

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**

**CANTIERE OPERATIVO RADIMERO-COP20 VERIFICA STABILITA' GABBIONI**  
**Relazione di calcolo**

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. N.Meistro	

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

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	A&T	31/01/2018	COCIV	31/01/2018	A.Mancarella 	31/01/2018	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX
-----------	--------------------------------------------



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 54</p>

## INDICE

1.	PREMESSA .....	4
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
3.	SISMICITA' .....	6
3.1.	Zone sismiche .....	6
3.2.	Calcolo dell'azione sismica di progetto .....	7
4.	PARAMETRI GEOTECNICI .....	9
5.	PROVE PER LA QUALIFICA DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO .....	10
5.1.	Prove antecedenti la posa .....	10
5.2.	Prove in sito per la verifica della posa del materiale .....	10
6.	VERIFICHE DI STABILITA' .....	11
6.1.	Valori caratteristici e valori di calcolo .....	11
6.2.	Spinta in presenza di sisma .....	12
6.3.	Verifica a ribaltamento .....	13
6.4.	Verifica a scorrimento .....	13
6.5.	Verifica al carico limite .....	14
6.6.	Verifica alla stabilità globale .....	15
7.	RISULTATI ANALISI .....	17
8.	CONCLUSIONI .....	54

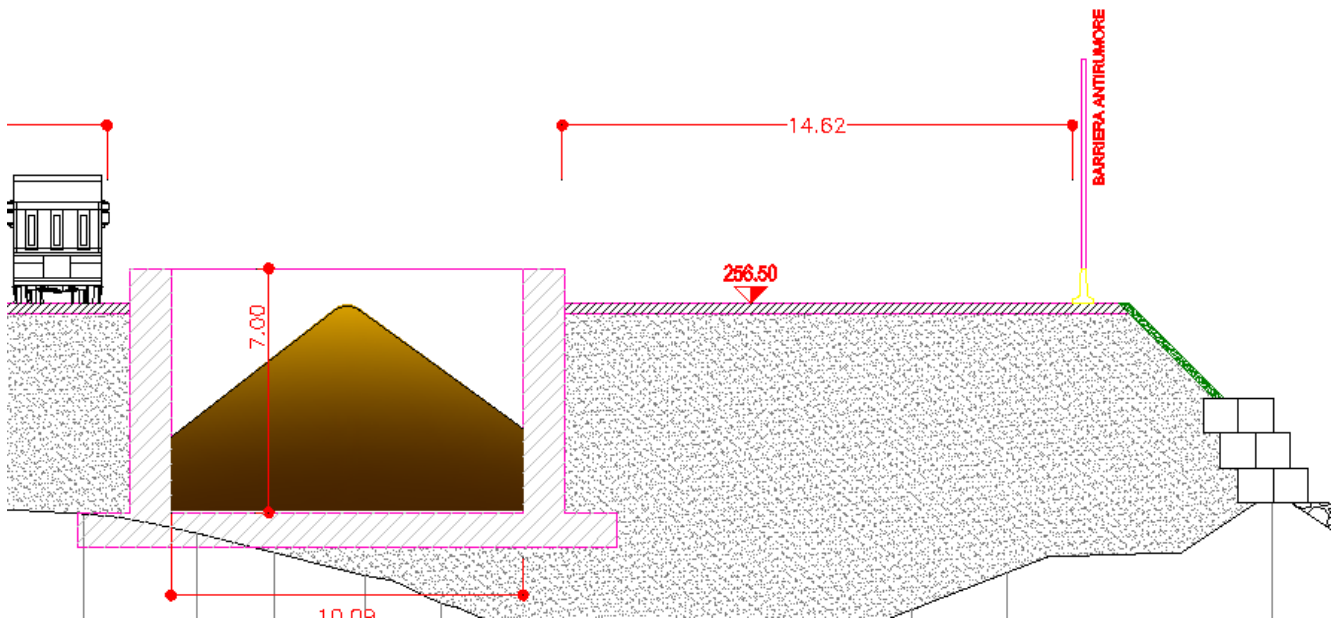
## 1. PREMESSA

Il progetto definitivo in oggetto si situa nell'ambito di quello più generale relativo alla "Linea AV-AC Milano Genova – Terzo Valico dei Giovi", la cui progettazione e realizzazione è stata affidata da Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (RFI) al Consorzio COCIV, in qualità di General Contractor. L'intervento ricade nel Comune di Arquata Scrivia (AL).

La seguente relazione è stata redatta al fine di verificare la stabilità di un versante protetto con gabbioni metallici, in prossimità di alcune vasche per lo stoccaggio di smarino proveniente dalle TBM presenti presso il cantiere COP 20. La stabilità dovrà essere garantita a fronte di una spinta del terreno del versante e dal passaggio di un certo numero di mezzi gommati per il trasporto di tale smarino.

La stabilità del versante inclinato è affidata ad un insieme di tre gabbioni, che poggiano su un magrone di 10 cm.

Di seguito è riportata la sezione oggetto della verifica.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 54</p>

## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- D.M.11/03/1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” - Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81.
- Circ. LL.PP. 24/09/1988 n. 30483 - “Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative”
- D.M. LL.PP. 09/01/1996 - Norme tecniche per l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Circ. LL.PP. 10/04/1997 n.65 - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche” di cui al D.M. 16/01/1996.
- Circ. LL.PP. 04/07/1996 n. 156 AA.GG./STC - 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.
- OPCM 2788 del 12/06/1998 - “Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale”
- OPCM 3274 del 20/03/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- DGR 216 del 17/03/2017 - “Aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”
- D.M. 14/01/2008 - “Norme tecniche per le costruzioni” - GU n°29 del 4/2/2008
- Circolare 02/02/2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" - Gazzetta Ufficiale del 26.02.2009 n. 47, supplemento ordinario n. 27.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX <span style="float: right;">Foglio 6 di 54</span>

### 3. SISMICITA'

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da prendere in considerazione nella progettazione delle opere.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata anche l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio VS ovvero sul numero medio di colpi NSPT ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$ . In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti categorie del suolo di fondazione:

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media NSPT > 50 nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata media  $c_u > 250$  kPa nei terreni a grana fine).
- C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_u < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT < 15 nei terreni a grana grossa e  $c_u < 70$  kPa nei terreni a grana fina).
- E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s30} > 800$  m/s).

Il suolo di fondazione appartiene alla categoria C mentre come categoria topografica è stata considerata la T1.

#### 3.1. ZONE SISMICHE

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio italiano è suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella Tabella.

Zona	Valore di $a_g$
------	-----------------

1	0.35g
2	0.25g
3	0.15g
4	0.05g

Le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli riportati nella tabella e intervallati da valori non minori di 0,025.

