

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**

**Strada di collegamento tra Via del Vapore e Via Moriassi  
Opere d'arte minori  
Tombinature  
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 3 1 0 4	0 0 1	B

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Vega Eng. 	23/05/2012	Ing. F. Colla 	29/05/2012	E. Pagani 	31/05/2012	Ing. E. Ghislandi 
B00	Revisione a seguito istruttoria IG5101E11ISNV31000 01A del 02/08/2012	Vega Eng. 	19/10/2012	Ing. F. Colla 	23/10/2012	E. Pagani 	25/10/2012	

n. Elab.:	File: ig51-01-e-cv-cl-nv31-04-001-b00
-----------	---------------------------------------



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 45</p>

## INDICE

1.	INQUADRAMENTO GENERELE DELL'OPERA .....	5
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	6
3.	MATERIALI UTILIZZATI PER LA STRUTTURA.....	7
4.	CRITERI DI ANALISI .....	8
4.1.	Calcolo della spinta sul muro .....	8
4.1.1.	Metodo di Culmann.....	8
4.2.	Spinta in presenza di sisma .....	8
5.	CRITERI DI VERIFICA .....	10
5.1.	Verifica a ribaltamento .....	10
5.2.	Verifica a scorrimento .....	10
5.3.	Verifica al carico limite .....	11
5.4.	Verifica alla stabilità globale.....	13
6.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA E DEL TERRENO .....	14
6.1.	Geometria muro e fondazione .....	14
6.2.	Geometria profilo terreno a monte del muro.....	15
6.3.	Terreno a valle del muro .....	15
6.4.	Falda .....	15
7.	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E STRATIGRAFICHE .....	16
7.1.	Descrizione terreni .....	16
7.2.	Stratigrafia.....	16
8.	CARICHI SULLA STRUTTURA .....	17
8.1.	Condizioni di carico .....	17
8.2.	Descrizione combinazioni di carico.....	18
9.	QUADRO RIASSUNTIVO COEFF. DI SICUREZZA CALCOLATI .....	19
10.	ANALISI DELLA SPINTA E VERIFICHE .....	20
10.1.	COMBINAZIONE n° 1 .....	21
10.1.1.	Stabilità globale muro + terreno.....	22
10.1.2.	Sollecitazioni paramento.....	24
10.1.3.	Sollecitazioni fondazione di valle .....	24
10.1.4.	Sollecitazioni fondazione di monte .....	25
10.1.5.	Armature e tensioni nei materiali del muro .....	26
10.1.6.	Armature e tensioni nei materiali della fondazione .....	27
10.2.	COMBINAZIONE n° 2.....	28

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 4 di 45</p>

10.2.1.	Stabilità globale muro + terreno.....	30
10.2.2.	Sollecitazioni paramento.....	32
10.2.3.	Sollecitazioni fondazione di valle .....	33
10.2.4.	Sollecitazioni fondazione di monte .....	33
10.2.5.	Armature e tensioni nei materiali del muro .....	34
10.2.6.	Armature e tensioni nei materiali della fondazione .....	35
10.3.	COMBINAZIONE n° 3.....	36
10.3.1.	Stabilità globale muro + terreno.....	38
10.3.2.	Sollecitazioni paramento.....	40
10.3.3.	Sollecitazioni fondazione di valle .....	41
10.3.4.	Sollecitazioni fondazione di monte .....	41
10.3.5.	Armature e tensioni nei materiali del muro .....	42
10.3.6.	Armature e tensioni nei materiali della fondazione .....	43

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00	Foglio 5 di 45

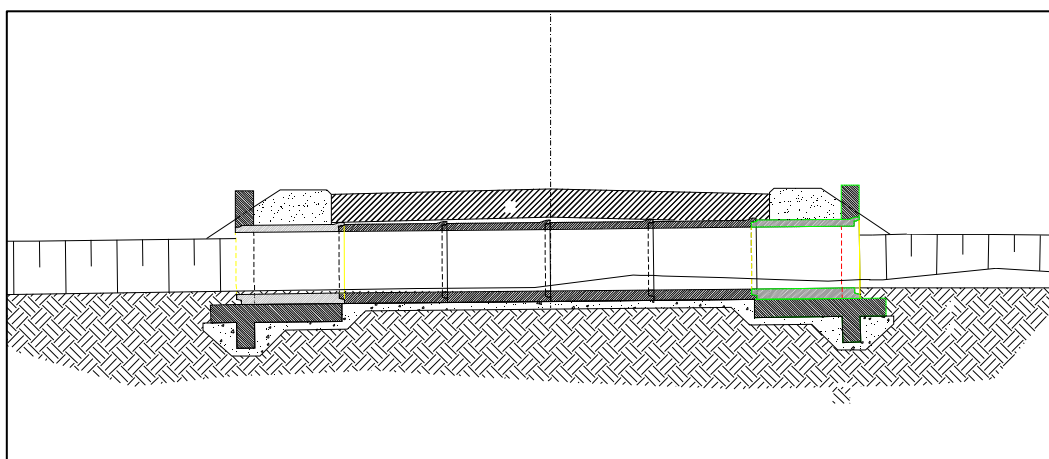
## 1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

L'opera oggetto della presente relazione si trova alla sezione 25 del nuovo tracciato dell'NV31 e sostituisce una attuale tombinatura di diam 600 ad uso di attraversamento campestre in stato di abbandono. Il corso d'acqua risulta essere un fosso secondario compreso fra i bacini del rio Campora e del fosso Pradella, affluenti di sinistra del torrente Scrivia.

La superficie del bacino di competenza risulta poco significativa, e comunque non facilmente determinabile pertanto per le valutazioni idrauliche si è proceduto garantendo il mantenimento delle attuali capacità di deflusso.

Il fosso risulta avere sezioni di superficie prossime a  $1 \text{ m}^2$ .

Si prevede pertanto di mantenere sezioni minime di sistemazione con superfici pari ad almeno  $1 \text{ m}^2$ ; per il tratto tombinato, della lunghezza di circa 12 m, si prevede di utilizzare una condotta di diametro 1200 mm ( $S \approx 1.13 \text{ m}^2$ ).



