

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
Muro di confine
Relazione di calcolo**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv 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 D	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima emissione	Vega Eng. <i>[Signature]</i>	19/10/2012	Ing. F. Colla <i>[Signature]</i>	23/10/2012	E. Pagani <i>[Signature]</i>	25/10/2012	Ing. E. Ghislandi

n. Elab.:	File: ig51-01-e-cv-cl-nv31-0d-001-a00
-----------	---------------------------------------

<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-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 41</p>

INDICE

1.	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA	4
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.	Caratteristiche geotecniche e stratigrafiche.....	15
6.5.	Descrizione terreni	15
6.6.	Stratigrafia.....	16
7.	CARICHI SULLA STRUTTURA	17
7.1.	Condizioni di carico	17
7.2.	Descrizione combinazioni di carico	18
8.	QUADRO RIASSUNTIVO COEFF. DI SICUREZZA CALCOLATI	19
9.	ANALISI DELLA SPINTA E VERIFICHE	20
9.1.	COMBINAZIONE n° 1	21
9.1.1.	Stabilità globale muro + terreno	22
9.1.2.	Sollecitazioni paramento	24
9.1.3.	Sollecitazioni fondazione di valle	24
9.1.4.	Sollecitazioni fondazione di monte.....	25
9.1.5.	Armature e tensioni nei materiali del muro	25
9.1.6.	Armature e tensioni nei materiali della fondazione	26
9.2.	COMBINAZIONE n° 2.....	27
9.2.1.	Stabilità globale muro + terreno	28

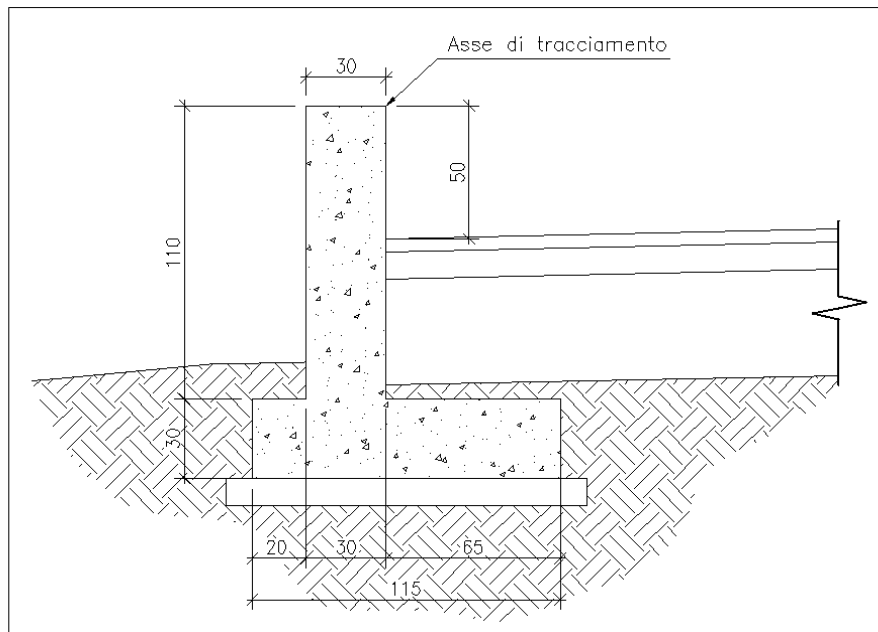
<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00</p> <p>Foglio 4 di 41</p>

9.2.2.	Sollecitazioni paramento	30
9.2.3.	Sollecitazioni fondazione di valle	30
9.2.4.	Sollecitazioni fondazione di monte.....	31
9.2.5.	Armature e tensioni nei materiali del muro	32
9.2.6.	Armature e tensioni nei materiali della fondazione	33
9.3.	COMBINAZIONE n° 3.....	34
9.3.1.	Stabilità globale muro + terreno	35
9.3.2.	Sollecitazioni paramento	37
9.3.3.	Sollecitazioni fondazione di valle	37
9.3.4.	Sollecitazioni fondazione di monte.....	38
9.3.5.	Armature e tensioni nei materiali del muro	39
9.3.6.	Armature e tensioni nei materiali della fondazione	40

1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

L'opera oggetto della presente relazione si estende dalla sezione 26 alla sezione 28 sul lato nord del nuovo tracciato dell'NV31 e consiste in un muro di sostegno in calcestruzzo armato. Il nuovo muro è necessario per ripristinare il muro di recinzione esistente soggetto a demolizione.

