

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

**NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO AL CANTIERE Pk 1+180
Opere d'arte minori: opere di sostegno gabbionate
L=34.00m (progr. km 0+169.19) - L=36.50m (progr. 0+233.04)
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 0 5 0 0	0 0 1	B

Progettazione :

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

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-CL-NV05-00-001-B00.DOC
-----------	---

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 3 di 61

INDICE

1.	PREMESSE	5
2.	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	9
2.1.	Normativa sismica	9
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	10
4.	CRITERI GENERALI VERIFICHE STRUTTURALI.....	11
5.	PARAMETRI GEOTECNICI.....	12
6.	ANALISI DEI CARICHI.....	13
6.1.	Peso proprio e permanenti.....	13
6.2.	Carichi accidentali.....	13
6.3.	Azione sismica	13
6.3.1.	Coefficiente di intensità sismica (C)	13
6.3.2.	Accelerazione al suolo.....	13
6.3.3.	Coefficiente di protezione sismica (I)	14
7.	CRITERI DI CALCOLO.....	15
7.1.	Calcolo della spinta sul muro.....	15
7.2.	Verifica a ribaltamento	16
7.3.	Verifica a scorrimento.....	17
7.4.	Verifica al carico limite	18
7.5.	Verifica alla stabilità globale.....	19
8.	ANALISI GABBIONATE H = 3.50M	20
8.1.	Geometria muro e fondazione	20
8.2.	Caratteristiche terreno	21
8.3.	Condizioni di carico	22
8.4.	Descrizione combinazioni di carico	23
8.5.	Impostazioni di analisi.....	23
8.6.	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati.....	24
8.7.	Analisi della spinta e verifiche.....	25
8.8.	Verifiche	26
8.9.	Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni	29
8.10.	Diagrammi.....	31
9.	ANALISI GABBIONATE H = 2.50M	32
9.1.	Geometria muro e fondazione	32
9.2.	Caratteristiche terreno	33
9.3.	Condizioni di carico	34
9.4.	Descrizione combinazioni di carico	35
9.5.	Impostazioni di analisi.....	35
9.6.	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati.....	36
9.7.	Analisi della spinta e verifiche.....	37
9.8.	Verifiche	38
9.9.	Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni	41
9.10.	Diagrammi.....	43
10.	ANALISI GABBIONATE H=1.50M	44
10.1.	Geometria muro e fondazione	44
10.2.	Caratteristiche terreno	46
10.3.	Condizioni di carico	48
10.4.	Descrizione combinazioni di carico	48
10.5.	Impostazioni di analisi.....	48
10.6.	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati.....	49

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc</p>	<p>Foglio 4 di 61</p>

10.7.	Analisi della spinta e verifiche	50
10.8.	Verifiche	51
10.9.	Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni	54
10.10.	Diagrammi.....	56
11.	VERIFICHE CORDOLO SICURVIA	57
11.1.	Verifiche geotecniche.....	57
11.2.	Verifiche di resistenza.....	59

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc</p> <p>Foglio 5 di 61</p>

1. PREMESSE

La seguente relazione di calcolo è relativa all'analisi e al dimensionamento delle gabbionate di sostegno alla strada in progetto alle progressive km 0+169.19 e 0+233.04 opere previste nell'ambito degli interventi della nuova viabilità per l'accesso al cantiere operativo al km 1+180.

Le gabbionate utilizzate sono quelle tipo Maccaferri per uso fluviale e stradale. La scelta di tale opera di sostegno è stata dettata dalla necessità di avere una certa flessibilità per poter adeguare la struttura alle condizioni geotecniche, che potrebbero essere in evoluzione nel tempo ed in relazione alle condizioni di drenaggio, trattandosi di una copertura detritica.

Le altezze delle gabbionate variano da 0.50m a 3.50m, le dimensioni del gabbione utilizzate per la composizione di queste opere sono le seguenti:

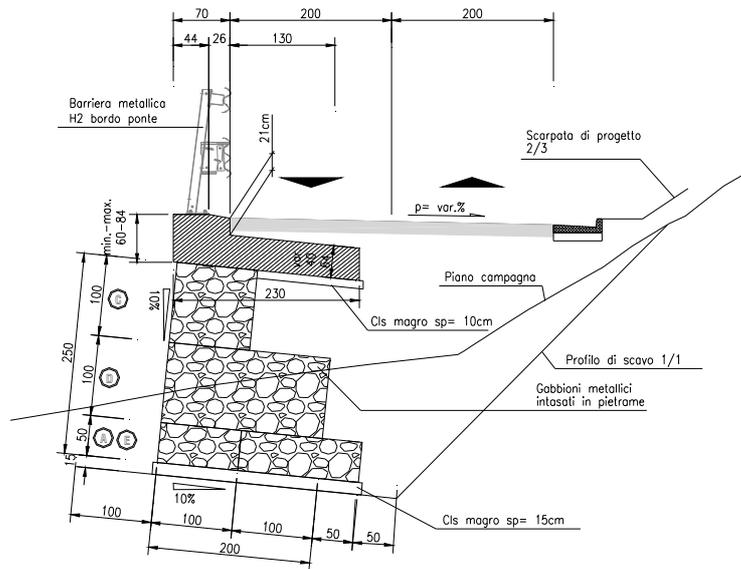
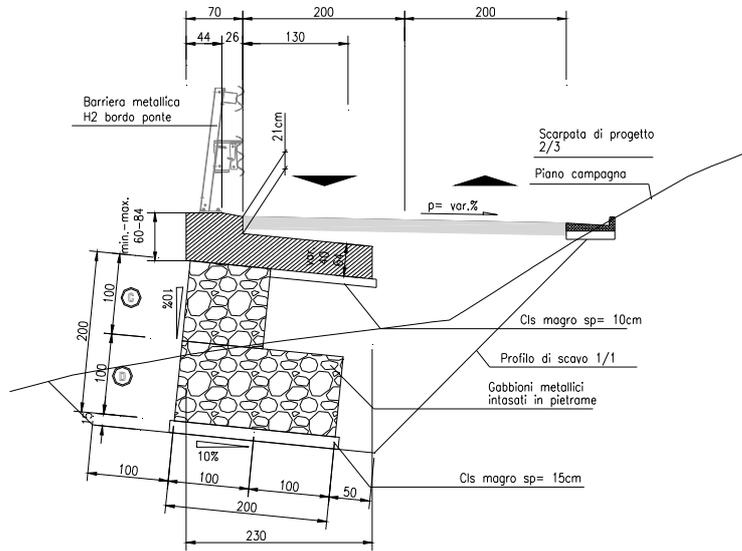
- Lunghezza: 1.0m, 1.50m, 2.0m
- Larghezza: 1.0m
- Altezza: 0.50m, 1.0m

Il piano di posa delle gabbionate è realizzato con inclinazione pari a 1/10 in modo da migliorare la resistenza del manufatto allo scivolamento. Per la disposizione si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

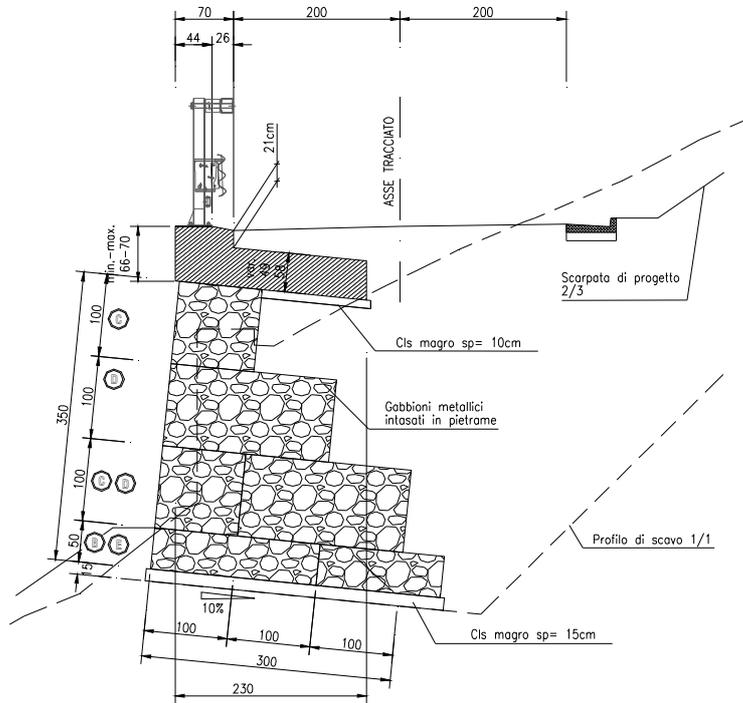
Alla sommità di tali opere è previsto un cordolo gettato in opera in c.a. sul quale viene alloggiata la barriera di sicurezza tipo bordo ponte.

Di seguito viene eseguita la verifica a gravità per le situazioni più significative per estensione e per altezza assumendo il dimensionamento così ottenuto esaustivo anche per le rimanenti tipologie; si analizzano le gabbionate di altezza pari a 1.50m, 2.50m e 3.50m.

Si riportano nelle pagine seguenti alcune sezioni tipologiche, per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.



