



REGIONE  
TOSCANA



CITTÀ  
METROPOLITANA  
DI FIRENZE



COMUNE DI  
SCARPERIA  
E SAN PIERO



COMUNE DI  
BARBERINO  
DI MUGELLO

**SOGGETTO PROPONENTE**



Struttura Territoriale Toscana  
Viale dei Mille 36 - Firenze FI  
Stefano Liani, Ingegnere

**SOGGETTO ATTUATORE**



Cafaggiolo Srl  
Viale Nazionale 8 - Barberino di Mugello FI  
Alfredo Mauricio Lowenstein, Legale Rappresentante

**Lavori per la realizzazione della Variante alla  
S.S. 65 della Futa da parte di soggetto privato ai  
sensi dell'art. 20 D.lgs 50/2016  
Valorizzazione della villa medicea di Cafaggiolo**

**PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICO/DEFINITIVO  
VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A V.I.A.**



Arch. Fabrizio Romozzi - Project Manager  
Attività tecnico amministrativa e di coordinamento

**Cafaggiolo Srl**

Via Nazionale 16  
50031 Barberino di Mugello (FI)  
P.IVA 01998740979  
info@castellodicafaggiolo.com  
castellodicafaggiolo@legalmail.it  
www.castellodicafaggiolo.com

**Advisor**



Dott.ssa  
Antonella Scotese

**Attività di assistenza e  
consulenza legale**



Avv. Giuseppe Giuffrè

PROTOCOLLO

DATA



Via Campo di Marte 8/A - 06124 Perugia (PG)  
tel/fax 075 830563 - 8309014  
info@abacusprogetti.it  
www.abacusprogetti.it

**PROGETTISTA RESPONSABILE**  
Ing. Maurizio Serafini

Ing. Arch. Chiara Pimpinelli  
Ing. Adrian Martin Torres  
Ing. Lorenzo Serafini  
Ing. Roberto Pedicini  
Ing. Sara Berretta  
Geom. Stefania Pifferi



Viale G. Savonarola 15 - 54033 Carrara (MS)  
tel. 0585 87687  
info@tecnocreo.it  
www.tecnocreo.it

**DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Matteo Bertoneri

**GEOLOGIA E GEOTECNICA Relazione di calcolo opera  
di sostegno sezione tipo 4-4'**

NOME FILE		REVISIONE	SCALA
04D_GG0401_A		A	-
CODICE ELAB	04D GG 0401		
D			
C			
B	Consegna progetto definitivo - Adempimento prescrizioni ANAS	Settembre 2023	M.Serafini
A	Consegna progetto definitivo	Ottobre 2022	M.Serafini
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO
			VERIFICATO
			APPROVATO

# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI UTILIZZATI</b> .....	<b>2</b>
	<b>3.1</b> <b>Elementi acciaio : S355</b> .....	<b>per spessori &lt;40 mm 2</b>
	<b>3.2</b> <b>Calcestruzzo per muro di sostegno tipo C 28/35</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>MODELLO GEOTECNICO</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>MODELLAZIONE SISMICA</b> .....	<b>3</b>
	<b>5.1</b> <b>Pericolosità Sismica, Azione Sismica e Spettri di Risposta Elastici</b> .....	<b>3</b>
	<b>5.2</b> <b>Caratterizzazione Sismica dell'area</b> .....	<b>4</b>
	<b>5.3</b> <b>Parametri Utili al Calcolo dell'Azione Sismica</b> .....	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>MURO IN C.A.</b> .....	<b>5</b>
	<b>ALLEGATO 1: REPORT DELLE VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO</b> .....	<b>10</b>
	<b>ALLEGATO 2: REPORT DELLE VERIFICHE DELLA TERRA RINFORZATA</b> .....	<b>11</b>

# 1 PREMESSA

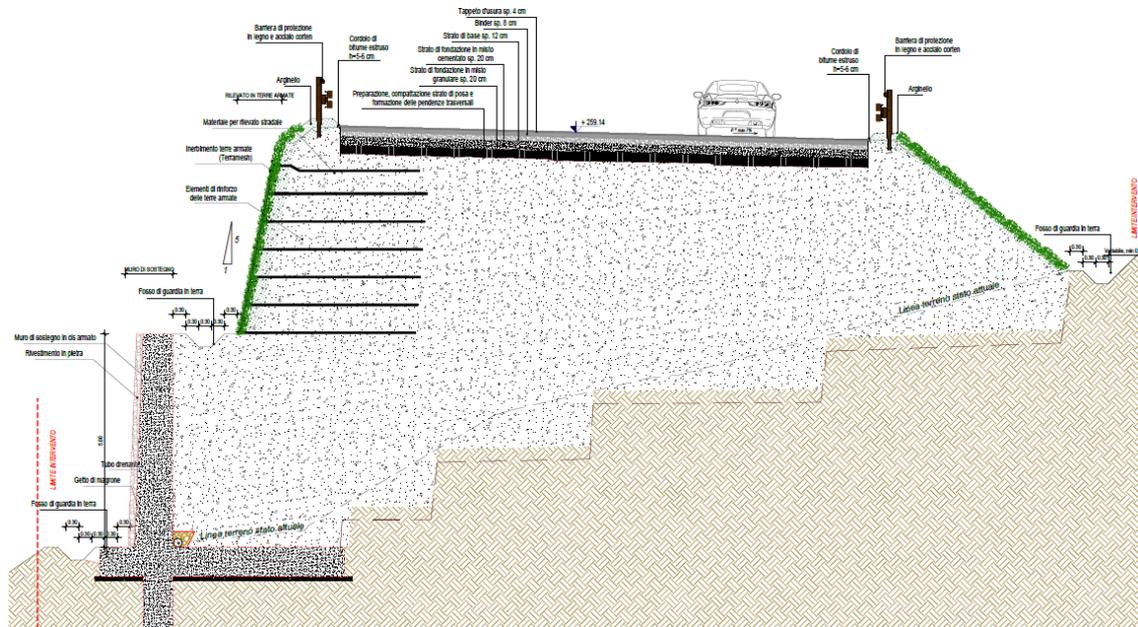


Figura 1: sezione tipo con opere di sostegno

Le opere di sostegno previste per sostenere il nuovo rilevato stradale tra la prog. 0+625 m e la prog. 0+775 m consistono in:

- un muro di sostegno a mensola in c.a. di altezza 5 m alla base;
- una terra rinforzata di altezza 5 m con paramento rinverdibile sulla sommità, con pendenza 1:5.

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Per la progettazione sono state prese in riferimento le seguenti normative:

- D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche sulle Costruzioni”
- Circolare Ministero LL. PP. n.7 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018"

## 3 MATERIALI UTILIZZATI

### 3.1 ELEMENTI ACCIAIO : S355

PER SPESSORI <40 MM

Resistenza a rottura per trazione:

$f_{tk}$

510 MPa

Resistenza di snervamento:	$f_{yk}$	355 MPa
Resistenza di calcolo a trazione ( $t \leq 40\text{mm}$ )	$f_{dt}$	MPa
Resistenza di calcolo a taglio ( $t \leq 40\text{mm}$ )	$f_{dt}$	151.2 MPa
Modulo di elasticità normale:	E	206000 MPa
Modulo di elasticità tangenziale:	G	79230 MPa
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha$	$1,2 \times 10^{-5}$

### 3.2 CALCESTRUZZO PER MURO DI SOSTEGNO TIPO C 28/35

Resistenza cubica	$R_{ck}$	35 MPa
Resistenza cilindrica	$f_{ck}$	28 MPa
Classe di esposizione	XC2/XC3	
Classe di consistenza	S4	

## 4 MODELLO GEOTECNICO

Si considerano nei calcoli delle opere strutturali il seguente modello geotecnico:

	<i>Spessore</i>	<i>Coesione</i>	<i>Angolo d'attrito</i>	<i>Peso specifico</i>
<i>Depositi alluvionali</i>	Fino a 5 m	12 kPa	24°	19 kN/m <sup>3</sup>
<i>Arenarie</i>	-	100 kPa	22°	23 kN/m <sup>3</sup>

Lo spessore dei depositi alluvionali varia in funzione della posizione, riducendosi fino ad annullarsi in adiacenza al M. Beccai dove la formazione arenacea litoide è sub-affiorante.