Il muro è composto da due tratti di 12,60 m e di 23,00 m ed è a sezione costante.



<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-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 41</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-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 7 di 41</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 ²]
Modulo elastico E	314825.09 [kg/cm ²]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	99.0 [kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	6.1 [kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	18.5 [kg/cm ²]

Acciaio

Tipo	B450C
Tensione ammissibile σ_{fa}	4588.0 [kg/cm ²]
Tensione di snervamento σ_{fa}	4588.0 [kg/cm 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-NV31-0D-001-A00</p> <p>Foglio 8 di 41</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 ρ 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).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 9 di 41</p>

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

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β 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-NV31-0D-001-A00

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 η_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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ 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 η_s .

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 11 di 41</p>

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 δ_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 ρ (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 δ_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, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_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 η_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>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 12 di 41</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;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ 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 θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ 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-NV31-0D-001-A00 Foglio 13 di 41

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

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

5.4. Verifica alla stabilità globale

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

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

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

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

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

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

dove il termine m è espresso da

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

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

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

6. Geometria della struttura e del terreno

6.1. Geometria muro e fondazione

Nella modellazione del muro non è stata considerata la porzione di paramento fuori terra in quanto non interessata dalla spinta del terreno.

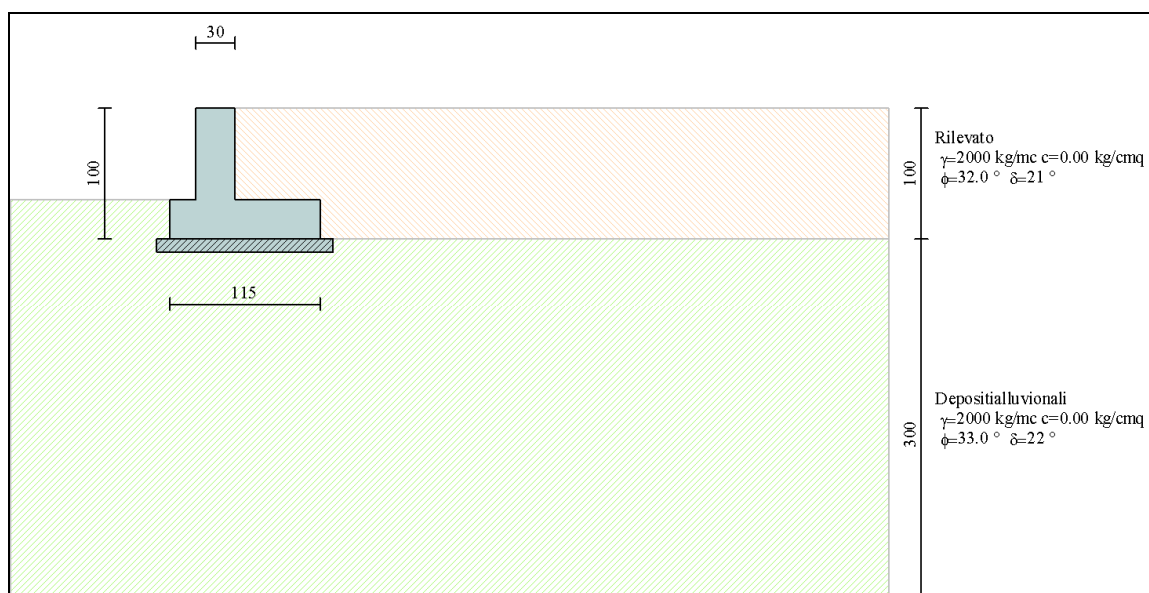
Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	0.70 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.65 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.15 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.30 [m]
Spessore magrone	0.10 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00

Foglio
15 di 41

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 [°]

N	X	Y	A
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 0.00 [m]

6.4. 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.