Sezioni tipologiche gabbionate



Sezioni tipologiche gabbionate

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc</p> <p>Foglio 9 di 61</p>

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

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

2.1. Normativa sismica

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	Foglio 10 di 61

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

Calcestruzzo per cordolo in c.a. C32/40 (ex cls $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$)

Classe di resistenza	C 32/40
Classe di esposizione	XF1
Classe di consistenza Slump	S3+S5
Diametro max aggregato	32mm
Classe contenuto cloruri	Cl 0.2

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

Limite di snervamento	$f_y = 450.00$	N/mm^2
Limite di rottura	$f_t = 540.00$	N/mm^2

Magrone di pulizia e livellamento

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

Caratteristiche rete metallica gabbioni

Si ipotizza l'utilizzo di maglia esagonale tipo 8x10, con diametro interno del filo di 2.70 mm. Il filo dovrà avere una resistenza a trazione di 380-550 N/mm^2 .

I gabbioni sono riempiti in cantiere con pietre per creare una struttura flessibile, permeabile e monolitica; si ipotizza un peso specifico minimo di 24 kN/m^3 .

Resistenze di calcolo dei materiali

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

Calcestruzzo per cordolo in c.a. C32/40 (ex cls $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$)

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} =$	40.00	N/mm^2
Compressione ammissibile	$\sigma_c = 6 + [(R_{ck} - 15) / 4]$	$= 12.25$	N/mm^2
Trazione ammissibile senza armatura a taglio	$\tau_{c0} = 0.4 + [(R_{ck} - 15) / 75]$	$= 0.73$	N/mm^2
Trazione ammissibile con armatura a taglio	$\tau_{c1} = 1.4 + [(R_{ck} - 15) / 35]$	$= 2.11$	N/mm^2

Acciaio ordinario per armatura lenta B450C (ex Fe B44k)

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc</p> <p>Foglio 11 di 61</p>

4. CRITERI GENERALI VERIFICHE STRUTTURALI

Criterio di verifica

Il dimensionamento e la verifica delle strutture in calcestruzzo armato viene condotto con riferimento al criterio delle tensioni ammissibili considerando le caratteristiche di resistenza dei materiali di norma secondo le classi definite negli elaborati grafici di progetto.

Copriferro

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

Interasse tra le barre

Si pone:

Interasse massimo = 30cm

Diametro massimo = 30mm

Percentuale minima di armatura per i muri

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

5. PARAMETRI GEOTECNICI

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

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

Stratigrafia	Spessore (m)	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (MPa)
Rilevato (a tergo dei muri)	-	20.00	35°	0.0	-
Copertura detritica	1.0-3.0	19.00	27°	15	10-25
Argiloscisti alterate	4.00	23-24	22°-24°	70-100	40-60
Substrato di argiloscisti	-	25-27	24°-25°	100-150	70-90

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 13 di 61

6. ANALISI DEI CARICHI

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

6.1. Peso proprio e permanenti

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

gabbionate: $\gamma_{cls} = 24 \text{ kN/m}^3$;

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

6.2. Carichi accidentali

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

6.3. Azione sismica

6.3.1. Coefficiente di intensità sismica (C)

La normativa di riferimento (DM 16/01/96) prevede che il coefficiente di intensità sismica (C) venga calcolato sulla base della correlazione di cui al seguito (con "S" si indica il *grado di sismicità* del comune):

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

Si considera:

$$S = 6$$

$$C = 0.04$$

6.3.2. Accelerazione al suolo

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

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

Dove:

C = coefficiente di intensità sismica

ε = coefficiente di fondazione (pari a 1.0)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 14 di 61

6.3.3. Coefficiente di protezione sismica (I)

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

Opera	γ
Edifici la cui funzionalità durante il terremoto ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi, etc)	1.4
Opere che presentano particolare rischio per le caratteristiche d'uso	1.2
Altri edifici	1.0

Coefficiente di protezione sismica

Si considera $I = 1.0$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	
		Foglio 15 di 61

7. CRITERI DI CALCOLO

7.1. Calcolo della spinta sul muro

Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione 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.

Spinta in presenza di sisma

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

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

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
<p>Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc</p>	<p>Foglio 16 di 61</p>

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

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

$$F_i = CW$$

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

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

7.2. Verifica a ribaltamento

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc</p> <p>Foglio 17 di 61</p>

7.3. Verifica a scorrimento

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

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

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

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

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	Foglio 18 di 61

7.4. Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a 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.

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:

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

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

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

7.5. Verifica alla stabilità globale

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

8. ANALISI GABBIONATE H = 3.50m

8.1. Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in pietrame

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

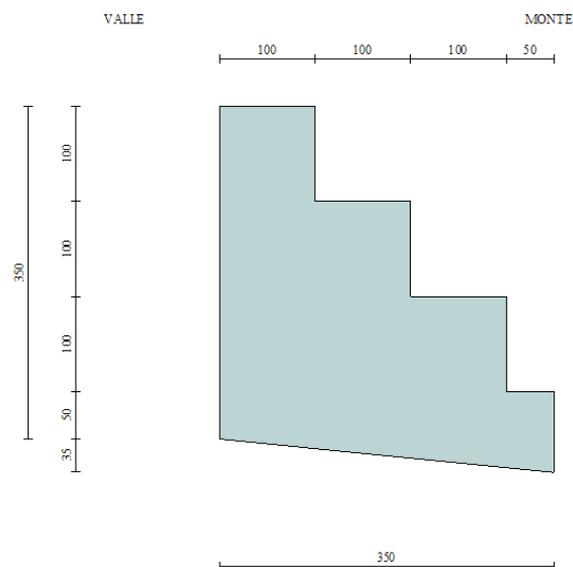
Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
α_e	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
α_i	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
2	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00
3	3.00	3.00	1.00	0.00	0.00
4	3.50	3.50	0.50	0.00	0.00

Altezza del paramento 3.50 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.00 [m]
Lunghezza totale fondazione	3.50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	5.71 [°]
Spessore fondazione	0.00 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 21 di 61

Materiali utilizzati per la struttura

Pietrame

Peso specifico	24.000 [kN/mc]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	10.00 [N/mm ²]
Angolo di attrito interno ϕ_p	40.00 [°]
Resistenza a taglio τ_p	5.00 [N/mm ²]

8.2. Caratteristiche terreno

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00
2	13.50	5.00	30.47

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	15.00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	21.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Detriti	19.00	20.00	27.00	27.00	0.0150	0.0000
Roccia alterata	23.00	24.00	23.00	15.33	0.0800	0.0000
Substrato	24.00	25.00	24.00	16.00	0.1200	0.0000



Stratigrafia

Simbologia adottata

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	3.85	0.00	2.26	0.00	Rilevato
2	2.00	0.00	2.33	0.00	Detriti
3	4.00	0.00	0.00	0.00	Roccia alterata
4	5.00	0.00	0.00	0.00	Substrato

8.3. Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN/m]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Acc)

D	Profilo	X _i =0.50	X _f =4.50	Q _i =20.0000	Q _f =20.0000
---	---------	----------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 23 di 61

8.4. 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
Acc	1.00

Combinazione n° 3 - Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

8.5. Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 24 di 61

8.6. Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	TAMM - [1]	--	13.57	13.42	8.24	2.29
2	TAMM - [2]	--	6.14	8.59	6.45	2.06
3	TAMM - [3]	Orizzontale	5.83	7.95	6.79	2.11

Si riportano di seguito le verifiche per la combinazione dimensionante COMB.2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	
		Foglio 25 di 61

8.7. Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

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

Sisma

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

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

Peso muro	200.6985 [kN]
Baricentro del muro	X=0.37 Y=-2.26

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 2.50	Y = -3.85
Punto superiore superficie di spinta	X = 2.50	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	3.85 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 26 di 61

8.8. Verifiche

Si eseguono le verifiche per la combinazione dimensionante.

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	60.9950	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	60.9950	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0.0000	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.50	[m]	Y = -2.35	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62.56	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2.50	[m]	Y = -3.85	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	130.0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.53	[m]	Y = -1.06	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	60.9950	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	330.6985	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	70.3456	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	604.4075	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	335.1262	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	27.7900	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.52	[m]
Risultante in fondazione	336.2765	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	4.74	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	55.3333	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	2162.0707	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.52	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.12211	[N/mm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.06844	[N/mm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_\gamma = 9.46$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.90$	$i_q = 0.90$	$i_\gamma = 0.68$
Fattori profondità	$d_c = 1.05$	$d_q = 1.02$	$d_\gamma = 1.02$

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

$N'_c = 22.48$	$N'_q = 12.12$	$N'_\gamma = 6.58$
----------------	----------------	--------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	8.59
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.14
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	6.45
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.06

Stabilità globale muro + terreno**Combinazione n° 2**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

 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 [N/mmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3.12 Y[m]= 3.12