## 5 MODELLAZIONE SISMICA

### 5.1 PERICOLOSITÀ SISMICA, AZIONE SISMICA E SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI

Per definire la pericolosità sismica di un sito sono necessari i seguenti parametri geografici e temporali: i valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale), le coordinate geografiche dei nodi del reticolo di riferimento, i periodi di ritorno per le diverse probabilità di superamento. Allo stato attuale,

la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'INGV, presi in considerazione nel presente elaborato.

Una volta calcolata l'entità dell'accelerazione di picco  $a_g$  attesa per un determinato sito, risulta possibile definire le ordinate dello spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, tenendo conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

## 5.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

La zona sismica per il territorio di Perugia, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale dell'Umbria n. 1111 del 18 settembre 2012 (BUR n. 47 del 3/10/2012) è indicata come **Zona sismica 2: zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.**

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.226
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	2.812
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	2.187

## 5.3 PARAMETRI UTILI AL CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA

Le caratteristiche dell'opera oggetto di progettazione (con **vita nominale** di progetto  $V_N \geq 100$  anni) vengono inserite in **classe d'uso III** (*Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.*

*Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso), cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ . Da cui si ricava il periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R$  dato da:*

$$V_R = V_N * C_U = 100 * 1.5 = 150 \text{ anni}$$

Nella presente progettazione sono stati considerati i seguenti parametri sismici:

Categoria di sottosuolo	A
Categoria topografica	T2
Accelerazione al suolo $a_g$	0.235 [g]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.17
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.2
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.28
Coefficiente di intensità sismica orizzontale $k_h = (a_g/g * \beta_m * S_t * S_s) =$	0.092
Coefficiente di intensità sismica verticale $k_v = 0.50 * k_h =$	0.046

## 6 MURO IN C.A.

Il muro ha una struttura a mensola ed è dotato di uno sperone in fondazione contro lo scorrimento. Le verifiche del muro sono state svolte con il software MAX16 della ditta Aztec Informatica.

In Figura 2 è mostrato il modello di calcolo considerato: il terreno da rilevato stradale impiegato come riempimento è un materiale di progetto granulare con le seguenti caratteristiche geotecniche:

coesione = 0 kPa;

angolo d'attrito = 30°;

peso dell'unità di volume = 18 kN/mc.

I terreni naturali presenti in sito sono quelli considerati nel modello geotecnico della Relazione Geotecnica, riducendo lo spessore dei depositi alluvionali da 5 m a 3.5 m in considerazione della vicinanza dell'intervento al M. Beccai, dove la componente litoide è abbastanza superficiale.

Il muro ha le dimensioni riportate in Figura 3.

I carichi considerati sono 2:

Il peso del terreno soprastante il muro, di altezza pari a 5 m e corrispondente al terreno da rilevato stradale sopra descritto. Viene modellato come un carico distribuito permanente pari a  $5 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/mc} = 90 \text{ kPa}$ .

L'azione variabile del traffico, pari a 20 kPa con un angolo di diffusione di  $30^\circ$  nel terreno a profondità 5 m dal piano campagna, che produce un carico alla sommità del muro pari a 18.28 kPa.

L'azione sismica di progetto fa riferimento a una Categoria di sottosuolo B e una categoria topografica T2, con una vita nominale di 50 anni e una classe d'uso III.

Le verifiche geotecniche eseguite sono state effettuate ai sensi del DM 17/01/2018 e risultano soddisfatte, come evidente in Figura 4.

Il report completo delle verifiche è contenuto nell'Allegato 1.

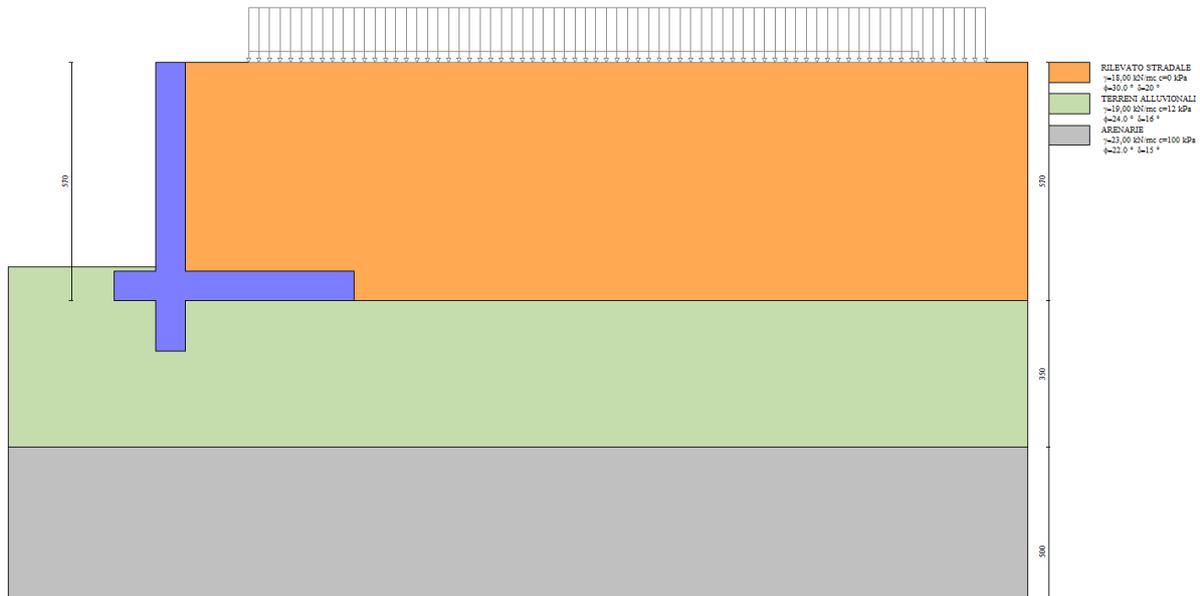


Figura 2: modello di calcolo del muro di sostegno

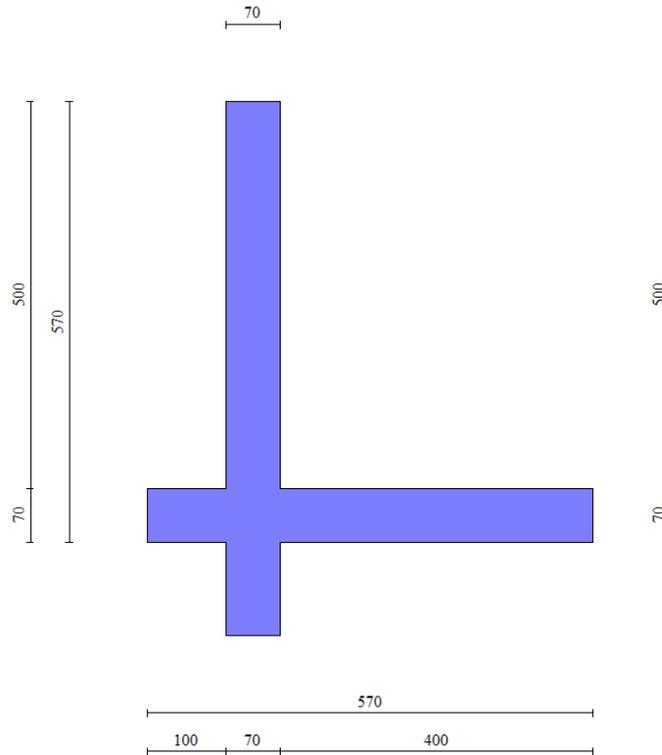


Figura 3: geometria del muro di sostegno

Sintesi FS verifiche globali

n°	Combinazione	Sismica	F <sub>Ssco</sub>	F <sub>Sqlim</sub>	F <sub>Srib</sub>	F <sub>Sstab</sub>
1	STR (A1-M1-R3)		1,304	3,412	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	1,036	2,591	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	1,028	2,812	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	1,126
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	1,200
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	1,202
7	EQU (A1-M1-R3)		--	--	4,443	--
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	--	--	3,079	--
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	--	--	2,549	--

Figura 4: sintesi delle verifiche di sicurezza per il muro di sostegno

### Terra rinforzata

La terra rinforzata di altezza pari a 5 m e larga 6 m viene realizzata al di sopra del muro in c.a. descritto nel precedente Capitolo e si rende necessaria per ridurre al minimo l'ingombro in pianta del terrapieno stradale. Infatti, avrà una pendenza di 1:5, con il vantaggio rispetto al muro di presentare un paramento esterno rinverdibile, con un impatto ambientale minimo.

I terreni considerati sono il rilevato stradale a tergo del muro di sostegno e il riempimento della terra rinforzata (si è considerata una ghiaia con angolo d'attrito 35°, coesione nulla e peso dell'unità di volume 18.5 kN/mc).