6.5. Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Depositi alluvionali 2000	2000	2000	33.00	22.00	0,000	0,000
Rilevato	2000	2200	32.00	21.33	0,000	0,000

6.6. Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
K_w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K_s	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K_w	K_s	Terreno
1	1.00	0.00	0.00	0.00	Rilevato
2	3.00	0.00	1.79	0.00	Depositalluvionali

7. Carichi sulla struttura

7.1. 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]

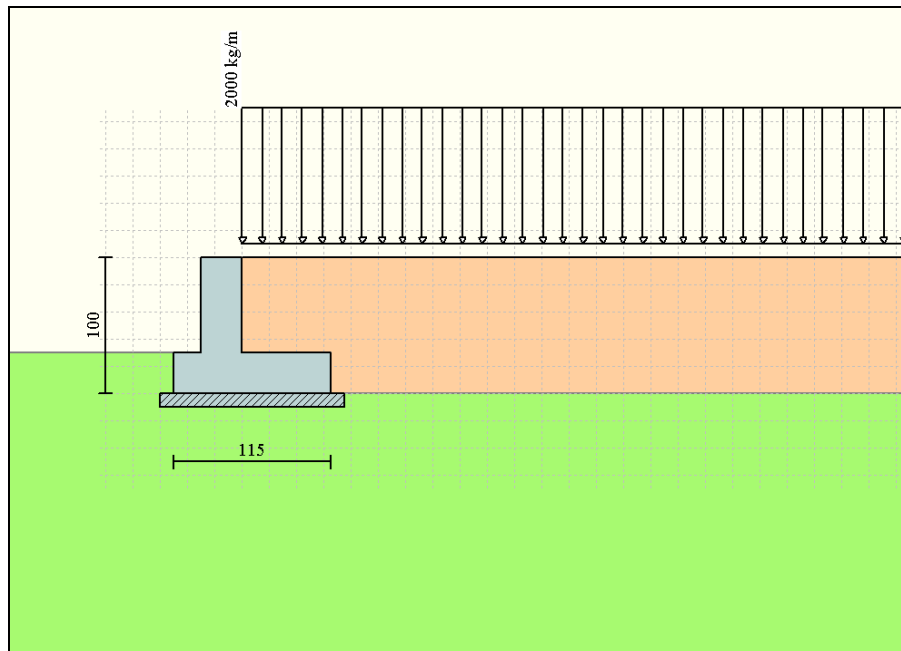
Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]

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



7.2. 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
Sovraccarico	0.20

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00
	Foglio 19 di 41

8. 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_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite
CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	TAMM - [1]	--	3.78	18.10	15.90	3.15
2	TAMM - [2]	--	2.05	8.35	6.87	1.90
3	TAMM - [3]	Orizzontale	2.11	8.24	11.10	2.34

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 20 di 41</p>

9. Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

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

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

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

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

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

Sisma

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

Partecipazione spinta passiva (percento)	0.0
Lunghezza del muro	10.00 [m]

Peso muro	1387.50 [kg]
Baricentro del muro	X=0.01 Y=-0.66

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 0.65	Y = -1.00
Punto superiore superficie di spinta	X = 0.65	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	1.00 [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-NV31-0D-001-A00
	Foglio 21 di 41

