

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA  
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA**

**SITI DI DEPOSITO**

**OPERE DI SOSTEGNO**  
Relazione di calcolo muri in gabbioni

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I V 0 1   0 0   D   2 6   C L   N V X 0 0 0   0 0 1   B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Feb.2022	M. Severi	Feb.2022	G. Fadda	Feb.2022	A.Perego Giu.2023 
B	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Giu.2023	M. Severi	Giu.2023	G. Fadda	Giu.2023	

File: IV01001D26CLNVX000001B.doc

n. Elab.:

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
	3.1 Documenti referenziati .....	6
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL TERRENO</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	<b>10</b>
	6.1 Analisi dei carichi .....	10
	6.2 Carichi permanenti .....	10
	6.3 Sovraccarichi accidentali.....	10
	6.4 Determinazione dell'azione sismica .....	11
	6.4.1 Vita nominale.....	11
	6.4.2 Classe d'uso .....	12
	6.4.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	12
	6.4.4 Azioni sismiche di progetto.....	13
	6.5 Combinazioni di carico .....	14
<b>7</b>	<b>CALCOLO SPINTE DEL TERRAPIENO, VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI</b> .....	<b>16</b>
	7.1 Spinte del terreno.....	16
	7.1.1 Metodo di Culmann .....	16
	7.2 Spinta in presenza di sisma .....	17
	7.3 Verifica a ribaltamento .....	18
	7.4 Verifica a scorrimento .....	19
	7.5 Verifica al carico limite .....	19
	7.6 Verifica alla stabilità globale.....	21
<b>8</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE</b> .....	<b>23</b>
	8.1 Muro di sostegno H = 4.00m .....	23
	8.2 Muro di sostegno H = 3.00m .....	62
	8.3 Muro di sottoscarpa H = 4.00m .....	62
	8.4 Muro di sottoscarpa H = 3.00m.....	100

## **1 PREMESSA**

L'intervento in oggetto ricade nell'ambito del progetto ferroviario del raddoppio della linea Genova Ventimiglia; definito dalla legge obiettivo n.443/01 come opera infrastrutturale ferroviaria strategica. La necessità di realizzare il raddoppio e lo spostamento a monte della linea ferroviaria che costeggia il ponente ligure ha comportato scelte progettuali rese particolarmente complesse dalla conformazione dei territori attraversati.

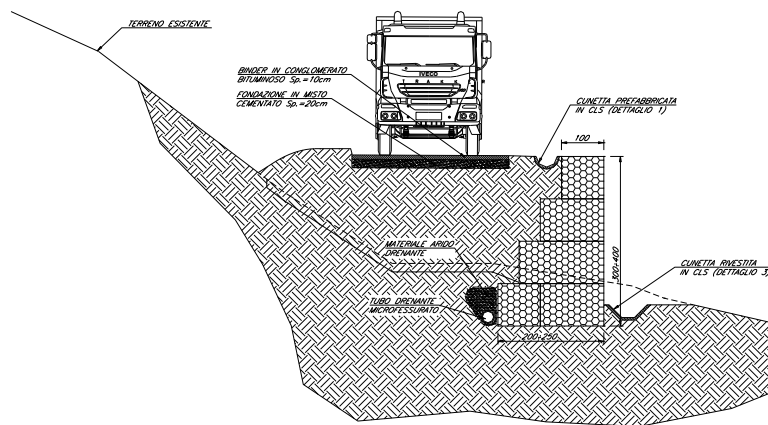
La sistemazione del Sito di abbancamento di Villanova d'Albenga (WBS IAX3) e la strada di accesso (WBS NVX3) saranno oggetto di specifico procedimento autorizzatorio in capo al Comune di Villanova di Albenga, come da accordi tra il medesimo Comune, RFI e la Regione Liguria.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

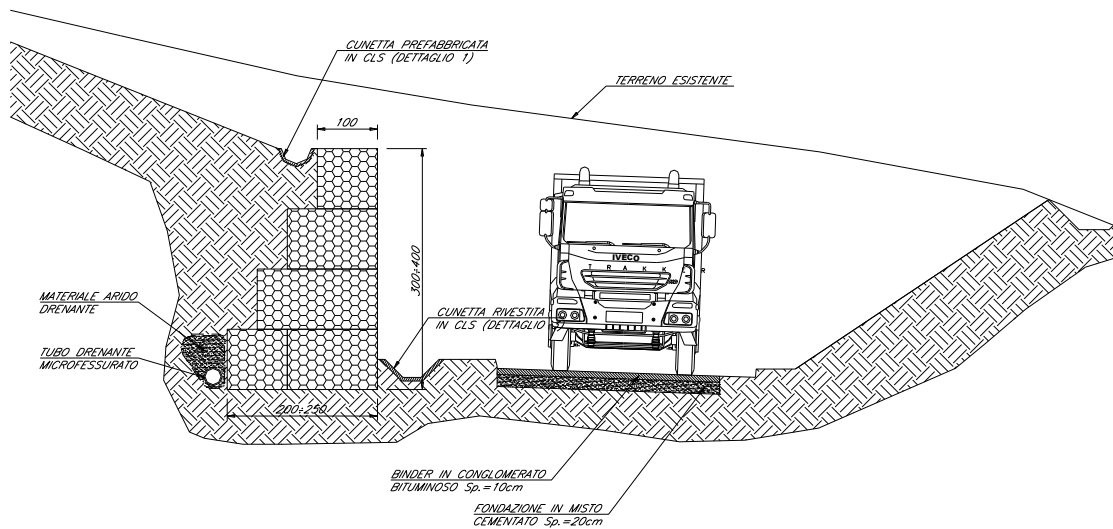
Lo scopo del presente documento è quello di dimensionare e verificare le opere di sostegno in gabbioni previste nelle diverse località di collegamento delle viabilità esistenti con i nuovi siti.

In particolari sono stati individuati due tipologie di muri in gabbioni:

- Muri di sostegno a gabbioni interni



- Muri di sottoscarpa a gabbioni interni.



Per ulteriori indicazioni si rimanda agli elaborati progettuali.

Secondo l'O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003, nonché il D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 della Regione Liguria, si evince che i Comuni attraversati dalla linea ferroviaria Genova – Ventimiglia sono classificati in zona 3 e zona 4.

Si riporta di seguito il calcolo delle seguenti tipologie di muri in gabbioni.

Muri di sostegno in gabbioni:

- Muro di sostegno H=4.00m
- Muro di sostegno H = 3.00m
- Muro di sottoscarpa H= 4.00m
- Muro di sottoscarpa H= 3.00m

### **3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

#### **3.1 Documenti referenziati**

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/3/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC18).
- Circolare Applicativa delle NTC18, 21/01/2019 (Circ n.7).
- Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – parte 5 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di Progettazione delle Opere Civili.
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.
- Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con individuate le specifiche tecniche ed i tipo di maglia standard dei gabbioni

### SPECIFICHE STANDARD - GABBIONI

TIPO MAGLIA	DIAMETRO FILO	RIVESTIMENTO
6 x 8	Ø 2.2mm	GALFAN (Zn-Al 5%-MM)
8 x 10	Ø 2.7mm Ø 3.0mm	GALFAN (Zn-Al 5%-MM)
	Ø 2.7mm/3.7 mm	GALFAN (Zn-Al 5%-MM) + Rivestimento Polimerico 

DIMENSIONI NOMINALI IN CONFORMITA' CON UNI EN 10223-3 E LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DI CAPITOLATI PER L'IMPIEGO DI RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE

## 5 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Poiché per la riambientazione dei nuovi siti verrà utilizzato il materiale di risulta degli scavi necessari per il completamento delle parti ferroviarie in galleria o in sterro; si ipotizza lo stesso materiale anche per la sistemazione delle strade di accesso ai siti con le seguenti caratteristiche geotecniche:

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\gamma = 19\text{KPa}$$

Le fondazioni dei muri, invece, poggiano sul terreno esistente; si riportano di seguito le caratteristiche geotecniche dei siti maggiormente interessati dall'intervento:

Parametri di base	
Peso di volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	27.4
Classificazione di Hoek-Brown	
GSI (Geological Strength Index)	40÷50
$m_i$ (costante del materiale)	9
$\sigma_c$ (MPa), (compressione monoassiale del materiale intatto)	52
Criterio di Hoek-Brown	
$m_b$	1.06÷1.51
s	0.001÷0.003
a	0.51
Parametri di ammasso	
Resistenza a trazione (MPa)	-0.06÷-0.13
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)	1.72÷3.13
Resistenza globale (MPa)	6.89÷8.62
Modulo di deformazione (MPa)	3986÷9341
Parametri di ammasso equivalenti di Mohr-Coulomb	
Coesione (KPa)	2120÷2510
Angolo di attrito (°)	26.7÷29.6

**Tabella 1. Caratterizzazione geomeccanica Formazione SPM**



### **Categoria di suolo di fondazione ai fini del calcolo dell'azione sismica**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche locali.

Sulla base dei criteri di prima applicazione contenuti nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003, nonché attraverso il D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 della Regione Liguria, si evince che i Comuni attraversati dalla linea ferroviaria Genova – Ventimiglia sono classificati in zona 3 e zona 4.

La categoria di sottosuolo di fondazione, secondo la normativa, può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde di taglio  $V_s$  ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$ .

Nel presente documento, in base alle grandezze sopra definite, in particolare sulla base dei valori di NSPT e  $c_u$ , è stata identificata la categoria di suolo di fondazione **tipo "B"**.

## 6 MODELLO DI CALCOLO

Poiché il peso specifico dei gabbioni risulta lo stesso del terreno di rinterro la verifica dei gabbioni viene effettuata considerando un muro equivalente di altezza pari all'altezza dei gabbioni in esame e fondazione pari alla lunghezza dei gabbioni in esame, con peso specifico pari a  $19 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.1 Analisi dei carichi

Si riporta di seguito la descrizione dei carichi agenti sul muro considerati nei calcoli.

### 6.2 Carichi permanenti

I pesi dei materiali da costruzione e del terreno sono indicati nella tabella seguente:

Elemento	Peso spec.		
Muro di sostegno	$\gamma$	19	$\text{kN/m}^3$
Terreno di fondazione	$\gamma_f$	22.2	$\text{kN/m}^3$
	$\varphi_f$	38.6	grad
	$C_f$	1070	kPa
Terreno a monte del muro	$\gamma_t$	19	$\text{kN/m}^3$
	$\varphi_t$	35	grad
	$C_t$	0	kPa

### 6.3 Sovraccarichi accidentali

- Nel caso di muro a sostegno della strada si considerano come carichi accidentali il carico stradale pari a  $q_{\text{stradale}} = 20.00 \text{ KN/m}^2$ .
- Nel caso di muri si sottoscarpa si assume un sovraccarico pari a  $5 \text{ kN/m}^2$  con il quale si simula l'azione di eventuali macchine operatrici a tergo delle opere.

## 6.4 Determinazione dell'azione sismica

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Il dimensionamento dell'opera è stato effettuato con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia alla vita (SLV, *la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali*).

### 6.4.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nei quali la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

In base alla tabella Tab. 2.5.1.1.1-1 del Manuale di progettazione delle opere civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e strutture (rif. RFI DTC SI PS MA IFS 001 E) l'opera viene assimilata a "opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM 14.01.2008 a velocità convenzionale ( $v < 250$  km/h)". La vita nominale risulta pertanto  **$V_N = 50$  anni**.

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale $V_N$ [Anni] <sup>(1)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(1) – La stessa $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Tab. 2.5.1.1.1-1 – Vita nominale delle infrastrutture ferroviarie

### 6.4.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla **Classe II**: "Infrastrutture ferroviarie non strategiche", a cui corrisponde un coefficiente di uso  $C_U=1.0$ .

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

### 6.4.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico si assume un valore pari a 1.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1 = 50 \text{ anni}$$

Le probabilità di superamento  $P_{V_R}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è pari al 63% nel caso dello stato limite di esercizio SLD mentre è pari al 10% nel caso dello stato limite ultimo SLV.

**Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato**

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

#### 6.4.4 Azioni sismiche di progetto

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ . Le forze sismiche risultano pertanto le seguenti:

$$\text{Forza sismica orizzontale} \quad F_h = k_h \cdot W$$

$$\text{Forza sismica verticale} \quad F_v = k_v \cdot W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = a_{\max}/g$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

Conducendo il calcolo allo SLV (stato limite di salvaguardia della vita umana), per il sito in esame si ha:

$$T_r = 475 \text{ anni} \quad \text{Periodo di ritorno}$$

$$a_g = 0.091 \text{ g} \quad \text{Accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido}$$

$$F_0 = 2.486 \quad \text{Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro orizzontale}$$

#### Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno S

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.021	2.601	0.158
SLD	50	0.029	2.514	0.195
SLV	475	0.091	2.486	0.289
SLC	975	0.125	2.497	0.303

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove, per un terreno di tipo B ed in base al fattore di amplificazione del sito  $F_0$ , si ha (v. tabelle 3.2.V e 3.2.VI delle NTC 2018):

$$S_s = 1.5 \quad \text{Coefficiente di amplificazione stratigrafica}$$

$$S_t = 1.0 \quad \text{Coefficiente di amplificazione topografica}$$

## 6.5 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico prese in considerazioni nelle verifiche saranno definite tenendo conto di quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, (DM 17 Gennaio 2018) al § 2.5.3.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  corrispondenti agli stati limite ultimi di equilibrio come corpo rigido (EQU), di resistenza della struttura (STR) e resistenza del terreno (GEO) sono dati dalla tabella 5.2.V delle NTC2018 per i carichi da traffico.

**Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU**

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ced}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole		1,20	1,20	1,00

(1) Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

(2) Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

(3) Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

(4) Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

(5) 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

(6) 1,20 per effetti locali.

Le azioni variabili da traffico vengono combinate con i coefficienti di combinazione  $\Psi_{0j}$ ,  $\Psi_{1j}$  e  $\Psi_{2j}$ , i cui valori sono forniti nel § 5.2, Tab. 5.2.VI delle NTC2018.

**Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni**

Azioni		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di carico	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,0	0,0	0,0
		0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\Psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

## 7 CALCOLO SPINTE DEL TERRAPIENO, VERIFICHE GEOTECNICHE E STRUTTURALI

### 7.1 Spinte del terreno

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

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare, si distinguono combinazioni di carico di tipo **B** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **C** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

#### 7.1.1 Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.



Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## 7.2 Spinta in presenza di sisma

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

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

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

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.

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

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

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

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

### 7.3 Verifica a ribaltamento

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

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

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

#### 7.4 Verifica a scorrimento

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 7.5 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

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

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

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

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

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

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

### Fattori di profondità d

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

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

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

### Fattori di inclinazione i

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

$$i_c = i_q = (1 - \frac{\theta^\circ}{90})^2$$

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

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

## **7.6 Verifica alla stabilità globale**

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

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

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

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

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

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{\text{esima}}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{\text{esima}}$  e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

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

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

## 8 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 8.1 Muro di sostegno H = 4.00m

Geometria muro e fondazione

#### Descrizione dei gradoni

##### *Simbologia adottata*

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

Nr.	Bs	Bi	Hg	$\alpha_e$	$\alpha_i$
1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
2	1,50	1,50	1,00	0,00	0,00
3	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00
4	2,50	2,50	1,00	0,00	0,00

Altezza del paramento 4,00 [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	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

#### Materiali utilizzati per la struttura

##### *Pietrame*

Peso specifico	2000,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### 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)

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	24 di 100

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	8,00	0,00	0,00
2	16,00	3,40	23,03

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]

## Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

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

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
1	Terreno 1	1900	2000	35.00	23.33	0,000	0,000
3	Terreno 3	2200	2200	38.00	25.33	10,700	0,000

Stratigrafia
*Simbologia adottata*

N	Indice dello strato
Y0	Ordinata punto iniziale espresso in [m]
Y1	Ordinata punto finale espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	Y0	Y1	a	Kw	Ks	Terreno
1	-4,00	-2,00	21,80	320,51	0,00	Terreno 1
2	-13,00	-13,00	0,00	320,51	0,00	Terreno 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 [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 (Carico stradale)

D Profilo  $X_i=0,00$   $X_f=8,00$   $Q_i=2000,00$   $Q_f=2000,00$

Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

C Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Combinazione n° 2 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Carico stradale  $C = 1.00$

Combinazione n° 3 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 4 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Carico stradale  $C = 0.20$

Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 5 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Combinazione n° 6 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Carico stradale  $C = 0.20$   
Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Combinazione n° 7 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno

Combinazione n° 8 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Carico stradale  $C = 1.00$

Combinazione n° 9 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 10 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Carico stradale  $C = 0.20$   
Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 11 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Combinazione n° 12 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Carico stradale  $C = 0.20$   
Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Impostazioni di analisi

Spinte e verifiche secondo :  
ORDINANZA 20/03/2003 - EUROCODICI  
Approccio progettuale 1(DA1)

Coefficienti parziali - caso B

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	$c'$	$c_u$	$q_u$
1,35	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali - caso C

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	$c'$	$c_u$	$q_u$
1,00	1,30	1,25	1,60	1,40	1,40

### 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

#### Tipo di analisi

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

#### Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	9.10%
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di importanza ( $\gamma_I$ )	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione spinta (r)	2.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g \cdot \gamma_I \cdot St \cdot S) / r = 6.82$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 \cdot k_h = 3.41$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento) 0,0

#### COMBINAZIONE n° 1

##### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3613,24 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3317,82 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1430,94 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,63 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	7695,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3317,82 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23125,94 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	5753,65 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	31826,10 [kgm]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	28 di 100

Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23125,94 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3317,82 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12 [m]
Risultante in fondazione	23362,73 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,16 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	2834,98 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	12483278,69 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,1972 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,6529 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 50.73$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 40.46$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 39.50$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.53
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.30
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	539.80
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	30.41

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 30.41

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	504.99	64.46	455.66	1.01	35.00	0.000	0.000
2	1396.78	58.05	1185.16	0.82	35.00	0.000	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	29 di 100