L'area in studio si sviluppa nel comune di Arquata Scrivia (AL) ed in base alla nuova classificazione sismica della Regione Piemonte è sita in zona 3 (vedi tabella seguente):

Piemonte ^		
PROVINCIA	COMUNE	CLASSIF. SISMICA
Alessandria	Acqui Terme	3
Alessandria	Albera Ligure	3
Alessandria	Alessandria	3
Alessandria	Alfiano Natta	4
Alessandria	Alice Bel Colle	3
Alessandria	Alluvioni Cambiò	3
Alessandria	Altavilla Monferrato	4
Alessandria	Alzano Scrivia	3
Alessandria	Arquata Scrivia	3
Alessandria	Avolasca	3
Alessandria	Balzola	4
Alessandria	Basaluzzo	3
Alessandria	Bassignana	4
Alessandria	Belforte Monferrato	3
Alessandria	Bergamasco	4
Alessandria	Berzano di Tortona	3
Alessandria	Bistagno	4
Alessandria	Borghetto di Borbera	3
Alessandria	Borgoratto Alessandrino	3
Alessandria	Borgo San Martino	4
Alessandria	Bosco Marengo	3
Alessandria	Bosio	3

### 3.2. CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria C), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  - accelerazione orizzontale massima al sito;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 54</p>

- $F_0$  - valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per il calcolo dei parametri sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri:

- Classe d'uso: classe nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso;
- Vita nominale dell'opera  $V_N$ : intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata (da questo valore viene calcolato il Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R$  come:

$$V_R = V_N * C_U$$

dove  $C_U$  è il coefficiente d'uso);

- Probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ : in funzione dello stato limite di riferimento.

Nel caso dell'opera in oggetto sono considerati i seguenti valori:

Classe d'uso II: normali affollamenti.

Vita nominale  $V_N$ :  $\leq 10$  anni: opere provvisorie – opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva

Coefficiente d'uso  $C_U$ : 1.0 relativo alla classe d'uso I.

Periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_R = V_N * C_U = 10 * 1.0 = 10$  anni.



#### 4. PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla base delle indagini svolte l'assetto stratigrafico dell'area risulta:

- da p.c. a - 7.0 m da p.c.: depositi alluvionali recenti (fl3) costituiti da limi e limi sabbioso argillosi
- da - 7.0 m a - 10.0 m da p.c.: marne ed argilliti alterate e degradate (fascia di alterazione della formazione di Costa Areasa)
- da - 10.0 m da p.c.: alternanze di strati marnoso-argillosi ed arenacei (formazione di Costa Areasa)

Nella tabella seguente sono riportati i parametri geotecnici caratteristici da utilizzarsi per i calcoli.

Strato	Denominazione	Parametri caratteristici			
		$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)	$E$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Depositi alluvionali recenti	21.0	0.0	28	300
2	Fascia di alterazione della formazione di Costa Areasa	21.0	1.0	26	1000
3	Formazione di Costa Areasa	24.0	3.0	26	15000
	Materiale del rilevato	20.0	0.0	38	-

dove:

$\gamma$  = peso di volume

$c$  = coesione

$\phi'$  = angolo d'attrito

$E$  = modulo di deformazione

L'angolo di attrito del materiale del rilevato è stato assunto pari a 38° in fase di analisi, tale dato dovrà essere verificato tramite le prove di seguito riportate.

Nell'area oggetto della relazione la falda risulta assente.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 10 di 54</p>

## 5. PROVE PER LA QUALIFICA DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO

Per la definizione e la classificazione del materiale di riempimento, si dovrà prevedere di eseguire una serie di prove prima e dopo la posa, in modo che anche durante la fase di riempimento la realizzazione sia eseguita a regola d'arte. Tutte le prove saranno condotte nel rispetto delle norme nazionali e sulla scorta di dati e pubblicazioni provenienti da studi e bibliografia nota e disponibile.

### 5.1. PROVE ANTECEDENTI LA POSA

Per identificare la tipologia di materiale e selezionare terreno avente le caratteristiche desiderate devono essere eseguite le seguenti prove:

- N.1 Analisi granulometrica (B.U. del CNR n.23);
- N.1 Prova Proctor Modificato (ASTM D 1557/78);
- N. 2 Prove di taglio;

Il fine è valutare ed individuare i parametri geotecnici, con particolare attenzione al “peso di volume ottimo”, nonché al “contenuto di umidità ottimo”.

### 5.2. PROVE IN SITO PER LA VERIFICA DELLA POSA DEL MATERIALE

Una volta eseguita la fase di riempimento con il materiale selezionato, si prevedono le seguenti prove, che dovranno essere effettuate ogni 2500 m<sup>2</sup>:

- Densità in sito (ASTM D 1556 – 90);
- Prova su piastra (CNR 146 PS051);

Le prove dovranno essere eseguite a diverse profondità, la densità richiesta dovrà essere sempre maggiore del 95% rispetto a quella ottenuta per il rispetto del materiale in laboratorio con il Proctor Modificato.

Una volta terminate le prove dovrà essere eseguita una relazione che riporti i risultati, con la verifica dell'angolo di attrito.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 11 di 54</p>

## 6. VERIFICHE DI STABILITA'

L'analisi di stabilità è stata eseguita attraverso il programma AZTEC Informatica MAX10.10, di seguito è riportato lo svolgimento dell'analisi. Il calcolo del muro di sostegno viene eseguito secondo le diverse fasi:

- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento sul piano di posa
- Verifica della capacità portante
- Verifica della stabilità globale

### 6.1. VALORI CARATTERISTICI E VALORI DI CALCOLO

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo A1-M1 nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo A2-M2 nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

#### 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  $r$  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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 12 di 54</p>

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.

## 6.2. 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  $q = \arctg(kh/(1 \pm kv))$  essendo  $kh$  il coefficiente sismico orizzontale e  $kv$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $kh$ .

In presenza di falda a monte,  $q$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) * \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)\right]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg\left[\left(\frac{\gamma}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\right) * \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)\right]$$

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

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

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $q$ .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX	Foglio 13 di 54

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

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.

### 6.3. 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  $\eta_r$ .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

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.

### 6.4. 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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX <span style="float: right;">Foglio 14 di 54</span>

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  $\eta_s$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

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

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.

## 6.5. 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:

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

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

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

La simbologia adottata è la seguente:

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

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

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

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

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

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

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

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

## 6.6. VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

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.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  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 e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.