9.1. COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	274.80	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	255.97	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	99.97	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.65	[m]	Y = -0.67	[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 = 0.65	[m]	Y = -1.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	910.00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.33	[m]	Y = -0.35	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	255.97	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	2397.47	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	85.39	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1545.40	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	2397.47	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	255.97	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.03	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.15	[m]
Risultante in fondazione	2411.10	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6.09	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-81.47	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	38114.28	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.15	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.1715	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.2454	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 38.64$	$N_q = 26.09$	$N_\gamma = 26.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.87$	$i_q = 0.87$	$i_\gamma = 0.66$
Fattori profondità	$d_c = 1.10$	$d_q = 1.05$	$d_\gamma = 1.05$

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

$N'_c = 36.81$	$N'_q = 23.77$	$N'_\gamma = 18.23$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	18.10
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.78
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	15.90
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	3.15

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00
	Foglio 22 di 41

9.1.1. 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]

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

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.31 Y[m]= 0.72

Raggio del cerchio R[m]= 1.97

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -1.69

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1.53

Larghezza della striscia dx[m]= 0.13

Coefficiente di sicurezza C= 3.15

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	ϕ	c	u
1	32.61	63.01	29.06	0.28	32.00	0.00	0.00
2	90.70	56.89	75.97	0.24	32.00	0.00	0.00
3	136.34	50.52	105.24	0.20	32.00	0.00	0.00
4	173.08	44.94	122.25	0.18	32.00	0.00	0.00
5	203.52	39.85	130.42	0.17	32.00	0.00	0.00
6	229.07	35.13	131.81	0.16	32.00	0.00	0.00
7	253.46	30.66	129.27	0.15	32.14	0.00	0.00
8	288.04	26.40	128.07	0.14	33.00	0.00	0.00
9	303.09	22.29	114.95	0.14	33.00	0.00	0.00
10	315.39	18.30	99.01	0.14	33.00	0.00	0.00
11	325.15	14.39	80.82	0.13	33.00	0.00	0.00
12	337.20	10.56	61.78	0.13	33.00	0.00	0.00
13	382.68	6.77	45.11	0.13	33.00	0.00	0.00
14	385.53	3.01	20.25	0.13	33.00	0.00	0.00
15	211.09	-0.73	-2.70	0.13	33.00	0.00	0.00
16	154.79	-4.48	-12.10	0.13	33.00	0.00	0.00
17	136.08	-8.25	-19.53	0.13	33.00	0.00	0.00
18	130.13	-12.05	-27.18	0.13	33.00	0.00	0.00
19	121.84	-15.91	-33.41	0.13	33.00	0.00	0.00
20	111.11	-19.85	-37.73	0.14	33.00	0.00	0.00

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 23 di 41</p>

21	97.76	-23.88	-39.58	0.14	33.00	0.00	0.00
22	81.55	-28.05	-38.35	0.15	32.74	0.00	0.00
23	62.16	-32.39	-33.30	0.15	32.00	0.00	0.00
24	39.13	-36.95	-23.52	0.16	32.00	0.00	0.00
25	11.79	-41.80	-7.86	0.17	32.00	0.00	0.00

$\Sigma W_i = 4613.30$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 998.75$ [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 2966.00$ [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.34$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00 Foglio 24 di 41

9.1.2. 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	0.07	52.50	0.03	1.26
2	0.17	131.25	0.46	7.85
3	0.28	210.00	1.87	20.08
4	0.38	288.75	4.87	37.97
5	0.49	367.50	10.05	61.51
6	0.59	446.25	17.99	90.69
7	0.70	525.00	29.29	125.43

9.1.3. 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
2	0.04	0.78	39.12
3	0.08	3.14	79.27
4	0.12	7.13	120.45
5	0.16	12.79	162.65
6	0.20	20.16	205.89

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00

Foglio
25 di 41

9.1.4. 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	0.13	2.34	34.14
3	0.26	8.40	57.41
4	0.39	16.79	69.82
5	0.52	26.09	71.37
6	0.65	34.88	62.05