3	2096.59	52.38	1660.59	0.71	35.00	0.000	0.000
4	2671.68	47.37	1965.65	0.64	35.00	0.000	0.000
5	3173.04	42.81	2156.10	0.59	37.67	9.514	0.000
6	3623.70	38.56	2258.70	0.55	38.00	10.700	0.000
7	4008.25	34.55	2273.25	0.53	38.00	10.700	0.000
8	4336.18	30.73	2215.74	0.50	38.00	10.700	0.000
9	4411.26	27.05	2006.44	0.49	38.00	10.700	0.000
10	4414.90	23.50	1760.26	0.47	38.00	10.700	0.000
11	4380.29	20.03	1500.59	0.46	38.00	10.700	0.000
12	4312.46	16.65	1235.30	0.45	38.00	10.700	0.000
13	4251.91	13.32	979.32	0.45	38.00	10.700	0.000
14	4350.84	10.03	757.92	0.44	38.00	10.700	0.000
15	1052.17	6.78	124.24	0.44	38.00	10.700	0.000
16	1022.36	3.55	63.35	0.43	38.00	10.700	0.000
17	1011.04	0.33	5.91	0.43	35.32	1.152	0.000
18	988.35	-2.88	-49.69	0.43	35.00	0.000	0.000
19	950.39	-6.11	-101.12	0.44	35.00	0.000	0.000
20	884.83	-9.35	-143.80	0.44	35.00	0.000	0.000
21	791.04	-12.63	-172.96	0.44	35.00	0.000	0.000
22	668.05	-15.95	-183.56	0.45	35.00	0.000	0.000
23	514.51	-19.32	-170.25	0.46	35.00	0.000	0.000
24	328.66	-22.77	-127.20	0.47	35.00	0.000	0.000
25	108.14	-26.31	-47.92	0.48	35.00	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 56252,41$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 21607,68$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 37495,77$  [kg]

 $\Sigma c b_i / \cos \alpha_i = 619517,22$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 1**

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	1	12	0,19	0,04	205	1	34,74	267,04
3	0,40	100,00	800	6	46	0,77	0,08	420	6	17,37	68,38
4	0,60	100,00	1200	21	104	1,73	0,13	645	21	11,58	31,11
5	0,80	100,00	1600	49	184	3,07	0,19	879	49	8,69	17,90
6	1,00	100,00	2000	96	288	4,80	0,26	1124	96	6,95	11,72
7	1,00	150,00	3283	-45	288	1,38	0,21	2727	96	11,40	28,43
8	1,20	150,00	3883	25	414	0,63	0,27	3232	166	9,37	19,49

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	30 di 100

9	1,40	150,00	4482	122	564	2,72	0,33	3746	263	7,95	14,23
10	1,60	150,00	5083	252	737	4,95	0,41	4271	393	6,90	10,87
11	1,80	150,00	5683	418	933	7,36	0,49	4805	560	6,09	8,59
12	2,00	150,00	6283	626	1151	9,97	0,59	5350	768	5,46	6,97
13	2,00	200,00	8848	273	1151	3,09	0,48	9838	768	7,68	12,82
14	2,20	200,00	9648	527	1393	5,46	0,56	10743	1022	6,93	10,52
15	2,40	200,00	10448	832	1658	7,96	0,65	11657	1326	6,30	8,79
16	2,60	200,00	11248	1192	1946	10,60	0,74	12581	1686	5,78	7,46
17	2,80	200,00	12048	1612	2257	13,38	0,84	13515	2106	5,34	6,42
18	3,00	200,00	12848	2096	2590	16,31	0,96	14459	2590	4,96	5,58
19	3,00	250,00	16695	1460	2590	8,75	0,81	23116	2590	6,45	8,92
20	3,20	250,00	17695	2014	2942	11,38	0,90	24518	3144	6,01	7,80
21	3,40	250,00	18695	2627	3149	14,05	1,00	25857	3757	5,94	6,88
22	3,60	250,00	19695	3259	3167	16,55	1,10	27114	4389	6,22	6,18
23	3,80	250,00	20695	3893	3167	18,81	1,20	28364	5023	6,54	5,65
24	4,00	250,00	21695	4526	3167	20,86	1,30	29614	5656	3,24	5,24

COMBINAZIONE n° 2
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	6103,31 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	5604,29 [kg]
Componente verticale della spinta statica	2417,07 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,04
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	78,57 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	12195,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5604,29 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	28612,07 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	11012,14 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	42916,42 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	28612,07 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5604,29 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,13 [m]
Risultante in fondazione	29155,77 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,08 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3860,80 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	11453696,79 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,5151 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,7738 [kg/cm <sup>2</sup> ]

*Fattori per il calcolo della capacità portante*

$N_c = 61.35$	$N'_c = 47.17$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 37.62$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 32.15$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.90
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.42
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	400.31
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	21.62

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

 Ascissa a valle del cerchio X<sub>i</sub>[m]= -5,76

 Ascissa a monte del cerchio X<sub>s</sub>[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 21.62

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1806.13	64.46	1629.71	1.01	35.00	0.000	0.000
2	2697.93	58.05	2289.18	0.82	35.00	0.000	0.000
3	3397.74	52.38	2691.15	0.71	35.00	0.000	0.000
4	3972.82	47.37	2922.96	0.64	35.00	0.000	0.000
5	4474.18	42.81	3040.24	0.59	37.67	9.514	0.000
6	4924.85	38.56	3069.72	0.55	38.00	10.700	0.000
7	5309.39	34.55	3011.19	0.53	38.00	10.700	0.000
8	5637.33	30.73	2880.61	0.50	38.00	10.700	0.000
9	5712.41	27.05	2598.26	0.49	38.00	10.700	0.000
10	5716.05	23.50	2279.03	0.47	38.00	10.700	0.000
11	5681.44	20.03	1946.33	0.46	38.00	10.700	0.000
12	5236.24	16.65	1499.92	0.45	38.00	10.700	0.000
13	4251.91	13.32	979.32	0.45	38.00	10.700	0.000
14	4350.84	10.03	757.92	0.44	38.00	10.700	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	32 di 100

15	1052.17	6.78	124.24	0.44	38.00	10.700	0.000
16	1022.36	3.55	63.35	0.43	38.00	10.700	0.000
17	1011.04	0.33	5.91	0.43	35.32	1.152	0.000
18	988.35	-2.88	-49.69	0.43	35.00	0.000	0.000
19	950.39	-6.11	-101.12	0.44	35.00	0.000	0.000
20	884.83	-9.35	-143.80	0.44	35.00	0.000	0.000
21	791.04	-12.63	-172.96	0.44	35.00	0.000	0.000
22	668.05	-15.95	-183.56	0.45	35.00	0.000	0.000
23	514.51	-19.32	-170.25	0.46	35.00	0.000	0.000
24	328.66	-22.77	-127.20	0.47	35.00	0.000	0.000
25	108.14	-26.31	-47.92	0.48	35.00	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 71488,78$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 30792,52$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 46270,96$  [kg]

 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 619517,22$  [kg]

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	6	90	1,54	0,04	239	6	4,44	38,77
3	0,40	100,00	800	41	259	5,09	0,10	512	41	3,09	12,57
4	0,60	100,00	1200	111	451	9,28	0,19	795	111	2,66	7,13
5	0,80	100,00	1600	223	667	13,93	0,29	1088	223	2,40	4,88
6	1,00	100,00	2000	380	905	18,98	0,43	1390	380	2,21	3,66
7	1,00	150,00	3283	238	905	7,26	0,28	2993	380	3,63	7,89
8	1,20	150,00	3883	445	1166	11,46	0,38	3556	586	3,33	6,06
9	1,40	150,00	4482	706	1451	15,76	0,49	4129	848	3,09	4,87
10	1,60	150,00	5083	1027	1758	20,20	0,61	4711	1168	2,89	4,03
11	1,80	150,00	5683	1411	2088	24,83	0,76	5304	1552	2,72	3,42
12	2,00	150,00	6283	1864	2442	29,67	0,92	5906	2005	2,57	2,95
13	2,00	200,00	8848	1511	2442	17,07	0,67	10395	2005	3,62	5,18
14	2,20	200,00	9648	2036	2818	21,11	0,79	11357	2531	3,42	4,49
15	2,40	200,00	10448	2639	3218	25,26	0,92	12330	3134	3,25	3,93
16	2,60	200,00	11248	3325	3640	29,56	1,06	13312	3819	3,09	3,49
17	2,80	200,00	12048	4097	4086	34,01	1,22	14304	4591	2,95	3,12
18	3,00	200,00	12848	4961	4554	38,61	1,40	15306	5455	2,82	2,81
19	3,00	250,00	16695	4325	4554	25,91	1,08	23963	5455	3,67	4,39
20	3,20	250,00	17695	5285	5039	29,86	1,22	25422	6415	3,51	3,96
21	3,40	250,00	18695	6326	5321	33,84	1,36	26793	7456	3,51	3,59
22	3,60	250,00	19695	7394	5345	37,54	1,50	28054	8524	3,68	3,29



23	3,80	250,00	20695	8463	5345	40,89	1,64	29304	9593	3,87	3,05
24	4,00	250,00	21695	9532	5345	43,94	1,78	30554	10662	1,92	2,87

**COMBINAZIONE n° 3**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3613,24 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3317,82 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1430,94 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,63 [°]
Incremento sismico della spinta	721,48 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	80,13 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	7695,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	525,18 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	262,59 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5795,42 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24319,22 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10509,71 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	33665,64 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24319,22 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5795,42 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,30 [m]
Risultante in fondazione	25000,23 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,40 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7243,09 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	9195430,39 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,6681 [kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2774 [kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 44.44$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 35.44$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 26.84$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.20
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.99
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	378.11
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	26.47

Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 26.47

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	504.99	64.46	455.66	1.01	35.00	0.000	0.000
2	1396.78	58.05	1185.16	0.82	35.00	0.000	0.000
3	2096.59	52.38	1660.59	0.71	35.00	0.000	0.000
4	2671.68	47.37	1965.65	0.64	35.00	0.000	0.000
5	3173.04	42.81	2156.10	0.59	37.67	9.514	0.000
6	3623.70	38.56	2258.70	0.55	38.00	10.700	0.000
7	4008.25	34.55	2273.25	0.53	38.00	10.700	0.000
8	4336.18	30.73	2215.74	0.50	38.00	10.700	0.000
9	4411.26	27.05	2006.44	0.49	38.00	10.700	0.000
10	4414.90	23.50	1760.26	0.47	38.00	10.700	0.000
11	4380.29	20.03	1500.59	0.46	38.00	10.700	0.000
12	4312.46	16.65	1235.30	0.45	38.00	10.700	0.000
13	4251.91	13.32	979.32	0.45	38.00	10.700	0.000
14	4350.84	10.03	757.92	0.44	38.00	10.700	0.000
15	1052.17	6.78	124.24	0.44	38.00	10.700	0.000
16	1022.36	3.55	63.35	0.43	38.00	10.700	0.000
17	1011.04	0.33	5.91	0.43	35.32	1.152	0.000
18	988.35	-2.88	-49.69	0.43	35.00	0.000	0.000
19	950.39	-6.11	-101.12	0.44	35.00	0.000	0.000
20	884.83	-9.35	-143.80	0.44	35.00	0.000	0.000
21	791.04	-12.63	-172.96	0.44	35.00	0.000	0.000
22	668.05	-15.95	-183.56	0.45	35.00	0.000	0.000
23	514.51	-19.32	-170.25	0.46	35.00	0.000	0.000
24	328.66	-22.77	-127.20	0.47	35.00	0.000	0.000
25	108.14	-26.31	-47.92	0.48	35.00	0.000	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	35 di 100

$$\Sigma W_i = 56252,41 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 21607,68 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 37495,77 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 619517,22 \text{ [kg]}$$

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 3

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	4	41	0,91	0,04	205	4	9,73	56,14
3	0,40	100,00	800	18	110	2,29	0,09	420	18	7,28	22,96
4	0,60	100,00	1200	49	206	4,12	0,15	645	49	5,82	13,04
5	0,80	100,00	1600	103	330	6,41	0,22	879	103	4,85	8,57
6	1,00	100,00	2000	183	482	9,17	0,31	1124	183	4,15	6,13
7	1,00	150,00	3283	42	482	1,28	0,23	2727	183	6,81	14,87
8	1,20	150,00	3883	157	675	4,05	0,30	3232	299	5,75	10,83
9	1,40	150,00	4482	314	895	7,00	0,38	3746	455	5,01	8,23
10	1,60	150,00	5083	517	1143	10,18	0,48	4271	658	4,45	6,49
11	1,80	150,00	5683	773	1419	13,60	0,58	4805	914	4,00	5,26
12	2,00	150,00	6283	1087	1722	17,30	0,71	5350	1228	3,65	4,36
13	2,00	200,00	8848	734	1722	8,29	0,55	9838	1228	5,14	8,01
14	2,20	200,00	9648	1112	2067	11,53	0,65	10743	1606	4,67	6,69
15	2,40	200,00	10448	1562	2439	14,95	0,76	11657	2057	4,28	5,67
16	2,60	200,00	11248	2090	2839	18,58	0,88	12581	2584	3,96	4,87
17	2,80	200,00	12048	2700	3267	22,41	1,01	13515	3194	3,69	4,23
18	3,00	200,00	12848	3398	3722	26,45	1,15	14459	3893	3,45	3,71
19	3,00	250,00	16695	2763	3722	16,55	0,93	23116	3893	4,49	5,94
20	3,20	250,00	17695	3556	4212	20,10	1,05	24518	4686	4,20	5,23
21	3,40	250,00	18695	4435	4528	23,72	1,17	25857	5565	4,13	4,65
22	3,60	250,00	19695	5351	4618	27,17	1,30	27114	6481	4,27	4,18
23	3,80	250,00	20695	6281	4686	30,35	1,43	28364	7411	4,42	3,83
24	4,00	250,00	21695	7225	4754	33,30	1,56	29614	8355	2,16	3,54

COMBINAZIONE n° 4
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
 Punto superiore superficie di spinta  
 Altezza della superficie di spinta  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X=1,50 Y=-4,00  
 X=1,50 Y=0,00  
 4,00 [m]  
 0,00 [°]

Valore della spinta statica	4111,26 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3775,12 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1628,17 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,20
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,19 [°]
Incremento sismico della spinta	820,93 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,20
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	79,63 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8595,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	586,61 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	293,30 [kg]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6405,45 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25486,54 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	11945,44 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	36041,03 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25486,54 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6405,45 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,30 [m]
Risultante in fondazione	26279,15 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,11 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7762,59 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	8957973,66 [kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,7647 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2743 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 43.63$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 34.79$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 25.33$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.02
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.88
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	351.48
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	24.55

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 24.55

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	765.22	64.46	690.47	1.01	35.00	0.000	0.000
2	1657.01	58.05	1405.97	0.82	35.00	0.000	0.000
3	2356.82	52.38	1866.70	0.71	35.00	0.000	0.000
4	2931.90	47.37	2157.11	0.64	35.00	0.000	0.000
5	3433.27	42.81	2332.93	0.59	37.67	9.514	0.000
6	3883.93	38.56	2420.90	0.55	38.00	10.700	0.000
7	4268.47	34.55	2420.84	0.53	38.00	10.700	0.000
8	4596.41	30.73	2348.72	0.50	38.00	10.700	0.000
9	4671.49	27.05	2124.80	0.49	38.00	10.700	0.000
10	4675.13	23.50	1864.01	0.47	38.00	10.700	0.000
11	4640.52	20.03	1589.73	0.46	38.00	10.700	0.000
12	4497.22	16.65	1288.22	0.45	38.00	10.700	0.000
13	4251.91	13.32	979.32	0.45	38.00	10.700	0.000
14	4350.84	10.03	757.92	0.44	38.00	10.700	0.000
15	1052.17	6.78	124.24	0.44	38.00	10.700	0.000
16	1022.36	3.55	63.35	0.43	38.00	10.700	0.000
17	1011.04	0.33	5.91	0.43	35.32	1.152	0.000
18	988.35	-2.88	-49.69	0.43	35.00	0.000	0.000
19	950.39	-6.11	-101.12	0.44	35.00	0.000	0.000
20	884.83	-9.35	-143.80	0.44	35.00	0.000	0.000
21	791.04	-12.63	-172.96	0.44	35.00	0.000	0.000
22	668.05	-15.95	-183.56	0.45	35.00	0.000	0.000
23	514.51	-19.32	-170.25	0.46	35.00	0.000	0.000
24	328.66	-22.77	-127.20	0.47	35.00	0.000	0.000
25	108.14	-26.31	-47.92	0.48	35.00	0.000	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	38 di 100

$\Sigma W_i = 59299,68$  [kg]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 23444,64$  [kg]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 39250,80$  [kg]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 619517,22$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 4

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	5	60	1,24	0,04	212	5	6,67	42,82
3	0,40	100,00	800	27	161	3,32	0,10	438	27	4,97	16,49
4	0,60	100,00	1200	71	290	5,93	0,16	675	71	4,14	9,48
5	0,80	100,00	1600	144	446	9,02	0,25	921	144	3,59	6,38
6	1,00	100,00	2000	251	630	12,57	0,35	1177	251	3,18	4,68
7	1,00	150,00	3283	110	630	3,36	0,25	2780	251	5,21	11,06
8	1,20	150,00	3883	258	855	6,65	0,33	3297	399	4,54	8,25
9	1,40	150,00	4482	454	1108	10,13	0,42	3823	595	4,05	6,42
10	1,60	150,00	5083	703	1388	13,84	0,53	4359	844	3,66	5,16
11	1,80	150,00	5683	1011	1696	17,80	0,65	4905	1152	3,35	4,26
12	2,00	150,00	6283	1384	2032	22,02	0,79	5461	1525	3,09	3,58
13	2,00	200,00	8848	1030	2032	11,65	0,60	9950	1525	4,35	6,53
14	2,20	200,00	9648	1474	2409	15,28	0,70	10866	1968	4,00	5,52
15	2,40	200,00	10448	1996	2814	19,10	0,82	11791	2490	3,71	4,73
16	2,60	200,00	11248	2601	3246	23,13	0,95	12727	3096	3,47	4,11
17	2,80	200,00	12048	3296	3706	27,36	1,10	13673	3790	3,25	3,61
18	3,00	200,00	12848	4086	4193	31,80	1,26	14628	4580	3,06	3,19
19	3,00	250,00	16695	3450	4193	20,66	1,00	23285	4580	3,98	5,08
20	3,20	250,00	17695	4341	4715	24,53	1,12	24699	5471	3,75	4,51
21	3,40	250,00	18695	5322	5049	28,47	1,26	26044	6452	3,70	4,04
22	3,60	250,00	19695	6343	5140	32,20	1,40	27302	7473	3,83	3,65
23	3,80	250,00	20695	7378	5209	35,65	1,54	28552	8508	3,97	3,36
24	4,00	250,00	21695	8426	5277	38,84	1,68	29802	9556	1,95	3,12