## 7. RISULTATI ANALISI

### N.T.C. 2008 - Approccio 1

#### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_r$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1,00	1,00	1,00	1,00

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 18 di 54

Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1,00	1,00	1,00	1,00

**FONDAZIONE SUPERFICIALE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO**

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

## Geometria muro e fondazione

Descrizione

**Muro a gradoni in pietrame**

Descrizione dei gradoni

*Simbologia adottata*

Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
$\alpha_e$	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
$\alpha_i$	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

<b>Nr.</b>	<b>Bs</b>	<b>Bi</b>	<b>Hg</b>	<b><math>\alpha_e</math></b>	<b><math>\alpha_i</math></b>
1	1,80	1,71	1,00	5,00	-10,00
2	1,90	1,81	1,00	5,00	-10,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>	<p>Foglio 19 di 54</p>

Altezza del paramento 2,00 [m]

### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,10 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,86 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	10,00 [°]
Spessore estremità fondazione di valle	1,00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di valle	1,00 [m]
Spessore all'incastro fondazione di monte	1,00 [m]
Spessore estremità fondazione di monte	0,00 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

### *Pietrame*

Peso specifico	1800,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	6,0 [kg/cmq]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	40,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0,1 [kg/cmq]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	3,37	2,73	39,01
2	16,17	2,73	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0,00 [°]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 20 di 54</p>

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0,00 [m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

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

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	<i>c</i>	<i>c<sub>a</sub></i>
Terreno 1	2000	2000	38.00	21.33	0,000	0,000
Terreno 2	2100	2100	28.00	18.67	0,010	0,010

## 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

Nr.	H	a	K <sub>w</sub>	K <sub>s</sub>	Terreno
1	0,00	0,00	0,00	0,00	Terreno 1
2	3,00	0,00	0,00	0,00	Terreno 1
3	10,00	0,00	0,61	0,00	Terreno 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 [kg]
$F_y$	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
$M$	Momento espresso in [kgm]
$X_i$	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 [kg/m]
$Q_f$	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
$D / C$	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

### Condizione n° 1 (Condizione 1)

D	Profilo	$X_i=3,73$	$X_f=7,73$	$Q_i=2000,00$	$Q_f=2000,00$
---	---------	------------	------------	---------------	---------------

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$F/S$	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00	1.30

### Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0,90	1.00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1.00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1.00	1,10
Condizione 1	SFAV	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1.00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1.00	1,00
Condizione 1	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
--	------------	----------	--------	-----------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>		<p>Foglio 23 di 54</p>

Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Condizione 1	SFAV	1,00	1,00	1,00

## Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Terzaghi

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX <span style="float: right;">Foglio 24 di 54</span>

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

### Impostazioni avanzate

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

## 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	A1-M1 - [1]	--	1,93	--	8,70	--
2	A2-M2 - [1]	--	1,18	--	3,71	--
3	EQU - [1]	--	--	2,07	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,16
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,59	--	9,47	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,59	--	9,36	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,08	--	3,48	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,09	--	3,52	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,30	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	2,32	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,14
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,14



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 25 di 54</p>

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

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

### Sisma

#### **Identificazione del sito**

Latitudine	44.687990
Longitudine	8.885708
Comune	Arquata Scrivia
Provincia	Alessandria
Regione	Piemonte
Punti di interpolazione del reticolo	15586 - 15585 - 15807 - 15808

#### **Tipo di opera**

Tipo di costruzione	Opera provvisoria
Vita nominale	10 anni
Classe d'uso pericolose	II - Normali affollamenti e industrie non
Vita di riferimento	10 anni

#### **Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo $a_g$	0.43 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Foglio 26 di 54</p>
<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>		

Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.18
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 1.19$
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h = 0.60$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
Partecipazione spinta passiva (per cento)	50,0
Lunghezza del muro	10,00 [m]
Peso muro	10346,75 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,16 Y=-1,59

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,41	Y = -3,31
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,21	Y = 0,17
Altezza della superficie di spinta	3,48 [m]	
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	-10,00 [°]	

#### COMBINAZIONE n° 1

##### **Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	5495,89 [kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	5396,27 [kg]		
Componente verticale della spinta statica	1041,65 [kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,20 [m]	Y = -2,12 [m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,93 [°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	46,61 [°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09 [kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15 [m]	Y = -1,38 [m]	

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5396,27 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12409,49 [kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1454,16 [kg]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 27 di 54

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13158,01	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3159,41	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Risultante in fondazione	13532,00	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,50	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1283,30	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	114411,04	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,9146	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4813	[kg/cmq]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.61$	$N_q = 17.81$	$N_\gamma = 13.71$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 31.61$	$N'_q = 17.81$	$N'_\gamma = 13.71$
----------------	----------------	---------------------

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.93
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	8.70

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 1

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione  $B=100$  cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 28 di 54

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,10	179,11	323	-2	12	0,51	0,02	--	--	97,89	--
3	0,20	178,22	645	-6	35	0,89	0,04	--	--	40,77	--
4	0,30	177,33	965	-11	69	1,17	0,05	--	--	24,69	--
5	0,40	176,45	1283	-17	112	1,34	0,07	--	--	17,48	--
6	0,50	175,56	1600	-22	165	1,40	0,09	--	--	13,48	--
7	0,60	174,67	1915	-26	226	1,36	0,10	--	--	10,96	--
8	0,70	173,78	2229	-27	296	1,23	0,12	--	--	9,24	--
9	0,80	172,89	2541	-25	374	1,00	0,14	--	--	8,00	--
10	0,90	172,00	2851	-19	460	0,67	0,16	--	--	7,06	--
11	1,00	171,12	3160	-8	554	0,26	0,18	--	--	6,33	--
12	1,00	190,00	3160	-307	553	9,71	0,12	--	--	6,51	--
13	1,10	189,10	3504	-290	654	8,29	0,14	--	--	5,94	--
14	1,20	188,21	3846	-268	763	6,97	0,16	--	--	5,47	--
15	1,30	187,31	4186	-239	880	5,70	0,18	--	--	5,06	--
16	1,40	186,42	4525	-202	1008	4,45	0,21	--	--	4,69	--
17	1,50	185,52	4863	-156	1146	3,20	0,23	--	--	4,37	--
18	1,60	184,63	5198	-100	1291	1,92	0,26	--	--	4,09	--
19	1,71	183,73	5532	-33	1443	0,60	0,30	--	--	3,85	--
20	1,81	182,84	5865	44	1602	0,75	0,33	--	--	3,64	--
21	1,91	181,94	6195	134	1768	2,16	0,36	--	--	3,45	--
22	2,01	181,05	6527	239	1941	3,66	0,40	--	--	3,29	--
23	2,11	180,15	6872	371	2120	5,39	0,45	--	--	3,15	--
24	2,21	179,26	7214	515	2305	7,13	0,50	--	--	3,02	--
25	2,31	178,36	7552	671	2496	8,89	0,55	--	--	2,90	--

### COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	6395,34	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	6347,04	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	784,55	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,05	[°]		

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 29 di 54

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	41,45	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6347,04	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12152,38	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1200,35	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13069,91	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4140,38	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,25	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Risultante in fondazione	13710,04	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17,58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3247,00	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	48484,64	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,2415	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,1451	[kg/cmq]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 21.81$	$N_q = 10.28$	$N_\gamma = 5.86$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 21.81$	$N'_q = 10.28$	$N'_\gamma = 5.86$
----------------	----------------	--------------------

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.18
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.71

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 2

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,10	179,11	323	0	41	0,11	0,02	--	--	28,44	--
3	0,20	178,22	645	0	102	0,05	0,04	--	--	14,10	--
4	0,30	177,33	965	3	172	0,34	0,06	--	--	9,88	--
5	0,40	176,45	1283	10	251	0,74	0,07	--	--	7,80	--
6	0,50	175,56	1600	20	340	1,25	0,10	--	--	6,54	--
7	0,60	174,67	1915	36	437	1,85	0,12	--	--	5,68	--
8	0,70	173,78	2229	57	542	2,56	0,14	--	--	5,05	--
9	0,80	172,89	2541	85	656	3,36	0,16	--	--	4,57	--
10	0,90	172,00	2851	121	777	4,26	0,19	--	--	4,18	--
11	1,00	171,12	3160	166	907	5,25	0,22	--	--	3,87	--
12	1,00	190,00	3160	-133	906	4,20	0,14	--	--	3,98	--
13	1,10	189,10	3504	-79	1043	2,25	0,17	--	--	3,72	--
14	1,20	188,21	3846	-15	1188	0,40	0,20	--	--	3,51	--
15	1,30	187,31	4186	58	1340	1,40	0,23	--	--	3,32	--
16	1,40	186,42	4525	144	1499	3,17	0,27	--	--	3,15	--
17	1,50	185,52	4863	241	1665	4,95	0,30	--	--	3,01	--
18	1,60	184,63	5198	350	1838	6,74	0,34	--	--	2,88	--
19	1,71	183,73	5532	473	2017	8,55	0,39	--	--	2,76	--
20	1,81	182,84	5865	610	2203	10,40	0,43	--	--	2,65	--
21	1,91	181,94	6195	761	2395	12,29	0,48	--	--	2,55	--
22	2,01	181,05	6527	931	2594	14,26	0,53	--	--	2,46	--

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 31 di 54

23	2,11	180,15	6872	1130	2798	16,44	0,59	--	--	2,38	--
24	2,21	179,26	7214	1343	3009	18,62	0,65	--	--	2,31	--
25	2,31	178,36	7552	1572	3225	20,82	0,72	--	--	2,24	--

### COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	7038,35	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	6985,20	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	863,35	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,05	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	41,45	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	918,98	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6985,20	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	11094,40	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1080,31	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	6775,10	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	14036,95	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	12138,82	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4952,56	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,34	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,79	[m]
Risultante in fondazione	13110,25	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22,20	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4180,12	[kgm]

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.07
------------------------------------------	------

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 3

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	--	--	--	--	--	0	0	--	0,00
2	0,10	179,11	--	--	--	--	--	273	2	--	139,17
3	0,20	178,22	--	--	--	--	--	551	10	--	56,71
4	0,30	177,33	--	--	--	--	--	831	25	--	33,71
5	0,40	176,45	--	--	--	--	--	1114	48	--	23,29
6	0,50	175,56	--	--	--	--	--	1399	80	--	17,43
7	0,60	174,67	--	--	--	--	--	1686	123	--	13,72
8	0,70	173,78	--	--	--	--	--	1975	177	--	11,18
9	0,80	172,89	--	--	--	--	--	2267	242	--	9,35
10	0,90	172,00	--	--	--	--	--	2560	321	--	7,97
11	1,00	171,12	--	--	--	--	--	2856	414	--	6,90
12	1,00	190,00	--	--	--	--	--	3431	413	--	8,30
13	1,10	189,10	--	--	--	--	--	3793	521	--	7,28
14	1,20	188,21	--	--	--	--	--	4156	645	--	6,45
15	1,30	187,31	--	--	--	--	--	4522	785	--	5,76
16	1,40	186,42	--	--	--	--	--	4890	942	--	5,19
17	1,50	185,52	--	--	--	--	--	5260	1117	--	4,71
18	1,60	184,63	--	--	--	--	--	5632	1311	--	4,29
19	1,71	183,73	--	--	--	--	--	6006	1525	--	3,94
20	1,81	182,84	--	--	--	--	--	6382	1759	--	3,63
21	1,91	181,94	--	--	--	--	--	6761	2014	--	3,36
22	2,01	181,05	--	--	--	--	--	7141	2290	--	3,12



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 33 di 54</p>

23	2,11	180,15	--	--	--	--	--	7522	2589	--	2,91
24	2,21	179,26	--	--	--	--	--	7906	2910	--	2,72
25	2,31	178,36	--	--	--	--	--	8292	3256	--	2,55

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 4

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 [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,35 Y[m]= 2,42

Raggio del cerchio R[m]= 5,81

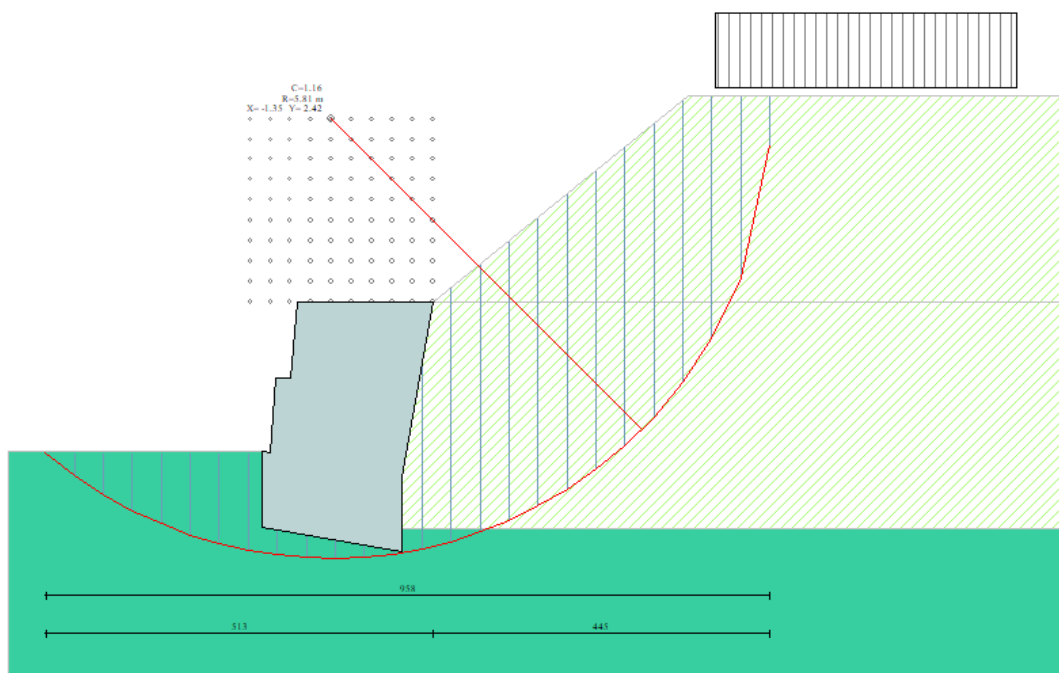
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,13