9.1.5. 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]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.07	100, 30	5.65	5.65	0.02	0.00	-0.25	-0.25
2	0.17	100, 30	5.65	5.65	0.04	0.00	-0.60	-0.65
3	0.28	100, 30	5.65	5.65	0.08	0.01	-0.89	-1.10
4	0.38	100, 30	5.65	5.65	0.12	0.02	-1.09	-1.64
5	0.49	100, 30	5.65	5.65	0.18	0.03	-1.17	-2.31
6	0.59	100, 30	5.65	5.65	0.25	0.04	-1.09	-3.13
7	0.70	100, 30	5.65	5.65	0.35	0.06	-0.81	-4.15

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00
	Foglio 26 di 41

9.1.6. 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]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cm ²]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cm ²]

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}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 30	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.04	100, 30	5.65	5.65	0.01	0.02	0.62	0.01
3	0.08	100, 30	5.65	5.65	0.05	0.04	2.50	0.05
4	0.12	100, 30	5.65	5.65	0.12	0.06	5.68	0.11
5	0.16	100, 30	5.65	5.65	0.21	0.08	10.19	0.20
6	0.20	100, 30	5.65	5.65	0.33	0.10	16.06	0.32

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}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 30	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	100, 30	5.65	5.65	0.04	0.02	1.86	0.04
3	0.26	100, 30	5.65	5.65	0.14	0.03	6.69	0.13
4	0.39	100, 30	5.65	5.65	0.27	0.03	13.37	0.26
5	0.52	100, 30	5.65	5.65	0.43	0.03	20.78	0.41
6	0.65	100, 30	5.65	5.65	0.57	0.03	27.78	0.55

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00

Foglio
27 di 41

9.2. COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	824.30	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	767.82	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	299.87	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.65	[m]	Y = -0.56	[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 = 0.65	[m]	Y = -1.00	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	2210.00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.33	[m]	Y = -0.35	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	767.82	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	3897.37	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	341.07	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	2847.79	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	3897.37	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	767.82	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.15	[m]
Risultante in fondazione	3972.29	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11.15	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-265.73	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	26787.68	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.15	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.2183	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.4595	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 38.64$	$N_q = 26.09$	$N_\gamma = 26.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.77$	$i_q = 0.77$	$i_\gamma = 0.44$
Fattori profondità	$d_c = 1.10$	$d_q = 1.05$	$d_\gamma = 1.05$

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

$N'_c = 32.51$	$N'_q = 20.99$	$N'_\gamma = 12.03$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	8.35
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.05

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00
	Foglio 28 di 41

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 6.87
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 1.90

9.2.1. 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]

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

ϕ 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 Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.31 Y[m]= 0.62

Raggio del cerchio R[m]= 1.88

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -1.66

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1.48

Larghezza della striscia dx[m]= 0.13

Coefficiente di sicurezza C= 1.90

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	284.62	64.55	256.99	0.29	32.00	0.00	0.00
2	343.44	58.34	292.34	0.24	32.00	0.00	0.00
3	389.02	51.62	304.95	0.20	32.00	0.00	0.00
4	425.22	45.79	304.81	0.18	32.00	0.00	0.00
5	454.98	40.54	295.70	0.17	32.00	0.00	0.00
6	479.83	35.67	279.77	0.15	32.00	0.00	0.00
7	508.42	31.08	262.46	0.15	32.39	0.00	0.00
8	537.03	26.71	241.35	0.14	33.00	0.00	0.00
9	551.53	22.50	211.03	0.14	33.00	0.00	0.00
10	563.33	18.41	177.92	0.13	33.00	0.00	0.00
11	572.65	14.42	142.63	0.13	33.00	0.00	0.00
12	530.16	10.50	96.64	0.13	33.00	0.00	0.00
13	377.00	6.63	43.55	0.13	33.00	0.00	0.00
14	379.61	2.79	18.51	0.13	33.00	0.00	0.00
15	192.64	-1.03	-3.47	0.13	33.00	0.00	0.00
16	153.55	-4.86	-13.02	0.13	33.00	0.00	0.00