COMBINAZIONE n° 5
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
 Punto superiore superficie di spinta  
 Altezza della superficie di spinta  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X=1,50 Y=-4,00  
 X=1,50 Y=0,00  
 4,00 [m]  
 0,00 [°]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	39 di 100

Valore della spinta statica	3613,24 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3317,82 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1430,94 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,63 [°]
Incremento sismico della spinta	478,12 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	80,38 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	7695,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	-644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	525,18 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-262,59 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5571,96 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	22407,73 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	11247,41 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	32299,47 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	22407,73 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5571,96 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,31 [m]
Risultante in fondazione	23090,11 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,96 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6957,61 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	8936662,84 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,5642 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2284 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 43.79$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 34.93$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 25.64$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.87
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.90
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	398.82
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	28.03

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 5

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 28.03

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	504.99	64.46	455.66	1.01	35.00	0.000	0.000
2	1396.78	58.05	1185.16	0.82	35.00	0.000	0.000
3	2096.59	52.38	1660.59	0.71	35.00	0.000	0.000
4	2671.68	47.37	1965.65	0.64	35.00	0.000	0.000
5	3173.04	42.81	2156.10	0.59	37.67	9.514	0.000
6	3623.70	38.56	2258.70	0.55	38.00	10.700	0.000
7	4008.25	34.55	2273.25	0.53	38.00	10.700	0.000
8	4336.18	30.73	2215.74	0.50	38.00	10.700	0.000
9	4411.26	27.05	2006.44	0.49	38.00	10.700	0.000
10	4414.90	23.50	1760.26	0.47	38.00	10.700	0.000
11	4380.29	20.03	1500.59	0.46	38.00	10.700	0.000
12	4312.46	16.65	1235.30	0.45	38.00	10.700	0.000
13	4251.91	13.32	979.32	0.45	38.00	10.700	0.000
14	4350.84	10.03	757.92	0.44	38.00	10.700	0.000
15	1052.17	6.78	124.24	0.44	38.00	10.700	0.000
16	1022.36	3.55	63.35	0.43	38.00	10.700	0.000
17	1011.04	0.33	5.91	0.43	35.32	1.152	0.000
18	988.35	-2.88	-49.69	0.43	35.00	0.000	0.000
19	950.39	-6.11	-101.12	0.44	35.00	0.000	0.000
20	884.83	-9.35	-143.80	0.44	35.00	0.000	0.000
21	791.04	-12.63	-172.96	0.44	35.00	0.000	0.000
22	668.05	-15.95	-183.56	0.45	35.00	0.000	0.000
23	514.51	-19.32	-170.25	0.46	35.00	0.000	0.000
24	328.66	-22.77	-127.20	0.47	35.00	0.000	0.000
25	108.14	-26.31	-47.92	0.48	35.00	0.000	0.000



**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	41 di 100

$$\Sigma W_i = 56252,41 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 21607,68 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 37495,77 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 619517,22 \text{ [kg]}$$

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 5**

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	4	40	0,90	0,04	205	4	9,92	56,95
3	0,40	100,00	800	18	107	2,23	0,09	420	18	7,49	23,49
4	0,60	100,00	1200	48	199	4,00	0,15	645	48	6,02	13,42
5	0,80	100,00	1600	99	318	6,21	0,22	879	99	5,03	8,86
6	1,00	100,00	2000	177	462	8,84	0,31	1124	177	4,33	6,36
7	1,00	150,00	3283	36	462	1,09	0,23	2727	177	7,10	15,42
8	1,20	150,00	3883	146	647	3,76	0,30	3232	287	6,00	11,25
9	1,40	150,00	4482	296	857	6,61	0,38	3746	437	5,23	8,57
10	1,60	150,00	5083	491	1094	9,66	0,47	4271	632	4,65	6,76
11	1,80	150,00	5683	735	1356	12,94	0,57	4805	877	4,19	5,48
12	2,00	150,00	6283	1035	1645	16,47	0,69	5350	1176	3,82	4,55
13	2,00	200,00	8848	682	1645	7,71	0,54	9838	1176	5,38	8,36
14	2,20	200,00	9648	1043	1973	10,81	0,64	10743	1538	4,89	6,99
15	2,40	200,00	10448	1473	2328	14,10	0,74	11657	1967	4,49	5,93
16	2,60	200,00	11248	1976	2708	17,57	0,86	12581	2470	4,15	5,09
17	2,80	200,00	12048	2558	3115	21,23	0,99	13515	3052	3,87	4,43
18	3,00	200,00	12848	3224	3547	25,09	1,13	14459	3718	3,62	3,89
19	3,00	250,00	16695	2588	3547	15,50	0,92	23116	3718	4,71	6,22
20	3,20	250,00	17695	3344	4014	18,90	1,03	24518	4474	4,41	5,48
21	3,40	250,00	18695	4182	4316	22,37	1,15	25857	5312	4,33	4,87
22	3,60	250,00	19695	5055	4405	25,67	1,27	27114	6185	4,47	4,38
23	3,80	250,00	20695	5943	4473	28,72	1,40	28364	7073	4,63	4,01
24	4,00	250,00	21695	6844	4541	31,55	1,52	29614	7974	2,26	3,71

COMBINAZIONE n° 6
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	4111,26 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3775,12 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1628,17 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,20
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,19 [°]
Incremento sismico della spinta	544,02 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,20
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	79,88 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	8595,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	-644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	586,61 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-293,30 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6151,19 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23500,35 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	12671,18 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	34582,78 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23500,35 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6151,19 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,32 [m]
Risultante in fondazione	24292,04 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,67 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7463,83 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	8700454,34 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,6565 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2235 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

N <sub>c</sub> = 61.35	N' <sub>c</sub> = 42.98
N <sub>q</sub> = 48.93	N' <sub>q</sub> = 34.28
N <sub>γ</sub> = 64.07	N' <sub>γ</sub> = 24.16

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.73
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.81
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	370.23
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	26.00

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 26.00

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	765.22	64.46	690.47	1.01	35.00	0.000	0.000
2	1657.01	58.05	1405.97	0.82	35.00	0.000	0.000
3	2356.82	52.38	1866.70	0.71	35.00	0.000	0.000
4	2931.90	47.37	2157.11	0.64	35.00	0.000	0.000
5	3433.27	42.81	2332.93	0.59	37.67	9.514	0.000
6	3883.93	38.56	2420.90	0.55	38.00	10.700	0.000
7	4268.47	34.55	2420.84	0.53	38.00	10.700	0.000
8	4596.41	30.73	2348.72	0.50	38.00	10.700	0.000
9	4671.49	27.05	2124.80	0.49	38.00	10.700	0.000
10	4675.13	23.50	1864.01	0.47	38.00	10.700	0.000
11	4640.52	20.03	1589.73	0.46	38.00	10.700	0.000
12	4497.22	16.65	1288.22	0.45	38.00	10.700	0.000
13	4251.91	13.32	979.32	0.45	38.00	10.700	0.000
14	4350.84	10.03	757.92	0.44	38.00	10.700	0.000
15	1052.17	6.78	124.24	0.44	38.00	10.700	0.000
16	1022.36	3.55	63.35	0.43	38.00	10.700	0.000
17	1011.04	0.33	5.91	0.43	35.32	1.152	0.000
18	988.35	-2.88	-49.69	0.43	35.00	0.000	0.000
19	950.39	-6.11	-101.12	0.44	35.00	0.000	0.000
20	884.83	-9.35	-143.80	0.44	35.00	0.000	0.000
21	791.04	-12.63	-172.96	0.44	35.00	0.000	0.000
22	668.05	-15.95	-183.56	0.45	35.00	0.000	0.000
23	514.51	-19.32	-170.25	0.46	35.00	0.000	0.000
24	328.66	-22.77	-127.20	0.47	35.00	0.000	0.000
25	108.14	-26.31	-47.92	0.48	35.00	0.000	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	44 di 100

$$\Sigma W_i = 59299,68 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 23444,64 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 39250,80 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 619517,22 \text{ [kg]}$$

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 6**

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

$\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	5	58	1,21	0,04	212	5	6,88	43,93
3	0,40	100,00	800	26	155	3,21	0,10	438	26	5,16	17,05
4	0,60	100,00	1200	69	278	5,71	0,16	675	69	4,32	9,84
5	0,80	100,00	1600	139	427	8,67	0,24	921	139	3,75	6,64
6	1,00	100,00	2000	241	602	12,06	0,34	1177	241	3,32	4,88
7	1,00	150,00	3283	100	602	3,04	0,25	2780	241	5,45	11,53
8	1,20	150,00	3883	241	817	6,22	0,32	3297	383	4,75	8,62
9	1,40	150,00	4482	428	1058	9,56	0,41	3823	570	4,24	6,71
10	1,60	150,00	5083	666	1325	13,11	0,52	4359	808	3,84	5,40
11	1,80	150,00	5683	960	1618	16,90	0,63	4905	1101	3,51	4,45
12	2,00	150,00	6283	1315	1937	20,93	0,77	5461	1456	3,24	3,75
13	2,00	200,00	8848	962	1937	10,87	0,59	9950	1456	4,57	6,83
14	2,20	200,00	9648	1385	2296	14,36	0,69	10866	1879	4,20	5,78
15	2,40	200,00	10448	1882	2681	18,02	0,80	11791	2377	3,90	4,96
16	2,60	200,00	11248	2459	3092	21,86	0,93	12727	2953	3,64	4,31
17	2,80	200,00	12048	3121	3529	25,90	1,07	13673	3615	3,41	3,78
18	3,00	200,00	12848	3872	3992	30,14	1,22	14628	4367	3,22	3,35
19	3,00	250,00	16695	3237	3992	19,39	0,98	23285	4367	4,18	5,33
20	3,20	250,00	17695	4085	4489	23,09	1,10	24699	5215	3,94	4,74
21	3,40	250,00	18695	5019	4808	26,85	1,23	26044	6149	3,89	4,24
22	3,60	250,00	19695	5991	4898	30,42	1,36	27302	7121	4,02	3,83
23	3,80	250,00	20695	6978	4966	33,72	1,50	28552	8108	4,17	3,52
24	4,00	250,00	21695	7978	5034	36,77	1,63	29802	9108	2,04	3,27

COMBINAZIONE n° 7
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3354,62 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3171,17 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1094,15 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	76,19 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	5700,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3171,17 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	20794,15 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	5499,33 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	27160,38 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	20794,15 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3171,17 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,21 [m]
Risultante in fondazione	21034,57 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,67 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4331,64 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	4107190,94 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,2476 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4159 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 29.00$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 18.94$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 11.72$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.94
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.48
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	197.52
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	24.22

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 7

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)

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	46 di 100

- W** peso della striscia espresso in [kg]  
 **$\alpha$**  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 **$\phi$**  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
**c** coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
**b** larghezza della striscia espressa in [m]  
**u** pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36  
 Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro  $X[m]= -2,12$   $Y[m]= 2,83$   
 Raggio del cerchio  $R[m]= 7,73$   
 Ascissa a valle del cerchio  $Xi[m]= -5,76$   
 Ascissa a monte del cerchio  $Xs[m]= 5,08$   
 Larghezza della striscia  $dx[m]= 0,43$   
 Coefficiente di sicurezza  $C= 24,22$   
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	374.07	64.46	337.53	1.01	29.26	0.000	0.000
2	1034.65	58.05	877.90	0.82	29.26	0.000	0.000
3	1553.03	52.38	1230.06	0.71	29.26	0.000	0.000
4	1979.02	47.37	1456.04	0.64	29.26	0.000	0.000
5	2350.40	42.81	1597.11	0.59	31.70	5.946	0.000
6	2684.22	38.56	1673.11	0.55	32.01	6.687	0.000
7	2969.07	34.55	1683.89	0.53	32.01	6.687	0.000
8	3211.99	30.73	1641.29	0.50	32.01	6.687	0.000
9	3435.93	27.05	1562.82	0.49	32.01	6.687	0.000
10	3629.15	23.50	1446.97	0.47	32.01	6.687	0.000
11	3794.03	20.03	1299.75	0.46	32.01	6.687	0.000
12	3934.31	16.65	1126.98	0.45	32.01	6.687	0.000
13	4049.12	13.32	932.61	0.45	32.01	6.687	0.000
14	4122.40	10.03	718.13	0.44	32.01	6.687	0.000
15	793.45	6.78	93.69	0.44	32.01	6.687	0.000
16	757.31	3.55	46.92	0.43	32.01	6.687	0.000
17	748.92	0.33	4.37	0.43	29.55	0.720	0.000
18	732.11	-2.88	-36.81	0.43	29.26	0.000	0.000
19	703.99	-6.11	-74.90	0.44	29.26	0.000	0.000
20	655.43	-9.35	-106.52	0.44	29.26	0.000	0.000
21	585.96	-12.63	-128.12	0.44	29.26	0.000	0.000
22	494.85	-15.95	-135.97	0.45	29.26	0.000	0.000
23	381.12	-19.32	-126.11	0.46	29.26	0.000	0.000
24	243.45	-22.77	-94.22	0.47	29.26	0.000	0.000
25	80.10	-26.31	-35.50	0.48	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 45298,08$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 16991,03$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 24394,46$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 387198,27$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 7

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	1	11	0,18	0,04	204	1	36,35	277,79
3	0,40	100,00	800	6	44	0,73	0,08	415	6	18,17	70,74
4	0,60	100,00	1200	20	99	1,65	0,13	634	20	12,12	32,02
5	0,80	100,00	1600	47	176	2,93	0,19	861	47	9,09	18,33
6	1,00	100,00	2000	92	275	4,59	0,26	1095	92	7,27	11,94
7	1,00	150,00	2950	117	275	3,96	0,23	2282	92	10,72	24,89
8	1,20	150,00	3550	183	396	5,17	0,29	2774	158	8,96	17,51
9	1,40	150,00	4150	277	539	6,67	0,35	3274	252	7,70	13,01
10	1,60	150,00	4750	401	704	8,43	0,42	3780	376	6,74	10,06
11	1,80	150,00	5350	560	891	10,46	0,51	4295	535	6,00	8,03
12	2,00	150,00	5950	759	1100	12,75	0,60	4817	734	5,41	6,57
13	2,00	200,00	7850	821	1100	10,46	0,52	8142	734	7,13	11,10
14	2,20	200,00	8650	1064	1332	12,30	0,59	9022	976	6,50	9,24
15	2,40	200,00	9450	1355	1585	14,34	0,68	9909	1268	5,96	7,82
16	2,60	200,00	10250	1699	1860	16,58	0,77	10804	1612	5,51	6,70
17	2,80	200,00	11050	2101	2157	19,01	0,87	11707	2013	5,12	5,82
18	3,00	200,00	11850	2563	2476	21,63	0,98	12617	2476	4,79	5,10
19	3,00	250,00	14700	2676	2476	18,20	0,84	19029	2476	5,94	7,69
20	3,20	250,00	15700	3205	2812	20,41	0,94	20395	3005	5,58	6,79
21	3,40	250,00	16700	3791	3009	22,70	1,03	21713	3591	5,55	6,05
22	3,60	250,00	17700	4395	3027	24,83	1,13	22969	4195	5,85	5,47
23	3,80	250,00	18700	5001	3027	26,74	1,23	24219	4801	6,18	5,04
24	4,00	250,00	19700	5606	3027	28,46	1,33	25469	5406	2,46	4,71

COMBINAZIONE n° 8
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]
Valore della spinta statica	6059,47 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	5728,10 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1976,37 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,01
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	74,06 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9600,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5728,10 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25576,37 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	11379,82 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	36840,93 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25576,37 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5728,10 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,25 [m]
Risultante in fondazione	26209,96 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,62 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6509,36 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	3538981,71 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,6480 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3982 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 26.25$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 17.14$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 8.09$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.24
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.69
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	138.37
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	16.74



Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 8

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 16.74

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1501.72	64.46	1355.04	1.01	29.26	0.000	0.000
2	2162.31	58.05	1834.71	0.82	29.26	0.000	0.000
3	2680.69	52.38	2123.22	0.71	29.26	0.000	0.000
4	3106.68	47.37	2285.70	0.64	29.26	0.000	0.000
5	3478.06	42.81	2363.36	0.59	31.70	5.946	0.000
6	3811.88	38.56	2376.00	0.55	32.01	6.687	0.000
7	4096.73	34.55	2323.43	0.53	32.01	6.687	0.000
8	4339.65	30.73	2217.51	0.50	32.01	6.687	0.000
9	4563.59	27.05	2075.73	0.49	32.01	6.687	0.000
10	4756.81	23.50	1896.58	0.47	32.01	6.687	0.000
11	4921.69	20.03	1686.06	0.46	32.01	6.687	0.000
12	4734.92	16.65	1356.31	0.45	32.01	6.687	0.000
13	4049.12	13.32	932.61	0.45	32.01	6.687	0.000
14	4122.40	10.03	718.13	0.44	32.01	6.687	0.000
15	793.45	6.78	93.69	0.44	32.01	6.687	0.000
16	757.31	3.55	46.92	0.43	32.01	6.687	0.000
17	748.92	0.33	4.37	0.43	29.55	0.720	0.000
18	732.11	-2.88	-36.81	0.43	29.26	0.000	0.000
19	703.99	-6.11	-74.90	0.44	29.26	0.000	0.000
20	655.43	-9.35	-106.52	0.44	29.26	0.000	0.000
21	585.96	-12.63	-128.12	0.44	29.26	0.000	0.000
22	494.85	-15.95	-135.97	0.45	29.26	0.000	0.000
23	381.12	-19.32	-126.11	0.46	29.26	0.000	0.000
24	243.45	-22.77	-94.22	0.47	29.26	0.000	0.000
25	80.10	-26.31	-35.50	0.48	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 58502,94$  [kg]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 24951,22$  [kg]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 30478,64$  [kg]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 387198,27$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