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,45

Larghezza della striscia dx[m]= 0,38

Coefficiente di sicurezza C= 1.16

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	1936,74	77.72	1892,41	1,80	32.01	0,00	0,00
2	2832,04	64.42	2554,45	0,89	32.01	0,00	0,00
3	2677,56	56.60	2235,47	0,70	32.01	0,00	0,00
4	2920,14	50.22	2244,00	0,60	32.01	0,00	0,00
5	3003,41	44.61	2109,09	0,54	32.01	0,00	0,00
6	3031,39	39.50	1928,29	0,50	32.01	0,00	0,00
7	3016,41	34.75	1719,44	0,47	32.01	0,00	0,00
8	2966,06	30.26	1494,84	0,44	32.01	0,00	0,00
9	2885,37	25.97	1263,66	0,43	32.01	0,00	0,00
10	2778,05	21.84	1033,27	0,41	29.57	0,00	0,00
11	2649,91	17.81	810,70	0,40	23.04	0,01	0,00
12	2504,37	13.88	600,88	0,39	23.04	0,01	0,00
13	2366,91	10.02	411,69	0,39	23.04	0,01	0,00
14	2317,62	6.20	250,17	0,39	23.04	0,01	0,00
15	2345,35	2.40	98,39	0,38	23.04	0,01	0,00
16	2353,47	-1.38	-56,58	0,38	23.04	0,01	0,00
17	1951,27	-5.17	-175,67	0,38	23.04	0,01	0,00
18	1077,36	-8.98	-168,09	0,39	23.04	0,01	0,00

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX <span style="float: right;">Foglio 35 di 54</span>

19	957,81	-12.83	-212,65	0,39	23.04	0,01	0,00
20	876,33	-16.74	-252,40	0,40	23.04	0,01	0,00
21	772,19	-20.73	-273,37	0,41	23.04	0,01	0,00
22	647,83	-24.84	-272,11	0,42	32.01	0,00	0,00
23	498,20	-29.08	-242,15	0,44	32.01	0,00	0,00
24	319,30	-33.51	-176,28	0,46	32.01	0,00	0,00
25	106,59	-38.18	-65,89	0,49	32.01	0,00	0,00

$\Sigma W_i = 49791,68$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 18751,57$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 21419,59$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 354,11$  [kg]

#### COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	4218,95	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4142,44	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	799,87	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,20	[m]	Y = -2,12	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,93	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	46,61	[°]		
Incremento sismico della spinta	193,45	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,20	[m]	Y = -2,12	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46,17	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]
Inerzia del muro	123,57	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-61,79	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	12,19	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-6,10	[kg]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4468,14	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12136,50	[kg]

Resistenza passiva a valle del muro	-1454,16	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	12728,00	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2292,78	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,05	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Risultante in fondazione	12932,86	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,21	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	670,58	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	120482,35	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7884	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5619	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.61$	$N_q = 17.81$	$N_\gamma = 13.71$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 31.61$	$N'_q = 17.81$	$N'_\gamma = 13.71$
----------------	----------------	---------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.59
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.47

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 37 di 54

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 5

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,10	179,11	323	-2	14	0,48	0,02	--	--	85,82	--
3	0,20	178,22	645	-5	36	0,85	0,04	--	--	39,35	--
4	0,30	177,33	965	-11	68	1,14	0,05	--	--	25,08	--
5	0,40	176,45	1283	-17	107	1,34	0,07	--	--	18,33	--
6	0,50	175,56	1600	-23	154	1,45	0,09	--	--	14,45	--
7	0,60	174,67	1915	-28	208	1,48	0,10	--	--	11,94	--
8	0,70	173,78	2229	-32	269	1,43	0,12	--	--	10,20	--
9	0,80	172,89	2541	-33	336	1,31	0,14	--	--	8,91	--
10	0,90	172,00	2851	-32	410	1,11	0,16	--	--	7,93	--
11	1,00	171,12	3160	-26	490	0,83	0,18	--	--	7,16	--
12	1,00	190,00	3160	-325	489	10,28	0,11	--	--	7,36	--
13	1,10	189,10	3504	-315	576	9,00	0,13	--	--	6,74	--
14	1,20	188,21	3846	-302	669	7,84	0,15	--	--	6,23	--
15	1,30	187,31	4186	-283	768	6,75	0,18	--	--	5,79	--
16	1,40	186,42	4525	-258	877	5,70	0,20	--	--	5,39	--
17	1,50	185,52	4863	-226	994	4,65	0,22	--	--	5,04	--
18	1,60	184,63	5198	-187	1116	3,59	0,25	--	--	4,73	--
19	1,71	183,73	5532	-139	1245	2,51	0,28	--	--	4,47	--
20	1,81	182,84	5865	-83	1379	1,41	0,31	--	--	4,23	--

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 38 di 54

21	1,91	181,94	6195	-17	1518	0,27	0,34	--	--	4,02	--
22	2,01	181,05	6527	62	1663	0,94	0,37	--	--	3,84	--
23	2,11	180,15	6872	164	1813	2,39	0,41	--	--	3,68	--
24	2,21	179,26	7214	276	1969	3,82	0,45	--	--	3,53	--
25	2,31	178,36	7552	397	2129	5,26	0,50	--	--	3,40	--

### COMBINAZIONE n° 6

Valore della spinta statica	4218,95	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	4142,44	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	799,87	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,20	[m]	Y = -2,12	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,93	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	46,61	[°]		
Incremento sismico della spinta	244,24	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,20	[m]	Y = -2,12	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46,17	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]
Inerzia del muro	123,57	[kg]		
Inerzia verticale del muro	61,79	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	12,19	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	6,10	[kg]		