17	135.85	-8.72	-20.59	0.13	33.00	0.00	0.00
18	129.89	-12.61	-28.36	0.13	33.00	0.00	0.00
19	121.66	-16.56	-34.68	0.13	33.00	0.00	0.00
20	111.02	-20.60	-39.06	0.13	33.00	0.00	0.00
21	97.79	-24.75	-40.94	0.14	33.00	0.00	0.00
22	81.73	-29.04	-39.68	0.14	32.86	0.00	0.00
23	62.49	-33.52	-34.51	0.15	32.00	0.00	0.00
24	39.56	-38.25	-24.49	0.16	32.00	0.00	0.00
25	12.20	-43.32	-8.37	0.17	32.00	0.00	0.00

$\Sigma W_i = 7535.22$ [kg]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 2641.46$ [kg]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 4824.35$ [kg]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.43$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00 Foglio 30 di 41

9.2.2. 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	0.07	52.50	1.26	36.61
2	0.17	131.25	8.22	97.00
3	0.28	210.00	21.82	163.03
4	0.38	288.75	42.66	234.72
5	0.49	367.50	71.31	312.05
6	0.59	446.25	108.39	395.03
7	0.70	525.00	154.47	483.56

9.2.3. 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	0.04	1.17	59.01
3	0.08	4.77	121.38
4	0.12	10.92	187.11
5	0.16	19.78	256.19
6	0.20	31.46	328.62

9.2.4. 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	0.13	2.99	40.08
3	0.26	8.89	44.73
4	0.39	13.08	13.95
5	0.52	10.98	-52.27
6	0.65	-2.04	-153.92

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00
	Foglio 32 di 41

9.2.5. 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]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.07	100, 30	5.65	5.65	0.02	0.02	-0.18	-0.32
2	0.17	100, 30	5.65	5.65	0.09	0.05	-0.13	-1.09
3	0.28	100, 30	5.65	5.65	0.25	0.08	1.77	-2.40
4	0.38	100, 30	5.65	5.65	0.56	0.12	9.42	-3.98
5	0.49	100, 30	5.65	5.65	1.02	0.15	24.09	-5.42
6	0.59	100, 30	5.65	5.65	1.61	0.19	45.80	-6.67
7	0.70	100, 30	5.65	5.65	2.35	0.24	74.81	-7.75

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00
	Foglio 33 di 41

9.2.6. 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]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cm ²]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [kg/cm ²]

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}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 30	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.04	100, 30	5.65	5.65	0.02	0.03	0.93	0.02
3	0.08	100, 30	5.65	5.65	0.08	0.06	3.80	0.08
4	0.12	100, 30	5.65	5.65	0.18	0.09	8.70	0.17
5	0.16	100, 30	5.65	5.65	0.32	0.13	15.75	0.31
6	0.20	100, 30	5.65	5.65	0.51	0.16	25.06	0.50

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}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 30	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	100, 30	5.65	5.65	0.05	0.02	2.38	0.05
3	0.26	100, 30	5.65	5.65	0.14	0.02	7.08	0.14
4	0.39	100, 30	5.65	5.65	0.21	0.01	10.42	0.21
5	0.52	100, 30	5.65	5.65	0.18	-0.03	8.74	0.17
6	0.65	100, 30	5.65	5.65	0.03	-0.08	0.03	1.63

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00

Foglio
34 di 41

9.3. COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	384.70	[kg]	
Componente orizzontale della spinta statica	358.34	[kg]	
Componente verticale della spinta statica	139.95	[kg]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.65	[m]	Y = -0.62 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	21.33	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57.17	[°]	

Incremento sismico della spinta	41.48	[kg]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.65	[m]	Y = -0.33 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	54.73	[°]	
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0.65	[m]	Y = -1.00 [m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	1170.00	[kg]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.33	[m]	Y = -0.35 [m]
Inerzia del muro	66.60	[kg]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	56.16	[kg]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	519.74	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	2712.54	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	221.38	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1823.24	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	2712.54	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	519.74	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.15	[m]
Risultante in fondazione	2761.89	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	10.85	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-42.15	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	30102.38	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.15	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.2168	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.2550	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 38.64$	$N_q = 26.09$	$N_\gamma = 26.17$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.77$	$i_q = 0.77$	$i_\gamma = 0.45$
Fattori profondità	$d_c = 1.10$	$d_q = 1.05$	$d_\gamma = 1.05$