#### Combinazione n° 8

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	7	99	1,69	0,04	234	7	4,04	34,61
3	0,40	100,00	800	45	282	5,57	0,11	497	45	2,83	11,17
4	0,60	100,00	1200	121	488	10,10	0,19	768	121	2,46	6,34
5	0,80	100,00	1600	241	716	15,08	0,30	1047	241	2,24	4,34
6	1,00	100,00	2000	409	965	20,45	0,45	1333	409	2,07	3,26
7	1,00	150,00	2950	434	965	14,71	0,31	2521	409	3,06	6,16
8	1,20	150,00	3550	654	1237	18,42	0,41	3064	629	2,87	4,87
9	1,40	150,00	4150	930	1531	22,41	0,52	3616	905	2,71	3,99
10	1,60	150,00	4750	1267	1846	26,68	0,66	4174	1242	2,57	3,36
11	1,80	150,00	5350	1670	2184	31,22	0,81	4741	1645	2,45	2,88
12	2,00	150,00	5950	2142	2544	36,01	1,02	5315	2117	2,34	2,51
13	2,00	200,00	7850	2205	2544	28,09	0,72	8640	2117	3,09	4,08
14	2,20	200,00	8650	2751	2925	31,81	0,85	9572	2664	2,96	3,59
15	2,40	200,00	9450	3377	3329	35,73	0,98	10511	3289	2,84	3,20
16	2,60	200,00	10250	4085	3755	39,85	1,14	11458	3997	2,73	2,87
17	2,80	200,00	11050	4880	4202	44,16	1,32	12412	4792	2,63	2,59
18	3,00	200,00	11850	5767	4672	48,67	1,54	13374	5679	2,54	2,35
19	3,00	250,00	14700	5879	4672	40,00	1,15	19787	5679	3,15	3,48
20	3,20	250,00	15700	6862	5157	43,71	1,29	21204	6662	3,04	3,18
21	3,40	250,00	16700	7927	5438	47,47	1,44	22551	7727	3,07	2,92
22	3,60	250,00	17700	9019	5463	50,95	1,59	23810	8819	3,24	2,70
23	3,80	250,00	18700	10112	5463	54,07	1,76	25060	9912	3,42	2,53
24	4,00	250,00	19700	11204	5463	56,87	1,93	26310	11004	1,37	2,39

#### COMBINAZIONE n° 9

##### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
 Punto superiore superficie di spinta  
 Altezza della superficie di spinta

X=1,50 Y=-4,00  
 X=1,50 Y=0,00  
 4,00 [m]

Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]
Valore della spinta statica	3354,62 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3171,17 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1094,15 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	76,19 [°]
Incremento sismico della spinta	612,84 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	75,69 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	5700,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	389,03 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	194,51 [kg]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5095,02 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	21666,30 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	9175,97 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	28493,60 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	21666,30 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5095,02 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,36 [m]
Risultante in fondazione	22257,31 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,23 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7765,25 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	3118062,43 [kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,6121 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,1212 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 25.84$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.88$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 7.59$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.11
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.61
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	143.91
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	21.04

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 9

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]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	52 di 100

- $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 $c$  coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]  
 $b$  larghezza della striscia espressa in [m]  
 $u$  pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 21.04

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	374.07	64.46	337.53	1.01	29.26	0.000	0.000
2	1034.65	58.05	877.90	0.82	29.26	0.000	0.000
3	1553.03	52.38	1230.06	0.71	29.26	0.000	0.000
4	1979.02	47.37	1456.04	0.64	29.26	0.000	0.000
5	2350.40	42.81	1597.11	0.59	31.70	5.946	0.000
6	2684.22	38.56	1673.11	0.55	32.01	6.687	0.000
7	2969.07	34.55	1683.89	0.53	32.01	6.687	0.000
8	3211.99	30.73	1641.29	0.50	32.01	6.687	0.000
9	3435.93	27.05	1562.82	0.49	32.01	6.687	0.000
10	3629.15	23.50	1446.97	0.47	32.01	6.687	0.000
11	3794.03	20.03	1299.75	0.46	32.01	6.687	0.000
12	3934.31	16.65	1126.98	0.45	32.01	6.687	0.000
13	4049.12	13.32	932.61	0.45	32.01	6.687	0.000
14	4122.40	10.03	718.13	0.44	32.01	6.687	0.000
15	793.45	6.78	93.69	0.44	32.01	6.687	0.000
16	757.31	3.55	46.92	0.43	32.01	6.687	0.000
17	748.92	0.33	4.37	0.43	29.55	0.720	0.000
18	732.11	-2.88	-36.81	0.43	29.26	0.000	0.000
19	703.99	-6.11	-74.90	0.44	29.26	0.000	0.000
20	655.43	-9.35	-106.52	0.44	29.26	0.000	0.000
21	585.96	-12.63	-128.12	0.44	29.26	0.000	0.000
22	494.85	-15.95	-135.97	0.45	29.26	0.000	0.000
23	381.12	-19.32	-126.11	0.46	29.26	0.000	0.000
24	243.45	-22.77	-94.22	0.47	29.26	0.000	0.000
25	80.10	-26.31	-35.50	0.48	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 45298,08$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 16991,03$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 24394,46$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 387198,27$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 9

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	4	40	0,90	0,04	204	4	9,92	56,65
3	0,40	100,00	800	18	107	2,23	0,09	415	18	7,50	23,25
4	0,60	100,00	1200	48	199	4,00	0,15	634	48	6,03	13,21
5	0,80	100,00	1600	99	317	6,20	0,22	861	99	5,04	8,68
6	1,00	100,00	2000	177	462	8,84	0,31	1095	177	4,33	6,20
7	1,00	150,00	2950	202	462	6,84	0,25	2282	177	6,39	12,92
8	1,20	150,00	3550	312	646	8,79	0,32	2774	287	5,50	9,66
9	1,40	150,00	4150	462	856	11,13	0,40	3274	437	4,85	7,49
10	1,60	150,00	4750	656	1092	13,82	0,49	3780	631	4,35	5,99
11	1,80	150,00	5350	900	1354	16,83	0,60	4295	875	3,95	4,91
12	2,00	150,00	5950	1200	1643	20,16	0,72	4817	1175	3,62	4,10
13	2,00	200,00	7850	1262	1643	16,08	0,58	8142	1175	4,78	6,93
14	2,20	200,00	8650	1623	1971	18,76	0,68	9022	1536	4,39	5,87
15	2,40	200,00	9450	2052	2325	21,72	0,78	9909	1965	4,07	5,04
16	2,60	200,00	10250	2555	2705	24,92	0,90	10804	2467	3,79	4,38
17	2,80	200,00	11050	3136	3110	28,38	1,02	11707	3048	3,55	3,84
18	3,00	200,00	11850	3801	3542	32,07	1,16	12617	3713	3,35	3,40
19	3,00	250,00	14700	3913	3542	26,62	0,96	19029	3713	4,15	5,12
20	3,20	250,00	15700	4668	4008	29,73	1,08	20395	4468	3,92	4,56
21	3,40	250,00	16700	5504	4310	32,96	1,20	21713	5304	3,87	4,09
22	3,60	250,00	17700	6377	4398	36,03	1,32	22969	6177	4,02	3,72
23	3,80	250,00	18700	7263	4467	38,84	1,45	24219	7063	4,19	3,43
24	4,00	250,00	19700	8163	4535	41,44	1,57	25469	7963	1,64	3,20

COMBINAZIONE n° 10

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3895,59 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3682,56 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1270,60 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,19
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04 [°]

Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	75,69 [°]
Incremento sismico della spinta	711,67 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,19
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	75,19 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6480,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	442,26 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	221,13 [kg]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5753,07 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	22681,60 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10717,76 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	30561,31 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	22681,60 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5753,07 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,38 [m]
Risultante in fondazione	23399,84 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,23 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8508,44 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	2977592,33 [kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,7241 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0905 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 25.17$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.44$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 6.80$

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.85
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.49
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	131.28
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	19.38

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 10

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce      25

Cerchio critico

Coordinate del centro    X[m]= -2,12    Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio      R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio    Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio    Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza      C= 19.38

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	599.60	64.46	541.03	1.01	29.26	0.000	0.000
2	1260.18	58.05	1069.26	0.82	29.26	0.000	0.000
3	1778.56	52.38	1408.70	0.71	29.26	0.000	0.000
4	2204.55	47.37	1621.97	0.64	29.26	0.000	0.000
5	2575.93	42.81	1750.36	0.59	31.70	5.946	0.000
6	2909.75	38.56	1813.69	0.55	32.01	6.687	0.000
7	3194.60	34.55	1811.80	0.53	32.01	6.687	0.000
8	3437.52	30.73	1756.53	0.50	32.01	6.687	0.000
9	3661.47	27.05	1665.40	0.49	32.01	6.687	0.000
10	3854.68	23.50	1536.89	0.47	32.01	6.687	0.000
11	4019.56	20.03	1377.01	0.46	32.01	6.687	0.000
12	4094.43	16.65	1172.85	0.45	32.01	6.687	0.000
13	4049.12	13.32	932.61	0.45	32.01	6.687	0.000
14	4122.40	10.03	718.13	0.44	32.01	6.687	0.000
15	793.45	6.78	93.69	0.44	32.01	6.687	0.000
16	757.31	3.55	46.92	0.43	32.01	6.687	0.000
17	748.92	0.33	4.37	0.43	29.55	0.720	0.000
18	732.11	-2.88	-36.81	0.43	29.26	0.000	0.000
19	703.99	-6.11	-74.90	0.44	29.26	0.000	0.000
20	655.43	-9.35	-106.52	0.44	29.26	0.000	0.000
21	585.96	-12.63	-128.12	0.44	29.26	0.000	0.000
22	494.85	-15.95	-135.97	0.45	29.26	0.000	0.000
23	381.12	-19.32	-126.11	0.46	29.26	0.000	0.000
24	243.45	-22.77	-94.22	0.47	29.26	0.000	0.000
25	80.10	-26.31	-35.50	0.48	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 47939,05$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 18583,07$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 25611,29$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 387198,27$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 10

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

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

H      altezza della sezione espressa in [cm]

N      sforzo normale [kg]

M      momento flettente [kgm]

T      taglio [kg]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	56 di 100

e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	5	61	1,26	0,04	210	5	6,54	41,77
3	0,40	100,00	800	27	163	3,38	0,10	432	27	4,91	15,98
4	0,60	100,00	1200	72	291	6,00	0,16	661	72	4,12	9,18
5	0,80	100,00	1600	145	445	9,07	0,25	898	145	3,59	6,19
6	1,00	100,00	2000	252	625	12,59	0,35	1143	252	3,20	4,54
7	1,00	150,00	2950	277	625	9,38	0,27	2330	252	4,72	9,26
8	1,20	150,00	3550	423	845	11,92	0,35	2832	398	4,20	7,11
9	1,40	150,00	4150	616	1091	14,85	0,44	3342	591	3,81	5,65
10	1,60	150,00	4750	861	1362	18,13	0,55	3859	836	3,49	4,61
11	1,80	150,00	5350	1163	1660	21,74	0,67	4384	1138	3,22	3,85
12	2,00	150,00	5950	1527	1984	25,67	0,80	4917	1502	3,00	3,27
13	2,00	200,00	7850	1590	1984	20,25	0,63	8242	1502	3,96	5,49
14	2,20	200,00	8650	2022	2348	23,38	0,74	9132	1935	3,68	4,72
15	2,40	200,00	9450	2530	2737	26,78	0,85	10030	2443	3,45	4,11
16	2,60	200,00	10250	3119	3153	30,43	0,98	10935	3031	3,25	3,61
17	2,80	200,00	11050	3793	3594	34,33	1,12	11848	3706	3,07	3,20
18	3,00	200,00	11850	4558	4062	38,47	1,28	12768	4471	2,92	2,86
19	3,00	250,00	14700	4671	4062	31,77	1,04	19181	4471	3,62	4,29
20	3,20	250,00	15700	5533	4563	35,24	1,16	20557	5333	3,44	3,85
21	3,40	250,00	16700	6483	4884	38,82	1,29	21881	6283	3,42	3,48
22	3,60	250,00	17700	7470	4975	42,21	1,43	23137	7270	3,56	3,18
23	3,80	250,00	18700	8472	5043	45,31	1,56	24387	8272	3,71	2,95
24	4,00	250,00	19700	9488	5111	48,16	1,71	25637	9288	1,46	2,76

**COMBINAZIONE n° 11**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3354,62 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3171,17 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1094,15 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	76,19 [°]
Incremento sismico della spinta	386,69 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,27
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	75,94 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	5700,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	-477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	389,03 [kg]



Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte -194,51 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4881,24 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	20248,01 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	9638,73 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	27475,69 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	20248,01 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4881,24 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,37 [m]
Risultante in fondazione	20828,07 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	13,55 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7473,06 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	3054114,68 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,5273 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0925 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 25.62$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.73$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 7.33$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.85
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.57
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	150.84
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	22.27

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

Cerchio critico

Coordinate del centro	X[m]= -2,12	Y[m]= 2,83
Raggio del cerchio	R[m]= 7,73	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -5,76	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 5,08	
Larghezza della striscia dx[m]=	0,43	
Coefficiente di sicurezza	C= 22.27	

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	374.07	64.46	337.53	1.01	29.26	0.000	0.000
2	1034.65	58.05	877.90	0.82	29.26	0.000	0.000
3	1553.03	52.38	1230.06	0.71	29.26	0.000	0.000
4	1979.02	47.37	1456.04	0.64	29.26	0.000	0.000
5	2350.40	42.81	1597.11	0.59	31.70	5.946	0.000
6	2684.22	38.56	1673.11	0.55	32.01	6.687	0.000
7	2969.07	34.55	1683.89	0.53	32.01	6.687	0.000
8	3211.99	30.73	1641.29	0.50	32.01	6.687	0.000
9	3435.93	27.05	1562.82	0.49	32.01	6.687	0.000
10	3629.15	23.50	1446.97	0.47	32.01	6.687	0.000
11	3794.03	20.03	1299.75	0.46	32.01	6.687	0.000
12	3934.31	16.65	1126.98	0.45	32.01	6.687	0.000
13	4049.12	13.32	932.61	0.45	32.01	6.687	0.000
14	4122.40	10.03	718.13	0.44	32.01	6.687	0.000
15	793.45	6.78	93.69	0.44	32.01	6.687	0.000
16	757.31	3.55	46.92	0.43	32.01	6.687	0.000
17	748.92	0.33	4.37	0.43	29.55	0.720	0.000
18	732.11	-2.88	-36.81	0.43	29.26	0.000	0.000
19	703.99	-6.11	-74.90	0.44	29.26	0.000	0.000
20	655.43	-9.35	-106.52	0.44	29.26	0.000	0.000
21	585.96	-12.63	-128.12	0.44	29.26	0.000	0.000
22	494.85	-15.95	-135.97	0.45	29.26	0.000	0.000
23	381.12	-19.32	-126.11	0.46	29.26	0.000	0.000
24	243.45	-22.77	-94.22	0.47	29.26	0.000	0.000
25	80.10	-26.31	-35.50	0.48	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 45298,08$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 16991,03$  [kg]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 24394,46$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 387198,27$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

#### Combinazione n° 11

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	4	40	0,89	0,04	204	4	10,11	57,44

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	59 di 100

3	0,40	100,00	800	17	104	2,18	0,09	415	17	7,72	23,77
4	0,60	100,00	1200	47	192	3,89	0,15	634	47	6,24	13,59
5	0,80	100,00	1600	96	306	6,00	0,22	861	96	5,24	8,96
6	1,00	100,00	2000	171	443	8,53	0,30	1095	171	4,51	6,42
7	1,00	150,00	2950	196	443	6,63	0,25	2282	171	6,65	13,38
8	1,20	150,00	3550	301	619	8,49	0,32	2774	276	5,73	10,04
9	1,40	150,00	4150	445	820	10,72	0,40	3274	420	5,06	7,80
10	1,60	150,00	4750	631	1045	13,28	0,48	3780	606	4,55	6,24
11	1,80	150,00	5350	864	1294	16,16	0,59	4295	839	4,13	5,12
12	2,00	150,00	5950	1150	1569	19,33	0,70	4817	1125	3,79	4,28
13	2,00	200,00	7850	1213	1569	15,45	0,57	8142	1125	5,00	7,24
14	2,20	200,00	8650	1557	1881	18,00	0,67	9022	1470	4,60	6,14
15	2,40	200,00	9450	1967	2218	20,81	0,77	9909	1879	4,26	5,27
16	2,60	200,00	10250	2446	2579	23,86	0,88	10804	2359	3,97	4,58
17	2,80	200,00	11050	3000	2965	27,15	1,00	11707	2913	3,73	4,02
18	3,00	200,00	11850	3634	3376	30,66	1,14	12617	3546	3,51	3,56
19	3,00	250,00	14700	3746	3376	25,48	0,95	19029	3546	4,35	5,37
20	3,20	250,00	15700	4466	3819	28,44	1,06	20395	4266	4,11	4,78
21	3,40	250,00	16700	5262	4107	31,51	1,17	21713	5062	4,07	4,29
22	3,60	250,00	17700	6094	4194	34,43	1,29	22969	5894	4,22	3,90
23	3,80	250,00	18700	6940	4263	37,11	1,41	24219	6740	4,39	3,59
24	4,00	250,00	19700	7799	4331	39,59	1,54	25469	7599	1,72	3,35

**COMBINAZIONE n° 12**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,00
Altezza della superficie di spinta	4,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3895,59 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3682,56 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1270,60 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-2,19
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	75,69 [°]
Incremento sismico della spinta	449,04 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-2,19
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	75,44 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6480,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,92 Y=-1,17
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	-477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	442,26 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-221,13 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	5504,80 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	21198,18 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	11152,25 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	29462,64 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	21198,18 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	5504,80 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,39 [m]

Risultante in fondazione	21901,27 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,56 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	8187,32 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	2913780,16 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,6339 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0619 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 24.95$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.30$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 6.55$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.64
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.46
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	137.45
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	20.51

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,12 Y[m]= 2,83

Raggio del cerchio R[m]= 7,73

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,76

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,08

Larghezza della striscia dx[m]= 0,43

Coefficiente di sicurezza C= 20.51

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	599.60	64.46	541.03	1.01	29.26	0.000	0.000
2	1260.18	58.05	1069.26	0.82	29.26	0.000	0.000
3	1778.56	52.38	1408.70	0.71	29.26	0.000	0.000
4	2204.55	47.37	1621.97	0.64	29.26	0.000	0.000
5	2575.93	42.81	1750.36	0.59	31.70	5.946	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	61 di 100