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4518,02	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12281,89	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1454,16	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	12879,85	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2316,65	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,05	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Risultante in fondazione	13086,53	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,20	[°]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 39 di 54

Momento rispetto al baricentro della fondazione	674,32	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	120527,16	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,7971	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5694	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 31.61$	$N_q = 17.81$	$N_\gamma = 13.71$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 31.61$	$N'_q = 17.81$	$N'_\gamma = 13.71$
----------------	----------------	---------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.59
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.36

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 6

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione  $B=100$  cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,10	179,11	323	-2	14	0,47	0,02	--	--	85,14	--
3	0,20	178,22	645	-5	37	0,85	0,04	--	--	39,01	--
4	0,30	177,33	965	-11	68	1,13	0,05	--	--	24,85	--
5	0,40	176,45	1283	-17	108	1,32	0,07	--	--	18,16	--
6	0,50	175,56	1600	-23	155	1,43	0,09	--	--	14,31	--
7	0,60	174,67	1915	-28	210	1,46	0,10	--	--	11,82	--
8	0,70	173,78	2229	-31	271	1,40	0,12	--	--	10,09	--
9	0,80	172,89	2541	-32	340	1,27	0,14	--	--	8,82	--
10	0,90	172,00	2851	-30	414	1,06	0,16	--	--	7,85	--
11	1,00	171,12	3160	-24	495	0,77	0,18	--	--	7,08	--
12	1,00	190,00	3160	-323	494	10,22	0,11	--	--	7,28	--
13	1,10	189,10	3504	-313	582	8,94	0,13	--	--	6,67	--
14	1,20	188,21	3846	-299	676	7,76	0,15	--	--	6,17	--
15	1,30	187,31	4186	-279	777	6,66	0,18	--	--	5,73	--
16	1,40	186,42	4525	-253	886	5,59	0,20	--	--	5,33	--
17	1,50	185,52	4863	-220	1004	4,53	0,22	--	--	4,99	--
18	1,60	184,63	5198	-180	1128	3,46	0,25	--	--	4,68	--
19	1,71	183,73	5532	-131	1258	2,37	0,28	--	--	4,42	--
20	1,81	182,84	5865	-73	1393	1,25	0,31	--	--	4,19	--
21	1,91	181,94	6195	-6	1534	0,09	0,34	--	--	3,98	--
22	2,01	181,05	6527	74	1681	1,14	0,37	--	--	3,80	--
23	2,11	180,15	6872	179	1833	2,60	0,41	--	--	3,64	--
24	2,21	179,26	7214	292	1990	4,05	0,46	--	--	3,49	--
25	2,31	178,36	7552	416	2152	5,51	0,50	--	--	3,36	--

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	6395,34	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	6347,04	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	784,55	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,05	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	41,45	[°]		



Incremento sismico della spinta	302,89	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	41,02	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]
Inerzia del muro	123,57	[kg]		
Inerzia verticale del muro	61,79	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	12,19	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	6,10	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6783,41	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12257,42	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1200,35	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13249,13	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4551,88	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,28	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]		
Risultante in fondazione	14009,25	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,96	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3740,40	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	46118,25	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,3343	[kg/cm <sup>2</sup> ]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0713	[kg/cm <sup>2</sup> ]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 21.81$	$N_q = 10.28$	$N_\gamma = 5.86$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 21.81$	$N'_q = 10.28$	$N'_\gamma = 5.86$
----------------	----------------	--------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>		<p>Foglio 42 di 54</p>

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.08
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.48

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 7

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,10	179,11	323	0	47	0,02	0,02	--	--	24,74	--
3	0,20	178,22	645	2	115	0,24	0,04	--	--	12,47	--
4	0,30	177,33	965	6	193	0,65	0,06	--	--	8,80	--
5	0,40	176,45	1283	15	280	1,17	0,08	--	--	6,99	--
6	0,50	175,56	1600	29	377	1,80	0,10	--	--	5,88	--
7	0,60	174,67	1915	49	484	2,54	0,12	--	--	5,13	--
8	0,70	173,78	2229	75	599	3,38	0,14	--	--	4,58	--
9	0,80	172,89	2541	110	722	4,32	0,17	--	--	4,15	--
10	0,90	172,00	2851	153	854	5,37	0,20	--	--	3,81	--
11	1,00	171,12	3160	206	994	6,51	0,23	--	--	3,53	--
12	1,00	190,00	3160	-93	993	2,94	0,15	--	--	3,63	--
13	1,10	189,10	3504	-30	1143	0,85	0,18	--	--	3,40	--
14	1,20	188,21	3846	44	1300	1,15	0,21	--	--	3,21	--
15	1,30	187,31	4186	130	1464	3,11	0,25	--	--	3,04	--

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 43 di 54

16	1,40	186,42	4525	228	1636	5,05	0,28	--	--	2,89	--
17	1,50	185,52	4863	340	1815	6,99	0,32	--	--	2,76	--
18	1,60	184,63	5198	465	2002	8,95	0,36	--	--	2,64	--
19	1,71	183,73	5532	605	2195	10,94	0,41	--	--	2,53	--
20	1,81	182,84	5865	761	2395	12,97	0,46	--	--	2,44	--
21	1,91	181,94	6195	932	2602	15,05	0,51	--	--	2,35	--
22	2,01	181,05	6527	1123	2815	17,21	0,57	--	--	2,27	--
23	2,11	180,15	6872	1345	3035	19,57	0,63	--	--	2,20	--
24	2,21	179,26	7214	1583	3261	21,95	0,70	--	--	2,13	--
25	2,31	178,36	7552	1838	3493	24,34	0,77	--	--	2,07	--

### COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	6395,34	[kg]			
Componente orizzontale della spinta statica	6347,04	[kg]			
Componente verticale della spinta statica	784,55	[kg]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,05	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	41,45	[°]			
Incremento sismico della spinta	226,13	[kg]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	41,02	[°]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09	[kg]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]	
Inerzia del muro	123,57	[kg]			
Inerzia verticale del muro	-61,79	[kg]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	12,19	[kg]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-6,10	[kg]			

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6707,23	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12112,24	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1200,35	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13092,92	[kg]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 44 di 54

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4502,06	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,28	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Risultante in fondazione	13845,33	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,98	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3701,24	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	46091,89	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,3194	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0696	[kg/cmq]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 21.81$	$N_q = 10.28$	$N_\gamma = 5.86$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$

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

$N'_c = 21.81$	$N'_q = 10.28$	$N'_\gamma = 5.86$
----------------	----------------	--------------------

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.09
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.52