I carichi agenti sono il peso del terreno dello spessore di circa 1 m compreso tra la terra rinforzata e il piano campagna, considerato come un carico permanente non strutturale distribuito, e il carico stradale di 20 kPa, modellato come un'azione variabile distribuita.

L'azione sismica di progetto fa riferimento a una Categoria di sottosuolo B e una categoria topografica T2, con una vita nominale di 50 anni e una classe d'uso III.

Sono stati impiegati 12 rinforzi lunghi 6 m, con una Resistenza di progetto a lungo termine di circa 40 kN/m.

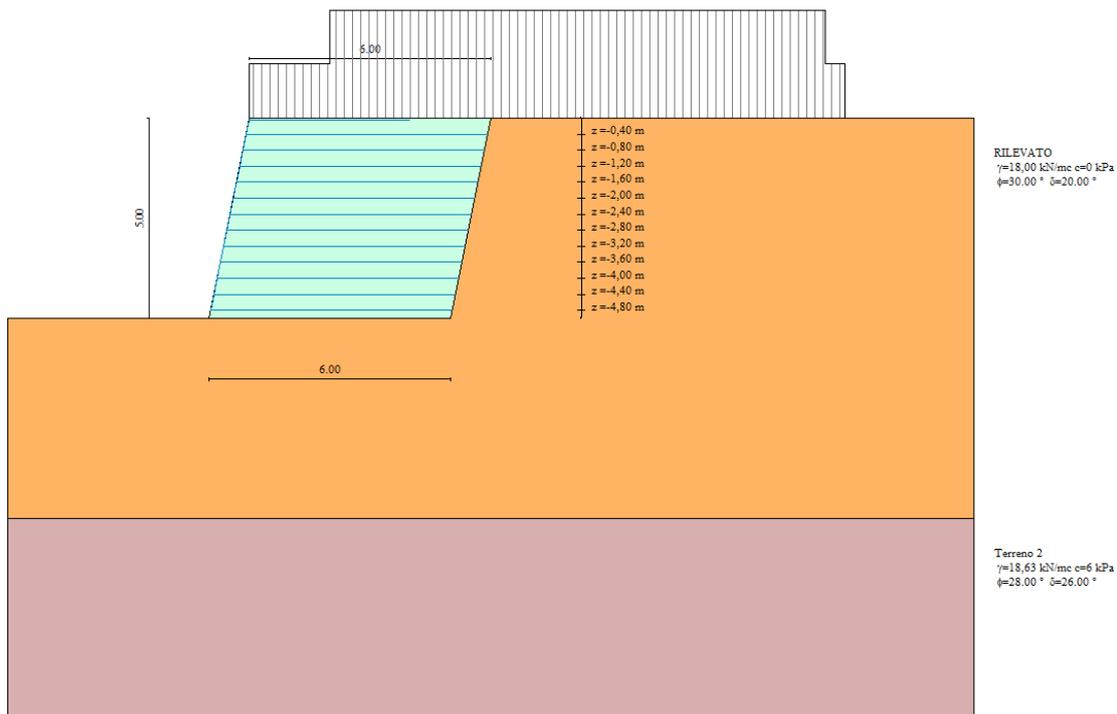


Figura 5: modello di calcolo della terra rinforzata

### Descrizione rinforzi della Terra armata

#### Simbologia adottata

n°	Indice rinforzo
Y	Quota del rinforzo
Rinforzo	Identificativo del rinforzo
L	Lunghezza del rinforzo, espresso in [m]
Lrv	Lunghezza tratto di risvolto verticale (facciata del risvolto), espresso in [m]
Lro	Lunghezza tratto di risvolto orizzontale (interno del risvolto), espresso in [m]
Fds	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a scorrimento diretto
Fpo	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a sfilamento del rinforzo dal terreno

n°	Y [m]	Rinforzo	L [m]	Lrv [m]	Lro [m]	Fds	Fpo
1	-0,40	rinforzo 40	6,00	0,35	4,00	0,90	0,90
2	-0,80	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
3	-1,20	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
4	-1,60	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
5	-2,00	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
6	-2,40	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
7	-2,80	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
8	-3,20	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
9	-3,60	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
10	-4,00	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
11	-4,40	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
12	-4,80	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90

Figura 6: caratteristiche dei rinforzi della terra rinforzata

Commissa: 2106  
File name: 04D\_GG0401\_A  
Rev. 00

**CAFAGGIOLO SOCIETÀ AGRICOLA S.R.L.**  
VARIANTE SR65 DELLA FUTA IN LOC. CAFAGGIOLO  
*Progetto Definitivo: Relazione di calcolo sulle opere della sezione 4-4'*

---

## **ALLEGATO 1: REPORT DELLE VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO**

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

## Richiami teorici

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

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

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

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

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

### Metodo di Culmann

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

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  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.

### Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{\text{sat}}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

### 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 parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta \quad \beta' = \beta + \theta$$

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  $k_h$ . In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{sat} k_h}{\gamma_{sat} - \gamma_w 1 \pm k_v}\right)$$

Terreno a permeabilità elevata

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

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

### 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  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza:

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

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

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

### 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  $\eta_s$

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

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

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_r$$

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

$$F_r = (N - Q) \tan \delta_f S_p + c_a L_r$$

con

$$L_r = B_r - L_c$$

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

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

### 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:

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

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a seconda se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale  $\phi > 0$

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

$$q_u = 5.14 c_u \left( 1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c \right) + q$$

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

- N fattori di capacità portante
- s fattori di forma
- d fattori di profondità
- i fattori di inclinazione del carico
- b fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata), con  $\eta$  inclinazione del piano di posa
- g fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio), con  $\beta$  pendenza del pendio

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \varphi$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$		
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 0.4k$		
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k$	$d_\gamma = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = 0.5 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$		
	$\varphi > 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$	$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$ per $\eta = 0$ $i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta^2/450)H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^5$ per $\eta > 0$
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)	$\varphi = 0$	$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$		

	$\varphi > 0$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_q = e^{-2\eta \tan \varphi}$	$b_\gamma = e^{-2.7\eta \tan \varphi}$
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)	$\varphi = 0$	$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_q = (1 - 0.5 \tan \beta)^\circ$	$g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^\circ$

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

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dove i coeff.  $k$  e  $m$  assumono le seguenti espressioni:

$k = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$	$k = \arctan \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} > 1$	$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$
---	--	---

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B$ ,  $L$  e all'eccentricità del carico  $e_B$ ,  $e_L$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_B$ ,  $L' = L - 2e_L$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

Per poter applicare la formula di Vesic devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$H < V \tan \delta + A_f c_a$	$\beta \leq \varphi$	$i_q, i_\gamma > 0$	$\beta + \eta \leq 90^\circ$
-------------------------------	----------------------	---------------------	------------------------------

#### Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo  $R_e$

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con  $e$  eccentricità del carico e  $B$  la dimensione minore della fondazione.

#### Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di  $B$  (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo  $r_\gamma$  del solo termine sul peso di volume ( $0.5 B \gamma N_\gamma$ ) quando  $B$  supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5 B \gamma N_\gamma r_\gamma$$

#### Verifica alla stabilità globale

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

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[ \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

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

## Dati

### Materiali

#### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C28/35	C28/35	B450C	24,5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
B450C	450000	540000

### Geometria profilo terreno a monte del muro

#### Simbologia adottata

(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 [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	20,00	0,00	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

### Geometria muro

#### Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

#### Paramento

Materiale	C28/35	
Altezza paramento	5,00	[m]
Altezza paramento libero	4,90	[m]
Spessore in sommità	0,70	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,70	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

#### Fondazione

Materiale	C28/35	
Lunghezza mensola di valle	1,00	[m]
Lunghezza mensola di monte	4,00	[m]
Lunghezza totale	5,70	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,70	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

#### Sperone

Posizione	Centrale	
Distanza dal tacco della fondazione	4,00	[m]
Altezza	1,20	[m]
Spessore	0,70	[m]

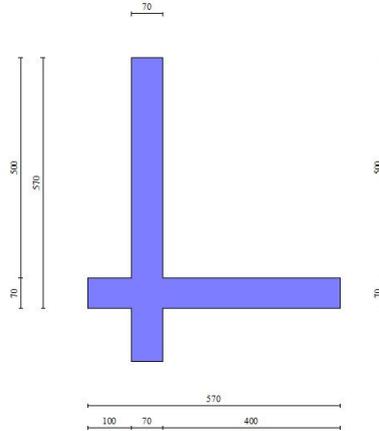


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

#### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	$c_a$ [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	TERRENI ALLUVIONALI	19,0000	19,0000	24.000	16.000	12	6	---	---
2	ARENARIE	23,0000	23,0000	22.000	14.670	100	50	---	---
3	RILEVATO STRADALE	18,0000	18,0000	30.000	20.000	0	0	---	---

## Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	5,70	0.000	RILEVATO STRADALE	---	---	---	---	---
2	3,50	0.000	TERRENI ALLUVIONALI	---	---	---	---	---
3	5,00	0.000	ARENARIE	---	---	---	---	---

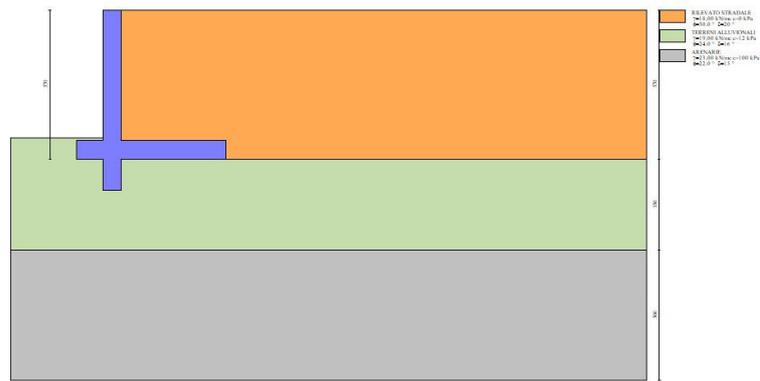


Fig. 2 - Stratigrafia

**Condizioni di carico**

**Simbologia adottata**

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 [kN]
- F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
- M Momento espresso in [kNm]
- 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<sub>i</sub> espressa in [kN]
- Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN]

**Condizione n° 1 (terreno) - PERMANENTE**

*Carichi sul terreno*

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					1,50	19,00	90,0000	90,0000

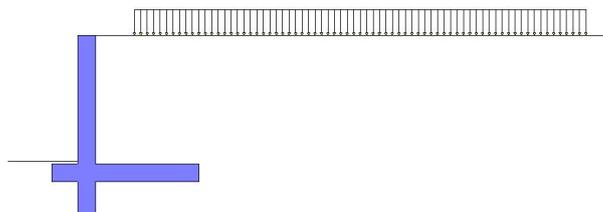


Fig. 3 - Carichi sul terreno

**Condizione n° 2 (carico stradale) - VARIABILE TF**

Coeff. di combinazione  $\Psi_0=1.00 - \Psi_1=1.00 - \Psi_2=1.00$

*Carichi sul terreno*

n°	Tipo	X [m]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M [kNm]	X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN]	Q <sub>f</sub> [kN]
1	Distribuito					1,50	17,40	18,2800	18,2800



Fig. 4 - Carichi sul terreno

## Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00

### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	$\gamma_f$	1.00	1.00	1.00	1.00

### Coeff. parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

## Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico stradale	1.35	1.00	Sfavorevole

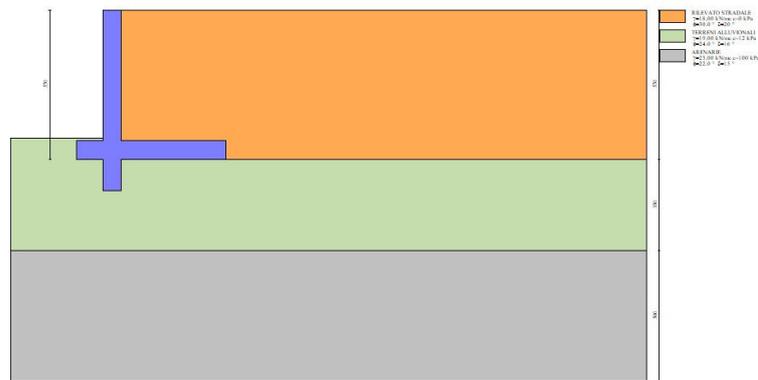


Fig. 5 -

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 6 - (Inviluppo)

#### Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 7 - (Inviluppo)

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.15	1.00	Sfavorevole

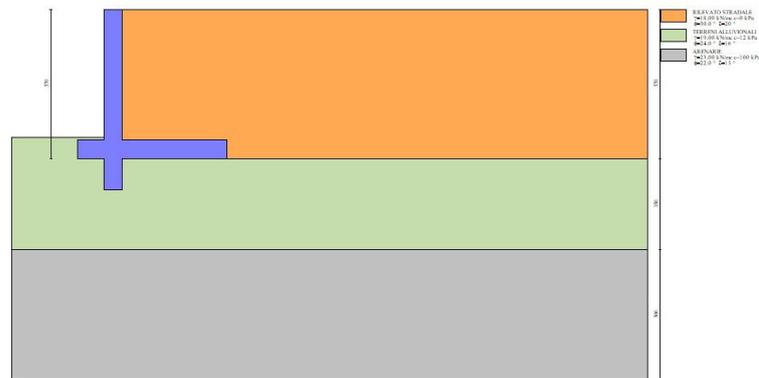


Fig. 8 - (Inviluppo)

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

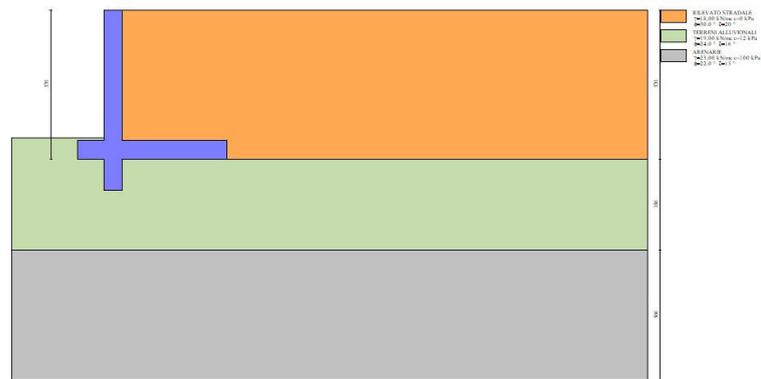


Fig. 9 - (Inviluppo)

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

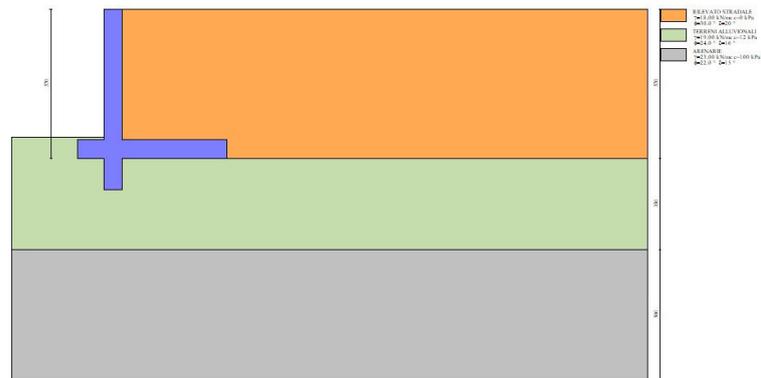


Fig. 10 - (Inviluppo)

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
terreno	1.30	--	Sfavorevole
carico stradale	1.35	1.00	Sfavorevole

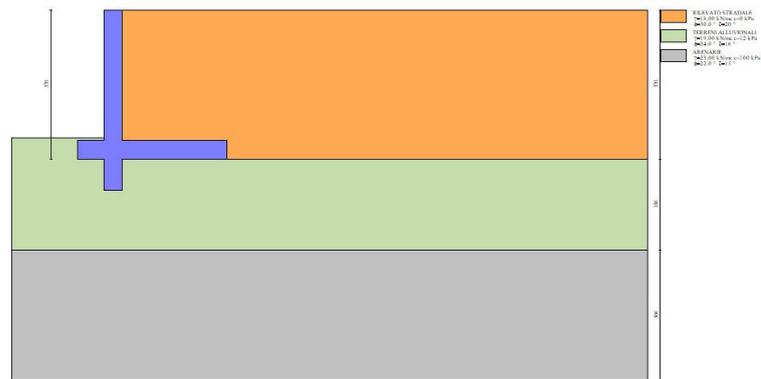


Fig. 11 - (Inviluppo)