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

$N'_c = 32.76$	$N'_q = 21.15$	$N'_\gamma = 12.36$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	8.24
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.11
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.10
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.34

9.3.1. 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]

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

ϕ 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 Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.31 Y[m]= 0.93

Raggio del cerchio R[m]= 2.16

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -1.73

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1.64

Larghezza della striscia dx[m]= 0.13

Coefficiente di sicurezza C= 2.34

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	85.16	59.73	73.55	0.27	32.00	0.00	0.00
2	141.71	54.32	115.10	0.23	32.00	0.00	0.00
3	187.67	48.54	140.63	0.20	32.00	0.00	0.00
4	225.46	43.36	154.80	0.19	32.00	0.00	0.00
5	257.19	38.60	160.46	0.17	32.00	0.00	0.00
6	284.08	34.14	159.43	0.16	32.00	0.00	0.00
7	306.89	29.91	153.02	0.16	32.00	0.00	0.00
8	339.41	25.85	147.97	0.15	32.63	0.00	0.00
9	362.57	21.92	135.37	0.15	33.00	0.00	0.00
10	375.85	18.10	116.79	0.14	33.00	0.00	0.00
11	386.47	14.37	95.90	0.14	33.00	0.00	0.00

12	394.57	10.69	73.21	0.14	33.00	0.00	0.00
13	394.62	7.06	48.51	0.14	33.00	0.00	0.00
14	396.87	3.46	23.95	0.14	33.00	0.00	0.00
15	253.25	-0.13	-0.57	0.13	33.00	0.00	0.00
16	157.93	-3.72	-10.24	0.14	33.00	0.00	0.00
17	136.81	-7.32	-17.44	0.14	33.00	0.00	0.00
18	130.95	-10.96	-24.89	0.14	33.00	0.00	0.00
19	122.67	-14.63	-30.99	0.14	33.00	0.00	0.00
20	111.87	-18.38	-35.27	0.14	33.00	0.00	0.00
21	98.39	-22.20	-37.18	0.15	33.00	0.00	0.00
22	82.03	-26.13	-36.13	0.15	32.56	0.00	0.00
23	62.49	-30.21	-31.44	0.16	32.00	0.00	0.00
24	39.40	-34.45	-22.29	0.16	32.00	0.00	0.00
25	12.20	-38.93	-7.67	0.17	32.00	0.00	0.00

$\Sigma W_i = 5346.52$ [kg]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 1344.59$ [kg]
 $\Sigma W_i \tan \phi_i = 3428.79$ [kg]
 $\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.20$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00

Foglio
37 di 41

9.3.2. 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	0.07	52.50	0.51	14.88
2	0.17	131.25	3.41	41.27
3	0.28	210.00	9.34	72.35
4	0.38	288.75	18.77	108.13
5	0.49	367.50	32.21	148.59
6	0.59	446.25	50.14	193.75
7	0.70	525.00	73.06	243.50

9.3.3. 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	0.04	1.14	56.97
3	0.08	4.56	114.47
4	0.12	10.30	172.50
5	0.16	18.37	231.06
6	0.20	28.79	290.16

9.3.4. 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	0.13	-0.12	-2.82
3	0.26	-0.98	-11.26
4	0.39	-3.29	-25.31
5	0.52	-7.80	-44.99
6	0.65	-15.23	-70.29

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00

Foglio
39 di 41

9.3.5. 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]

σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]

τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]

σ_{fs} tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [kg/cmq]

σ_{fi} tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [kg/cmq]