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

#### Combinazione n° 8

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>		<p>Foglio 45 di 54</p>

Cs      coeff. di sicurezza allo scorrimento  
Cr      coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,10	179,11	323	0	47	0,02	0,02	--	--	25,00	--
3	0,20	178,22	645	1	114	0,23	0,04	--	--	12,60	--
4	0,30	177,33	965	6	191	0,62	0,06	--	--	8,90	--
5	0,40	176,45	1283	14	277	1,13	0,08	--	--	7,06	--
6	0,50	175,56	1600	28	373	1,74	0,10	--	--	5,95	--
7	0,60	174,67	1915	47	478	2,47	0,12	--	--	5,18	--
8	0,70	173,78	2229	73	592	3,29	0,14	--	--	4,63	--
9	0,80	172,89	2541	107	714	4,22	0,17	--	--	4,19	--
10	0,90	172,00	2851	150	845	5,24	0,20	--	--	3,85	--
11	1,00	171,12	3160	201	983	6,37	0,23	--	--	3,57	--
12	1,00	190,00	3160	-98	983	3,09	0,15	--	--	3,67	--
13	1,10	189,10	3504	-35	1130	1,01	0,18	--	--	3,44	--
14	1,20	188,21	3846	37	1285	0,97	0,21	--	--	3,24	--
15	1,30	187,31	4186	122	1448	2,91	0,24	--	--	3,07	--
16	1,40	186,42	4525	218	1618	4,82	0,28	--	--	2,92	--
17	1,50	185,52	4863	328	1796	6,74	0,32	--	--	2,79	--
18	1,60	184,63	5198	451	1980	8,67	0,36	--	--	2,67	--
19	1,71	183,73	5532	589	2171	10,64	0,41	--	--	2,56	--
20	1,81	182,84	5865	742	2369	12,64	0,45	--	--	2,46	--
21	1,91	181,94	6195	910	2573	14,69	0,51	--	--	2,37	--
22	2,01	181,05	6527	1098	2784	16,83	0,56	--	--	2,29	--
23	2,11	180,15	6872	1317	3001	19,17	0,62	--	--	2,22	--
24	2,21	179,26	7214	1552	3225	21,51	0,69	--	--	2,15	--
25	2,31	178,36	7552	1803	3455	23,88	0,76	--	--	2,09	--

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	6395,34	[kg]
Componente orizzontale della spinta statica	6347,04	[kg]
Componente verticale della spinta statica	784,55	[kg]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>		<p>Foglio 46 di 54</p>

Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,05	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	41,45	[°]		
Incremento sismico della spinta	226,13	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	41,02	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]
Inerzia del muro	123,57	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-61,79	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	12,19	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-6,10	[kg]		

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6707,23	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12112,24	[kg]		
Resistenza passiva a valle del muro	-1200,35	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	6650,11	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	15290,19	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13092,92	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4502,06	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,28	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]		
Risultante in fondazione	13845,33	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	18,98	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3701,24	[kgm]		

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.30
------------------------------------------	------

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 9

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	--	--	--	--	--	0	0	--	0,00
2	0,10	179,11	--	--	--	--	--	301	2	--	146,67
3	0,20	178,22	--	--	--	--	--	607	10	--	60,78
4	0,30	177,33	--	--	--	--	--	915	25	--	36,41
5	0,40	176,45	--	--	--	--	--	1225	48	--	25,28
6	0,50	175,56	--	--	--	--	--	1537	81	--	18,99
7	0,60	174,67	--	--	--	--	--	1851	123	--	15,00
8	0,70	173,78	--	--	--	--	--	2167	177	--	12,25
9	0,80	172,89	--	--	--	--	--	2485	242	--	10,26
10	0,90	172,00	--	--	--	--	--	2804	320	--	8,76
11	1,00	171,12	--	--	--	--	--	3126	411	--	7,60
12	1,00	190,00	--	--	--	--	--	3758	411	--	9,14
13	1,10	189,10	--	--	--	--	--	4151	517	--	8,02
14	1,20	188,21	--	--	--	--	--	4546	639	--	7,11
15	1,30	187,31	--	--	--	--	--	4943	777	--	6,36
16	1,40	186,42	--	--	--	--	--	5342	931	--	5,74
17	1,50	185,52	--	--	--	--	--	5743	1103	--	5,21
18	1,60	184,63	--	--	--	--	--	6146	1293	--	4,75
19	1,71	183,73	--	--	--	--	--	6550	1502	--	4,36
20	1,81	182,84	--	--	--	--	--	6957	1731	--	4,02

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 48 di 54

21	1,91	181,94	--	--	--	--	--	7365	1980	--	3,72
22	2,01	181,05	--	--	--	--	--	7775	2249	--	3,46
23	2,11	180,15	--	--	--	--	--	8186	2541	--	3,22
24	2,21	179,26	--	--	--	--	--	8600	2854	--	3,01
25	2,31	178,36	--	--	--	--	--	9015	3191	--	2,83

### COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	6395,34	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	6347,04	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	784,55	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	17,05	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	41,45	[°]		

Incremento sismico della spinta	302,89	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -2,01	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	41,02	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1021,09	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -1,38	[m]
Inerzia del muro	123,57	[kg]		
Inerzia verticale del muro	61,79	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	12,19	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	6,10	[kg]		

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6783,41	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	12257,42	[kg]
Resistenza passiva a valle del muro	-1200,35	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	6642,86	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	15391,02	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13249,13	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4551,88	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,28	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,89	[m]
Risultante in fondazione	14009,25	[kg]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX		Foglio 49 di 54

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 18,96 [°]  
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 3740,40 [kgm]

### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.32

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 10

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

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	180,00	--	--	--	--	--	0	0	--	0,00
2	0,10	179,11	--	--	--	--	--	301	2	--	145,16
3	0,20	178,22	--	--	--	--	--	607	10	--	60,14
4	0,30	177,33	--	--	--	--	--	915	25	--	36,03
5	0,40	176,45	--	--	--	--	--	1225	49	--	25,01
6	0,50	175,56	--	--	--	--	--	1537	82	--	18,79
7	0,60	174,67	--	--	--	--	--	1851	125	--	14,84
8	0,70	173,78	--	--	--	--	--	2167	179	--	12,12
9	0,80	172,89	--	--	--	--	--	2485	245	--	10,15
10	0,90	172,00	--	--	--	--	--	2804	324	--	8,67
11	1,00	171,12	--	--	--	--	--	3126	416	--	7,52
12	1,00	190,00	--	--	--	--	--	3758	416	--	9,04
13	1,10	189,10	--	--	--	--	--	4151	523	--	7,94
14	1,20	188,21	--	--	--	--	--	4546	646	--	7,04