Raggio del cerchio R[m]= 8.96

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7.45

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5.35

Larghezza della striscia dx[m]= 0.51

Coefficiente di sicurezza C= 2.06

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	4.6652	66.60	4.2816	0.0126	35.00	0.000	0.000
2	17.8465	59.54	15.3839	0.0099	35.00	0.000	0.000
3	32.6995	53.55	26.3033	0.0085	35.00	0.000	0.000
4	39.1963	48.33	29.2787	0.0076	35.00	0.000	0.000
5	44.6400	43.60	30.7857	0.0069	35.00	0.000	0.000
6	49.9944	39.22	31.6144	0.0065	31.74	0.006	0.000
7	55.7014	35.11	32.0340	0.0061	27.00	0.015	0.000
8	60.0648	31.19	31.1053	0.0059	27.00	0.015	0.000
9	63.8706	27.43	29.4210	0.0057	27.00	0.015	0.000
10	61.9534	23.79	24.9930	0.0055	27.00	0.015	0.000
11	60.1809	20.26	20.8347	0.0054	27.00	0.015	0.000
12	62.7786	16.80	18.1425	0.0052	27.00	0.015	0.000
13	41.1810	13.40	9.5452	0.0052	27.00	0.015	0.000
14	25.1031	10.05	4.3825	0.0051	27.00	0.015	0.000
15	24.4340	6.74	2.8680	0.0051	27.00	0.015	0.000
16	23.4733	3.45	1.4126	0.0050	27.00	0.015	0.000
17	22.2256	0.17	0.0662	0.0050	27.00	0.015	0.000
18	20.6924	-3.11	-1.1220	0.0050	27.00	0.015	0.000
19	18.8780	-6.40	-2.1035	0.0051	27.00	0.015	0.000
20	16.8247	-9.71	-2.8371	0.0051	27.00	0.015	0.000
21	14.4860	-13.05	-3.2714	0.0052	27.00	0.015	0.000
22	11.8382	-16.44	-3.3507	0.0052	27.00	0.015	0.000
23	8.8666	-19.89	-3.0168	0.0053	27.00	0.015	0.000
24	5.5511	-23.42	-2.2063	0.0055	27.00	0.015	0.000
25	1.8652	-27.04	-0.8481	0.0056	27.00	0.015	0.000

 $\Sigma W_i = 789.0108$ [kN] $\Sigma W_i \sin\alpha_i = 293.6967$ [kN] $\Sigma W_i \tan\phi_i = 433.9836$ [kN] $\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i = 6.41$

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

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

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [N/mm ²]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.17	100.00	4.00	0.00	0.08	0.10	0.004	2.00	0.0066468.29	478.25	
3	0.33	100.00	8.00	0.03	0.30	0.42	0.008	4.00	0.0316628.14	119.56	
4	0.50	100.00	12.00	0.12	0.73	0.96	0.013	6.00	0.12 6900.84	51.90	
5	0.67	100.00	16.00	0.29	1.49	1.84	0.018	8.00	0.29 3368.28	27.19	
6	0.83	100.00	20.00	0.63	2.65	3.17	0.024	10.00	0.63 1890.27	15.77	
7	1.00	100.00	24.00	1.20	4.20	5.00	0.031	12.00	1.20 1195.70	10.00	
8	1.00	200.00	44.00	5.61	8.12	12.75	0.030	42.00	3.61 1235.42	11.64	
9	1.17	200.00	52.00	7.12	10.01	13.69	0.037	50.00	5.12 1003.75	9.77	
10	1.33	200.00	60.00	8.95	12.04	14.92	0.043	58.00	6.95 834.84	8.34	
11	1.50	200.00	68.00	11.14	14.22	16.38	0.051	66.00	9.14 707.17	7.22	
12	1.67	200.00	76.00	13.70	16.56	18.03	0.059	74.00	11.70 607.90	6.32	
13	1.83	200.00	84.00	16.67	19.04	19.84	0.067	82.00	14.67 528.94	5.59	
14	2.00	200.00	92.00	20.06	21.67	21.80	0.076	90.00	18.06 464.95	4.98	
15	2.00	300.00	132.00	26.06	21.67	19.74	0.061	190.00	18.06 697.19	10.52	
16	2.17	300.00	144.00	29.90	24.46	20.76	0.068	208.00	21.90 618.21	9.50	
17	2.33	300.00	156.00	34.22	27.39	21.93	0.075	226.00	26.22 552.33	8.62	
18	2.50	300.00	168.00	39.04	30.48	23.24	0.082	244.00	31.04 496.74	7.86	
19	2.67	300.00	180.00	44.39	33.72	24.66	0.090	262.00	36.39 449.35	7.20	
20	2.83	300.00	192.00	50.29	37.11	26.19	0.098	280.00	42.29 408.60	6.62	
21	3.00	300.00	204.00	56.76	40.64	27.82	0.106	298.00	48.76 373.28	6.11	
22	3.00	350.00	234.00	62.76	40.64	26.82	0.098	395.50	48.76 435.44	8.11	
23	3.17	350.00	248.28	69.99	44.40	28.19	0.105	420.49	55.99 398.82	7.51	
24	3.34	350.00	262.56	77.87	48.32	29.66	0.113	445.48	63.87 366.72	6.98	
25	3.51	350.00	276.83	86.41	52.40	31.21	0.121	470.47	72.43 338.41	6.50	
26	3.68	350.00	287.23	91.22	56.63	31.76	0.127	493.12	81.69 313.27	6.04	

8.9. Involuppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

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

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzio normale [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [N/mm ²]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

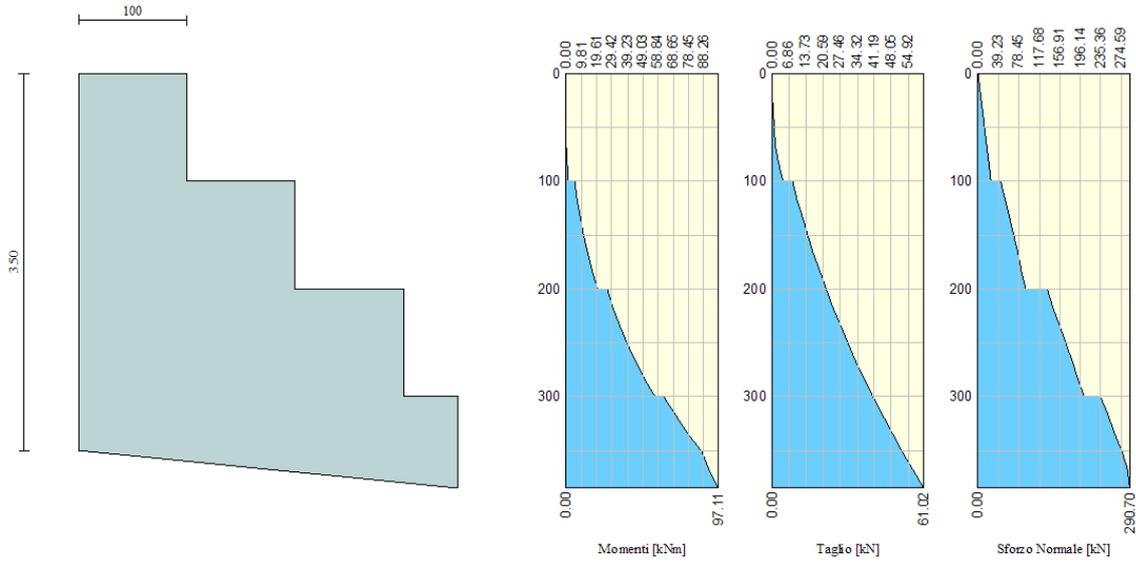
Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.17	100.00	4.00	4.00	0.00	0.04	0.08	0.51
3	0.33	100.00	8.00	8.00	0.03	0.18	0.30	1.15
4	0.50	100.00	12.00	12.00	0.11	0.43	0.68	1.93
5	0.67	100.00	16.00	16.00	0.27	0.83	1.20	2.85
6	0.83	100.00	20.00	20.00	0.52	1.39	1.88	3.91
7	1.00	100.00	24.00	24.00	0.90	2.14	2.71	5.11
8	1.00	200.00	44.00	44.00	2.90	5.61	2.71	8.12
9	1.17	200.00	52.00	52.00	3.43	7.12	3.69	10.01
10	1.33	200.00	60.00	60.00	4.14	8.95	4.82	12.04
11	1.50	200.00	68.00	68.00	5.05	11.14	6.10	14.22
12	1.67	200.00	76.00	76.00	6.18	13.70	7.53	16.56
13	1.83	200.00	84.00	84.00	7.57	16.67	9.11	19.04
14	2.00	200.00	92.00	92.00	9.23	20.06	10.84	21.67
15	2.00	300.00	132.00	132.00	15.23	26.06	10.84	21.67
16	2.17	300.00	144.00	144.00	17.19	29.90	12.72	24.46
17	2.33	300.00	156.00	156.00	19.48	34.22	14.75	27.39
18	2.50	300.00	168.00	168.00	22.11	39.04	16.94	30.48
19	2.67	300.00	180.00	180.00	25.13	44.39	19.27	33.72
20	2.83	300.00	192.00	192.00	28.55	50.29	21.75	37.11
21	3.00	300.00	204.00	204.00	32.39	56.76	24.39	40.64
22	3.00	350.00	234.00	234.00	38.39	62.76	24.39	40.64
23	3.17	350.00	248.28	248.28	42.77	69.99	27.23	44.40
24	3.34	350.00	262.56	262.56	47.65	77.87	30.23	48.32
25	3.51	350.00	276.83	276.83	53.04	86.41	33.38	52.40
26	3.68	350.00	287.23	287.23	54.54	91.22	36.69	56.63
27	3.85	350.00	290.70	290.70	56.97	97.11	40.16	61.02