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 45</p>

## 2. Normative di riferimento

- - Legge nr. 1086 del 05/11/1971. - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- - Legge nr. 64 del 02/02/1974. - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- - D.M. LL.PP. del 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- - D.M. LL.PP. del 14/02/1992. - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- - D.M. 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
- - D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 7 di 45</p>

### 3. Materiali utilizzati per la struttura

#### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{bk}$	305,9 [kg/cm <sup>q</sup> ]
Modulo elastico E	314825,09 [kg/cm <sup>q</sup> ]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	99,0 [kg/cm <sup>q</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c0}$	6,1 [kg/cm <sup>q</sup> ]
Tensione tangenziale ammissibile $\tau_{c1}$	18,5 [kg/cm <sup>q</sup> ]

#### *Acciaio*

Tipo	B450C
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	4588,0 [kg/cm <sup>q</sup> ]
Tensione di snervamento $\sigma_{fa}$	4588,0 [kg/cm <sup>q</sup> ]

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p>Foglio 8 di 45</p>

## 4. Criteri di analisi

### 4.1. Calcolo della spinta sul muro

#### 4.1.1. 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.

### 4.2. 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).



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

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

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

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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00
	Foglio 10 di 45

## 5. Criteri di verifica

### 5.1. 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.

### 5.2. 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  $\eta_s \geq 1.3$

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00
	Foglio 11 di 45

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

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

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppata lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo  $\rho$  (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta  $N$  la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione,  $Q$  l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo,  $S_p$  la resistenza passiva,  $L_c$  l'ampiezza del cuneo 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

$$F_r = (N-Q) \operatorname{tg} \delta_f + S_p + c_a L_r$$

con  $L_r = B_f - L_c$

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.

### 5.3. 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 12 di 45</p>

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

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

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

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

#### Fattori di profondità

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

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

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

#### Fattori di inclinazione

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

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

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

### 5.4. 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.

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

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

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.

## 6. Geometria della struttura e del terreno

### 6.1. Geometria muro e fondazione

#### Descrizione

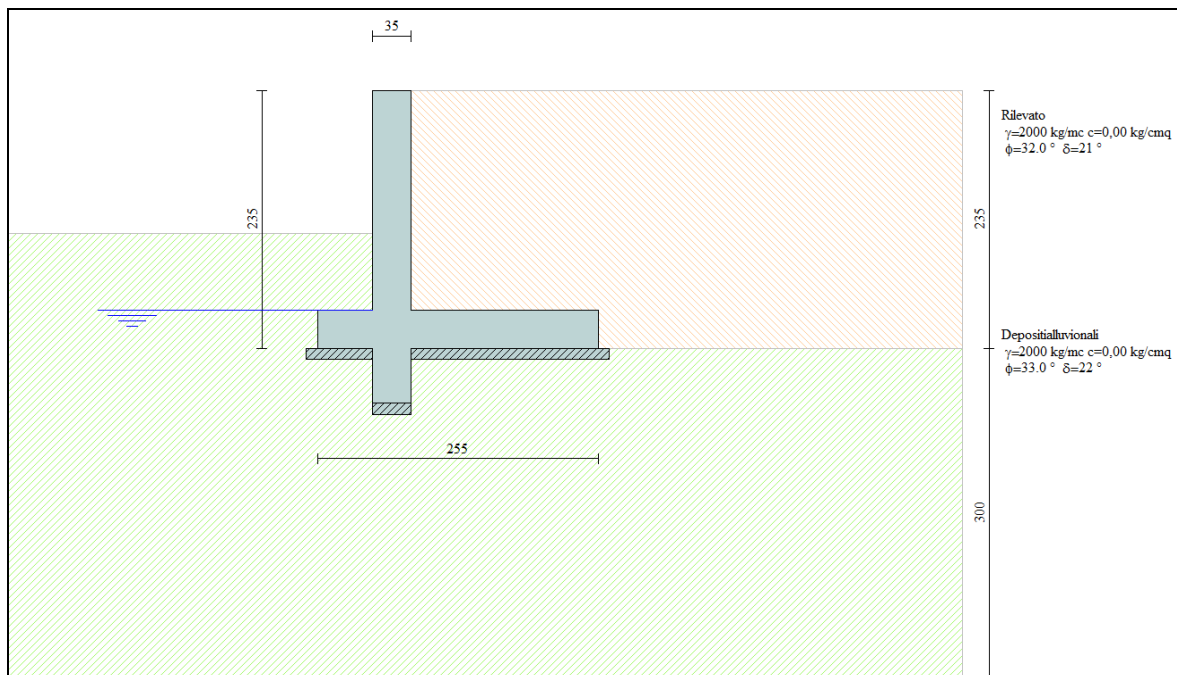
#### Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	2.00 [m]
Spessore in sommità	0.35 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.35 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	7.00 [m]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.70 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.55 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.35 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]

Altezza dello sperone di fondazione	0.50 [m]
Spessore dello sperone di fondazione	0.35 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

Foglio  
15 di 45

## 6.2. 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 [°]

<b>N</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>A</b>
1	5,00	0,00	0,00

## 6.3. 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 0.70 [m]

## 6.4. Falda

Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione 0.35 [m]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

Foglio  
16 di 45

## 7. Caratteristiche geotecniche e stratigrafiche

Le caratteristiche geotecniche e stratigrafiche sono state ricavate dalla relazione geotecnica relativa all'intervento di progetto in oggetto, codice elaborato: IG51-01-E-CV-RB-NV31-00-001-A00.