6	2909.75	38.56	1813.69	0.55	32.01	6.687	0.000
7	3194.60	34.55	1811.80	0.53	32.01	6.687	0.000
8	3437.52	30.73	1756.53	0.50	32.01	6.687	0.000
9	3661.47	27.05	1665.40	0.49	32.01	6.687	0.000
10	3854.68	23.50	1536.89	0.47	32.01	6.687	0.000
11	4019.56	20.03	1377.01	0.46	32.01	6.687	0.000
12	4094.43	16.65	1172.85	0.45	32.01	6.687	0.000
13	4049.12	13.32	932.61	0.45	32.01	6.687	0.000
14	4122.40	10.03	718.13	0.44	32.01	6.687	0.000
15	793.45	6.78	93.69	0.44	32.01	6.687	0.000
16	757.31	3.55	46.92	0.43	32.01	6.687	0.000
17	748.92	0.33	4.37	0.43	29.55	0.720	0.000
18	732.11	-2.88	-36.81	0.43	29.26	0.000	0.000
19	703.99	-6.11	-74.90	0.44	29.26	0.000	0.000
20	655.43	-9.35	-106.52	0.44	29.26	0.000	0.000
21	585.96	-12.63	-128.12	0.44	29.26	0.000	0.000
22	494.85	-15.95	-135.97	0.45	29.26	0.000	0.000
23	381.12	-19.32	-126.11	0.46	29.26	0.000	0.000
24	243.45	-22.77	-94.22	0.47	29.26	0.000	0.000
25	80.10	-26.31	-35.50	0.48	29.26	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 47939,05$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 18583,07$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 25611,29$  [kg]

 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 387198,27$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 12**

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	5	59	1,22	0,04	210	5	6,76	42,89
3	0,40	100,00	800	26	157	3,26	0,10	432	26	5,10	16,54
4	0,60	100,00	1200	69	279	5,77	0,16	661	69	4,30	9,54
5	0,80	100,00	1600	139	426	8,71	0,24	898	139	3,76	6,44
6	1,00	100,00	2000	241	597	12,06	0,34	1143	241	3,35	4,74
7	1,00	150,00	2950	266	597	9,03	0,27	2330	241	4,94	9,66
8	1,20	150,00	3550	406	807	11,44	0,35	2832	381	4,40	7,43
9	1,40	150,00	4150	591	1041	14,23	0,43	3342	566	3,99	5,91
10	1,60	150,00	4750	824	1300	17,35	0,54	3859	799	3,66	4,83
11	1,80	150,00	5350	1112	1583	20,79	0,65	4384	1087	3,38	4,03

12	2,00	150,00	5950	1459	1890	24,52	0,79	4917	1434	3,15	3,43
13	2,00	200,00	7850	1521	1890	19,38	0,62	8242	1434	4,15	5,75
14	2,20	200,00	8650	1934	2236	22,36	0,72	9132	1846	3,87	4,95
15	2,40	200,00	9450	2418	2607	25,58	0,84	10030	2330	3,63	4,30
16	2,60	200,00	10250	2978	3002	29,05	0,96	10935	2891	3,41	3,78
17	2,80	200,00	11050	3620	3421	32,76	1,10	11848	3532	3,23	3,35
18	3,00	200,00	11850	4348	3865	36,69	1,25	12768	4261	3,07	3,00
19	3,00	250,00	14700	4461	3865	30,35	1,02	19181	4261	3,80	4,50
20	3,20	250,00	15700	5282	4342	33,64	1,14	20557	5082	3,62	4,05
21	3,40	250,00	16700	6185	4649	37,04	1,26	21881	5985	3,59	3,66
22	3,60	250,00	17700	7125	4738	40,26	1,39	23137	6925	3,74	3,34
23	3,80	250,00	18700	8080	4806	43,21	1,52	24387	7880	3,89	3,10
24	4,00	250,00	19700	9048	4874	45,93	1,66	25637	8848	1,53	2,90

## 8.2 Muro di sostegno H = 3.00m

In considerazione degli elevati coefficienti di sicurezza ottenuti per il muro di sostegno in gabbioni di altezza pari a 4.00 m, si omettono i tabulati di verifica relativi al muro di altezza pari a 3.00 m.

## 8.3 Muro di sottoscarpa H = 4.00m

Geometria muro e fondazione

### Descrizione dei gradoni

#### *Simbologia adottata*

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

Nr.	Bs	Bi	Hg	$\alpha_e$	$\alpha_i$
1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
2	1,50	1,50	1,00	0,00	0,00
3	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00
4	2,50	2,50	1,00	0,00	0,00

Altezza del paramento 4,00 [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	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	63 di 100

Materiali utilizzati per la struttura
*Pietrame*

Peso specifico	2000,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cmq]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0,0 [kg/cmq]

Geometria profilo terreno a monte del muro
*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

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

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

N	X	Y	A
1	15,00	6,40	23,11

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,50	[m]

Descrizione terreni
*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cmq]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Nr.	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_w$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
1	Terreno 1	1900	2000	35.00	23.33	0,000	0,000
2	Terreno 2	2200	2200	38.00	38.00	10,700	0,000
3	Terreno 3	2200	2200	38.00	25.33	10,700	0,000

Stratigrafia
*Simbologia adottata*

N	Indice dello strato
Y0	Ordinata punto iniziale espresso in [m]
Y1	Ordinata punto finale espresso in [m]

*a*                   Inclinazione espressa in [°]  
*Kw*                Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
*Ks*                Coefficiente di spinta  
*Terreno*         Terreno dello strato

Nr.	Y0	Y1	a	Kw	Ks	Terreno
1	-3,30	-0,10	32,62	320,51	0,00	Terreno 1
2	-4,00	-4,00	0,00	320,51	0,00	Terreno 3
3	-15,00	-15,00	0,00	348,39	0,00	Terreno 2

### Condizioni di carico

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

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

*F<sub>x</sub>*       Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]

*F<sub>y</sub>*       Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]

*M*         Momento espresso in [kgm]

*X<sub>i</sub>*       Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

*X<sub>f</sub>*       Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

*Q<sub>i</sub>*       Intensità del carico per  $x=X_i$  espressa in [kg/m]

*Q<sub>f</sub>*       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<sub>i</sub>*=1,00       *X<sub>f</sub>*=3,00                   *Q<sub>i</sub>*=500,00       *Q<sub>f</sub>*=500,00

Descrizione combinazioni di carico

#### *Simbologia adottata*

*C*       Coefficiente di partecipazione della condizione

#### Combinazione n° 1 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

#### Combinazione n° 2 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Sovraccarico

*C* = 1.00

#### Combinazione n° 3 [caso B]

Peso proprio

Spinta terreno

Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

#### Combinazione n° 4 [caso B]

Peso proprio



**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	65 di 100

Spinta terreno  
Sovraccarico  $C = 0.20$   
Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 5 [caso B]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Combinazione n° 6 [caso B]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sovraccarico  $C = 0.20$   
Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Combinazione n° 7 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno

Combinazione n° 8 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sovraccarico  $C = 1.00$

Combinazione n° 9 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 10 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sovraccarico  $C = 0.20$   
Sisma orizzontale + sisma verticale verso il basso

Combinazione n° 11 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Combinazione n° 12 [caso C]

Peso proprio  
Spinta terreno  
Sovraccarico  $C = 0.20$   
Sisma orizzontale + sisma verticale verso l'alto

Impostazioni di analisi

Spinte e verifiche secondo:  
 ORDINANZA 20/03/2003 - EUROCODICI  
 Approccio progettuale 1(DA1)

Coefficienti parziali - caso B

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	$c'$	$c_u$	$q_u$
1,35	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti parziali - caso C

Azioni permanenti	Azioni variabili	$\tan\phi'$	$c'$	$c_u$	$q_u$
1,00	1,30	1,25	1,60	1,40	1,40

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

Tipo di analisi

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

Sisma

Zona sismica	Zona 1 ( $a_g=35\%g$ )
Accelerazione al suolo $a_g =$	9.10%
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di importanza ( $\gamma_I$ )	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.00
Coefficiente riduzione spinta (r)	2.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g*\gamma_I*S_t*S)/r = 6.82$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.41$
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento) 0,0

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

COMBINAZIONE n° 1

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]
Valore della spinta statica	3923,27 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3581,01 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1602,62 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,11 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	84,26 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9027,45 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3581,01 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24630,07 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	9507,41 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	34948,22 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24630,07 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3581,01 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,22 [m]
Risultante in fondazione	24889,04 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,27 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	5346,78 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	12427515,99 [kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,4985 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4719 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 54.74$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 42.01$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 40.82$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.68
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	5.37
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	504.57
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	30.70

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 1

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	68 di 100

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,06 Y[m]= 3,18

Raggio del cerchio R[m]= 7,63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,75

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,57

Larghezza della striscia dx[m]= 0,45

Coefficiente di sicurezza C= 30.70

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1306.39	79.45	1284.31	2.47	35.02	0.085	0.000
2	3167.13	65.98	2892.81	1.11	38.00	10.700	0.000
3	4084.12	58.54	3483.65	0.87	38.00	10.700	0.000
4	4714.59	52.48	3739.49	0.74	38.00	10.700	0.000
5	5176.17	47.19	3797.08	0.67	38.00	10.700	0.000
6	5519.06	42.38	3720.13	0.61	38.00	10.700	0.000
7	5770.54	37.92	3546.45	0.57	38.00	10.700	0.000
8	5947.41	33.72	3301.61	0.54	38.00	10.700	0.000
9	6060.87	29.72	3004.42	0.52	38.00	10.700	0.000
10	6118.77	25.87	2669.58	0.50	38.00	10.700	0.000
11	6126.78	22.14	2309.10	0.49	38.00	10.700	0.000
12	5833.33	18.51	1852.00	0.48	38.00	10.700	0.000
13	5479.66	14.96	1414.24	0.47	38.00	10.700	0.000
14	5097.41	11.46	1012.84	0.46	38.00	10.700	0.000
15	4452.63	8.01	620.28	0.46	38.00	10.700	0.000
16	4379.42	4.58	349.99	0.45	38.00	10.700	0.000
17	3320.84	1.18	68.17	0.45	38.00	10.700	0.000
18	1133.04	-2.23	-44.03	0.45	38.00	10.700	0.000
19	1051.67	-5.64	-103.33	0.45	35.00	0.000	0.000
20	980.35	-9.07	-154.54	0.46	35.00	0.000	0.000
21	879.93	-12.53	-190.97	0.46	35.00	0.000	0.000
22	745.87	-16.05	-206.18	0.47	35.00	0.000	0.000
23	576.52	-19.62	-193.61	0.48	38.00	10.700	0.000
24	369.68	-23.28	-146.11	0.49	35.00	0.000	0.000
25	122.38	-27.04	-55.64	0.51	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 88414,57$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 37971,73$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 57233,88$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1108444,23$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 1

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	69 di 100

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	1	16	0,27	0,04	207	1	24,62	191,15
3	0,40	100,00	800	9	65	1,08	0,09	428	9	12,31	49,41
4	0,60	100,00	1200	29	146	2,44	0,14	663	29	8,21	22,68
5	0,80	100,00	1600	69	260	4,33	0,20	912	69	6,16	13,16
6	1,00	100,00	2000	135	406	6,77	0,28	1175	135	4,92	8,68
7	1,00	150,00	3419	-4	574	0,12	0,23	3033	217	5,96	13,97
8	1,20	150,00	4019	132	788	3,28	0,30	3575	353	5,10	10,14
9	1,40	150,00	4619	313	1033	6,78	0,39	4131	534	4,47	7,73
10	1,60	150,00	5219	547	1312	10,48	0,49	4701	768	3,98	6,12
11	1,80	150,00	5819	840	1622	14,44	0,61	5285	1061	3,59	4,98
12	2,00	150,00	6419	1198	1966	18,67	0,75	5883	1419	3,27	4,15
13	2,00	200,00	9395	933	2326	9,93	0,61	11257	1792	4,04	6,28
14	2,20	200,00	10195	1438	2736	14,11	0,73	12234	2297	3,73	5,33
15	2,40	200,00	10995	2029	3179	18,46	0,85	13225	2888	3,46	4,58
16	2,60	200,00	11795	2712	3652	22,99	1,00	14229	3571	3,23	3,98
17	2,80	200,00	12595	3492	4157	27,73	1,15	15247	4351	3,03	3,50
18	3,00	200,00	13395	4377	4697	32,67	1,33	16280	5236	2,85	3,11
19	3,00	250,00	18027	3932	4754	21,81	1,10	26707	6054	3,79	4,41
20	3,20	250,00	19027	4882	4754	25,66	1,23	27957	7004	4,00	3,99
21	3,40	250,00	20027	5833	4754	29,13	1,36	29207	7955	4,21	3,67
22	3,60	250,00	21027	6784	4754	32,26	1,49	30457	8906	4,42	3,42
23	3,80	250,00	22027	7734	4754	35,11	1,62	31707	9857	4,63	3,22
24	4,00	250,00	23027	8685	4754	37,72	1,75	32957	10807	3,78	3,05

**COMBINAZIONE n° 2**
**Superficie di spinta**

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	4277,40 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3906,41 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1742,45 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,23
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,04 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	84,26 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9402,45 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00

### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3906,41 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25144,90 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10817,14 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	36022,31 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25144,90 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3906,41 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,25 [m]
Risultante in fondazione	25446,53 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	8,83 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6225,95 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	11890811,02 [kg]

### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,50 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	1,6035 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4081 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 54.00$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 41.43$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 39.30$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.33
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	5.03
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	472.89
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	30.25

Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 2

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,06 Y[m]= 3,18

Raggio del cerchio R[m]= 7,63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,75

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,57

Larghezza della striscia dx[m]= 0,45

Coefficiente di sicurezza C= 30.25

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1306.39	79.45	1284.31	2.47	35.02	0.085	0.000
2	3167.13	65.98	2892.81	1.11	38.00	10.700	0.000
3	4084.12	58.54	3483.65	0.87	38.00	10.700	0.000
4	4714.59	52.48	3739.49	0.74	38.00	10.700	0.000
5	5176.17	47.19	3797.08	0.67	38.00	10.700	0.000
6	5519.06	42.38	3720.13	0.61	38.00	10.700	0.000
7	5770.54	37.92	3546.45	0.57	38.00	10.700	0.000
8	5989.74	33.72	3325.11	0.54	38.00	10.700	0.000
9	6400.44	29.72	3172.75	0.52	38.00	10.700	0.000
10	6458.33	25.87	2817.73	0.50	38.00	10.700	0.000
11	6466.34	22.14	2437.08	0.49	38.00	10.700	0.000
12	6172.90	18.51	1959.81	0.48	38.00	10.700	0.000
13	5579.07	14.96	1439.90	0.47	38.00	10.700	0.000
14	5097.41	11.46	1012.84	0.46	38.00	10.700	0.000
15	4452.63	8.01	620.28	0.46	38.00	10.700	0.000
16	4379.42	4.58	349.99	0.45	38.00	10.700	0.000
17	3320.84	1.18	68.17	0.45	38.00	10.700	0.000
18	1133.04	-2.23	-44.03	0.45	38.00	10.700	0.000
19	1051.67	-5.64	-103.33	0.45	35.00	0.000	0.000
20	980.35	-9.07	-154.54	0.46	35.00	0.000	0.000
21	879.93	-12.53	-190.97	0.46	35.00	0.000	0.000
22	745.87	-16.05	-206.18	0.47	35.00	0.000	0.000
23	576.52	-19.62	-193.61	0.48	38.00	10.700	0.000
24	369.68	-23.28	-146.11	0.49	35.00	0.000	0.000
25	122.38	-27.04	-55.64	0.51	35.00	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 89914,57$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 38573,14$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 58302,86$  [kg]

 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1108444,23$  [kg]

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	1	16	0,27	0,04	207	1	24,62	191,15
3	0,40	100,00	800	9	65	1,08	0,09	428	9	12,29	49,40
4	0,60	100,00	1200	29	150	2,46	0,14	665	29	7,99	22,56
5	0,80	100,00	1600	72	285	4,51	0,20	923	72	5,61	12,79

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	72 di 100

6	1,00	100,00	2000	147	473	7,36	0,29	1204	147	4,23	8,19
7	1,00	150,00	3419	73	757	2,14	0,25	3112	294	4,51	10,57
8	1,20	150,00	4019	250	1017	6,22	0,33	3674	471	3,95	7,80
9	1,40	150,00	4619	482	1309	10,44	0,44	4250	703	3,53	6,04
10	1,60	150,00	5219	776	1634	14,87	0,55	4840	997	3,19	4,85
11	1,80	150,00	5819	1138	1991	19,56	0,69	5444	1359	2,92	4,01
12	2,00	150,00	6419	1575	2378	24,53	0,85	6061	1796	2,70	3,38
13	2,00	200,00	9395	1438	2715	15,31	0,69	11425	2297	3,46	4,97
14	2,20	200,00	10195	2021	3118	19,82	0,81	12399	2880	3,27	4,30
15	2,40	200,00	10995	2688	3555	24,45	0,95	13387	3547	3,09	3,77
16	2,60	200,00	11795	3445	4024	29,21	1,11	14389	4304	2,93	3,34
17	2,80	200,00	12595	4299	4525	34,14	1,27	15405	5158	2,78	2,99
18	3,00	200,00	13395	5257	5062	39,25	1,47	16437	6117	2,65	2,69
19	3,00	250,00	18027	4577	4980	25,39	1,16	26804	6699	3,62	4,00
20	3,20	250,00	19027	5573	4980	29,29	1,30	28054	7695	3,82	3,65
21	3,40	250,00	20027	6570	4980	32,80	1,43	29304	8692	4,02	3,37
22	3,60	250,00	21027	7566	4980	35,98	1,57	30554	9688	4,22	3,15
23	3,80	250,00	22027	8562	4980	38,87	1,70	31804	10684	4,42	2,98
24	4,00	250,00	23027	9558	4980	41,51	1,84	33054	11680	3,61	2,83

**COMBINAZIONE n° 3**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3923,27 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3581,01 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1602,62 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,11 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	84,26 [°]
Incremento sismico della spinta	1145,49 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	84,26 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9027,45 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	616,12 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	308,06 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6532,63 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	26051,02 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16253,25 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	37335,16 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	26051,02 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6532,63 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,44 [m]
Risultante in fondazione	26857,61 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,08 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	11481,87 [kgm]



**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	73 di 100

Carico ultimo della fondazione 8363372,95 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2,43 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 2,1461 [kg/cm<sup>2</sup>]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 0,0000 [kg/cm<sup>2</sup>]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$   $N'_c = 47.24$   
 $N_q = 48.93$   $N'_q = 36.25$   
 $N_\gamma = 64.07$   $N'_\gamma = 26.44$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.30  
 Coefficiente di sicurezza a scorrimento 3.12  
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 321.04  
 Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 27.40