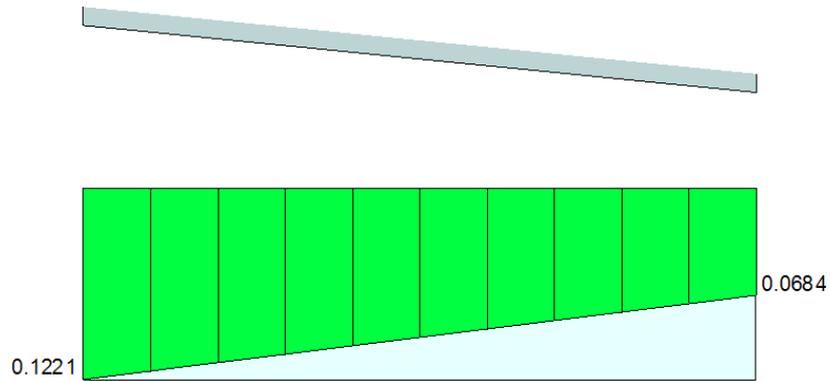
Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0.00	100.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.17	100.00	1.01	0.004	2.00	0.04	9894.08	49.73
3	0.33	100.00	2.20	0.009	4.00	0.18	4353.78	22.69
4	0.50	100.00	3.59	0.015	6.00	0.43	2592.09	13.91
5	0.67	100.00	5.18	0.021	8.00	0.83	1756.46	9.66
6	0.83	100.00	6.95	0.028	10.00	1.39	1281.65	7.19
7	1.00	100.00	8.92	0.037	12.00	2.14	981.85	5.61
8	1.00	200.00	9.41	0.028	42.00	3.61	1963.05	19.62
9	1.17	200.00	9.84	0.034	50.00	5.12	1519.43	16.05
10	1.33	200.00	10.59	0.040	58.00	6.95	1218.83	13.33
11	1.50	200.00	11.58	0.046	66.00	9.14	1003.67	11.24
12	1.67	200.00	12.76	0.053	74.00	11.70	843.34	9.61
13	1.83	200.00	14.12	0.060	82.00	14.67	720.10	8.32
14	2.00	200.00	15.62	0.068	90.00	18.06	623.01	7.28
15	2.00	300.00	15.43	0.058	190.00	18.06	934.21	15.36
16	2.17	300.00	16.16	0.064	208.00	21.90	810.18	13.62
17	2.33	300.00	17.05	0.070	226.00	26.22	710.67	12.15
18	2.50	300.00	18.08	0.076	244.00	31.04	629.39	10.91
19	2.67	300.00	19.24	0.083	262.00	36.39	561.96	9.84
20	2.83	300.00	20.50	0.090	280.00	42.29	505.30	8.93
21	3.00	300.00	21.88	0.098	298.00	48.76	457.16	8.13
22	3.00	350.00	21.64	0.092	395.50	48.76	533.29	10.80
23	3.17	350.00	22.78	0.099	420.49	55.99	483.17	9.88
24	3.34	350.00	24.03	0.106	445.48	63.87	440.11	9.07
25	3.51	350.00	25.37	0.113	470.47	72.43	402.81	8.36
26	3.68	350.00	25.62	0.118	493.12	81.69	371.40	7.70

8.10. Diagrammi

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni massime.



Sollecitazioni sul paramento – Comb. 2



Pressioni sul terreno – Comb. 2

9. ANALISI GABBIONATE H = 2.50m

9.1. Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in pietra

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

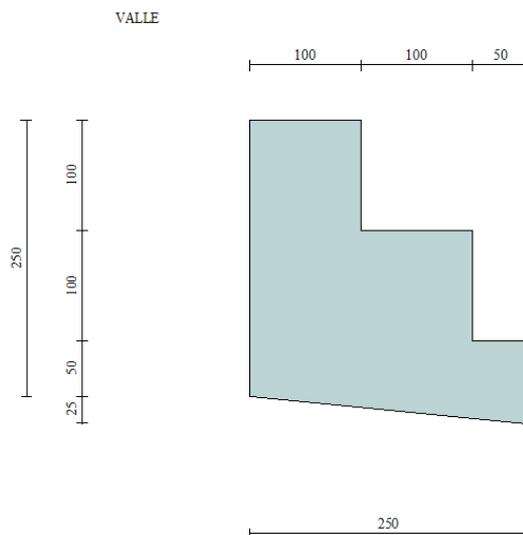
Nr.	numero d'ordine del gradone (a partire dall'alto)
Bs	base superiore del gradone espressa in [m]
Bi	base inferiore del gradone espressa in [m]
Hg	altezza del gradone espressa in [m]
α_e	inclinazione esterna del gradone espressa in [°]
α_i	inclinazione interna del gradone espressa in [°]

Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
2	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00
3	2.50	2.50	0.50	0.00	0.00

Altezza del paramento 2.50 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	5.71 [°]
Spessore fondazione	0.00 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	Foglio 33 di 61

Materiali utilizzati per la struttura

Pietrame

Peso specifico	24.000 [kN/mc]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	10.00 [N/mm ²]
Angolo di attrito interno ϕ_p	40.00 [°]

9.2. Caratteristiche terreno

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00
2	13.50	5.00	30.47

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	15.00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	21.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Detriti	19.00	20.00	27.00	27.00	0.0150	0.0000
Roccia alterata	23.00	24.00	23.00	15.33	0.0800	0.0000
Substrato	24.00	25.00	24.00	16.00	0.1200	0.0000

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 34 di 61

Stratigrafia

Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	2.75	0.00	2.26	0.00	Rilevato
2	2.00	0.00	2.17	0.00	Detriti
3	4.00	0.00	0.00	0.00	Roccia alterata
4	5.00	0.00	0.00	0.00	Substrato

9.3. Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN/m]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Acc)

D	Profilo	X _i =0.50	X _f =4.50	Q _i =20.0000	Q _f =20.0000
---	---------	----------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 35 di 61

9.4. 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
Acc	1.00

Combinazione n° 3 - Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

9.5. Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	
		Foglio 36 di 61

9.6. Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	TAMM - [1]	--	13.97	13.54	10.45	2.69
2	TAMM - [2]	--	4.78	7.31	7.66	2.24
3	TAMM - [3]	Orizzontale	5.91	7.99	8.73	2.47

Si riportano di seguito le verifiche per la combinazione dimensionante COMB.2

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	Foglio 37 di 61

9.7. Analisi della spinta e verifiche

Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

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

Sisma

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

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

Peso muro	109.4992 [kN]
Baricentro del muro	X=0.00 Y=-1.56

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.50	Y = -2.75
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.50	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	2.75 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 38 di 61

9.8. Verifiche

Si eseguono le verifiche per la combinazione dimensionante.

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	35.3757	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	35.3757	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0.0000	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.50	[m]	Y = -1.64	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62.50	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.50	[m]	Y = -2.75	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	60.0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.88	[m]	Y = -0.75	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	35.3757	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	169.4992	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	30.4204	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	222.4987	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	172.1779	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	18.3361	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.14	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.51	[m]
Risultante in fondazione	173.1515	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6.08	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	24.2172	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1318.7045	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.51	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.09155	[N/mmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.04551	[N/mmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_\gamma = 9.46$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.87$	$i_q = 0.87$	$i_\gamma = 0.60$
Fattori profondità	$d_c = 1.06$	$d_q = 1.03$	$d_\gamma = 1.03$

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

$$N'_c = 22.17 \qquad N'_q = 11.85 \qquad N'_\gamma = 5.87$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.31
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.78
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	7.66
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.24

Stabilità globale muro + terreno**Combinazione n° 2**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

 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 [N/mmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2.23 Y[m]= 2.51

Raggio del cerchio R[m]= 6.45

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5.32

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3.72

Larghezza della striscia dx[m]= 0.36

Coefficiente di sicurezza C= 2.24

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	9.8026	63.05	8.7380	0.0078	35.00	0.000	0.000
2	14.3932	57.08	12.0822	0.0065	35.00	0.000	0.000
3	18.0584	51.54	14.1404	0.0057	35.00	0.000	0.000
4	21.0874	46.62	15.3256	0.0052	35.00	0.000	0.000
5	23.6523	42.11	15.8602	0.0048	35.00	0.000	0.000
6	25.8519	37.91	15.8829	0.0045	35.00	0.000	0.000
7	28.6459	33.93	15.9910	0.0043	28.13	0.013	0.000
8	31.0330	30.14	15.5814	0.0041	27.00	0.015	0.000
9	32.3773	26.49	14.4392	0.0040	27.00	0.015	0.000
10	26.9986	22.94	10.5253	0.0039	27.00	0.015	0.000
11	29.0271	19.50	9.6872	0.0038	27.00	0.015	0.000
12	30.2222	16.12	8.3902	0.0037	27.00	0.015	0.000
13	30.8244	12.80	6.8279	0.0036	27.00	0.015	0.000
14	13.5071	9.52	2.2341	0.0036	27.00	0.015	0.000
15	12.2869	6.27	1.3429	0.0036	27.00	0.015	0.000
16	11.7890	3.05	0.6271	0.0036	27.00	0.015	0.000
17	11.1510	-0.17	-0.0325	0.0035	27.00	0.015	0.000
18	10.3733	-3.38	-0.6122	0.0036	27.00	0.015	0.000
19	9.4554	-6.61	-1.0885	0.0036	27.00	0.015	0.000
20	8.3950	-9.86	-1.4375	0.0036	27.00	0.015	0.000
21	7.1894	-13.14	-1.6344	0.0036	27.00	0.015	0.000
22	5.8560	-16.47	-1.6599	0.0037	27.00	0.015	0.000
23	4.3750	-19.85	-1.4856	0.0038	27.00	0.015	0.000
24	2.7260	-23.31	-1.0786	0.0039	27.00	0.015	0.000
25	0.8965	-26.86	-0.4050	0.0040	27.00	0.015	0.000