Nr.	Y	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fs}	σ_{fi}
1	0.07	100, 30	5.65	5.65	0.02	0.01	-0.22	-0.28
2	0.17	100, 30	5.65	5.65	0.06	0.02	-0.43	-0.81
3	0.28	100, 30	5.65	5.65	0.12	0.04	-0.47	-1.52
4	0.38	100, 30	5.65	5.65	0.21	0.05	-0.21	-2.45
5	0.49	100, 30	5.65	5.65	0.36	0.07	1.16	-3.73
6	0.59	100, 30	5.65	5.65	0.60	0.09	5.39	-5.36
7	0.70	100, 30	5.65	5.65	0.94	0.12	14.21	-7.07

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVCLNV3104001A00 IG51-01-E-CV-CL-NV31-0D-001-A00
	Foglio 40 di 41

9.3.6. 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]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [kg/cmq]
σ_{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)

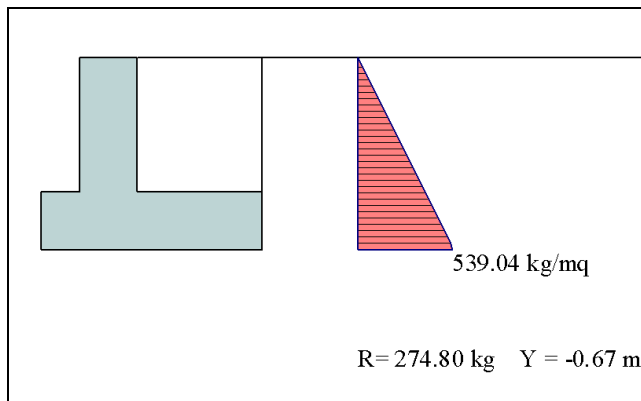
Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 30	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.04	100, 30	5.65	5.65	0.02	0.03	0.91	0.02
3	0.08	100, 30	5.65	5.65	0.07	0.06	3.64	0.07
4	0.12	100, 30	5.65	5.65	0.17	0.08	8.21	0.16
5	0.16	100, 30	5.65	5.65	0.30	0.11	14.63	0.29
6	0.20	100, 30	5.65	5.65	0.47	0.14	22.93	0.45

Fondazione di monte

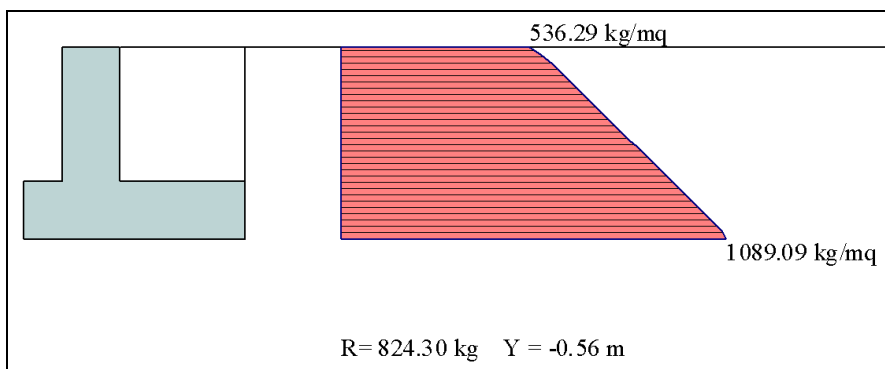
(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Nr.	X	B, H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
1	0.00	100, 30	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	100, 30	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.10
3	0.26	100, 30	5.65	5.65	0.02	-0.01	0.02	0.78
4	0.39	100, 30	5.65	5.65	0.05	-0.01	0.05	2.62
5	0.52	100, 30	5.65	5.65	0.13	-0.02	0.12	6.21
6	0.65	100, 30	5.65	5.65	0.25	-0.03	0.24	12.13

Diagrammi delle pressioni sul muro (Combinazione 1)



Diagrammi delle pressioni sul muro (Combinazione 2)



Diagrammi delle pressioni sul muro (Combinazione 3)