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

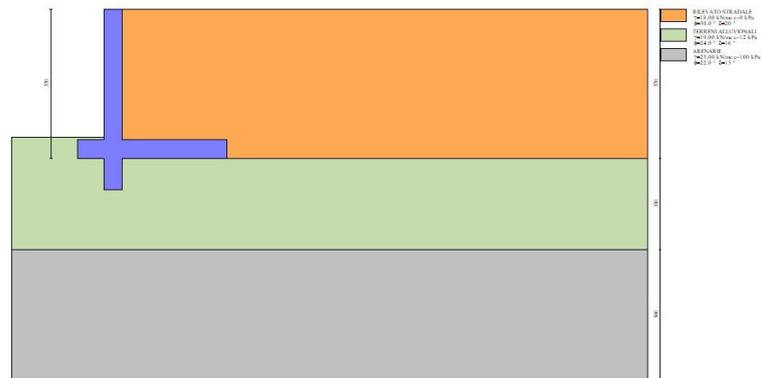


Fig. 12 - (Inviluppo)

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

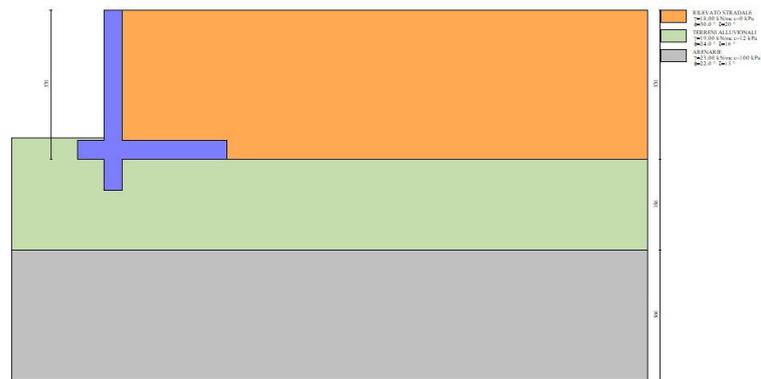


Fig. 13 - (Inviluppo)

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

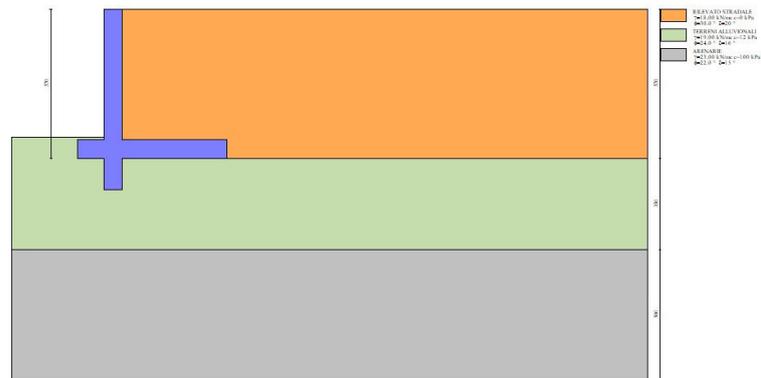


Fig. 14 - (Inviluppo)

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

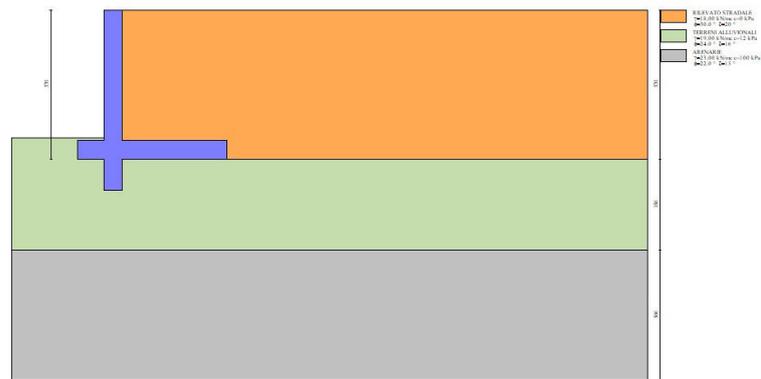


Fig. 15 - (Inviluppo)

Combinazione n° 12 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole



Fig. 16 - (Inviluppo)

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

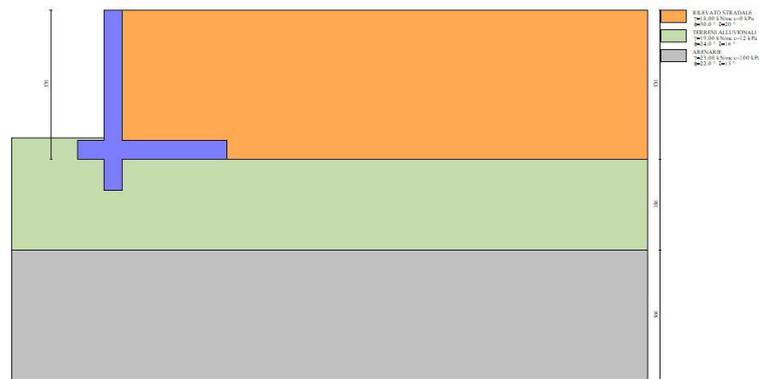


Fig. 17 - (Inviluppo)

## Combinazione n° 14 - SLEQ H - V

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
terreno	1.00	--	Sfavorevole
carico stradale	1.00	1.00	Sfavorevole

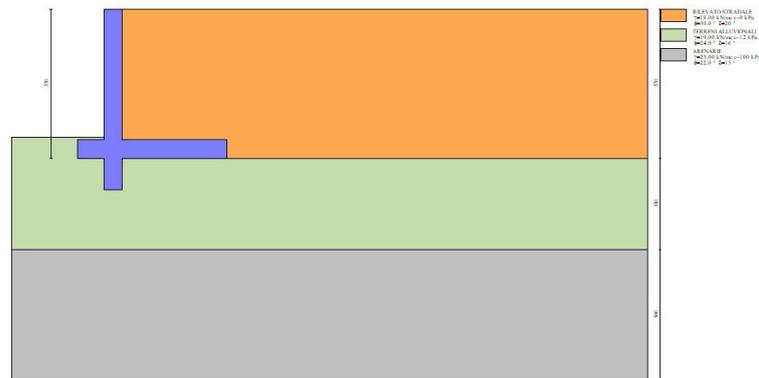


Fig. 18 - (Inviluppo)

## Dati sismici

Comune	Barberino Di Mugello
Provincia	Firenze
Regione	Toscana
Latitudine	44.001045
Longitudine	11.238543
Indice punti di interpolazione	18949 - 18948 - 19170 - 19171
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	75 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_a$	[m/s <sup>2</sup> ]	2.166	0.914
Accelerazione al suolo	$a_d/g$	[%]	0.221	0.093
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.405	2.431
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.287	0.268
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		A	1.000
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	10.068	5.034
Ultimo - Ribaltamento	0.570	15.102	7.551
Esercizio	0.470	5.255	2.628

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

## Opzioni di calcolo

### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO
Superficie di spinta limitata	NO

### Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Hansen
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ( $0.5B\gamma N_r$ )	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato	il fattore di riduzione per comportamento a piastra

### Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

### Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

### Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

### Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

## Risultati

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
C <sub>x</sub> , C <sub>y</sub>	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
P <sub>x</sub> , P <sub>y</sub>	Coordinata X ed Y del punti di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C <sub>x</sub> [kN]	C <sub>y</sub> [kN]	P <sub>x</sub> [m]	P <sub>y</sub> [m]
1	Spinta statica	353,12	20,00	331,83	120,77	4,00	-3,15
	Peso/Inerzia muro			0,00	204,23/0,00	0,37	-4,25
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	714,20/0,00	2,00	-2,50
	Resistenza passiva terreno antistante			-21,99			
	Resistenza passiva sperone			-139,05			