 $\Sigma W_i = 419.9750$ [kN] $\Sigma W_i \sin\alpha_i = 158.2414$ [kN] $\Sigma W_i \tan\phi_i = 236.2223$ [kN] $\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i = 5.89$

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

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

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [N/mm ²]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	100.00	3.00	0.00	0.04	0.06	0.003	1.50	0.00118147.30	850.23	
3	0.25	100.00	6.00	0.01	0.17	0.24	0.006	3.00	0.0129551.34	212.56	
4	0.38	100.00	9.00	0.05	0.38	0.53	0.009	4.50	0.0513140.48	94.47	
5	0.50	100.00	12.00	0.11	0.69	0.94	0.013	6.00	0.117265.10	53.03	
6	0.63	100.00	15.00	0.23	1.20	1.52	0.016	7.50	0.234168.39	32.81	
7	0.75	100.00	18.00	0.43	2.00	2.37	0.021	9.00	0.432513.82	21.13	
8	0.88	100.00	21.00	0.74	2.99	3.50	0.025	10.50	0.741679.64	14.27	
9	1.00	100.00	24.00	1.18	4.12	4.91	0.031	12.00	1.181218.15	10.18	
10	1.00	200.00	44.00	5.61	8.12	12.75	0.030	42.00	3.611235.42	11.64	
11	1.13	200.00	50.00	6.71	9.52	13.42	0.035	48.00	4.711054.65	10.19	
12	1.25	200.00	56.00	7.99	11.00	14.27	0.040	54.00	5.99913.07	9.01	
13	1.38	200.00	62.00	9.46	12.57	15.27	0.045	60.00	7.46799.67	8.04	
14	1.50	200.00	68.00	11.14	14.22	16.38	0.051	66.00	9.14707.17	7.22	
15	1.63	200.00	74.00	13.02	15.96	17.60	0.057	72.00	11.02630.55	6.53	
16	1.75	200.00	80.00	15.13	17.78	18.91	0.063	78.00	13.13566.26	5.94	
17	1.88	200.00	86.00	17.47	19.68	20.32	0.069	84.00	15.47511.70	5.43	
18	2.00	200.00	92.00	20.06	21.67	21.80	0.076	90.00	18.06464.95	4.98	
19	2.00	250.00	112.00	23.06	21.67	20.59	0.067	135.00	18.06581.08	7.48	
20	2.12	250.00	119.50	25.89	23.75	21.67	0.073	144.37	20.89530.58	6.91	
21	2.25	250.00	127.00	29.00	25.91	22.83	0.079	153.75	24.00486.60	6.41	
22	2.37	250.00	134.50	32.37	28.15	24.07	0.085	163.12	27.37448.04	5.96	
23	2.50	250.00	142.00	36.04	30.48	25.38	0.091	172.50	31.04414.01	5.56	
24	2.62	250.00	147.62	38.43	32.89	26.04	0.096	181.09	35.00383.78	5.17	

9.9. Involuppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

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

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [N/mm ²]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	100.00	3.00	3.00	0.00	0.02	0.04	0.31
3	0.25	100.00	6.00	6.00	0.01	0.08	0.17	0.69
4	0.38	100.00	9.00	9.00	0.05	0.19	0.38	1.16
5	0.50	100.00	12.00	12.00	0.11	0.37	0.68	1.70
6	0.63	100.00	15.00	15.00	0.22	0.62	1.06	2.31
7	0.75	100.00	18.00	18.00	0.38	0.95	1.52	3.01
8	0.88	100.00	21.00	21.00	0.61	1.38	2.07	3.79
9	1.00	100.00	24.00	24.00	0.90	1.90	2.71	4.64
10	1.00	200.00	44.00	44.00	2.90	5.61	2.71	8.12
11	1.13	200.00	50.00	50.00	3.29	6.71	3.43	9.52
12	1.25	200.00	56.00	56.00	3.76	7.99	4.23	11.00
13	1.38	200.00	62.00	62.00	4.35	9.46	5.12	12.57
14	1.50	200.00	68.00	68.00	5.05	11.14	6.10	14.22
15	1.63	200.00	74.00	74.00	5.88	13.02	7.16	15.96
16	1.75	200.00	80.00	80.00	6.84	15.13	8.30	17.78
17	1.88	200.00	86.00	86.00	7.95	17.47	9.53	19.68
18	2.00	200.00	92.00	92.00	9.23	20.06	10.84	21.67
19	2.00	250.00	112.00	112.00	12.23	23.06	10.84	21.67
20	2.12	250.00	119.50	119.50	13.67	25.89	12.24	23.75
21	2.25	250.00	127.00	127.00	15.29	29.00	13.72	25.91
22	2.37	250.00	134.50	134.50	17.10	32.37	15.28	28.15
23	2.50	250.00	142.00	142.00	19.11	36.04	16.94	30.48
24	2.62	250.00	147.62	147.62	19.78	38.43	18.67	32.89
25	2.75	250.00	149.50	149.50	20.66	41.14	20.49	35.39

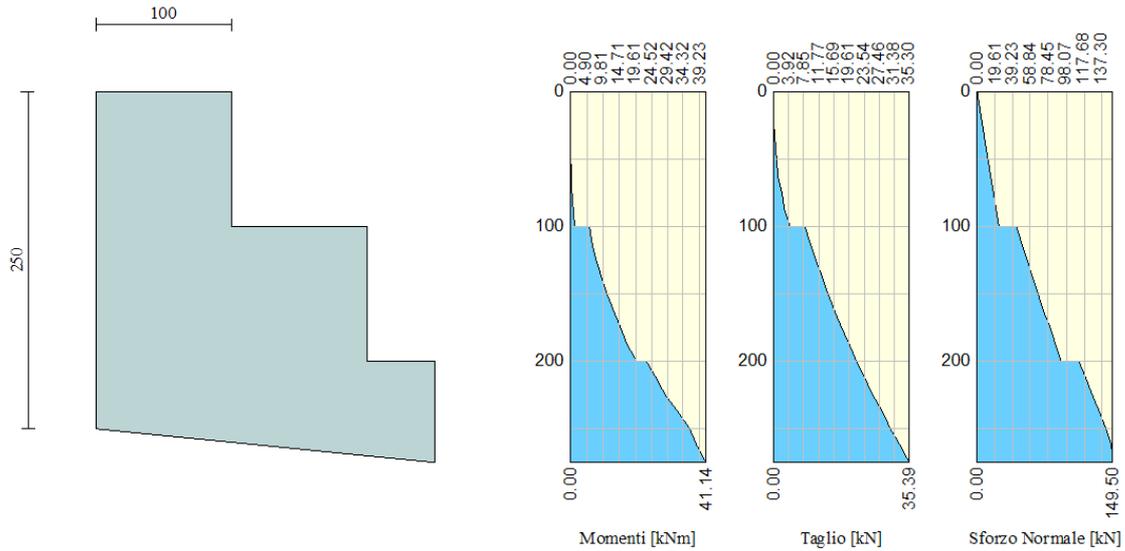
Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0.00	100.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.13	100.00	0.61	0.003	1.50	0.02	16291.53	81.61
3	0.25	100.00	1.33	0.006	3.00	0.08	7231.89	37.49
4	0.38	100.00	2.16	0.010	4.50	0.19	4335.36	23.12
5	0.50	100.00	3.10	0.014	6.00	0.37	2954.10	16.13
6	0.63	100.00	4.15	0.019	7.50	0.62	2165.41	12.06
7	0.75	100.00	5.30	0.024	9.00	0.95	1665.22	9.43
8	0.88	100.00	6.56	0.029	10.50	1.38	1325.15	7.62
9	1.00	100.00	7.93	0.035	12.00	1.90	1082.11	6.30
10	1.00	200.00	8.87	0.028	42.00	3.61	2163.51	22.06



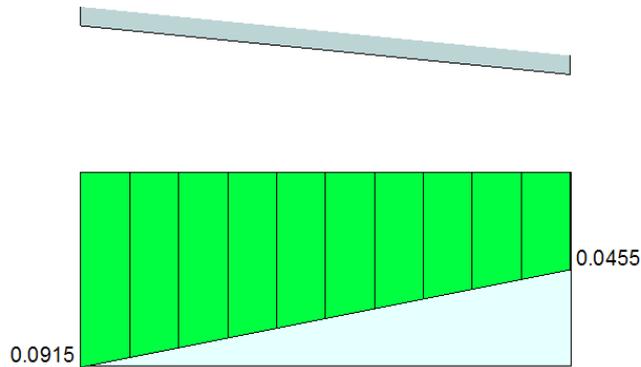
11	1.13	200.00	9.10	0.032	48.00	4.71	1764.88	18.83
12	1.25	200.00	9.52	0.036	54.00	5.99	1473.49	16.22
13	1.38	200.00	10.09	0.040	60.00	7.46	1252.57	14.10
14	1.50	200.00	10.79	0.045	66.00	9.14	1080.28	12.36
15	1.63	200.00	11.60	0.050	72.00	11.02	942.84	10.93
16	1.75	200.00	12.51	0.055	78.00	13.13	831.13	9.74
17	1.88	200.00	13.51	0.060	84.00	15.47	738.91	8.73
18	2.00	200.00	14.59	0.066	90.00	18.06	661.78	7.88
19	2.00	250.00	14.66	0.061	135.00	18.06	827.08	11.82
20	2.12	250.00	15.42	0.065	144.37	20.89	742.89	10.75
21	2.25	250.00	16.27	0.071	153.75	24.00	671.52	9.81
22	2.37	250.00	17.20	0.076	163.12	27.37	610.40	9.00
23	2.50	250.00	18.19	0.082	172.50	31.04	557.59	8.28
24	2.62	250.00	18.44	0.085	181.09	35.00	513.11	7.61

9.10. Diagrammi

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni massime.



