	0.000
9	49.7844	26.94	22.5517	0.0056	23.00	0.010	0.000
10	50.1790	22.87	19.5041	0.0054	23.00	0.010	0.000
11	50.9219	18.93	16.5191	0.0053	23.00	0.010	0.000
12	51.6236	15.08	13.4282	0.0052	23.00	0.010	0.000
13	50.9019	11.29	9.9686	0.0051	23.00	0.010	0.000
14	49.8446	7.56	6.5577	0.0050	23.00	0.010	0.000
15	50.0906	3.86	3.3705	0.0050	23.00	0.010	0.000
16	46.4753	0.17	0.1402	0.0050	23.00	0.010	0.000
17	17.7041	-3.51	-1.0845	0.0050	23.00	0.010	0.000
18	16.1234	-7.21	-2.0240	0.0050	23.00	0.010	0.000
19	14.3547	-10.94	-2.7246	0.0051	23.00	0.010	0.000
20	13.2408	-14.72	-3.3643	0.0051	23.00	0.010	0.000
21	11.7788	-18.56	-3.7500	0.0052	23.00	0.010	0.000
22	9.9467	-22.50	-3.8062	0.0054	23.00	0.010	0.000
23	7.7146	-26.55	-3.4481	0.0056	23.00	0.010	0.000
24	5.0212	-30.75	-2.5671	0.0058	35.00	0.000	0.000
25	1.7001	-35.14	-0.9786	0.0061	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 789.4378$  [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 271.8756$  [kN]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 411.7364$  [kN]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p><b>CODIV</b> Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Muri di controripa Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv19-0x-001-a00.doc</p>	<p>Foglio 52 di 55</p>

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 7.83$



## 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	0.35	2.7776	0.1941	1.3738
2	0.88	7.5164	1.6239	4.8712
3	1.40	12.9419	5.2084	10.0924
4	1.92	19.0542	11.8344	17.0375
5	2.45	25.8533	22.3890	25.7065
6	2.97	33.3391	37.7588	36.0994
7	3.50	41.5118	58.8294	48.1825

## 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	0.07	0.2625	7.4754
2	0.28	4.1191	29.0381
3	0.49	12.3678	49.3052
4	0.70	24.7366	68.2769

## 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	0.21	-1.5847	-14.4585
2	0.86	-22.4386	-47.6619
3	1.50	-59.7880	-65.6071
4	2.15	-103.7912	-68.2940

## 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	0.35	100, 34	10.05	5.65	0.018	0.006	-0.011	-0.222
2	0.88	100, 39	10.05	5.65	0.113	0.017	1.949	-1.150
3	1.40	100, 44	10.05	5.65	0.297	0.030	8.493	-2.792
4	1.92	100, 49	10.05	5.65	0.555	0.045	19.917	-5.131
5	2.45	100, 55	10.05	5.65	0.879	0.061	36.396	-8.173
6	2.97	100, 60	10.05	5.65	1.262	0.078	58.045	-11.901
7	3.50	100, 65	10.05	5.65	1.699	0.094	84.936	-16.289

## 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]
$A_{fi}$	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
$A_{fs}$	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{fs}$	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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.07	100, 70	12.72	12.72	0.006	0.014	0.341	-0.052
2	0.28	100, 70	12.72	12.72	0.089	0.053	5.345	-0.819
3	0.49	100, 70	12.72	12.72	0.267	0.089	16.047	-2.458
4	0.70	100, 70	12.72	12.72	0.533	0.124	32.096	-4.916

### 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	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
1	0.21	100, 70	12.72	12.72	0.034	-0.026	-0.315	2.056
2	0.86	100, 70	12.72	12.72	0.484	-0.086	-4.459	29.115
3	1.50	100, 70	12.72	12.72	1.289	-0.119	-11.881	77.576
4	2.15	100, 70	12.72	12.72	2.238	-0.124	-20.625	134.671