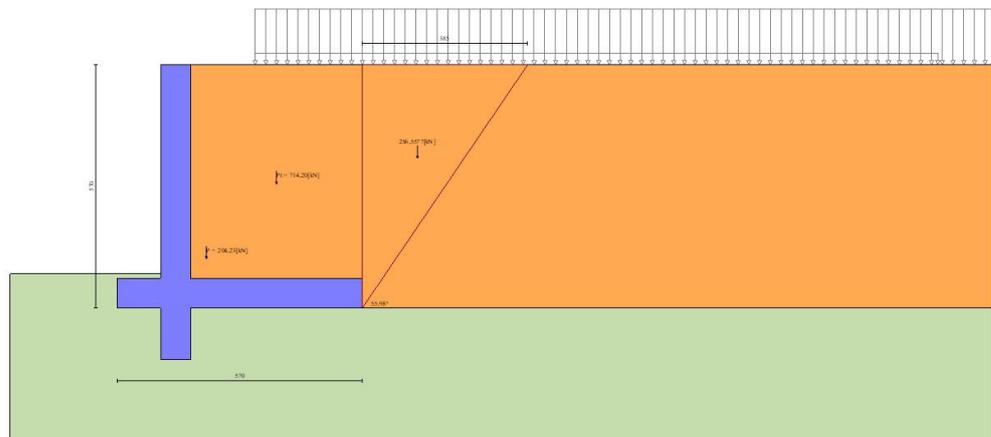


Fig. 19 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

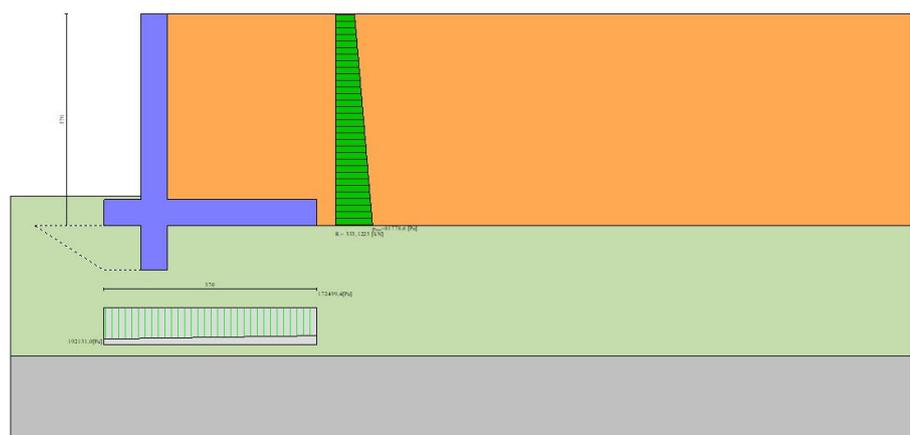


Fig. 20 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

### Verifiche geotecniche

#### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)

FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>SUPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>SUPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		1.304		3.412			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.036		2.591			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.028		2.812			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.126		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.200		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.202		
7 - EQU (A1-M1-R3)			4.443				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.079				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.549				

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	228,51	21,99	145,02	--	--	395,52	384,88	1.028

### Dettagli verifica a scorrimento

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [kN]
φ <sub>RP</sub>	Angolo di rottura passiva, espresso in [°]
Nrpp	Carico residuo sul piano di posa, espresso in [kN]
Lr	Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss	φ <sub>RP</sub>	Nrpp	Lr
	[kN]		[kN]	[m]
3	203,82	33,000	698,56	4,70

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limie e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	995,49	2579,07	2149,22	2.591

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, N <sub>γ</sub>	Fattori di capacità portante
ic, iq, i <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d <sub>γ</sub>	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b <sub>γ</sub>	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s <sub>γ</sub>	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p <sub>γ</sub>	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r <sub>γ</sub>	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>γ</sub> N <sub>γ</sub> viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
2	18.611 9.074 5.254	0.487 0.543 0.416	1.081 1.064 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	0.777	0.886

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
2	1,16	5,70	4,34	20,11	23.45	36

### Verifica a ribaltamento

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	3442,85	1350,52	2.549

### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
 R Raggio, espresso in [m]  
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 3,00	10,04	1.126

### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
 W peso della striscia espresso in [kN]  
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	8,72	70,24	0,00	8,60 - 0,63	67.565	24.791	0	0,0	
2	23,59	70,24	0,00	0,63	59.609	24.791	0	0,0	
3	34,52	70,24	0,00	0,63	53.038	24.791	0	0,0	
4	43,22	70,24	0,00	0,63	47.371	24.791	0	0,0	
5	50,41	70,24	0,00	0,63	42.267	24.791	0	0,0	
6	56,45	70,24	0,00	0,63	37.551	24.791	0	0,0	
7	61,57	70,24	0,00	0,63	33.120	24.791	0	0,0	
8	71,36	70,24	0,00	0,63	28.903	19.605	10	0,0	
9	72,71	70,24	0,00	0,63	24.853	19.605	10	0,0	
10	75,92	70,24	0,00	0,63	20.932	19.605	10	0,0	
11	78,55	70,24	0,00	0,63	17.111	19.605	10	0,0	
12	80,62	15,26	0,00	0,63	13.368	19.605	10	0,0	
13	82,17	0,00	0,00	0,63	9.683	19.605	10	0,0	
14	93,44	0,00	0,00	0,63	6.037	19.605	10	0,0	
15	83,99	0,00	0,00	0,63	2.416	19.605	10	0,0	
16	28,07	0,00	0,00	0,63	-1.195	19.605	10	0,0	
17	25,58	0,00	0,00	0,63	-4.811	19.605	10	0,0	
18	23,90	0,00	0,00	0,63	-8.447	19.605	10	0,0	
19	22,52	0,00	0,00	0,63	-12.117	19.605	10	0,0	
20	20,62	0,00	0,00	0,63	-15.839	19.605	10	0,0	
21	18,19	0,00	0,00	0,63	-19.631	19.605	10	0,0	
22	15,18	0,00	0,00	0,63	-23.515	19.605	10	0,0	
23	11,54	0,00	0,00	0,63	-27.518	19.605	10	0,0	
24	7,32	0,00	0,00	0,63	-31.673	19.605	10	0,0	
25	2,47	0,00	0,00	-7,22 - 0,63	-35.265	19.605	10	0,0	

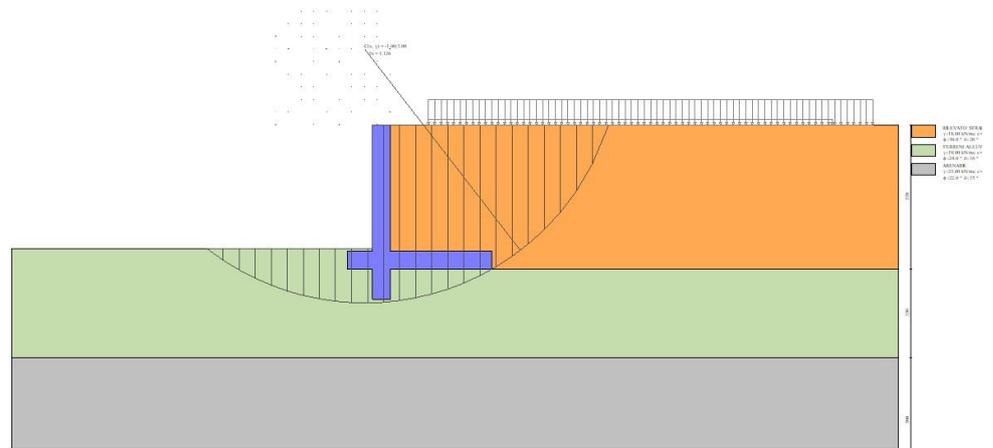


Fig. 21 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Abacus S.r.l.
Licenza	AIU5389N1

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---

**Indice**

Relazione di calcolo	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Normative di riferimento	1
Richiami teorici	2
Calcolo della spinta sul muro	2
Valori caratteristici e valori di calcolo	2
Metodo di Culmann	2
Spinta in presenza di falda	2
Spinta in presenza di sisma	2
Verifica a ribaltamento	3
Verifica a scorrimento	3
Verifica al carico limite	4
Verifica alla stabilità globale	5
Dati	7
Materiali	7
Calcestruzzo armato	7
Acciai	7
Geometria profilo terreno a monte del muro	7
Geometria muro	7
Geometria paramento e fondazione	7
Descrizione terreni	8
Stratigrafia	8
Condizioni di carico	9
Normativa	10
Descrizione combinazioni di carico	10
Dati sismici	17
Opzioni di calcolo	19
Risultati	20
Spinta e forze	20
Verifiche geotecniche	20
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	20
Verifica a scorrimento fondazione	21
Dettagli verifica a scorrimento	21
Verifica a carico limite	21
Dettagli calcolo portanza	21
Verifica a ribaltamento	22
Verifica stabilità globale muro + terreno	22
Dettagli strisce verifiche stabilità	22
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	24

## **ALLEGATO 2: REPORT DELLE VERIFICHE DELLA TERRA RINFORZATA**

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

## Richiami teorici

### Calcolo della spinta sulla parete

#### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite le NTC 2018 è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

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

#### 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.

#### 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 parte 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  $k_h$ .