### 7.1. 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>
Depositi alluvionali 2000		2000	33.00	22.00	0,000	0,000
Rilevato	2000	2200	32.00	21.33	0,000	0,000

### 7.2. 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	2,35	0,00	0,00	0,00	Rilevato
2	3,00	0,00	5,14	0,00	Depositi alluvionali



## 8. Carichi sulla struttura

### 8.1. 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]

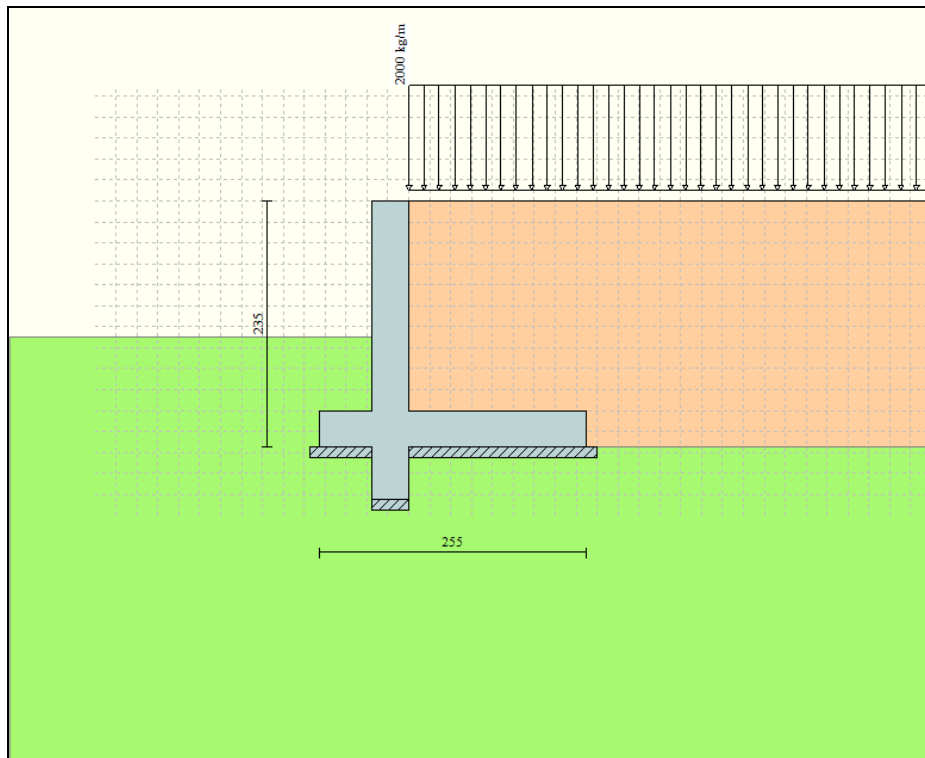
$Q_i$  Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kg/m]

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

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

#### Condizione n° 1 (Sovraccarico)

D Profilo  $X_i=0,00$   $X_f=5,00$   $Q_i=2000,00$   $Q_f=2000,00$



## 8.2. 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

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Sovraccarico	1.00

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

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

## 9. Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni      **Tensioni ammissibili**

Calcolo della portanza      metodo di Meyerhof  
*Impostazioni avanzate*

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

#### *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]	--	3,67	7,70	15,73	3,29
2	TAMM - [2]	--	2,63	6,63	10,28	2,15
3	TAMM - [3]	Orizzontale	2,51	5,71	14,34	2,76

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 20 di 45</p>

## 10. Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

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

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

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

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

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

### Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)	4.80
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	7.00 [m]

Peso muro	4418.75 [kg]
Baricentro del muro	X=0.13 Y=-1.75

### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.70	Y = -2.35
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.70	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	2.35 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

Foglio  
21 di 45

## 10.1. COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	1517,60	[kg]	
Componente orizzontale della spinta statica	1413,61	[kg]	
Componente verticale della spinta statica	552,09	[kg]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -1,57 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	21,33	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,17	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,70	[m]	Y = -2,35 [m]
Sottospinta falda	892,50	[kg]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6800,00	[kg]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,00 [m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1413,61	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	10878,34	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1476,96	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	2246,12	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	17289,24	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	10878,34	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1413,61	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,55	[m]
Risultante in fondazione	10969,80	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	7,40	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1173,24	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	171135,68	[kg]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,55	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3183	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,5349	[kg/cm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 38.64$	$N_q = 26.09$	$N_\gamma = 26.17$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,84$	$i_q = 0,84$	$i_\gamma = 0,60$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,18$	$d_q = 1,09$	$d_\gamma = 1,09$

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

$$N'_c = 38.26 \qquad N'_q = 23.91 \qquad N'_\gamma = 17.12$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00
	Foglio 22 di 45

### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.70	
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.67	
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	15.73	
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale		3.29

### **10.1.1. 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 [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]= -0,43 Y[m]= 0,22

Raggio del cerchio R[m]= 3,33

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,41

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,89

Larghezza della striscia dx[m]= 0,25

Coefficiente di sicurezza C= 3.29

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	283.32	76.35	275.32	1.07	32.00	0.000	0.000
2	666.97	62.44	591.29	0.55	32.00	0.000	0.000
3	876.56	54.06	709.69	0.43	32.00	0.000	0.000
4	1032.91	47.18	757.60	0.37	32.00	0.000	0.005
5	1168.73	41.11	768.48	0.33	32.25	0.000	0.029
6	1302.15	35.57	757.47	0.31	33.00	0.000	0.049
7	1384.94	30.39	700.70	0.29	33.00	0.000	0.066
8	1452.55	25.48	624.91	0.28	33.00	0.000	0.079
9	1506.97	20.76	534.23	0.27	33.00	0.000	0.090
10	1549.55	16.19	432.03	0.26	33.00	0.000	0.098
11	1581.20	11.72	321.18	0.26	33.00	0.000	0.105
12	1864.15	7.32	237.57	0.25	33.00	0.000	0.109
13	1888.02	2.97	97.73	0.25	33.00	0.000	0.111

14	1062.64	-1.37	-25.41	0.25	33.00	0.000	0.112
15	1048.49	-5.72	-104.42	0.25	33.00	0.000	0.110
16	996.34	-10.09	-174.63	0.26	33.00	0.000	0.107
17	968.53	-14.53	-243.06	0.26	33.00	0.000	0.101
18	930.06	-19.07	-303.80	0.27	33.00	0.000	0.093
19	880.13	-23.73	-354.12	0.28	33.00	0.000	0.084
20	817.57	-28.56	-390.85	0.29	33.00	0.000	0.071
21	740.65	-33.63	-410.19	0.30	33.00	0.000	0.056
22	557.76	-39.02	-351.17	0.32	32.61	0.000	0.037
23	433.34	-44.87	-305.72	0.36	32.00	0.000	0.014
24	283.09	-51.40	-221.25	0.40	32.00	0.000	0.000
25	97.12	-59.10	-83.34	0.49	32.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 25373,74$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 3840,23$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 14362,40$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$  [kg]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