Sollecitazioni sul paramento – Comb. 2



Pressioni sul terreno – Comb. 2



10. ANALISI GABBIONATE H=1.50m

10.1. Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a gradoni in pietrame

Descrizione dei gradoni

Simbologia adottata

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

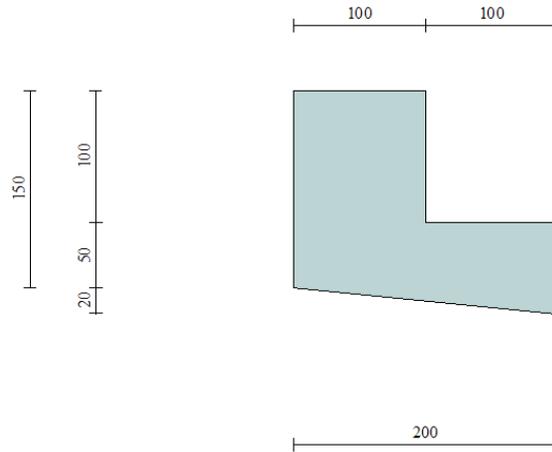
Nr.	Bs	Bi	Hg	α_e	α_i
1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
2	2.00	2.00	0.50	0.00	0.00

Altezza del paramento 1.50 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0.00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2.00 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	5.71 [°]
Spessore fondazione	0.00 [m]
Spessore magrone	0.00 [m]

VALLE

**Materiali utilizzati per la struttura***Pietrame*

Peso specifico

24.000 [kN/mc]

Tensione ammissibile a compressione σ_c 10.00 [N/mm²]Angolo di attrito interno ϕ_p

40.00 [°]

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	Foglio 46 di 61

10.2. Caratteristiche terreno

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	5.00	0.00	0.00
2	13.50	5.00	30.47

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	15.00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0.50	[m]

Falda

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Rilevato	20.00	21.00	35.00	0.00	0.0000	0.0000
Detriti	19.00	20.00	27.00	27.00	0.0150	0.0000
Roccia alterata	23.00	24.00	23.00	15.33	0.0800	0.0000
Substrato	24.00	25.00	24.00	16.00	0.1200	0.0000



Stratigrafia

Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	1.70	0.00	2.26	0.00	Rilevato
2	2.00	0.00	2.02	0.00	Detriti
3	4.00	0.00	0.00	0.00	Roccia alterata
4	5.00	0.00	0.00	0.00	Substrato

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc	Foglio 48 di 61

10.3. Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

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

F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

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

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

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

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

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

Condizione n° 1 (Acc)

D Profilo $X_i=0.50$ $X_f=4.50$ $Q_i=20.0000$ $Q_f=20.0000$

10.4. 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
Acc	1.00

Combinazione n° 3 - Tensioni ammissibili - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

10.5. Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 49 di 61

10.6. Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	TAMM - [1]	--	68.67	25.20	18.23	3.92
2	TAMM - [2]	--	4.92	9.87	12.74	2.91
3	TAMM - [3]	Orizzontale	9.23	13.31	15.74	3.52

Di seguito si riportano le verifiche per la combinazione dimensionante COMB. 2.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
<p>Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo</p>	<p>ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc</p> <p>Foglio 50 di 61</p>

10.7. Analisi della spinta e verifiche

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

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

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

Sisma

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

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

Peso muro	52.7995 [kN]
Baricentro del muro	X=-0.20 Y=-0.94

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.00	Y = -1.70
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.00	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	1.70 [m]	
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 51 di 61

10.8. Verifiche

Si riportano le verifiche per la combinazione di carico dimensionante.

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	17.0333	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	17.0333	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	0.0000	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.00	[m]	Y = -0.98	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	0.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	62.50	[°]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 1.00	[m]	Y = -1.70	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	30.0000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.50	[m]	Y = -0.50	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	17.0333	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	82.7995	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	8.8538	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	87.3993	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	84.0834	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8.7108	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.01	[m]
Risultante in fondazione	84.5334	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	5.91	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	5.9571	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	1071.4408	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.01	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.05068	[N/mmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.03299	[N/mmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_\gamma = 9.46$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.87$	$i_q = 0.87$	$i_\gamma = 0.61$
Fattori profondità	$d_c = 1.08$	$d_q = 1.04$	$d_\gamma = 1.04$

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

$$N'_c = 22.60 \qquad N'_q = 11.99 \qquad N'_\gamma = 6.01$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	9.87
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.92
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	12.74
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	2.91

Stabilità globale muro + terrenoCombinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

 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 [N/mmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.98 Y[m]= 1.77

Raggio del cerchio R[m]= 4.00

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3.17

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.61

Larghezza della striscia dx[m]= 0.23

Coefficiente di sicurezza C= 2.91

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	ϕ	c	u
1	5.5340	59.49	4.7677	0.0045	35.00	0.000	0.000
2	7.1888	54.39	5.8442	0.0039	35.00	0.000	0.000
3	8.5515	49.01	6.4550	0.0035	35.00	0.000	0.000
4	9.6870	44.17	6.7502	0.0032	35.00	0.000	0.000
5	10.6511	39.71	6.8048	0.0029	35.00	0.000	0.000
6	11.4773	35.52	6.6677	0.0028	35.00	0.000	0.000
7	12.2145	31.54	6.3886	0.0027	34.69	0.001	0.000
8	13.4237	27.72	6.2439	0.0026	27.00	0.015	0.000
9	13.9047	24.03	5.6627	0.0025	27.00	0.015	0.000
10	10.2342	20.45	3.5756	0.0024	27.00	0.015	0.000
11	10.0062	16.95	2.9168	0.0024	27.00	0.015	0.000
12	10.9616	13.51	2.5609	0.0023	27.00	0.015	0.000
13	11.4318	10.12	2.0092	0.0023	27.00	0.015	0.000
14	11.5648	6.77	1.3633	0.0023	27.00	0.015	0.000
15	11.6356	3.44	0.6983	0.0023	27.00	0.015	0.000
16	9.2270	0.12	0.0198	0.0023	27.00	0.015	0.000
17	5.2633	-3.19	-0.2933	0.0023	27.00	0.015	0.000
18	4.8901	-6.52	-0.5555	0.0023	27.00	0.015	0.000
19	4.4568	-9.87	-0.7642	0.0023	27.00	0.015	0.000
20	3.9619	-13.26	-0.9086	0.0023	27.00	0.015	0.000
21	3.4030	-16.69	-0.9773	0.0024	27.00	0.015	0.000
22	2.7770	-20.19	-0.9583	0.0024	27.00	0.015	0.000
23	2.0796	-23.76	-0.8380	0.0025	27.00	0.015	0.000
24	1.3051	-27.44	-0.6015	0.0026	27.00	0.015	0.000
25	0.4332	-31.25	-0.2247	0.0027	34.14	0.002	0.000

 $\Sigma W_i = 196.2636$ [kN] $\Sigma W_i \sin\alpha_i = 62.6074$ [kN] $\Sigma W_i \tan\phi_i = 112.4291$ [kN] $\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i = 4.77$

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

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

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [N/mm ²]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.08	100.00	1.85	0.00	0.02	0.02	0.002	0.92	0.00311933.09	2245.23	
3	0.15	100.00	3.69	0.00	0.06	0.09	0.004	1.85	0.0078004.84	561.30	
4	0.23	100.00	5.54	0.01	0.14	0.20	0.006	2.77	0.0134679.15	249.46	
5	0.31	100.00	7.38	0.03	0.26	0.36	0.008	3.69	0.0319512.98	140.32	
6	0.38	100.00	9.23	0.05	0.40	0.56	0.010	4.62	0.0512492.15	89.80	
7	0.46	100.00	11.08	0.09	0.58	0.80	0.012	5.54	0.098677.78	62.36	
8	0.54	100.00	12.92	0.14	0.79	1.09	0.014	6.46	0.146345.96	45.79	
9	0.62	100.00	14.77	0.21	1.11	1.44	0.016	7.38	0.214531.80	34.66	
10	0.69	100.00	16.62	0.32	1.58	1.90	0.019	8.31	0.323182.28	26.35	
11	0.77	100.00	18.46	0.46	2.13	2.48	0.021	9.23	0.462355.97	20.18	
12	0.85	100.00	20.31	0.64	2.74	3.17	0.024	10.15	0.641831.78	15.76	
13	0.92	100.00	22.15	0.88	3.40	3.97	0.027	11.08	0.881475.68	12.59	
14	1.00	100.00	24.00	1.17	4.11	4.87	0.031	12.00	1.171220.82	10.27	
15	1.00	200.00	44.00	5.61	8.12	12.75	0.030	42.00	3.611235.40	11.64	
16	1.08	200.00	47.73	6.27	8.98	13.14	0.033	45.73	4.271117.54	10.70	
17	1.16	200.00	51.47	7.01	9.88	13.61	0.036	49.47	5.011016.90	9.88	
18	1.23	200.00	55.20	7.81	10.80	14.15	0.039	53.20	5.81930.10	9.16	
19	1.31	200.00	58.93	8.69	11.76	14.74	0.042	56.93	6.69854.61	8.51	
20	1.39	200.00	62.67	9.64	12.75	15.38	0.046	60.67	7.64788.46	7.94	
21	1.47	200.00	66.40	10.67	13.77	16.07	0.049	64.40	8.67730.10	7.43	
22	1.54	200.00	69.90	11.58	14.83	16.57	0.052	68.10	9.78678.30	6.96	
23	1.62	200.00	72.07	11.92	15.92	16.53	0.054	71.14	10.98632.01	6.48	