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,06 Y[m]= 3,18

Raggio del cerchio R[m]= 7,63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,75

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,57

Larghezza della striscia dx[m]= 0,45

Coefficiente di sicurezza C= 27.40

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1306.39	79.45	1284.31	2.47	35.02	0.085	0.000
2	3167.13	65.98	2892.81	1.11	38.00	10.700	0.000
3	4084.12	58.54	3483.65	0.87	38.00	10.700	0.000
4	4714.59	52.48	3739.49	0.74	38.00	10.700	0.000
5	5176.17	47.19	3797.08	0.67	38.00	10.700	0.000
6	5519.06	42.38	3720.13	0.61	38.00	10.700	0.000
7	5770.54	37.92	3546.45	0.57	38.00	10.700	0.000
8	5947.41	33.72	3301.61	0.54	38.00	10.700	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	74 di 100

9	6060.87	29.72	3004.42	0.52	38.00	10.700	0.000
10	6118.77	25.87	2669.58	0.50	38.00	10.700	0.000
11	6126.78	22.14	2309.10	0.49	38.00	10.700	0.000
12	5833.33	18.51	1852.00	0.48	38.00	10.700	0.000
13	5479.66	14.96	1414.24	0.47	38.00	10.700	0.000
14	5097.41	11.46	1012.84	0.46	38.00	10.700	0.000
15	4452.63	8.01	620.28	0.46	38.00	10.700	0.000
16	4379.42	4.58	349.99	0.45	38.00	10.700	0.000
17	3320.84	1.18	68.17	0.45	38.00	10.700	0.000
18	1133.04	-2.23	-44.03	0.45	38.00	10.700	0.000
19	1051.67	-5.64	-103.33	0.45	35.00	0.000	0.000
20	980.35	-9.07	-154.54	0.46	35.00	0.000	0.000
21	879.93	-12.53	-190.97	0.46	35.00	0.000	0.000
22	745.87	-16.05	-206.18	0.47	35.00	0.000	0.000
23	576.52	-19.62	-193.61	0.48	38.00	10.700	0.000
24	369.68	-23.28	-146.11	0.49	35.00	0.000	0.000
25	122.38	-27.04	-55.64	0.51	35.00	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 88414,57$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 37971,73$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 57233,88$  [kg]

 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1108444,23$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 3

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	9	90	2,21	0,05	207	9	4,44	23,45
3	0,40	100,00	800	38	210	4,77	0,10	428	38	3,80	11,21
4	0,60	100,00	1200	96	373	7,98	0,18	663	96	3,22	6,92
5	0,80	100,00	1600	190	577	11,88	0,27	912	190	2,77	4,80
6	1,00	100,00	2000	329	823	16,47	0,40	1175	329	2,43	3,57
7	1,00	150,00	3419	190	991	5,56	0,28	3033	411	3,45	7,38
8	1,20	150,00	4019	421	1328	10,48	0,38	3575	642	3,03	5,57
9	1,40	150,00	4619	724	1706	15,67	0,50	4131	945	2,71	4,37
10	1,60	150,00	5219	1107	2126	21,20	0,64	4701	1328	2,45	3,54
11	1,80	150,00	5819	1577	2589	27,11	0,81	5285	1798	2,25	2,94
12	2,00	150,00	6419	2145	3093	33,41	1,03	5883	2366	2,08	2,49
13	2,00	200,00	9395	1879	3452	20,00	0,75	11257	2738	2,72	4,11
14	2,20	200,00	10195	2628	4047	25,78	0,90	12234	3487	2,52	3,51
15	2,40	200,00	10995	3501	4683	31,84	1,07	13225	4360	2,35	3,03

16	2,60	200,00	11795	4504	5358	38,19	1,27	14229	5363	2,20	2,65
17	2,80	200,00	12595	5645	6051	44,82	1,52	15247	6505	2,08	2,34
18	3,00	200,00	13395	6921	6693	51,67	1,85	16280	7780	2,00	2,09
19	3,00	250,00	18027	6476	6749	35,92	1,34	26707	8598	2,67	3,11
20	3,20	250,00	19027	7832	6818	41,16	1,51	27957	9954	2,79	2,81
21	3,40	250,00	20027	9203	6886	45,95	1,69	29207	11325	2,91	2,58
22	3,60	250,00	21027	10587	6954	50,35	1,88	30457	12709	3,02	2,40
23	3,80	250,00	22027	11984	7022	54,41	2,08	31707	14106	3,14	2,25
24	4,00	250,00	23027	13396	7091	58,17	2,30	32957	15518	2,54	2,12

#### COMBINAZIONE n° 4

##### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3991,38 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3643,57 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1629,58 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,32
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,10 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	84,26 [°]
Incremento sismico della spinta	1142,46 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-1,32
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	84,26 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9102,45 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	621,24 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	310,62 [kg]

##### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6597,64 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	26154,05 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16535,70 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	37548,67 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	26154,05 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6597,64 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,45 [m]
Risultante in fondazione	26973,38 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,16 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	11679,58 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	8285003,89 [kg]

##### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,41 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,1702 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

##### Fattori per il calcolo della capacità portante

N <sub>c</sub> = 61.35	N' <sub>c</sub> = 47.14
------------------------	-------------------------

$$N_q = 48.93$$

$$N_\gamma = 64.07$$

$$N'_q = 36.17$$

$$N'_\gamma = 26.26$$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.27
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.10
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	316.78
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	27.31

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,06 Y[m]= 3,18

Raggio del cerchio R[m]= 7,63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,75

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,57

Larghezza della striscia dx[m]= 0,45

Coefficiente di sicurezza C= 27.31

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1306.39	79.45	1284.31	2.47	35.02	0.085	0.000
2	3167.13	65.98	2892.81	1.11	38.00	10.700	0.000
3	4084.12	58.54	3483.65	0.87	38.00	10.700	0.000
4	4714.59	52.48	3739.49	0.74	38.00	10.700	0.000
5	5176.17	47.19	3797.08	0.67	38.00	10.700	0.000
6	5519.06	42.38	3720.13	0.61	38.00	10.700	0.000
7	5770.54	37.92	3546.45	0.57	38.00	10.700	0.000
8	5955.87	33.72	3306.31	0.54	38.00	10.700	0.000
9	6128.78	29.72	3038.09	0.52	38.00	10.700	0.000
10	6186.68	25.87	2699.21	0.50	38.00	10.700	0.000
11	6194.69	22.14	2334.70	0.49	38.00	10.700	0.000
12	5901.25	18.51	1873.56	0.48	38.00	10.700	0.000
13	5499.54	14.96	1419.38	0.47	38.00	10.700	0.000
14	5097.41	11.46	1012.84	0.46	38.00	10.700	0.000
15	4452.63	8.01	620.28	0.46	38.00	10.700	0.000
16	4379.42	4.58	349.99	0.45	38.00	10.700	0.000
17	3320.84	1.18	68.17	0.45	38.00	10.700	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	77 di 100

18	1133.04	-2.23	-44.03	0.45	38.00	10.700	0.000
19	1051.67	-5.64	-103.33	0.45	35.00	0.000	0.000
20	980.35	-9.07	-154.54	0.46	35.00	0.000	0.000
21	879.93	-12.53	-190.97	0.46	35.00	0.000	0.000
22	745.87	-16.05	-206.18	0.47	35.00	0.000	0.000
23	576.52	-19.62	-193.61	0.48	38.00	10.700	0.000
24	369.68	-23.28	-146.11	0.49	35.00	0.000	0.000
25	122.38	-27.04	-55.64	0.51	35.00	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 88714,57$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 38092,01$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 57447,68$  [kg]

 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 1108444,23$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 4**

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	9	95	2,37	0,05	207	9	4,20	21,81
3	0,40	100,00	800	40	218	5,01	0,10	428	40	3,67	10,67
4	0,60	100,00	1200	99	382	8,28	0,18	663	99	3,14	6,67
5	0,80	100,00	1600	196	588	12,23	0,28	913	196	2,72	4,67
6	1,00	100,00	2000	338	840	16,89	0,40	1179	338	2,38	3,49
7	1,00	150,00	3419	213	1037	6,22	0,28	3049	434	3,30	7,03
8	1,20	150,00	4019	454	1382	11,29	0,39	3595	675	2,91	5,33
9	1,40	150,00	4619	768	1768	16,63	0,51	4155	989	2,61	4,20
10	1,60	150,00	5219	1164	2196	22,30	0,66	4729	1385	2,38	3,41
11	1,80	150,00	5819	1649	2666	28,34	0,83	5318	1871	2,18	2,84
12	2,00	150,00	6419	2233	3177	34,79	1,06	5920	2454	2,02	2,41
13	2,00	200,00	9395	1988	3524	21,17	0,77	11287	2848	2,67	3,96
14	2,20	200,00	10195	2752	4116	26,99	0,92	12264	3611	2,48	3,40
15	2,40	200,00	10995	3638	4750	33,08	1,10	13255	4497	2,31	2,95
16	2,60	200,00	11795	4654	5423	39,46	1,30	14259	5513	2,17	2,59
17	2,80	200,00	12595	5808	6113	46,12	1,56	15277	6667	2,06	2,29
18	3,00	200,00	13395	7096	6754	52,97	1,90	16310	7955	1,98	2,05
19	3,00	250,00	18027	6604	6785	36,63	1,36	26725	8726	2,66	3,06
20	3,20	250,00	19027	7967	6853	41,87	1,53	27975	10089	2,78	2,77
21	3,40	250,00	20027	9345	6921	46,66	1,70	29225	11467	2,89	2,55
22	3,60	250,00	21027	10736	6989	51,06	1,90	30475	12858	3,01	2,37
23	3,80	250,00	22027	12140	7058	55,12	2,10	31725	14263	3,12	2,22
24	4,00	250,00	23027	13559	7126	58,88	2,32	32975	15681	2,52	2,10

COMBINAZIONE n° 5
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3923,27 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3581,01 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1602,62 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,11 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	84,26 [°]
Incremento sismico della spinta	891,41 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	84,26 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9027,45 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	-644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	616,12 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-308,06 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6300,71 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24041,19 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16854,66 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	35858,56 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24041,19 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6300,71 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,46 [m]
Risultante in fondazione	24853,12 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,69 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	11047,58 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	8034928,97 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,37 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,0276 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 46.49$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 35.67$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 25.11$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.13
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.98
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	334.22
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	29.07

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 5

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,06 Y[m]= 3,18

Raggio del cerchio R[m]= 7,63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -4,75

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,57

Larghezza della striscia dx[m]= 0,45

Coefficiente di sicurezza C= 29.07

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1306.39	79.45	1284.31	2.47	35.02	0.085	0.000
2	3167.13	65.98	2892.81	1.11	38.00	10.700	0.000
3	4084.12	58.54	3483.65	0.87	38.00	10.700	0.000
4	4714.59	52.48	3739.49	0.74	38.00	10.700	0.000
5	5176.17	47.19	3797.08	0.67	38.00	10.700	0.000
6	5519.06	42.38	3720.13	0.61	38.00	10.700	0.000
7	5770.54	37.92	3546.45	0.57	38.00	10.700	0.000
8	5947.41	33.72	3301.61	0.54	38.00	10.700	0.000
9	6060.87	29.72	3004.42	0.52	38.00	10.700	0.000
10	6118.77	25.87	2669.58	0.50	38.00	10.700	0.000
11	6126.78	22.14	2309.10	0.49	38.00	10.700	0.000
12	5833.33	18.51	1852.00	0.48	38.00	10.700	0.000
13	5479.66	14.96	1414.24	0.47	38.00	10.700	0.000
14	5097.41	11.46	1012.84	0.46	38.00	10.700	0.000
15	4452.63	8.01	620.28	0.46	38.00	10.700	0.000
16	4379.42	4.58	349.99	0.45	38.00	10.700	0.000
17	3320.84	1.18	68.17	0.45	38.00	10.700	0.000
18	1133.04	-2.23	-44.03	0.45	38.00	10.700	0.000
19	1051.67	-5.64	-103.33	0.45	35.00	0.000	0.000
20	980.35	-9.07	-154.54	0.46	35.00	0.000	0.000
21	879.93	-12.53	-190.97	0.46	35.00	0.000	0.000
22	745.87	-16.05	-206.18	0.47	35.00	0.000	0.000
23	576.52	-19.62	-193.61	0.48	38.00	10.700	0.000
24	369.68	-23.28	-146.11	0.49	35.00	0.000	0.000
25	122.38	-27.04	-55.64	0.51	35.00	0.000	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	80 di 100

$\Sigma W_i = 88414,57$  [kg]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 37971,73$  [kg]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 57233,88$  [kg]  
 $\Sigma c_{bi} / \cos \alpha_i = 1108444,23$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 5

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	8	80	1,93	0,04	207	8	5,02	26,85
3	0,40	100,00	800	34	190	4,25	0,10	428	34	4,21	12,58
4	0,60	100,00	1200	86	341	7,20	0,17	663	86	3,52	7,67
5	0,80	100,00	1600	173	531	10,81	0,26	912	173	3,02	5,28
6	1,00	100,00	2000	301	761	15,07	0,38	1175	301	2,63	3,90
7	1,00	150,00	3419	162	929	4,74	0,27	3033	383	3,68	7,92
8	1,20	150,00	4019	379	1247	9,43	0,37	3575	600	3,22	5,96
9	1,40	150,00	4619	663	1605	14,36	0,48	4131	884	2,88	4,67
10	1,60	150,00	5219	1024	2003	19,61	0,62	4701	1245	2,61	3,78
11	1,80	150,00	5819	1467	2440	25,21	0,78	5285	1688	2,38	3,13
12	2,00	150,00	6419	2002	2917	31,19	0,98	5883	2223	2,20	2,65
13	2,00	200,00	9395	1736	3277	18,48	0,73	11257	2596	2,87	4,34
14	2,20	200,00	10195	2448	3843	24,01	0,88	12234	3307	2,65	3,70
15	2,40	200,00	10995	3276	4448	29,80	1,04	13225	4135	2,47	3,20
16	2,60	200,00	11795	4230	5091	35,86	1,23	14229	5089	2,32	2,80
17	2,80	200,00	12595	5314	5753	42,19	1,45	15247	6173	2,19	2,47
18	3,00	200,00	13395	6528	6385	48,74	1,74	16280	7388	2,10	2,20
19	3,00	250,00	18027	6083	6441	33,74	1,31	26707	8205	2,80	3,25
20	3,20	250,00	19027	7378	6510	38,78	1,47	27957	9500	2,92	2,94
21	3,40	250,00	20027	8687	6578	43,38	1,64	29207	10809	3,04	2,70
22	3,60	250,00	21027	10009	6646	47,60	1,81	30457	12132	3,16	2,51
23	3,80	250,00	22027	11346	6714	51,51	2,00	31707	13468	3,28	2,35
24	4,00	250,00	23027	12695	6783	55,13	2,20	32957	14817	2,65	2,22

COMBINAZIONE n° 6
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
 Punto superiore superficie di spinta  
 Altezza della superficie di spinta  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X=1,50 Y=-4,00  
 X=1,50 Y=0,64  
 4,64 [m]  
 0,00 [°]



Valore della spinta statica	3991,38 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3643,57 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1629,58 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,32
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	24,10 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	84,26 [°]
Incremento sismico della spinta	883,59 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-1,32
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	84,26 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	9102,45 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	1289,93 [kg]
Inerzia verticale del muro	-644,96 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	621,24 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-310,62 [kg]

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6361,33 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24137,19 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	17124,91 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	36062,37 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24137,19 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6361,33 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,47 [m]
Risultante in fondazione	24961,38 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,76 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	11234,03 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	7957821,46 [kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,35 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,0510 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 61.35$	$N'_c = 46.39$
$N_q = 48.93$	$N'_q = 35.60$
$N_\gamma = 64.07$	$N'_\gamma = 24.94$

#### **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.11
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.96
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	329.69
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	28.98

Stabilità globale muro + terreno

#### Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	82 di 100

$b$  larghezza della striscia espressa in [m]  
 $u$  pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro  $X[m] = -1,06$   $Y[m] = 3,18$

Raggio del cerchio  $R[m] = 7,63$

Ascissa a valle del cerchio  $X_i[m] = -4,75$

Ascissa a monte del cerchio  $X_s[m] = 6,57$

Larghezza della striscia  $dx[m] = 0,45$

Coefficiente di sicurezza  $C = 28,98$

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	1306.39	79.45	1284.31	2.47	35.02	0.085	0.000
2	3167.13	65.98	2892.81	1.11	38.00	10.700	0.000
3	4084.12	58.54	3483.65	0.87	38.00	10.700	0.000
4	4714.59	52.48	3739.49	0.74	38.00	10.700	0.000
5	5176.17	47.19	3797.08	0.67	38.00	10.700	0.000
6	5519.06	42.38	3720.13	0.61	38.00	10.700	0.000
7	5770.54	37.92	3546.45	0.57	38.00	10.700	0.000
8	5955.87	33.72	3306.31	0.54	38.00	10.700	0.000
9	6128.78	29.72	3038.09	0.52	38.00	10.700	0.000
10	6186.68	25.87	2699.21	0.50	38.00	10.700	0.000
11	6194.69	22.14	2334.70	0.49	38.00	10.700	0.000
12	5901.25	18.51	1873.56	0.48	38.00	10.700	0.000
13	5499.54	14.96	1419.38	0.47	38.00	10.700	0.000
14	5097.41	11.46	1012.84	0.46	38.00	10.700	0.000
15	4452.63	8.01	620.28	0.46	38.00	10.700	0.000
16	4379.42	4.58	349.99	0.45	38.00	10.700	0.000
17	3320.84	1.18	68.17	0.45	38.00	10.700	0.000
18	1133.04	-2.23	-44.03	0.45	38.00	10.700	0.000
19	1051.67	-5.64	-103.33	0.45	35.00	0.000	0.000
20	980.35	-9.07	-154.54	0.46	35.00	0.000	0.000
21	879.93	-12.53	-190.97	0.46	35.00	0.000	0.000
22	745.87	-16.05	-206.18	0.47	35.00	0.000	0.000
23	576.52	-19.62	-193.61	0.48	38.00	10.700	0.000
24	369.68	-23.28	-146.11	0.49	35.00	0.000	0.000
25	122.38	-27.04	-55.64	0.51	35.00	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 88714,57$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 38092,01$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 57447,68$  [kg]

$\Sigma c b_i / \cos \alpha_i = 1108444,23$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 6