Foglio  
24 di 45

### 10.1.2. 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 kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,10	87,50	0,09	2,56
3	0,20	175,00	0,68	10,25
4	0,30	262,50	2,31	23,06
5	0,40	350,00	5,47	40,99
6	0,50	437,50	10,67	64,04
7	0,60	525,00	18,44	92,22
8	0,70	612,50	29,29	125,53
9	0,80	700,00	43,72	163,95
10	0,90	787,50	62,25	207,50
11	1,00	875,00	85,39	256,18
12	1,10	962,50	113,66	309,97
13	1,20	1050,00	147,56	368,90
14	1,30	1137,50	187,61	432,94
15	1,40	1225,00	234,32	502,11
16	1,50	1312,50	288,20	576,40
17	1,60	1400,00	349,77	655,81
18	1,70	1487,50	419,53	740,35
19	1,80	1575,00	498,01	830,02
20	1,90	1662,50	585,71	924,80
21	2,00	1750,00	683,12	1023,89

### 10.1.3. 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 kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00 <span style="float: right;">Foglio 25 di 45</span>

2	0,05	2,90	116,48
3	0,10	11,68	235,09
4	0,15	26,45	355,82
5	0,20	47,30	478,67
6	0,25	74,35	603,64
7	0,30	107,70	730,74
8	0,35	147,46	859,96
9	0,40	193,73	991,30
10	0,45	246,63	1124,77
11	0,50	306,24	1260,36

#### 10.1.4. 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 kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,17	6,15	68,24
3	0,34	21,81	111,94
4	0,51	42,82	131,11
5	0,68	65,00	125,73
6	0,85	84,18	95,82
7	1,02	96,19	41,37
8	1,19	96,85	-37,62
9	1,36	82,01	-141,15
10	1,53	47,47	-269,21
11	1,70	-10,92	-421,82

## 10.1.5. 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 [kg/cmq]
- $\tau_c$  tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
- $\sigma_{fs}$  tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
- $\sigma_{fi}$  tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$
1	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,10	100, 35	7,70	7,70	0,02	0,00	-0,35	-0,36
3	0,20	100, 35	7,70	7,70	0,05	0,00	-0,67	-0,74
4	0,30	100, 35	7,70	7,70	0,08	0,01	-0,94	-1,17
5	0,40	100, 35	7,70	7,70	0,12	0,02	-1,13	-1,68
6	0,50	100, 35	7,70	7,70	0,16	0,02	-1,22	-2,30
7	0,60	100, 35	7,70	7,70	0,22	0,03	-1,18	-3,05
8	0,70	100, 35	7,70	7,70	0,29	0,05	-0,98	-3,95
9	0,80	100, 35	7,70	7,70	0,38	0,06	-0,60	-5,03
10	0,90	100, 35	7,70	7,70	0,49	0,08	0,23	-6,40
11	1,00	100, 35	7,70	7,70	0,65	0,10	2,12	-8,22
12	1,10	100, 35	7,70	7,70	0,87	0,12	5,96	-10,61
13	1,20	100, 35	7,70	7,70	1,16	0,14	12,72	-13,56
14	1,30	100, 35	7,70	7,70	1,53	0,16	22,99	-17,01
15	1,40	100, 35	7,70	7,70	1,96	0,19	36,95	-20,87
16	1,50	100, 35	7,70	7,70	2,46	0,22	54,66	-25,13
17	1,60	100, 35	7,70	7,70	3,03	0,25	76,20	-29,79
18	1,70	100, 35	7,70	7,70	3,67	0,28	101,70	-34,88
19	1,80	100, 35	7,70	7,70	4,39	0,31	131,33	-40,44
20	1,90	100, 35	7,70	7,70	5,19	0,35	165,28	-46,49
21	2,00	100, 35	7,70	7,70	6,07	0,39	203,74	-53,07

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00
	Foglio 27 di 45

## 10.1.6. 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 [kg/cmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
$\sigma_{fs}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

#### 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	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 35	7,70	7,70	0,03	0,04	1,32	-0,16
3	0,10	100, 35	7,70	7,70	0,10	0,09	5,33	-0,66
4	0,15	100, 35	7,70	7,70	0,23	0,14	12,07	-1,49
5	0,20	100, 35	7,70	7,70	0,42	0,18	21,59	-2,67
6	0,25	100, 35	7,70	7,70	0,66	0,23	33,93	-4,20
7	0,30	100, 35	7,70	7,70	0,95	0,28	49,15	-6,08
8	0,35	100, 35	7,70	7,70	1,30	0,33	67,30	-8,33
9	0,40	100, 35	7,70	7,70	1,71	0,38	88,41	-10,94
10	0,45	100, 35	7,70	7,70	2,18	0,43	112,55	-13,92
11	0,50	100, 35	7,70	7,70	2,70	0,48	139,76	-17,29

#### 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	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,17	100, 35	7,70	7,70	0,05	0,03	2,81	-0,35
3	0,34	100, 35	7,70	7,70	0,19	0,04	9,95	-1,23
4	0,51	100, 35	7,70	7,70	0,38	0,05	19,54	-2,42
5	0,68	100, 35	7,70	7,70	0,57	0,05	29,66	-3,67
6	0,85	100, 35	7,70	7,70	0,74	0,04	38,42	-4,75
7	1,02	100, 35	7,70	7,70	0,85	0,02	43,90	-5,43

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00
	Foglio 28 di 45

8	1,19	100,35	7,70	7,70	0,86	-0,01	44,20	-5,47
9	1,36	100,35	7,70	7,70	0,72	-0,05	37,43	-4,63
10	1,53	100,35	7,70	7,70	0,42	-0,10	21,67	-2,68
11	1,70	100,35	7,70	7,70	0,10	-0,16	-0,62	4,98

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=35 [cm]

$A_{fi}=7.70$  [cmq]  $A_{fs}=7.70$  [cmq]

Sollecitazioni M=471,4 [kgm] T=1413,6 [kg]

Tensioni nei materiali

$\sigma_c=4.63$  [kg/cmq]