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

Terreno a bassa permeabilità:

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

Terreno a permeabilità elevata:

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

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifiche

### *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  $\eta_r$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$M_s / M_r \geq \eta_r$$

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

### *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  $\eta_s$

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

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  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

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

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

### *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:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ( $\phi=0$ ) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo  $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui:

$d_c, d_q, d_\gamma$  sono i fattori di profondità;

$s_c, s_q, s_\gamma$  sono i fattori di forma;

$i_c, i_q, i_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico;

$b_c, b_q, b_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del piano di posa;

$g_c, g_q, g_\gamma$  sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori  $N_c, N_q, N_\gamma$  sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

#### Fattori di forma

$$s_c = 0.2 B/L \quad \text{per } \phi=0$$

$$s_c = 1 + (N_q/N_c) (B/L) \quad \text{per } \phi>0$$

$$s_q = 1 + (B/L) \tan \phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 B/L$$

#### Fattori di profondità

Si definisce il parametro  $k$  come:

$$k = D/B \quad \text{se } D/B \leq 1$$

$$k = \arctg (D/B) \quad \text{se } D/B > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come:

$$d_c = 0.4k \quad \text{per } \phi=0$$

$$d_c = 1 + 0.4k \quad \text{per } \phi>0$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$$

$$d_\gamma = 1$$

#### Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con  $V$  e  $H$  le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con  $A_f$  l'area efficace della fondazione ottenuta come  $A_f = B' \times L'$  ( $B'$  e  $L'$  sono legate alle dimensioni effettive della fondazione  $B, L$  e all'eccentricità del carico  $e_b, e_l$  dalle relazioni  $B' = B - 2e_b, L' = L - 2e_l$ ) e con  $\eta$  l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ( $\eta=0$  per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

$$i_c = 0.5 [ 1 - ( 1 - H / (A_f c_a) )^{0.5} ] \quad \text{per } \phi = 0$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_q = [ 1 - (0.5 H) / (V + A_f c_a \tan \phi) ]^5$$

$$i_\gamma = [ 1 - (0.7 H) / (V + A_f c_a \tan \phi) ]^5 \quad \text{per } \eta = 0$$

$$i_y = [ 1 - [(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H] / (V + A_r c_a \text{ctg} \phi) ]^5 \quad \text{per } \eta > 0$$

#### Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$b_c = \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$b_c = 1 - \eta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$b_q = e^{-2\eta \text{tg} \phi}$$

$$b_y = e^{-2.7\eta \text{tg} \phi}$$

#### Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con  $\beta$  la pendenza del pendio i fattori  $g$  si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$g_c = \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi = 0$$

$$g_c = 1 - \beta^\circ / 147^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$g_q = g_y = (1 - 0.05 \text{tg} \beta)^5$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \text{tg} \delta + A_r c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_y > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

#### Verifica alla stabilità globale

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

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

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

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

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

dove il termine  $m$  è espresso da

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

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

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

#### Verifiche interne

Le verifiche interne riguardano la determinazione del non superamento delle resistenze date dai rinforzi per i meccanismi di:

- scorrimento diretto;
- sfilamento;
- resistenza a trazione.

Con S verrà indicata la spinta agente alla quota del rinforzo considerato.

La verifica a scorrimento diretto consiste nell'assicurare una lunghezza del rinforzo tale da scongiurare lo scivolamento del blocco di terra armata al di sopra del rinforzo stesso. La resistenza allo scorrimento lungo un elemento di rinforzo è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{\text{scor}} = \sigma'_v f_{ds} \tan \phi'$$

con  $f_{ds}$  coeff. di resistenza allo scorrimento.

In termini di forza si ha:

$$T_{\text{scor}} = L_{\text{scor}} \times B \times \tau_{\text{scor}}$$

$L_{\text{scor}}$ : Lunghezza del rinforzo;

B: Larghezza del rinforzo (pari ad 1 metro).

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{scor}}/S \geq FS_{\text{scor}}$$

La verifica a sfilamento consiste nell'assicurare una lunghezza del rinforzo tale da scongiurare lo sfilamento del rinforzo dalla terra armata. La resistenza allo sfilamento lungo un elemento di rinforzo è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{\text{sfil}} = \sigma'_v \times f_{po} \times \tan \phi'$$

con  $f_{po}$  coeff. di resistenza allo sfilamento.

In termini di forza si ha:

$$T_{\text{sfil}} = L_{\text{sfil}} \times B \times 2 \tau_{\text{sfil}}$$

$L_{\text{sfil}}$ : Lunghezza del rinforzo;

B: Larghezza del rinforzo (pari ad 1 metro).

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{sfil}}/S \geq FS_{\text{sfil}}$$

La verifica a trazione consiste nell'assicurare che la tensione nel rinforzo non superi quella ammissibile. La verifica è soddisfatta se:

$$P / T \geq FS_{\text{traz}}$$

con P resistenza ammissibile impiegata per il dimensionamento:

$$P = LTDS / (FS_{\text{giunzione}} \times FS_{\text{chimico}} \times FS_{\text{biologico}} \times FS_{\text{danni ambientali}})$$

LTDS: resistenza di progetto a lungo termine;

T: sforzo agente nel rinforzo.

La *verifica del risvolto* consiste nel prevenire spancamenti della facciata. La resistenza allo scorrimento del risvolto è data dalla seguente espressione:

$$\tau_{\text{scor,risv}} = \sigma'_v f_{ds} \tan \phi'$$

con  $f_{ds}$  coeff. di resistenza allo scorrimento.

In termini di forza si ha:

$$T_{\text{scor,risv}} = L_{\text{risv}} \times B \times \tau_{\text{scor,risv}}$$

$L_{\text{risv}}$ : Lunghezza del rinforzo;

B: Larghezza del rinforzo (pari ad 1 metro).

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{scor,risv}}/S \geq FS_{\text{scor}}$$

*Verifiche composte*

Le verifiche composte riguardano la ricerca dei cinematicismi di rottura che riguardano l'insieme terreno rinforzi. Il programma analizza delle famiglie di superfici circolari.

Il calcolo del fattore di sicurezza della superficie circolare è effettuato con il metodo delle strisce tenendo conto del contributo di resistenza dei rinforzi contenuti.

**Dati**Normativa

Spinte e verifiche secondo: N.T.C. 2018

## Simbologia adottata

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

**Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.30	1.00
Permanenti NS	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.80	0.80	0.80
Permanenti NS	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.50	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.50	1.30
Variabili TF	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili TF	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.35	1.35	1.15

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		1.00	1.00

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		1.00	1.00

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

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

**Verifiche interne - Coefficienti di sicurezza richiesti**

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento dei rinforzi	1.50
Coefficiente di sicurezza allo sfilamento del rinforzo	3.00
Coefficiente di sicurezza alla trazione del rinforzo	1.30
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento del risvolto	1.30

**Verifiche compound - Coefficienti di sicurezza richiesti**

Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale	1.30
Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale sismica	1.30

## Descrizione terreni

### Caratteristiche fisico meccaniche

#### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito interno del terreno espresso in [°]
$\delta$	Angolo di attrito palo-terreno espresso in [°]
c	Coesione del terreno espressa in [kPa]
ca	Adesione del terreno espressa in [kPa]

Descrizione	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]
RILEVATO	18,0000	18,0000	30.000	20.000	0,0	0,0
Terreno 2	18,6329	19,6136	28.000	26.000	6,4	1,0
TERRE RINFORZATE	18,5000	18,5000	35.000	23.333	0,0	0,0

### Caratteristiche di deformabilità

#### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
E	Modulo elastico ,espresso in [kPa]
v	Coefficiente di Poisson
G	Modulo tangenziale, espresso in [kPa]
Vs	Velocità onde di taglio, espressa in [m/s]

Descrizione	E [kPa]	v	G [kPa]	Vs [m/s]
RILEVATO	0	0.000	0	0.00
Terreno 2	0	0.000	0	0.00
TERRE RINFORZATE	15691	0.000	7845	62.64

## Stratigrafia terreno spingente

#### Simbologia adottata

n°	Identificativo strato
Sp	Spessore dello strato, espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione dello strato, espresso in [°]
Terreno	Terreno dello strato

n°	Sp [m]	$\alpha$ [°]	Terreno
1	10,00	0.000	RILEVATO
2	5,00	0.000	Terreno 2

## Profilo terreno

### Profilo terreno a monte

#### Simbologia adottata

n°	Indice punto
X	Ascissa punto, espresso in [m]
Y	Ordinata punto, espresso in [m]

n°	X [m]	Y [m]									
1	0,10	0,00	2	8,00	0,00	3	12,00	0,00	4	--	--

### Profilo terreno a valle

Quota terreno rispetto al piano di posa	[m]	0,00
Inclinazione terreno a valle	[°]	0.000