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	8	84	2,05	0,04	207	8	4,79	25,23
3	0,40	100,00	800	35	195	4,43	0,10	428	35	4,09	12,07
4	0,60	100,00	1200	89	347	7,42	0,17	663	89	3,46	7,45
5	0,80	100,00	1600	177	539	11,06	0,27	913	177	2,97	5,16
6	1,00	100,00	2000	308	775	15,38	0,38	1179	308	2,58	3,83
7	1,00	150,00	3419	183	972	5,34	0,28	3049	404	3,52	7,56
8	1,20	150,00	4019	409	1298	10,17	0,38	3595	630	3,10	5,71
9	1,40	150,00	4619	704	1664	15,25	0,50	4155	925	2,78	4,49
10	1,60	150,00	5219	1077	2069	20,63	0,64	4729	1298	2,52	3,64
11	1,80	150,00	5819	1535	2515	26,37	0,80	5318	1756	2,31	3,03
12	2,00	150,00	6419	2085	2999	32,49	1,01	5920	2306	2,14	2,57
13	2,00	200,00	9395	1841	3346	19,59	0,75	11287	2700	2,81	4,18
14	2,20	200,00	10195	2565	3909	25,16	0,89	12264	3425	2,61	3,58
15	2,40	200,00	10995	3407	4512	30,99	1,06	13255	4266	2,44	3,11
16	2,60	200,00	11795	4373	5152	37,07	1,25	14259	5232	2,29	2,73
17	2,80	200,00	12595	5469	5812	43,42	1,48	15277	6328	2,17	2,41
18	3,00	200,00	13395	6695	6443	49,98	1,79	16310	7555	2,08	2,16
19	3,00	250,00	18027	6203	6473	34,41	1,32	26725	8325	2,78	3,21
20	3,20	250,00	19027	7505	6542	39,44	1,48	27975	9627	2,91	2,91
21	3,40	250,00	20027	8820	6610	44,04	1,65	29225	10942	3,03	2,67
22	3,60	250,00	21027	10149	6678	48,26	1,83	30475	12271	3,15	2,48
23	3,80	250,00	22027	11491	6746	52,17	2,02	31725	13613	3,27	2,33
24	4,00	250,00	23027	12847	6815	55,79	2,22	32975	14969	2,64	2,20

### COMBINAZIONE n° 7

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]
Valore della spinta statica	3992,58 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3758,90 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1345,89 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,70 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,94 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 6687,00 [kg]  
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X=0,93 Y=-1,00

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 3758,90 [kg]  
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 22032,89 [kg]  
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle 9976,43 [kgm]  
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle 29784,46 [kgm]  
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 22032,89 [kg]  
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione 3758,90 [kg]  
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione 0,35 [m]  
Risultante in fondazione 22351,23 [kg]  
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 9,68 [°]  
Momento rispetto al baricentro della fondazione 7733,07 [kgm]  
Carico ultimo della fondazione 3738838,92 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2,50 [m]  
Tensione terreno allo spigolo di valle 1,6237 [kg/cm<sup>2</sup>]  
Tensione terreno allo spigolo di monte 0,1389 [kg/cm<sup>2</sup>]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$   $N'_c = 30.32$   
 $N_q = 23.19$   $N'_q = 19.14$   
 $N_\gamma = 22.05$   $N'_\gamma = 11.11$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.99  
Coefficiente di sicurezza a scorrimento 3.66  
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 169.69  
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 25.31

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 7

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
W peso della striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36  
Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,77 Y[m]= 3,18  
Raggio del cerchio R[m]= 7,89  
Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -5,98  
Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,11  
Larghezza della striscia dx[m]= 0,48

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	85 di 100

Coefficiente di sicurezza  $C = 25.31$   
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1045.53	78.37	1024.07	2.40	29.26	0.000	0.000
2	2470.54	65.40	2246.34	1.16	31.52	5.499	0.000
3	3218.51	57.88	2725.74	0.91	32.01	6.687	0.000
4	3732.19	51.73	2930.32	0.78	32.01	6.688	0.000
5	4105.72	46.35	2970.90	0.70	32.01	6.687	0.000
6	4380.33	41.46	2900.40	0.65	32.01	6.687	0.000
7	4578.48	36.92	2750.43	0.61	32.01	6.687	0.000
8	4714.04	32.64	2542.50	0.57	32.01	6.687	0.000
9	4796.23	28.55	2292.50	0.55	32.01	6.687	0.000
10	4831.59	24.62	2012.97	0.53	32.01	6.687	0.000
11	4829.36	20.81	1715.79	0.52	32.01	6.687	0.000
12	4796.26	17.09	1409.83	0.51	32.01	6.687	0.000
13	4548.11	13.45	1057.93	0.50	32.01	6.687	0.000
14	4650.74	9.86	796.56	0.49	32.01	6.687	0.000
15	3533.95	6.31	388.55	0.49	32.01	6.687	0.000
16	1173.04	2.79	57.03	0.48	32.01	6.687	0.000
17	1137.36	-0.73	-14.46	0.48	32.01	6.687	0.000
18	1088.34	-4.25	-80.58	0.49	29.26	0.000	0.000
19	1040.92	-7.78	-140.91	0.49	29.26	0.000	0.000
20	965.93	-11.34	-190.00	0.49	29.26	0.000	0.000
21	861.92	-14.95	-222.40	0.50	29.26	0.000	0.000
22	727.59	-18.62	-232.37	0.51	29.26	0.000	0.000
23	561.09	-22.38	-213.61	0.52	29.26	0.000	0.000
24	359.94	-26.24	-159.12	0.54	32.01	6.687	0.000
25	120.79	-30.23	-60.81	0.56	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 68268,47$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 28507,61$  [kg]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 35307,25$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 686328,16$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 7

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

$\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

$M_s$  momento stabilizzante [kgm]

$M_r$  momento ribaltante [kgm]

$C_s$  coeff. di sicurezza allo scorrimento

$C_r$  coeff. di sicurezza al ribaltamento

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	86 di 100

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	1	17	0,28	0,04	206	1	23,49	181,35
3	0,40	100,00	800	9	68	1,14	0,09	424	9	11,74	46,63
4	0,60	100,00	1200	31	153	2,55	0,14	653	31	7,83	21,30
5	0,80	100,00	1600	73	272	4,54	0,20	894	73	5,87	12,30
6	1,00	100,00	2000	142	426	7,10	0,29	1147	142	4,70	8,08
7	1,00	150,00	3051	193	602	6,34	0,26	2530	228	5,07	11,12
8	1,20	150,00	3651	336	826	9,19	0,33	3057	370	4,42	8,27
9	1,40	150,00	4251	526	1083	12,37	0,42	3596	560	3,92	6,42
10	1,60	150,00	4851	771	1375	15,90	0,53	4147	805	3,53	5,15
11	1,80	150,00	5451	1078	1701	19,78	0,65	4709	1112	3,21	4,23
12	2,00	150,00	6051	1454	2061	24,02	0,79	5284	1488	2,94	3,55
13	2,00	200,00	8255	1696	2438	20,54	0,67	9279	1878	3,39	4,94
14	2,20	200,00	9055	2226	2868	24,58	0,79	10228	2408	3,16	4,25
15	2,40	200,00	9855	2845	3332	28,87	0,92	11188	3028	2,96	3,70
16	2,60	200,00	10655	3561	3828	33,42	1,07	12159	3743	2,78	3,25
17	2,80	200,00	11455	4379	4357	38,22	1,24	13142	4561	2,63	2,88
18	3,00	200,00	12255	5306	4924	43,30	1,44	14137	5489	2,49	2,58
19	3,00	250,00	15687	5811	4983	37,04	1,19	21863	6346	3,15	3,45
20	3,20	250,00	16687	6808	4983	40,80	1,32	23113	7343	3,35	3,15
21	3,40	250,00	17687	7805	4983	44,13	1,46	24363	8339	3,55	2,92
22	3,60	250,00	18687	8801	4983	47,10	1,60	25613	9336	3,75	2,74
23	3,80	250,00	19687	9798	4983	49,77	1,74	26863	10333	3,95	2,60
24	4,00	250,00	20687	10795	4983	52,18	1,89	28113	11329	2,59	2,48

**COMBINAZIONE n° 8**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	4271,78 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	4022,97 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1436,59 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,23
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,65 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,94 [°]
Incremento sismico della spinta	0,00 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=0,00 Y=0,00
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	0,00 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	7012,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4022,97 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	22448,59 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	11136,87 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	30639,15 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	22448,59 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4022,97 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,38 [m]
Risultante in fondazione	22806,22 [kg]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	87 di 100

Inclinazione della risultante (rispetto alla normale) 10,16 [°]  
 Momento rispetto al baricentro della fondazione 8558,46 [kgm]  
 Carico ultimo della fondazione 3568430,16 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente 2,50 [m]  
 Tensione terreno allo spigolo di valle 1,7196 [kg/cm<sup>2</sup>]  
 Tensione terreno allo spigolo di monte 0,0763 [kg/cm<sup>2</sup>]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$   $N'_c = 29.96$   
 $N_q = 23.19$   $N'_q = 18.91$   
 $N_\gamma = 22.05$   $N'_\gamma = 10.64$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.75  
 Coefficiente di sicurezza a scorrimento 3.49  
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 158.96  
 Coefficiente di sicurezza a stabilità globale 24.77

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 8

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36  
 Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,48 Y[m]= 3,18  
 Raggio del cerchio R[m]= 8,21  
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,26  
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,72  
 Larghezza della striscia dx[m]= 0,52  
 Coefficiente di sicurezza C= 24.77  
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1085.19	77.82	1060.76	2.46	29.26	0.000	0.000
2	2646.07	65.02	2398.48	1.23	31.12	4.535	0.000
3	3483.36	57.36	2933.21	0.96	32.01	6.687	0.000
4	4057.89	51.11	3158.41	0.83	32.01	6.687	0.000
5	4472.41	45.63	3196.95	0.74	32.01	6.687	0.000
6	5028.75	40.65	3275.64	0.68	32.01	6.687	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	88 di 100

7	5325.17	36.02	3131.20	0.64	32.01	6.687	0.000
8	5466.99	31.64	2868.24	0.61	32.01	6.687	0.000
9	5548.42	27.47	2559.55	0.59	32.01	6.687	0.000
10	5275.99	23.45	2099.78	0.57	32.01	6.687	0.000
11	5237.13	19.55	1752.73	0.55	32.01	6.687	0.000
12	4993.10	15.75	1354.95	0.54	32.01	6.687	0.000
13	4910.87	12.01	1021.76	0.53	32.01	6.687	0.000
14	1544.32	8.32	223.55	0.53	32.01	6.687	0.000
15	1560.20	4.67	127.09	0.52	32.01	6.687	0.000
16	1538.04	1.04	27.93	0.52	32.01	6.687	0.000
17	1496.03	-2.59	-67.53	0.52	29.26	0.000	0.000
18	1455.39	-6.23	-157.82	0.52	29.26	0.000	0.000
19	1382.73	-9.89	-237.46	0.53	29.26	0.000	0.000
20	1276.05	-13.59	-299.92	0.53	29.26	0.000	0.000
21	1133.92	-17.36	-338.30	0.54	29.26	0.000	0.000
22	954.33	-21.20	-345.14	0.56	29.26	0.000	0.000
23	734.52	-25.15	-312.15	0.57	29.26	0.000	0.000
24	470.71	-29.23	-229.85	0.60	32.01	6.688	0.000
25	157.71	-33.48	-87.00	0.62	29.26	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 71235,29$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 29115,06$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 36504,43$  [kg]

 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 684767,38$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 8**

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	1	19	0,32	0,04	207	1	20,93	163,79
3	0,40	100,00	800	11	87	1,37	0,09	430	11	9,22	39,30
4	0,60	100,00	1200	40	208	3,30	0,14	672	40	5,77	16,96
5	0,80	100,00	1600	97	373	6,06	0,22	929	97	4,29	9,57
6	1,00	100,00	2000	191	577	9,57	0,31	1199	191	3,47	6,27
7	1,00	150,00	3051	308	852	10,09	0,29	2617	342	3,58	7,65
8	1,20	150,00	3651	506	1128	13,84	0,38	3162	540	3,24	5,86
9	1,40	150,00	4251	760	1425	17,89	0,49	3714	795	2,98	4,67
10	1,60	150,00	4851	1077	1741	22,20	0,61	4273	1111	2,79	3,85
11	1,80	150,00	5451	1458	2073	26,75	0,75	4838	1492	2,63	3,24
12	2,00	150,00	6051	1907	2422	31,52	0,93	5408	1941	2,50	2,79
13	2,00	200,00	8255	2192	2730	26,55	0,74	9380	2374	3,02	3,95



14	2,20	200,00	9055	2779	3152	30,69	0,87	10326	2962	2,87	3,49
15	2,40	200,00	9855	3455	3611	35,06	1,01	11284	3638	2,73	3,10
16	2,60	200,00	10655	4226	4103	39,66	1,18	12254	4409	2,60	2,78
17	2,80	200,00	11455	5098	4628	44,51	1,38	13235	5281	2,48	2,51
18	3,00	200,00	12255	6080	5192	49,61	1,62	14229	6262	2,36	2,27
19	3,00	250,00	15687	6292	5127	40,11	1,23	21913	6827	3,06	3,21
20	3,20	250,00	16687	7318	5127	43,85	1,37	23163	7853	3,25	2,95
21	3,40	250,00	17687	8343	5127	47,17	1,52	24413	8878	3,45	2,75
22	3,60	250,00	18687	9369	5127	50,14	1,66	25663	9904	3,64	2,59
23	3,80	250,00	19687	10394	5127	52,80	1,82	26913	10929	3,84	2,46
24	4,00	250,00	20687	11420	5127	55,20	1,98	28163	11955	2,52	2,36

**COMBINAZIONE n° 9**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	3992,58 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3758,90 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1345,89 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,70 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,94 [°]
Incremento sismico della spinta	1455,76 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	80,94 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6687,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	456,39 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	228,19 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6541,34 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23229,56 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16554,68 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	31912,87 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23229,56 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6541,34 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,59 [m]
Risultante in fondazione	24133,00 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,73 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	13678,76 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	2338180,35 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,98 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,3423 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$$N_c = 35.51$$

$$N_q = 23.19$$

$$N_\gamma = 22.05$$

$$N'_c = 25.93$$

$$N'_q = 16.37$$

$$N'_\gamma = 5.91$$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.93
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.22
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	100.66
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	22.40

Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 9

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,48 Y[m]= 3,18

Raggio del cerchio R[m]= 8,21

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,26

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,72

Larghezza della striscia dx[m]= 0,52

Coefficiente di sicurezza C= 22.40

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha$ (°)	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1085.19	77.82	1060.76	2.46	29.26	0.000	0.000
2	2646.07	65.02	2398.48	1.23	31.12	4.535	0.000
3	3483.36	57.36	2933.21	0.96	32.01	6.687	0.000
4	4057.89	51.11	3158.41	0.83	32.01	6.687	0.000
5	4472.41	45.63	3196.95	0.74	32.01	6.687	0.000
6	4773.78	40.65	3109.56	0.68	32.01	6.687	0.000
7	4987.50	36.02	2932.65	0.64	32.01	6.687	0.000
8	5129.33	31.64	2691.08	0.61	32.01	6.687	0.000
9	5210.76	27.47	2403.78	0.59	32.01	6.687	0.000
10	5243.96	23.45	2087.03	0.57	32.01	6.687	0.000
11	5237.13	19.55	1752.73	0.55	32.01	6.687	0.000
12	4993.10	15.75	1354.95	0.54	32.01	6.687	0.000
13	4910.87	12.01	1021.76	0.53	32.01	6.687	0.000
14	1544.32	8.32	223.55	0.53	32.01	6.687	0.000
15	1560.20	4.67	127.09	0.52	32.01	6.687	0.000
16	1538.04	1.04	27.93	0.52	32.01	6.687	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	91 di 100

17	1496.03	-2.59	-67.53	0.52	29.26	0.000	0.000
18	1455.39	-6.23	-157.82	0.52	29.26	0.000	0.000
19	1382.73	-9.89	-237.46	0.53	29.26	0.000	0.000
20	1276.05	-13.59	-299.92	0.53	29.26	0.000	0.000
21	1133.92	-17.36	-338.30	0.54	29.26	0.000	0.000
22	954.33	-21.20	-345.14	0.56	29.26	0.000	0.000
23	734.52	-25.15	-312.15	0.57	29.26	0.000	0.000
24	470.71	-29.23	-229.85	0.60	32.01	6.688	0.000
25	157.71	-33.48	-87.00	0.62	29.26	0.000	0.000

 $\Sigma W_i = 69935,29$  [kg]

 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 28404,76$  [kg]

 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 35827,51$  [kg]

 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 684767,38$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 9**

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	10	105	2,61	0,05	206	10	3,80	19,74
3	0,40	100,00	800	44	242	5,54	0,11	424	44	3,31	9,55
4	0,60	100,00	1200	110	424	9,18	0,19	653	110	2,83	5,93
5	0,80	100,00	1600	217	654	13,58	0,29	894	217	2,45	4,12
6	1,00	100,00	2000	375	929	18,74	0,43	1147	375	2,15	3,06
7	1,00	150,00	3051	426	1106	13,97	0,32	2530	460	2,76	5,50
8	1,20	150,00	3651	684	1478	18,73	0,43	3057	718	2,47	4,26
9	1,40	150,00	4251	1020	1896	24,00	0,56	3596	1055	2,24	3,41
10	1,60	150,00	4851	1445	2361	29,79	0,72	4147	1479	2,05	2,80
11	1,80	150,00	5451	1968	2872	36,10	0,93	4709	2002	1,90	2,35
12	2,00	150,00	6051	2597	3430	42,92	1,26	5284	2631	1,76	2,01
13	2,00	200,00	8255	2839	3807	34,39	0,84	9279	3022	2,17	3,07
14	2,20	200,00	9055	3665	4461	40,47	1,01	10228	3848	2,03	2,66
15	2,40	200,00	9855	4627	5162	46,95	1,24	11188	4809	1,91	2,33
16	2,60	200,00	10655	5733	5905	53,80	1,54	12159	5915	1,80	2,06
17	2,80	200,00	11455	6990	6663	61,02	1,96	13142	7173	1,72	1,83
18	3,00	200,00	12255	8392	7345	68,48	2,59	14137	8575	1,67	1,65
19	3,00	250,00	15687	8897	7405	56,72	1,53	21863	9432	2,12	2,32
20	3,20	250,00	16687	10385	7473	62,24	1,77	23113	10920	2,23	2,12
21	3,40	250,00	17687	11887	7541	67,21	2,04	24363	12422	2,35	1,96
22	3,60	250,00	18687	13402	7610	71,72	2,34	25613	13937	2,46	1,84
23	3,80	250,00	19687	14931	7678	75,84	2,67	26863	15465	2,56	1,74