$\sigma_f=266.92$  [kg/cmq]

$\sigma'_f=-26.08$  [kg/cmq]

$\tau_c=0.54$  [kg/cmq]

## 10.2. COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	2809,65	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2617,13	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	1022,13	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -1,39	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	21,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,17	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,70	[m]	Y = -2,35	[m]
Sottospinta falda	892,50	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	10200,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,00	[m]

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2617,13	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	14748,38	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1817,83	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3659,69	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	24267,84	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	14748,38	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2617,13	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,55	[m]
Risultante in fondazione	14978,79	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,06	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1803,97	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	151584,14	[kg]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,55	[m]
-------------------------------	------	-----

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

Foglio  
29 di 45

Tensione terreno allo spigolo di valle	0,4119	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7448	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 38.64$	$N_q = 26.09$	$N_\gamma = 26.17$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,79$	$i_q = 0,79$	$i_\gamma = 0,48$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,18$	$d_q = 1,09$	$d_\gamma = 1,09$

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

$N'_c = 38.26$	$N'_q = 23.91$	$N'_\gamma = 17.12$
----------------	----------------	---------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	6.63	
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.63	
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.28	
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.15	
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3854	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7324	[kg/cmq]

## 10.2.1. 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 [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/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0,65 Y[m]= 0,65

Raggio del cerchio R[m]= 3,81

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,93

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,11

Larghezza della striscia dx[m]= 0,28

Coefficiente di sicurezza C= 2.15

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	818.15	72.76	781.41	0.95	32.00	0.000	0.000
2	1219.13	61.47	1071.08	0.59	32.00	0.000	0.000
3	1471.72	53.47	1182.56	0.47	32.00	0.000	0.000
4	1663.00	46.81	1212.46	0.41	32.00	0.000	0.000
5	1815.99	40.91	1189.19	0.37	32.00	0.000	0.023
6	1989.98	35.50	1155.59	0.35	32.99	0.000	0.045
7	2093.39	30.44	1060.54	0.33	33.00	0.000	0.063
8	2177.92	25.63	942.07	0.31	33.00	0.000	0.078
9	2246.34	21.01	805.35	0.30	33.00	0.000	0.090
10	2300.26	16.53	654.40	0.29	33.00	0.000	0.100
11	2340.81	12.15	492.68	0.29	33.00	0.000	0.107
12	2268.85	7.84	309.62	0.28	33.00	0.000	0.112
13	1515.00	3.58	94.62	0.28	33.00	0.000	0.115
14	1208.61	-0.66	-13.96	0.28	33.00	0.000	0.116
15	1158.48	-4.91	-99.12	0.28	33.00	0.000	0.114
16	1135.75	-9.18	-181.23	0.29	33.00	0.000	0.111
17	1103.93	-13.51	-257.85	0.29	33.00	0.000	0.105
18	1059.30	-17.91	-325.84	0.30	33.00	0.000	0.097
19	1000.99	-22.43	-382.01	0.30	33.00	0.000	0.087

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00 <span style="float: right;">Foglio 31 di 45</span>

20	927.75	-27.11	-422.75	0.32	33.00	0.000	0.074
21	837.74	-31.99	-443.78	0.33	33.00	0.000	0.058
22	629.08	-37.15	-379.86	0.35	32.66	0.000	0.038
23	485.33	-42.69	-329.06	0.38	32.00	0.000	0.015
24	313.57	-48.79	-235.89	0.43	32.00	0.000	0.000
25	106.67	-55.78	-88.20	0.50	32.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 33887,74$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 7792,03$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 18775,83$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$  [kg]

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00 <span style="float: right;">Foglio 32 di 45</span>

## 10.2.2. 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 kgm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,10	87,50	2,62	53,36
3	0,20	175,00	10,86	112,21
4	0,30	262,50	25,24	176,25
5	0,40	350,00	46,28	245,42
6	0,50	437,50	74,49	319,71
7	0,60	525,00	110,39	399,12
8	0,70	612,50	154,49	483,66
9	0,80	700,00	207,29	573,33
10	0,90	787,50	269,32	668,11
11	1,00	875,00	341,09	768,02
12	1,10	962,50	423,10	873,05
13	1,20	1050,00	515,87	983,21
14	1,30	1137,50	619,91	1098,49
15	1,40	1225,00	735,74	1218,89
16	1,50	1312,50	863,86	1344,42
17	1,60	1400,00	1004,79	1475,07
18	1,70	1487,50	1159,04	1610,85
19	1,80	1575,00	1327,13	1751,74
20	1,90	1662,50	1509,56	1897,76
21	2,00	1750,00	1706,83	2048,09



<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 33 di 45</p>

### 10.2.3. 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 kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	4,08	163,84
3	0,10	16,44	330,94
4	0,15	37,23	501,30
5	0,20	66,62	674,93
6	0,25	104,78	851,83
7	0,30	151,86	1031,98
8	0,35	208,03	1215,40
9	0,40	273,46	1402,09
10	0,45	348,29	1592,04
11	0,50	432,71	1785,25

### 10.2.4. 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 kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,17	7,21	78,59
3	0,34	24,58	119,44
4	0,51	45,69	122,57
5	0,68	64,12	87,96
6	0,85	73,46	15,63
7	1,02	67,29	-94,43
8	1,19	39,21	-242,23
9	1,36	-17,20	-427,75
10	1,53	-108,36	-651,01
11	1,70	-240,68	-911,99

## 10.2.5. 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 [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\tau_c$  tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\sigma_{fs}$  tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cm<sup>2</sup>]
- $\sigma_{fi}$  tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cm<sup>2</sup>]