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc Foglio 54 di 61

10.9. Involuppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

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

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

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kN]
M	momento flettente [kNm]
T	taglio [kN]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
σ_p	tensione di compressione massima nel pietrame in [N/mm ²]
Ms	momento stabilizzante [kNm]
Mr	momento ribaltante [kNm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.08	100.00	1.85	1.85	0.00	0.01	0.02	0.14
3	0.15	100.00	3.69	3.69	0.00	0.02	0.06	0.32
4	0.23	100.00	5.54	5.54	0.01	0.06	0.14	0.52
5	0.31	100.00	7.38	7.38	0.03	0.10	0.26	0.76
6	0.38	100.00	9.23	9.23	0.05	0.17	0.40	1.02
7	0.46	100.00	11.08	11.08	0.09	0.26	0.58	1.31
8	0.54	100.00	12.92	12.92	0.14	0.38	0.79	1.63
9	0.62	100.00	14.77	14.77	0.21	0.51	1.03	1.99
10	0.69	100.00	16.62	16.62	0.30	0.68	1.30	2.37
11	0.77	100.00	18.46	18.46	0.41	0.88	1.60	2.78
12	0.85	100.00	20.31	20.31	0.55	1.11	1.94	3.22
13	0.92	100.00	22.15	22.15	0.71	1.38	2.31	3.69
14	1.00	100.00	24.00	24.00	0.90	1.68	2.71	4.19
15	1.00	200.00	44.00	44.00	2.90	5.61	2.71	8.12
16	1.08	200.00	47.73	47.73	3.13	6.27	3.15	8.98
17	1.16	200.00	51.47	51.47	3.39	7.01	3.62	9.88
18	1.23	200.00	55.20	55.20	3.69	7.81	4.12	10.80
19	1.31	200.00	58.93	58.93	4.04	8.69	4.66	11.76
20	1.39	200.00	62.67	62.67	4.42	9.64	5.23	12.75
21	1.47	200.00	66.40	66.40	4.85	10.67	5.83	13.77
22	1.54	200.00	69.90	69.90	5.13	11.58	6.46	14.83
23	1.62	200.00	72.07	72.07	4.79	11.92	7.13	15.92
24	1.70	200.00	72.80	72.80	4.84	12.66	7.83	17.04

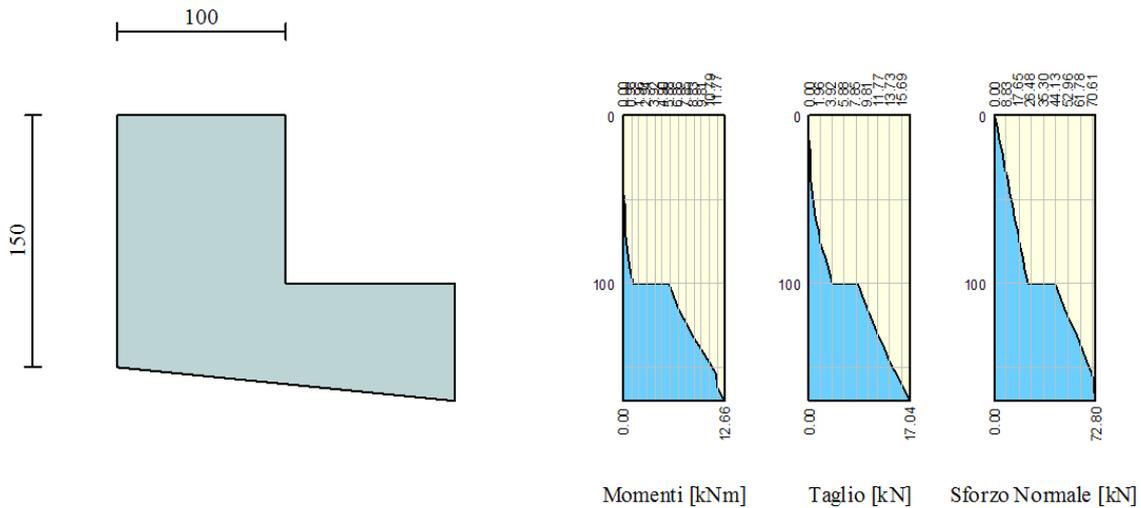
Nr.	Y	H	e	σ_p	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0.00	100.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.08	100.00	0.29	0.002	0.92	0.01	34506.70	171.40
3	0.15	100.00	0.62	0.004	1.85	0.02	15663.59	80.07
4	0.23	100.00	1.00	0.006	2.77	0.06	9561.88	50.09
5	0.31	100.00	1.41	0.008	3.69	0.10	6614.06	35.39
6	0.38	100.00	1.87	0.010	4.62	0.17	4909.89	26.76
7	0.46	100.00	2.37	0.013	5.54	0.26	3816.67	21.14
8	0.54	100.00	2.90	0.015	6.46	0.38	3065.59	17.22
9	0.62	100.00	3.48	0.018	7.38	0.51	2523.69	14.36
10	0.69	100.00	4.10	0.021	8.31	0.68	2118.05	12.19
11	0.77	100.00	4.76	0.024	9.23	0.88	1805.51	10.50



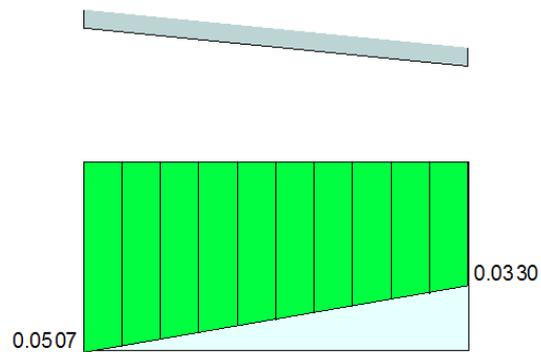
12	0.85	100.00	5.46	0.027	10.15	1.11	1559.04	9.15
13	0.92	100.00	6.21	0.030	11.08	1.38	1360.90	8.06
14	1.00	100.00	6.99	0.034	12.00	1.68	1199.01	7.15
15	1.00	200.00	8.36	0.028	42.00	3.61	2397.14	25.03
16	1.08	200.00	8.44	0.030	45.73	4.27	2093.16	22.56
17	1.16	200.00	8.60	0.032	49.47	5.01	1847.47	20.40
18	1.23	200.00	8.83	0.035	53.20	5.81	1645.34	18.52
19	1.31	200.00	9.12	0.038	56.93	6.69	1476.59	16.87
20	1.39	200.00	9.47	0.040	60.67	7.64	1333.94	15.43
21	1.47	200.00	9.86	0.043	64.40	8.67	1212.08	14.16
22	1.54	200.00	10.05	0.045	68.10	9.78	1108.11	13.04
23	1.62	200.00	9.57	0.046	71.14	10.98	1022.85	11.94

10.10. Diagrammi

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni massime.



Sollecitazioni sul paramento – Comb. 2



Pressioni sul terreno – Comb. 2

11. VERIFICHE CORDOLO SICURVIA

11.1. Verifiche geotecniche

Sopra i gabbioni viene realizzato un cordolo in c.a. necessario per l'alloggiamento della barriera di sicurezza. Tale struttura è fisicamente separata dalle gabbionate (data anche la differenza di materiali con cui sono realizzati i due manufatti) di conseguenza deve soddisfare autonomamente alle verifiche di scorrimento e scivolamento in caso di urto sulla barriera di sicurezza.

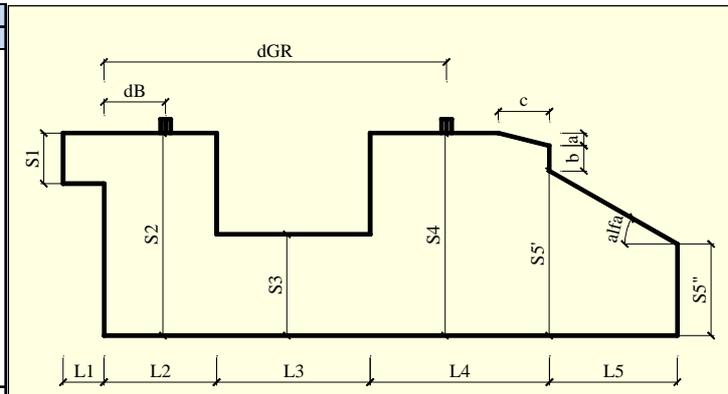
Come indicato nel D.M. LL.PP. "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di ponti stradali" del 4 Maggio 1990, si assume che l'effetto dell'urto di un veicolo in svio sia assimilabile ad una forza orizzontale perpendicolare all'asse stradale di intensità pari a 45kN agente sui montanti del sicurvia ad una quota di 60cm dal piano viario.