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p style="text-align: center;">IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 50 di 54</p>

15	1,30	187,31	--	--	--	--	--	4943	785	--	6,30
16	1,40	186,42	--	--	--	--	--	5342	941	--	5,68
17	1,50	185,52	--	--	--	--	--	5743	1115	--	5,15
18	1,60	184,63	--	--	--	--	--	6146	1307	--	4,70
19	1,71	183,73	--	--	--	--	--	6550	1519	--	4,31
20	1,81	182,84	--	--	--	--	--	6957	1750	--	3,98
21	1,91	181,94	--	--	--	--	--	7365	2001	--	3,68
22	2,01	181,05	--	--	--	--	--	7775	2274	--	3,42
23	2,11	180,15	--	--	--	--	--	8186	2569	--	3,19
24	2,21	179,26	--	--	--	--	--	8600	2886	--	2,98
25	2,31	178,36	--	--	--	--	--	9015	3226	--	2,79

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 11

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 [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,35 Y[m]= 2,42

Raggio del cerchio R[m]= 5,81

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,13

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,45

Larghezza della striscia dx[m]= 0,38

Coefficiente di sicurezza C= 1.14

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	1936,74	77.72	1892,41	1,80	32.01	0,00	0,00
2	2832,04	64.42	2554,45	0,89	32.01	0,00	0,00
3	2677,56	56.60	2235,47	0,70	32.01	0,00	0,00
4	2920,14	50.22	2244,00	0,60	32.01	0,00	0,00
5	3003,41	44.61	2109,09	0,54	32.01	0,00	0,00
6	3031,39	39.50	1928,29	0,50	32.01	0,00	0,00
7	3016,41	34.75	1719,44	0,47	32.01	0,00	0,00
8	2966,06	30.26	1494,84	0,44	32.01	0,00	0,00
9	2885,37	25.97	1263,66	0,43	32.01	0,00	0,00
10	2778,05	21.84	1033,27	0,41	29.57	0,00	0,00
11	2649,91	17.81	810,70	0,40	23.04	0,01	0,00
12	2504,37	13.88	600,88	0,39	23.04	0,01	0,00
13	2366,91	10.02	411,69	0,39	23.04	0,01	0,00
14	2317,62	6.20	250,17	0,39	23.04	0,01	0,00
15	2345,35	2.40	98,39	0,38	23.04	0,01	0,00
16	2353,47	-1.38	-56,58	0,38	23.04	0,01	0,00
17	1951,27	-5.17	-175,67	0,38	23.04	0,01	0,00
18	1077,36	-8.98	-168,09	0,39	23.04	0,01	0,00
19	957,81	-12.83	-212,65	0,39	23.04	0,01	0,00
20	876,33	-16.74	-252,40	0,40	23.04	0,01	0,00
21	772,19	-20.73	-273,37	0,41	23.04	0,01	0,00
22	647,83	-24.84	-272,11	0,42	32.01	0,00	0,00
23	498,20	-29.08	-242,15	0,44	32.01	0,00	0,00
24	319,30	-33.51	-176,28	0,46	32.01	0,00	0,00
25	106,59	-38.18	-65,89	0,49	32.01	0,00	0,00

$\Sigma W_i = 49791,68$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 18751,57$  [kg]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 21419,59$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 354,11$  [kg]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>		<p>Foglio 52 di 54</p>

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 12

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 [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,35 Y[m]= 2,42

Raggio del cerchio R[m]= 5,81

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,13

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 4,45

Larghezza della striscia dx[m]= 0,38

Coefficiente di sicurezza C= 1.14

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	1936,74	77.72	1892,41	1,80	32.01	0,00	0,00
2	2832,04	64.42	2554,45	0,89	32.01	0,00	0,00
3	2677,56	56.60	2235,47	0,70	32.01	0,00	0,00
4	2920,14	50.22	2244,00	0,60	32.01	0,00	0,00
5	3003,41	44.61	2109,09	0,54	32.01	0,00	0,00
6	3031,39	39.50	1928,29	0,50	32.01	0,00	0,00
7	3016,41	34.75	1719,44	0,47	32.01	0,00	0,00
8	2966,06	30.26	1494,84	0,44	32.01	0,00	0,00
9	2885,37	25.97	1263,66	0,43	32.01	0,00	0,00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p> <p style="text-align: right;">Foglio 53 di 54</p>

10	2778,05	21.84	1033,27	0,41	29.57	0,00	0,00
11	2649,91	17.81	810,70	0,40	23.04	0,01	0,00
12	2504,37	13.88	600,88	0,39	23.04	0,01	0,00
13	2366,91	10.02	411,69	0,39	23.04	0,01	0,00
14	2317,62	6.20	250,17	0,39	23.04	0,01	0,00
15	2345,35	2.40	98,39	0,38	23.04	0,01	0,00
16	2353,47	-1.38	-56,58	0,38	23.04	0,01	0,00
17	1951,27	-5.17	-175,67	0,38	23.04	0,01	0,00
18	1077,36	-8.98	-168,09	0,39	23.04	0,01	0,00
19	957,81	-12.83	-212,65	0,39	23.04	0,01	0,00
20	876,33	-16.74	-252,40	0,40	23.04	0,01	0,00
21	772,19	-20.73	-273,37	0,41	23.04	0,01	0,00
22	647,83	-24.84	-272,11	0,42	32.01	0,00	0,00
23	498,20	-29.08	-242,15	0,44	32.01	0,00	0,00
24	319,30	-33.51	-176,28	0,46	32.01	0,00	0,00
25	106,59	-38.18	-65,89	0,49	32.01	0,00	0,00

$\Sigma W_i = 49791,68$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 18751,57$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 21419,59$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 354,11$  [kg]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG51-00-E-CV-CL-CA20-01-012-A00.DOCX</p>	<p>Foglio 54 di 54</p>

## 8. CONCLUSIONI

- Sulla base di quanto sopra riportato sono state effettuate le verifiche secondo le NTC08, ovvero:
  - Verifica a ribaltamento
  - Verifica a scorrimento sul piano di posa
  - Verifica della capacità portante
  - Verifica della stabilità globale
- L'angolo di attrito del materiale del rilevato è stato assunto pari a 38° in fase di analisi, tale dato dovrà essere verificato tramite le prove riportate.
- Dovrà essere inoltre eseguita una relazione che riporti i risultati delle prove effettuate in laboratorio e in sito, con la verifica dell'angolo di attrito.
- Il suolo di fondazione appartiene alla categoria C e categoria topografica è T1.
- Le verifiche eseguite con le condizioni di sopra riportate risultano essere soddisfatte