Nr.	Y	B, H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$
1	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,10	100, 35	7,70	7,70	0,03	0,02	-0,22	-0,48
3	0,20	100, 35	7,70	7,70	0,09	0,04	-0,15	-1,25
4	0,30	100, 35	7,70	7,70	0,19	0,07	0,58	-2,44
5	0,40	100, 35	7,70	7,70	0,36	0,09	3,40	-4,27
6	0,50	100, 35	7,70	7,70	0,61	0,12	9,69	-6,73
7	0,60	100, 35	7,70	7,70	0,94	0,15	19,85	-9,69
8	0,70	100, 35	7,70	7,70	1,34	0,18	33,96	-13,13
9	0,80	100, 35	7,70	7,70	1,82	0,22	52,18	-17,06
10	0,90	100, 35	7,70	7,70	2,38	0,25	74,67	-21,51
11	1,00	100, 35	7,70	7,70	3,03	0,29	101,66	-26,51
12	1,10	100, 35	7,70	7,70	3,77	0,33	133,34	-32,08
13	1,20	100, 35	7,70	7,70	4,61	0,37	169,96	-38,25
14	1,30	100, 35	7,70	7,70	5,54	0,42	211,74	-45,06
15	1,40	100, 35	7,70	7,70	6,58	0,46	258,90	-52,53
16	1,50	100, 35	7,70	7,70	7,72	0,51	311,69	-60,69
17	1,60	100, 35	7,70	7,70	8,98	0,56	370,33	-69,58
18	1,70	100, 35	7,70	7,70	10,36	0,61	435,06	-79,21
19	1,80	100, 35	7,70	7,70	11,86	0,66	506,10	-89,63
20	1,90	100, 35	7,70	7,70	13,48	0,72	583,69	-100,85
21	2,00	100, 35	7,70	7,70	15,24	0,78	668,06	-112,91

## 10.2.6. 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 [kg/cmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
$\sigma_{fs}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

#### 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	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 35	7,70	7,70	0,04	0,06	1,86	-0,23
3	0,10	100, 35	7,70	7,70	0,15	0,13	7,50	-0,93
4	0,15	100, 35	7,70	7,70	0,33	0,19	16,99	-2,10
5	0,20	100, 35	7,70	7,70	0,59	0,26	30,40	-3,76
6	0,25	100, 35	7,70	7,70	0,93	0,32	47,82	-5,92
7	0,30	100, 35	7,70	7,70	1,34	0,39	69,30	-8,57
8	0,35	100, 35	7,70	7,70	1,84	0,46	94,94	-11,75
9	0,40	100, 35	7,70	7,70	2,41	0,53	124,80	-15,44
10	0,45	100, 35	7,70	7,70	3,08	0,60	158,95	-19,67
11	0,50	100, 35	7,70	7,70	3,82	0,68	197,48	-24,43

#### 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	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,17	100, 35	7,70	7,70	0,06	0,03	3,29	-0,41
3	0,34	100, 35	7,70	7,70	0,22	0,05	11,22	-1,39
4	0,51	100, 35	7,70	7,70	0,40	0,05	20,85	-2,58
5	0,68	100, 35	7,70	7,70	0,57	0,03	29,26	-3,62
6	0,85	100, 35	7,70	7,70	0,65	0,01	33,52	-4,15
7	1,02	100, 35	7,70	7,70	0,59	-0,04	30,71	-3,80
8	1,19	100, 35	7,70	7,70	0,35	-0,09	17,89	-2,21

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

Foglio  
36 di 45

9	1,36	100,35	7,70	7,70	0,15	-0,16	-0,97	7,85
10	1,53	100,35	7,70	7,70	0,96	-0,25	-6,12	49,45
11	1,70	100,35	7,70	7,70	2,13	-0,35	-13,59	109,84

### Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=35 [cm]

$A_{fl}=7.70$  [cmq]  $A_{fs}=7.70$  [cmq]

Sollecitazioni M=872.8 [kgm] T=2617.1 [kg]

Tensioni nei materiali

$\sigma_c=8.58$  [kg/cm<sup>2</sup>]

$\sigma_f=494.18$  [kg/cm<sup>2</sup>]

$\sigma'_f=-48.28$  [kg/cm<sup>2</sup>]

$\tau_c=0.99$  [kg/cm<sup>2</sup>]

### 10.3. COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	1517,60	[kg]	
Componente orizzontale della spinta statica	1413,61	[kg]	
Componente verticale della spinta statica	552,09	[kg]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 1,70	[m]	Y = -1,57 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	21,33	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,17	[°]	
Incremento sismico della spinta	163,64	[kg]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1,70	[m]	Y = -0,78 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	54,73	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1,70	[m]	Y = -2,35 [m]
Sottospinta falda	892,50	[kg]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6800,00	[kg]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,85	[m]	Y = -1,00 [m]
Inerzia del muro	212,10	[kg]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	326,40	[kg]	

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2104,54	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	10937,87	[kg]
Resistenza passiva dente di fondazione	-1660,48	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	3052,45	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	17441,04	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	10937,87	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2104,54	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,04	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,55	[m]
Risultante in fondazione	11138,50	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10,89	[°]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00

Foglio  
37 di 45

Momento rispetto al baricentro della fondazione -442,81 [kgm]  
 Carico ultimo della fondazione 156819,18 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2,55 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 0,3881 [kg/cm<sup>2</sup>]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 0,4698 [kg/cm<sup>2</sup>]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 38.64$	$N_q = 26.09$	$N_\gamma = 26.17$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,77$	$i_q = 0,77$	$i_\gamma = 0,45$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,18$	$d_q = 1,09$	$d_\gamma = 1,09$

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

$N'_c = 38.26$	$N'_q = 23.91$	$N'_\gamma = 17.12$
----------------	----------------	---------------------

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.71
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.51
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	14.34
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.76

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Censorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 38 di 45</p>

### 10.3.1. Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [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]= -0,65 Y[m]= 0,86