Si considera una larghezza di ripartizione (B) pari ad almeno 2 montanti. Il sicurvia previsto in progetto è del tipo H2 bordo ponte (vedi elaborati grafici di progetto) con montanti posti ad interasse di 2.25m, di conseguenza si ottiene:

$$B = 2.25\text{m} \times 2 = 4.5\text{m}$$

Di seguito si riportano le verifiche di scivolamento, ribaltamento e portata per il cordolo.

CORDOLO CON BARRIERA FONOASSORBENTE E GUARD-RAIL			
analisi a metro lineare (vedi figura)			
GEOMETRIA CORDOLO	Cordolo parte I	s1	0.00 m
		L1	0.00 m
	Cordolo parte II	s2	0.00 m
		L2	0.00 m
	Cordolo parte III	s3	0.00 m
		L3	0.00 m
	Cordolo parte IV	s4	0.66 m
		L4	0.70 m
	Cordolo parte V	s5"	0.40 m
		s5"	0.40 m
		L5	1.60 m
		alfa	0 °
	Smusso	a	0.05 m
		b	0.21 m
		c	0.26 m
BARRIERE	Guard-Rail	P	1.00 kN/m
		dGR	0.25 m
AZIONI	Urto	q8	10.00 kN



MISURE UTILI CORDOLO

Lunghezza estradosso	0.70 m
Lunghezza intradosso	2.30 m
Spessore max. cordolo	0.66 m

VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Sicurezza a ribaltamento	
Momento stabilizzante	38.37 kNm
Momento ribaltante	12.60 kNm
Fattore di sicurezza	3.05 OK
Sicurezza a scivolamento	
Forza attrito	21.16 kN
Forza spingente	10.00 kN
Fattore di sicurezza	2.12 OK

AZIONI A BASE FONDAZIONE

Forza normale	35.27 kN
Forza tagliante	10.00 kN
Momento flettente	14.79 kNm

	F [kN]	b [m]	M [kNm]
Cordolo I	0.00	0.00	0.00
Cordolo II	0.00	0.00	0.00
Cordolo III	0.00	0.00	0.00
Cordolo IV	11.55	0.35	4.04
Cordolo V/a	0.00	1.23	0.00
Cordolo V/b	16.00	1.50	24.00
Pavimentazione I	6.72	1.50	10.08
Pavimentazione II	0.00	1.77	0.00
Guard-Rail	1.00	0.25	0.25
Urto su guard-rail	10.00	1.26	12.60

CALCOLO PORTATA LIMITE FONDAZIONE SUPERFICIALE

Formulazione di Brinch-Hansen

$$q_{LIM} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

$\phi =$	35 °	$M =$	147.88 kNm		
$c =$	0.00 kN/m²	$N =$	352.70 kN		
$B_R =$	2.30 m	$\rightarrow B =$	1.46 m	$H =$	100.00 kN
$L =$	10.00 m				
$e =$	0.42 m				
$D =$	0.00 m	$\rightarrow q' =$	0.00 kN/m ²	283.89 +	(contributo forze d'attrito)
$\gamma_{fond} =$	20.00 kN/m³			0.00 +	(contributo forze di coesione)
$\alpha =$	0 °			0.00 =	(contributo sovraccarico laterale)
$\omega =$	0 °				
$\gamma_{fil} =$	20.00 kN/m³				
				$q_{LIM} = 283.89 \text{ kN/m}^2$	(Portata Limite)
				$q_{Amm} = 141.95 \text{ kN/m}^2$	(Portata Ammissibile $F_s=2$)

σ_{max} kN/m ²	σ_{min} kN/m ²	L_{reag} (m)	σ_{eg} kN/m ²
32.178	0.000	2.192	24.134

$N_{\phi} =$	3.69	$s_{\gamma} =$	1.05	$d_q =$	1.00	$i_{\gamma} =$	0.38	$b_{\gamma} =$	1.00	$g_{\gamma} =$	1.00
$N_q =$	33.30	$s_q =$	1.05	$d_c =$	1.00	$i_q =$	0.54	$b_q =$	1.00	$g_q =$	1.00
$N_c =$	46.12	$s_c =$	1.11			$i_c =$	0.52	$b_c =$	1.00	$g_c =$	1.00
$N_{\gamma} =$	48.03					$m =$	1.87				

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
Opere di sostegno gabbionate Relazione di calcolo	ig51-01-e-cv-cl-nv05-00-001-b00.doc <table border="1" data-bbox="1420 235 1546 291"> <tr> <td>Foglio 59 di 61</td> </tr> </table>	Foglio 59 di 61
Foglio 59 di 61		

11.2. Verifiche di resistenza

Si riporta di seguito le verifica di resistenza del cordolo sotto l'azione dell'urto sul sicurvia e del sovraccarico accidentale.

Urto

Alla base del cordolo si hanno un momento e taglio sollecitanti pari a:

$$M_u = 10.0 \times (0.60 + 0.21) = 8.10 \text{ kNm/m}$$

$$V_u = 10.0 = 10.0 \text{ kN/m}$$

La sollecitazione flettente si ha in corrispondenza delle sezioni di incastro fra l'elevazione e la ciabatta di fondazione del cordolo.

Sovraccarico accidentale

In favore di sicurezza si considerano il momento e il taglio nella sezione di incastro fra l'elevazione e la ciabatta di fondazione del cordolo generati dal carico accidentale gravante sulla porzione del cordolo non poggiante direttamente sul gabbione sottostante (anche se è poggiante su terreno compattato).

$$M_s = [20.0 \times (2.30 - 1.05)] \times [(1.25/2) + 0.35] \cong 25.0 \text{ kNm/m}$$

$$V_s = 20.0 \times (2.30 - 1.05) = 25.0 \text{ kN/m}$$

Si riporta di seguito il tabulato di verifica della sezione di incastro fra la ciabatta di fondazione e l'elevazione del cordolo nella situazione più gravosa con spessore pari a 40 cm (il dado di elevazione è armato nello stesso modo con ϕ 16/20 ma ha uno spessore pari a 70 cm).

Azioni sollecitanti di verifica:

$$M_{\text{tot}} = 8.10 + 25.0 = 33.10 \text{ kNm/m}$$

$$V_{\text{tot}} = 25.0 \text{ kN/m}$$

Dati**Nome sezione:** Fondazione

Tipo sezione Rettangolare
 Base 100.0 [cm]
 Altezza 40.0 [cm]

Caratteristiche geometriche

Area sezione 4000.00 [cmq]
 Inerzia in direzione X 3333333.3 [cm⁴]
 Inerzia in direzione Y 5333333.3 [cm⁴]
 Inerzia in direzione XY 0.0 [cm⁴]
 Ascissa baricentro sezione $X_G = 50.00$ [cm]
 Ordinata baricentro sezione $Y_G = 20.00$ [cm]

Elenco ferri*Simbologia adottata*

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
 d Diametro ferro espresso in [mm]
 ω Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	96.20	35.20	16	2.01
2	73.10	35.20	16	2.01
3	50.00	35.20	16	2.01
4	26.90	35.20	16	2.01
5	3.80	35.20	16	2.01
6	3.80	4.80	16	2.01
7	26.90	4.80	16	2.01
8	50.00	4.80	16	2.01
9	73.10	4.80	16	2.01
10	96.20	4.80	16	2.01

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo 40.000 [N/mmq]
 Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo 15.00
 Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso 0.50
 Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO

Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio 254.977 [N/mmq]
 Tensione snervamento acciaio 431.499 [N/mmq]
 Modulo elastico E 210000.000 [N/mmq]
 Fattore di incrudimento acciaio 1.00

Combinazioni

Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M _y	momento lungo Y espresso in [kNm]
M _x	momento lungo X espresso in [kNm]
M _t	momento torcente espresso in [kNm]
T _y	taglio lungo Y espresso in [kN]
T _x	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLEF - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M _y	M _x	M _t	T _y	T _x	VD	VT
1	0.0000	33.1000	0.0000	0.0000	25.0000	0.0000	NO	SLER

Combinazione n° 1

Risultati tensioni ammissibili

Caratteristiche asse neutro sezione :

Distanza asse neutro dal lembo più compresso	8.374	[cm]
Punti di intersezione con perimetro sezione	(0.00 ; 31.63) (100.00 ; 31.63)	
Inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale	0.000	[°]

Tensioni :

Tensione massima nel calcestruzzo	2.132	[N/mmq]
Tensione minima nel calcestruzzo	0.000	[N/mmq]
Tensione tangenziale nel calcestruzzo	0.078	[N/mmq]
Tensione massima nel ferro	13.648	[N/mmq]
Tensione minima nel ferro	-102.440	[N/mmq]

Risultati fessurazione

Momento di prima fessurazione	M _x = 0.0000	[kNm]	M _y = 52.0058	[kNm]
Tensione nell'acciaio	σ = -160.951	[N/mmq]		
Tensione nel calcestruzzo	σ _{ct} = -12.650	[N/mmq]		
Area efficace a trazione	A _{eff} = 1581.29	[cmq]		
Deformazione media acciaio teso	ε = 0.0000			
Distanza media tra le fessure	S _{rm} = 0.0000	[mm]		
Ampiezza delle fessure	w = 0.0000	[mm]		