24 4,00 250,00 20687 16473 7746 79,63 3,04 28113 17008 1,67 1,65

**COMBINAZIONE n° 10**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X=1,50 Y=-4,00
Punto superiore superficie di spinta	X=1,50 Y=0,64
Altezza della superficie di spinta	4,64 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0,00 [°]

Valore della spinta statica	4045,89 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3809,30 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1363,26 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,32
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,69 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,94 [°]
Incremento sismico della spinta	1442,07 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-1,32
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	80,94 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6752,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	460,82 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	230,41 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6583,37 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23309,32 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16777,44 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	32074,10 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23309,32 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6583,37 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,59 [m]
Risultante in fondazione	24221,17 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,77 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	13839,99 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	2317969,19 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,97 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,3679 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 25.90$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.35$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 5.88$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.91
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.21
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	99.44
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	22.30

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 10

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,48 Y[m]= 3,18

Raggio del cerchio R[m]= 8,21

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,26

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 5,72

Larghezza della striscia dx[m]= 0,52

Coefficiente di sicurezza C= 22.30

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	1085.19	77.82	1060.76	2.46	29.26	0.000	0.000
2	2646.07	65.02	2398.48	1.23	31.12	4.535	0.000
3	3483.36	57.36	2933.21	0.96	32.01	6.687	0.000
4	4057.89	51.11	3158.41	0.83	32.01	6.687	0.000
5	4472.41	45.63	3196.95	0.74	32.01	6.687	0.000
6	4824.77	40.65	3142.77	0.68	32.01	6.687	0.000
7	5055.04	36.02	2972.36	0.64	32.01	6.687	0.000
8	5196.86	31.64	2726.51	0.61	32.01	6.687	0.000
9	5278.29	27.47	2434.93	0.59	32.01	6.687	0.000
10	5250.37	23.45	2089.58	0.57	32.01	6.687	0.000
11	5237.13	19.55	1752.73	0.55	32.01	6.687	0.000
12	4993.10	15.75	1354.95	0.54	32.01	6.687	0.000
13	4910.87	12.01	1021.76	0.53	32.01	6.687	0.000
14	1544.32	8.32	223.55	0.53	32.01	6.687	0.000
15	1560.20	4.67	127.09	0.52	32.01	6.687	0.000
16	1538.04	1.04	27.93	0.52	32.01	6.687	0.000
17	1496.03	-2.59	-67.53	0.52	29.26	0.000	0.000
18	1455.39	-6.23	-157.82	0.52	29.26	0.000	0.000
19	1382.73	-9.89	-237.46	0.53	29.26	0.000	0.000
20	1276.05	-13.59	-299.92	0.53	29.26	0.000	0.000
21	1133.92	-17.36	-338.30	0.54	29.26	0.000	0.000
22	954.33	-21.20	-345.14	0.56	29.26	0.000	0.000
23	734.52	-25.15	-312.15	0.57	29.26	0.000	0.000
24	470.71	-29.23	-229.85	0.60	32.01	6.688	0.000
25	157.71	-33.48	-87.00	0.62	29.26	0.000	0.000

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	94 di 100

$\Sigma W_i = 70195,29$  [kg]  
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 28546,82$  [kg]  
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 35962,90$  [kg]  
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 684767,38$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 10

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

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

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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	11	113	2,87	0,05	206	11	3,53	17,96
3	0,40	100,00	800	47	252	5,90	0,11	424	47	3,18	8,97
4	0,60	100,00	1200	115	439	9,62	0,19	655	115	2,73	5,67
5	0,80	100,00	1600	226	677	14,14	0,30	899	226	2,36	3,98
6	1,00	100,00	2000	389	962	19,47	0,44	1156	389	2,08	2,97
7	1,00	150,00	3051	456	1162	14,96	0,33	2548	491	2,63	5,19
8	1,20	150,00	3651	726	1543	19,89	0,44	3078	760	2,37	4,05
9	1,40	150,00	4251	1076	1965	25,32	0,57	3619	1110	2,16	3,26
10	1,60	150,00	4851	1515	2428	31,23	0,74	4170	1549	2,00	2,69
11	1,80	150,00	5451	2051	2937	37,62	0,97	4732	2085	1,86	2,27
12	2,00	150,00	6051	2693	3493	44,50	1,32	5306	2727	1,73	1,95
13	2,00	200,00	8255	2936	3856	35,56	0,85	9297	3119	2,14	2,98
14	2,20	200,00	9055	3771	4508	41,65	1,03	10245	3954	2,01	2,59
15	2,40	200,00	9855	4742	5206	48,12	1,27	11205	4925	1,89	2,28
16	2,60	200,00	10655	5857	5947	54,97	1,58	12176	6039	1,79	2,02
17	2,80	200,00	11455	7122	6702	62,17	2,02	13159	7305	1,71	1,80
18	3,00	200,00	12255	8532	7384	69,62	2,69	14154	8715	1,66	1,62
19	3,00	250,00	15687	8981	7421	57,25	1,54	21872	9516	2,11	2,30
20	3,20	250,00	16687	10472	7489	62,76	1,79	23122	11007	2,23	2,10
21	3,40	250,00	17687	11977	7557	67,72	2,06	24372	12512	2,34	1,95
22	3,60	250,00	18687	13495	7625	72,22	2,36	25622	14030	2,45	1,83
23	3,80	250,00	19687	15027	7694	76,33	2,70	26872	15562	2,56	1,73
24	4,00	250,00	20687	16573	7762	80,11	3,07	28122	17107	1,67	1,64

COMBINAZIONE n° 11
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta  
 Punto superiore superficie di spinta  
 Altezza della superficie di spinta  
 Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)

X=1,50 Y=-4,00  
 X=1,50 Y=0,64  
 4,64 [m]  
 0,00 [°]

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	95 di 100

Valore della spinta statica	3992,58 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	3758,90 [kg]
Componente verticale della spinta statica	1345,89 [kg]
Punto d'applicazione della spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,70 [°]
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	80,94 [°]
Incremento sismico della spinta	1225,50 [kg]
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X=1,50 Y=-1,35
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	80,94 [°]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	6687,00 [kg]
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	-477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	456,39 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-228,19 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6324,56 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	21740,06 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	16880,90 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	30817,25 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	21740,06 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6324,56 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,61 [m]
Risultante in fondazione	22641,33 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,22 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	13238,72 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	2236077,80 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,92 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,2609 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 25.59$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.15$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 5.56$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.83
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.15
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	102.86
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	23.76

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

$b$  larghezza della striscia espressa in [m]  
 $u$  pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro  $X[m] = -2,48$   $Y[m] = 3,18$

Raggio del cerchio  $R[m] = 8,21$

Ascissa a valle del cerchio  $X_i[m] = -7,26$

Ascissa a monte del cerchio  $X_s[m] = 5,72$

Larghezza della striscia  $dx[m] = 0,52$

Coefficiente di sicurezza  $C = 23,76$

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	$\phi$	c	u
1	1085.19	77.82	1060.76	2.46	29.26	0.000	0.000
2	2646.07	65.02	2398.48	1.23	31.12	4.535	0.000
3	3483.36	57.36	2933.21	0.96	32.01	6.687	0.000
4	4057.89	51.11	3158.41	0.83	32.01	6.687	0.000
5	4472.41	45.63	3196.95	0.74	32.01	6.687	0.000
6	4773.78	40.65	3109.56	0.68	32.01	6.687	0.000
7	4987.50	36.02	2932.65	0.64	32.01	6.687	0.000
8	5129.33	31.64	2691.08	0.61	32.01	6.687	0.000
9	5210.76	27.47	2403.78	0.59	32.01	6.687	0.000
10	5243.96	23.45	2087.03	0.57	32.01	6.687	0.000
11	5237.13	19.55	1752.73	0.55	32.01	6.687	0.000
12	4993.10	15.75	1354.95	0.54	32.01	6.687	0.000
13	4910.87	12.01	1021.76	0.53	32.01	6.687	0.000
14	1544.32	8.32	223.55	0.53	32.01	6.687	0.000
15	1560.20	4.67	127.09	0.52	32.01	6.687	0.000
16	1538.04	1.04	27.93	0.52	32.01	6.687	0.000
17	1496.03	-2.59	-67.53	0.52	29.26	0.000	0.000
18	1455.39	-6.23	-157.82	0.52	29.26	0.000	0.000
19	1382.73	-9.89	-237.46	0.53	29.26	0.000	0.000
20	1276.05	-13.59	-299.92	0.53	29.26	0.000	0.000
21	1133.92	-17.36	-338.30	0.54	29.26	0.000	0.000
22	954.33	-21.20	-345.14	0.56	29.26	0.000	0.000
23	734.52	-25.15	-312.15	0.57	29.26	0.000	0.000
24	470.71	-29.23	-229.85	0.60	32.01	6.688	0.000
25	157.71	-33.48	-87.00	0.62	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 69935,29$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 28404,76$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 35827,51$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 684767,38$  [kg]

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 11

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

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



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

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	9	96	2,35	0,05	206	9	4,19	21,94
3	0,40	100,00	800	40	223	5,06	0,10	424	40	3,59	10,47
4	0,60	100,00	1200	101	394	8,45	0,18	653	101	3,04	6,44
5	0,80	100,00	1600	201	610	12,57	0,28	894	201	2,62	4,44
6	1,00	100,00	2000	349	871	17,43	0,41	1147	349	2,30	3,29
7	1,00	150,00	3051	400	1047	13,11	0,31	2530	434	2,91	5,83
8	1,20	150,00	3651	644	1402	17,64	0,42	3057	678	2,60	4,51
9	1,40	150,00	4251	964	1801	22,67	0,54	3596	998	2,36	3,60
10	1,60	150,00	4851	1368	2245	28,19	0,69	4147	1402	2,16	2,96
11	1,80	150,00	5451	1865	2733	34,21	0,89	4709	1899	1,99	2,48
12	2,00	150,00	6051	2464	3266	40,72	1,18	5284	2498	1,85	2,11
13	2,00	200,00	8255	2706	3643	32,78	0,82	9279	2889	2,27	3,21
14	2,20	200,00	9055	3496	4270	38,61	0,98	10228	3679	2,12	2,78
15	2,40	200,00	9855	4417	4942	44,82	1,19	11188	4600	1,99	2,43
16	2,60	200,00	10655	5476	5655	51,39	1,46	12159	5659	1,88	2,15
17	2,80	200,00	11455	6680	6385	58,32	1,83	13142	6863	1,79	1,91
18	3,00	200,00	12255	8026	7057	65,49	2,37	14137	8208	1,74	1,72
19	3,00	250,00	15687	8531	7117	54,38	1,48	21863	9066	2,20	2,41
20	3,20	250,00	16687	9961	7185	59,69	1,70	23113	10496	2,32	2,20
21	3,40	250,00	17687	11405	7253	64,48	1,95	24363	11940	2,44	2,04
22	3,60	250,00	18687	12862	7322	68,83	2,22	25613	13397	2,55	1,91
23	3,80	250,00	19687	14334	7390	72,81	2,51	26863	14868	2,66	1,81
24	4,00	250,00	20687	15818	7458	76,47	2,84	28113	16353	1,73	1,72

**COMBINAZIONE n° 12**
Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X=1,50 Y=-4,00  
 Punto superiore superficie di spinta X=1,50 Y=0,64  
 Altezza della superficie di spinta 4,64 [m]  
 Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) 0,00 [°]

Valore della spinta statica 4045,89 [kg]  
 Componente orizzontale della spinta statica 3809,30 [kg]  
 Componente verticale della spinta statica 1363,26 [kg]  
 Punto d'applicazione della spinta X=1,50 Y=-1,32  
 Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 19,69 [°]  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 80,94 [°]  
 Incremento sismico della spinta 1207,80 [kg]  
 Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta X=1,50 Y=-1,32  
 Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche 80,94 [°]  
 Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 6752,00 [kg]

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X=0,93 Y=-1,00
Inerzia del muro	955,50 [kg]
Inerzia verticale del muro	-477,75 [kg]
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	460,82 [kg]
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-230,41 [kg]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6362,80 [kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	21814,06 [kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	17093,20 [kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	30970,90 [kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	21814,06 [kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6362,80 [kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,61 [m]
Risultante in fondazione	22723,08 [kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,26 [°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	13389,89 [kgm]
Carico ultimo della fondazione	2216601,46 [kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,91 [m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	2,2859 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000 [kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 35.51$	$N'_c = 25.56$
$N_q = 23.19$	$N'_q = 16.13$
$N_\gamma = 22.05$	$N'_\gamma = 5.53$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.81
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.14
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	101.61
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	23.65

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati	36
Numero di strisce	25

Cerchio critico

Coordinate del centro	X[m]= -2,48	Y[m]= 3,18
Raggio del cerchio	R[m]= 8,21	

**Opere di sostegno**  
**Relazione di calcolo muri in gabbioni**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	NVX000001	B	99 di 100

Ascissa a valle del cerchio  $Xi[m] = -7,26$   
 Ascissa a monte del cerchio  $Xs[m] = 5,72$   
 Larghezza della striscia  $dx[m] = 0,52$   
 Coefficiente di sicurezza  $C = 23.65$   
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

**Caratteristiche delle strisce**

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	1085.19	77.82	1060.76	2.46	29.26	0.000	0.000
2	2646.07	65.02	2398.48	1.23	31.12	4.535	0.000
3	3483.36	57.36	2933.21	0.96	32.01	6.687	0.000
4	4057.89	51.11	3158.41	0.83	32.01	6.687	0.000
5	4472.41	45.63	3196.95	0.74	32.01	6.687	0.000
6	4824.77	40.65	3142.77	0.68	32.01	6.687	0.000
7	5055.04	36.02	2972.36	0.64	32.01	6.687	0.000
8	5196.86	31.64	2726.51	0.61	32.01	6.687	0.000
9	5278.29	27.47	2434.93	0.59	32.01	6.687	0.000
10	5250.37	23.45	2089.58	0.57	32.01	6.687	0.000
11	5237.13	19.55	1752.73	0.55	32.01	6.687	0.000
12	4993.10	15.75	1354.95	0.54	32.01	6.687	0.000
13	4910.87	12.01	1021.76	0.53	32.01	6.687	0.000
14	1544.32	8.32	223.55	0.53	32.01	6.687	0.000
15	1560.20	4.67	127.09	0.52	32.01	6.687	0.000
16	1538.04	1.04	27.93	0.52	32.01	6.687	0.000
17	1496.03	-2.59	-67.53	0.52	29.26	0.000	0.000
18	1455.39	-6.23	-157.82	0.52	29.26	0.000	0.000
19	1382.73	-9.89	-237.46	0.53	29.26	0.000	0.000
20	1276.05	-13.59	-299.92	0.53	29.26	0.000	0.000
21	1133.92	-17.36	-338.30	0.54	29.26	0.000	0.000
22	954.33	-21.20	-345.14	0.56	29.26	0.000	0.000
23	734.52	-25.15	-312.15	0.57	29.26	0.000	0.000
24	470.71	-29.23	-229.85	0.60	32.01	6.688	0.000
25	157.71	-33.48	-87.00	0.62	29.26	0.000	0.000

$\Sigma W_i = 70195,29$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 28546,82$  [kg]

$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i = 35962,90$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i = 684767,38$  [kg]

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**
**Combinazione n° 12**

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

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

H altezza della sezione espressa in [cm]

N sforzo normale [kg]

M momento flettente [kgm]

T taglio [kg]

e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]

$\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm<sup>2</sup>]

Ms momento stabilizzante [kgm]

Mr momento ribaltante [kgm]

Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00
2	0,20	100,00	400	10	102	2,56	0,05	206	10	3,91	20,11
3	0,40	100,00	800	43	231	5,35	0,11	424	43	3,46	9,89
4	0,60	100,00	1200	106	407	8,82	0,18	655	106	2,95	6,19
5	0,80	100,00	1600	209	632	13,06	0,29	899	209	2,53	4,30
6	1,00	100,00	2000	362	902	18,08	0,42	1156	362	2,22	3,20
7	1,00	150,00	3051	429	1102	14,05	0,32	2548	463	2,77	5,50
8	1,20	150,00	3651	685	1466	18,75	0,43	3078	719	2,49	4,28
9	1,40	150,00	4251	1018	1868	23,93	0,55	3619	1052	2,28	3,44
10	1,60	150,00	4851	1435	2311	29,58	0,71	4170	1469	2,10	2,84
11	1,80	150,00	5451	1945	2797	35,68	0,92	4732	1979	1,95	2,39
12	2,00	150,00	6051	2556	3327	42,25	1,23	5306	2591	1,82	2,05
13	2,00	200,00	8255	2799	3691	33,91	0,83	9297	2982	2,24	3,12
14	2,20	200,00	9055	3599	4315	39,75	1,00	10245	3782	2,10	2,71
15	2,40	200,00	9855	4528	4985	45,95	1,22	11205	4711	1,98	2,38
16	2,60	200,00	10655	5596	5695	52,52	1,50	12176	5779	1,87	2,11
17	2,80	200,00	11455	6808	6423	59,43	1,88	13159	6991	1,78	1,88
18	3,00	200,00	12255	8161	7095	66,59	2,45	14154	8344	1,73	1,70
19	3,00	250,00	15687	8610	7131	54,89	1,49	21872	9145	2,20	2,39
20	3,20	250,00	16687	10043	7199	60,18	1,72	23122	10578	2,32	2,19
21	3,40	250,00	17687	11490	7268	64,96	1,96	24372	12024	2,43	2,03
22	3,60	250,00	18687	12950	7336	69,30	2,24	25622	13485	2,55	1,90
23	3,80	250,00	19687	14424	7404	73,27	2,54	26872	14959	2,66	1,80
24	4,00	250,00	20687	15912	7472	76,92	2,87	28122	16446	1,73	1,71

#### 8.4 Muro di sottoscarpa H = 3.00m

In considerazione degli elevati coefficienti di sicurezza ottenuti per il muro di sottoscarpa in gabbioni di altezza pari a 4.00 m, si omettono i tabulati di verifica relativi al muro di altezza pari a 3.00 m.