Raggio del cerchio R[m]= 3,98

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,99

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,25

Larghezza della striscia dx[m]= 0,29

Coefficiente di sicurezza C= 2.76

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	238.47	70.63	224.97	0.87	32.00	0.000	0.000
2	626.18	60.67	545.92	0.59	32.00	0.000	0.000
3	886.48	52.95	707.46	0.48	32.00	0.000	0.000
4	1085.74	46.45	786.96	0.42	32.00	0.000	0.000
5	1246.01	40.67	812.07	0.38	32.00	0.000	0.015
6	1411.06	35.36	816.66	0.36	32.64	0.000	0.038
7	1536.92	30.39	777.40	0.34	33.00	0.000	0.057
8	1626.35	25.65	704.07	0.32	33.00	0.000	0.072
9	1698.98	21.10	611.68	0.31	33.00	0.000	0.085
10	1756.47	16.69	504.37	0.30	33.00	0.000	0.095
11	1800.00	12.37	385.71	0.30	33.00	0.000	0.102
12	2222.64	8.13	314.33	0.29	33.00	0.000	0.107
13	1671.49	3.93	114.60	0.29	33.00	0.000	0.110
14	1218.35	-0.25	-5.23	0.29	33.00	0.000	0.111
15	1171.53	-4.42	-90.39	0.29	33.00	0.000	0.110
16	1145.53	-8.63	-171.84	0.29	33.00	0.000	0.107
17	1113.64	-12.88	-248.20	0.30	33.00	0.000	0.101
18	1068.51	-17.20	-316.00	0.30	33.00	0.000	0.094
19	1009.30	-21.63	-372.05	0.31	33.00	0.000	0.083

20	934.79	-26.20	-412.72	0.32	33.00	0.000	0.070
21	843.23	-30.96	-433.77	0.34	33.00	0.000	0.055
22	629.33	-35.97	-369.64	0.36	32.52	0.000	0.035
23	482.93	-41.33	-318.90	0.39	32.00	0.000	0.012
24	311.68	-47.17	-228.59	0.43	32.00	0.000	0.000
25	106.74	-53.78	-86.11	0.49	32.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 27842,33$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 4252,77$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 15958,27$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,00$  [kg]

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00 <span style="float: right;">Foglio 40 di 45</span>

### 10.3.2. Sollecitazioni paramento

#### Combinazione n° 3

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

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

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg

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

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,10	87,50	0,84	17,53
3	0,20	175,00	3,66	39,62
4	0,30	262,50	8,92	66,29
5	0,40	350,00	17,07	97,53
6	0,50	437,50	28,57	133,35
7	0,60	525,00	43,89	173,73
8	0,70	612,50	63,47	218,68
9	0,80	700,00	87,78	268,21
10	0,90	787,50	117,27	322,31
11	1,00	875,00	152,39	380,98
12	1,10	962,50	193,62	444,22
13	1,20	1050,00	241,39	512,03
14	1,30	1137,50	296,18	584,42
15	1,40	1225,00	358,43	661,38
16	1,50	1312,50	428,60	742,90
17	1,60	1400,00	507,16	829,00
18	1,70	1487,50	594,56	919,67
19	1,80	1575,00	691,25	1014,91
20	1,90	1662,50	797,69	1114,73
21	2,00	1750,00	914,32	1218,29



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-04-001-B00
	Foglio 41 di 45

### 10.3.3. Sollecitazioni fondazione di valle

#### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	3,76	150,69
3	0,10	15,08	302,18
4	0,15	34,00	454,47
5	0,20	60,54	607,56
6	0,25	94,76	761,46
7	0,30	136,70	916,15
8	0,35	186,39	1071,65
9	0,40	243,88	1227,95
10	0,45	309,20	1385,05
11	0,50	382,40	1542,94

### 10.3.4. Sollecitazioni fondazione di monte

#### Combinazione n° 3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,17	-2,82	-34,73
3	0,34	-12,33	-78,72
4	0,51	-30,11	-131,97
5	0,68	-57,73	-194,49
6	0,85	-96,76	-266,26
7	1,02	-148,78	-347,30
8	1,19	-215,37	-437,59
9	1,36	-298,09	-537,15
10	1,53	-398,52	-645,97
11	1,70	-518,24	-764,05

### 10.3.5. Armature e tensioni nei materiali del muro

#### Combinazione n° 3

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

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

Nr.	Y	B, H	$A_{fs}$	$A_{fi}$	$\sigma_c$	$\tau_c$	$\sigma_{fs}$	$\sigma_{fi}$
1	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,10	100, 35	7,70	7,70	0,03	0,01	-0,31	-0,39
3	0,20	100, 35	7,70	7,70	0,06	0,02	-0,52	-0,89
4	0,30	100, 35	7,70	7,70	0,11	0,03	-0,60	-1,51
5	0,40	100, 35	7,70	7,70	0,17	0,04	-0,54	-2,27
6	0,50	100, 35	7,70	7,70	0,24	0,05	-0,30	-3,21
7	0,60	100, 35	7,70	7,70	0,34	0,07	0,38	-4,42
8	0,70	100, 35	7,70	7,70	0,48	0,08	2,07	-6,04
9	0,80	100, 35	7,70	7,70	0,68	0,10	5,55	-8,14
10	0,90	100, 35	7,70	7,70	0,94	0,12	11,60	-10,73
11	1,00	100, 35	7,70	7,70	1,26	0,14	20,64	-13,74
12	1,10	100, 35	7,70	7,70	1,63	0,17	32,82	-17,12
13	1,20	100, 35	7,70	7,70	2,07	0,19	48,26	-20,88
14	1,30	100, 35	7,70	7,70	2,58	0,22	67,07	-25,02
15	1,40	100, 35	7,70	7,70	3,15	0,25	89,41	-29,58
16	1,50	100, 35	7,70	7,70	3,79	0,28	115,46	-34,57
17	1,60	100, 35	7,70	7,70	4,50	0,31	145,39	-40,02
18	1,70	100, 35	7,70	7,70	5,29	0,35	179,41	-45,96
19	1,80	100, 35	7,70	7,70	6,16	0,39	217,70	-52,42
20	1,90	100, 35	7,70	7,70	7,12	0,42	260,48	-59,42
21	2,00	100, 35	7,70	7,70	8,17	0,46	307,93	-66,99

### 10.3.6. Armature e tensioni nei materiali della fondazione

#### Combinazione n° 3

#### Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
$A_{fi}$	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 [kg/cmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
$\sigma_{fi}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
$\sigma_{fs}$	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cmq]

#### 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	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,05	100, 35	7,70	7,70	0,03	0,06	1,72	-0,21
3	0,10	100, 35	7,70	7,70	0,13	0,11	6,88	-0,85
4	0,15	100, 35	7,70	7,70	0,30	0,17	15,51	-1,92
5	0,20	100, 35	7,70	7,70	0,53	0,23	27,63	-3,42
6	0,25	100, 35	7,70	7,70	0,84	0,29	43,25	-5,35
7	0,30	100, 35	7,70	7,70	1,21	0,35	62,39	-7,72
8	0,35	100, 35	7,70	7,70	1,65	0,41	85,06	-10,52
9	0,40	100, 35	7,70	7,70	2,15	0,47	111,30	-13,77
10	0,45	100, 35	7,70	7,70	2,73	0,53	141,11	-17,46
11	0,50	100, 35	7,70	7,70	3,38	0,59	174,52	-21,59

#### 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	0,00	100, 35	7,70	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,17	100, 35	7,70	7,70	0,02	-0,01	-0,16	1,29
3	0,34	100, 35	7,70	7,70	0,11	-0,03	-0,70	5,63
4	0,51	100, 35	7,70	7,70	0,27	-0,05	-1,70	13,74
5	0,68	100, 35	7,70	7,70	0,51	-0,07	-3,26	26,35
6	0,85	100, 35	7,70	7,70	0,85	-0,10	-5,46	44,16
7	1,02	100, 35	7,70	7,70	1,31	-0,13	-8,40	67,90
8	1,19	100, 35	7,70	7,70	1,90	-0,17	-12,16	98,29

9	1,36	100,35	7,70	7,70	2,63	-0,20	-16,83	136,04
10	1,53	100,35	7,70	7,70	3,52	-0,25	-22,50	181,87
11	1,70	100,35	7,70	7,70	4,58	-0,29	-29,26	236,51

Verifica sperone di fondazione

Base sezione B= 100 cm Altezza sezione H=35 [cm]

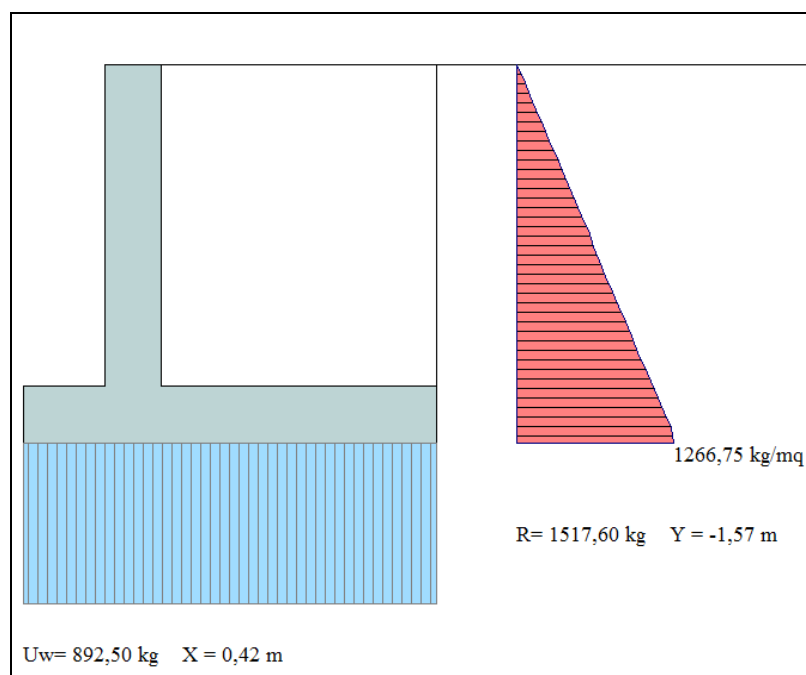
 $A_{fi}=7.70$  [cmq]  $A_{fs}=7.70$  [cmq]

Sollecitazioni M=701.9 [kgm] T=2104.5 [kg]

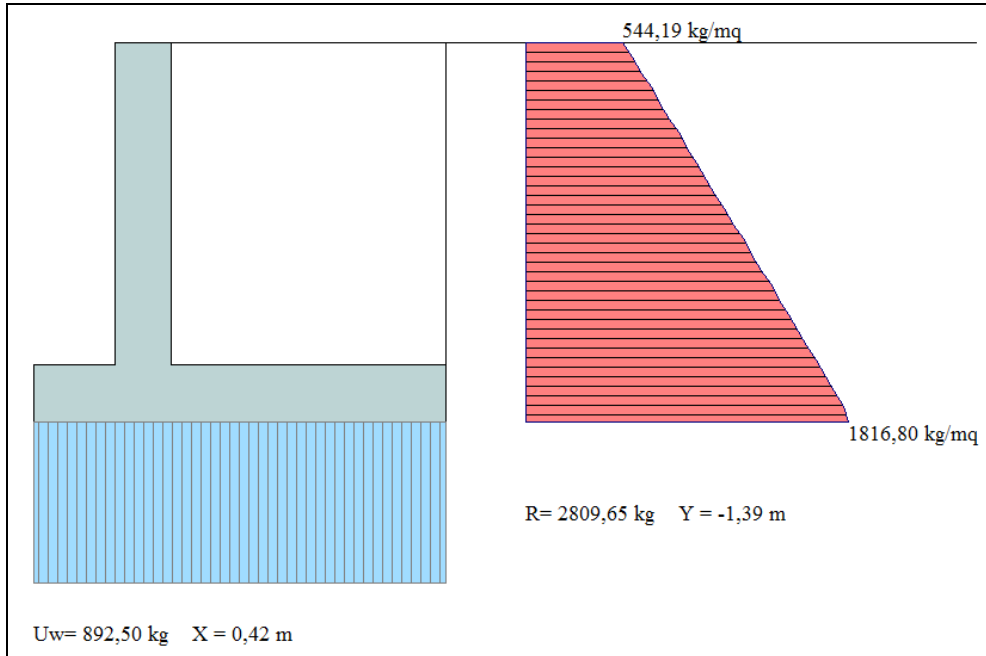
Tensioni nei materiali

 $\sigma_c=6.90$  [kg/cmq] $\sigma_f=397.39$  [kg/cmq] $\sigma'_f=-38.82$  [kg/cmq] $\tau_c=0.80$  [kg/cmq]

## Diagrammi delle pressioni sul muro (Combinazione 1)



Diagrammi delle pressioni sul muro (Combinazione 2)



Diagrammi delle pressioni sul muro (Combinazione 3)