## Caratteristiche rinforzi

**Simbologia adottata**

Rinforzo	Identificativo del rinforzo
LTDS	Resistenza di progetto di lungo termine, espresso in [kN/m]
FS <sub>DG</sub>	Fattore di sicurezza per danni di giunzione
FS <sub>DC</sub>	Fattore di sicurezza per danni chimici
FS <sub>DB</sub>	Fattore di sicurezza per danni biologici
FS <sub>DA</sub>	Fattore di sicurezza per danni ambientali
LTDS <sub>A</sub>	Resistenza di progetto di lungo termine ammissibile, espresso in [kN/m]

Rinforzo	LTDS [kN/m]	FS <sub>DG</sub>	FS <sub>DC</sub>	FS <sub>DB</sub>	FS <sub>DA</sub>	LTDS <sub>A</sub> [kN/m]
rinforzo 40	39,2272	1.00	1.00	1.00	1.30	30,1748

**Geometria terra armata****Simbologia adottata**

Il sistema di riferimento è il punto in alto a destra della terra armata	
n°	Indice punto
X	Ascissa, espresso in [m]
Y	Ordinata, espresso in [m]

**Materiale di riempimento della terra armata: TERRE RINFORZATE**

n°	X [m]	Y [m]									
1	0,00	0,00	2	-6,00	0,00	3	-7,00	-5,00	4	-1,00	-5,00

**Descrizione rinforzi della Terra armata****Simbologia adottata**

n°	Indice rinforzo
Y	Quota del rinforzo
Rinforzo	Identificativo del rinforzo
L	Lunghezza del rinforzo, espresso in [m]
Lrv	Lunghezza tratto di risvolto verticale (facciata del risvolto), espresso in [m]
Lro	Lunghezza tratto di risvolto orizzontale (interno del risvolto), espresso in [m]
Fds	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a scorrimento diretto
Fpo	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a sfilamento del rinforzo dal terreno

n°	Y [m]	Rinforzo	L [m]	Lrv [m]	Lro [m]	Fds	Fpo
1	-0,40	rinforzo 40	6,00	0,35	4,00	0,90	0,90
2	-0,80	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
3	-1,20	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
4	-1,60	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
5	-2,00	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
6	-2,40	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
7	-2,80	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
8	-3,20	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
9	-3,60	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
10	-4,00	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
11	-4,40	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90
12	-4,80	rinforzo 40	6,00	0,40	2,00	0,90	0,90

**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 [kN]
F <sub>y</sub>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
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 <sub>i</sub> espressa in [kN/m]
Q <sub>f</sub>	Intensità del carico per x=X <sub>f</sub> espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato
Ψ <sub>0</sub> , Ψ <sub>1</sub> , Ψ <sub>2</sub>	Coefficienti di combinazione

**Condizione n° 1 - CARICO STRADALE \* VARIABILE TF - (CARICO STRADALE)****Carichi distribuiti**

X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN/m]	Q <sub>f</sub> [kN/m]
-4,00	8,30	20,0000	20,0000

**Condizione n° 2 - TERRENO DI RICOPRIMENTO \* PERMANENTE NS - (TERRENO DI RICOPRIMENTO)****Carichi distribuiti**

X <sub>i</sub> [m]	X <sub>f</sub> [m]	Q <sub>i</sub> [kN/m]	Q <sub>f</sub> [kN/m]
-6,00	8,80	18,0000	18,0000

Condizione n° 3 - Condizione 3 \* **VARIABILE** - (Condizione 3)

Condizione n° 4 - Condizione 4 \* **PERMANENTE** - (Condizione 4)

### Coeff. di combinazione

Ic	Descrizione	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
1	CARICO STRADALE	0.00	0.00	0.00
3	Condizione 3	0.00	0.00	0.00

### Dati parametri sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine 44.001045

Longitudine 11.238543

Comune Barberino Di Mugello

Provincia Firenze

Regione Toscana

Punti di interpolazione del reticolo 18949 - 18948 - 19170 - 19171

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria

Vita nominale 50 anni

Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose

Vita di riferimento	75 anni	Descrizione	Simbolo	Tipo	SLU	SLE	U.M.
Accelerazione al suolo			$a_g$		2.17	0.91	[m/s <sup>2</sup> ]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale			$F_0$		2.40	2.40	
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante			$T_c^*$		0.29	0.27	[s]
Tipo di sottosuolo e Coefficiente stratigrafico			$S_s$	A	1.00	1.00	
Categoria topografica e Coefficiente amplificazione topografica			$S_T$	T2	1.20	1.20	
Coefficiente di riduzione			$\beta_m$		0.38	0.47	

Intensità sismica Verticale/Orizzontale 0.50

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma diagramma statico**

### Opzioni di calcolo

Le verifiche di capacità portante sono state eseguite con il metodo di HANSEN.

Le verifiche di stabilità globale e di compound sono state eseguite con il metodo di BISHOP.

Per le verifiche interne sono stati analizzati i meccanismi:

- rottura planare
- rottura doppio cuneo
- rottura superficie curvilinea (Circolare)

### Descrizione combinazioni di carico

#### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione

$\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.30	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.30	1.00	Sfavorevole
CARICO STRADALE	1.35	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - SLU (Approccio 2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.30	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.50	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.30	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.50	1.00	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.30	1.00	Sfavorevole
CARICO STRADALE	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.30	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - EQU - Sisma Vert. positivo

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - EQU - Sisma Vert. negativo

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STAB

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole
CARICO STRADALE	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - STAB

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 3	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - STAB - Sisma Vert. positivo

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - STAB - Sisma Vert. negativo

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLE (Rara)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole
CARICO STRADALE	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLE (Quasi Permanente)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLE (Frequente)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
TERRENO DI RICOPRIMENTO	1.00	1.00	Sfavorevole
Condizione 4	1.00	1.00	Sfavorevole

## Risultati

### Sintesi - Fattori di sicurezza

#### Verifiche esterne

##### Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
FS <sub>Rib</sub>	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS <sub>Scor</sub>	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS <sub>Qlim</sub>	Fattore di sicurezza a carico limite
FS <sub>Stab</sub>	Fattore di sicurezza a stabilità globale

IC	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Qlim</sub>	FS <sub>Rib</sub>	FS <sub>Stab</sub>
1	2.872	2.419	--	--
2	3.512	3.130	--	--
3	1.777	2.947	--	--
4	1.711	3.105	--	--
5	--	--	13.492	--
6	--	--	16.301	--
7	--	--	5.988	--
8	--	--	4.505	--
9	--	--	--	10000000000.000
10	--	--	--	10000000000.000
11	--	--	--	10000000000.000
12	--	--	--	10000000000.000
13	2.934	3.273	--	--
14	3.607	4.227	--	--
15	3.607	4.227	--	--

#### Verifiche interne

##### Simbologia adottata

n°	Indice rinforzo
FS <sub>Scor</sub>	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS <sub>Sfil</sub>	Fattore di sicurezza a sfilamento
FS <sub>Traz</sub>	Fattore di sicurezza a trazione
FS <sub>ScorR</sub>	Fattore di sicurezza a scorrimento del risvolto

#### Combinazione n° 1

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
1	2.617	5.234	4.884	1.047
2	5.448	10.896	4.884	3.818
3	8.550	17.100	4.394	6.089
4	11.896	23.791	4.394	7.553
5	15.594	31.187	4.394	8.543
6	19.734	39.467	4.394	9.223
7	24.401	48.802	4.394	9.668
8	29.450	58.901	4.148	9.966
9	35.131	70.262	3.862	10.154
10	32.924	65.847	3.031	8.746
11	33.799	67.598	2.782	8.699
12	22.782	45.563	1.714	5.737

#### Combinazione n° 2

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
1	3.084	6.167	5.080	1.047
2	6.318	12.636	4.555	3.818
3	9.745	19.490	4.555	6.089
4	13.439	26.879	4.555	7.553
5	17.456	34.913	4.555	8.543
6	21.759	43.519	4.330	9.223
7	26.413	52.826	4.330	9.668
8	31.507	63.014	4.226	9.966
9	36.983	73.966	3.862	10.154
10	38.951	77.901	3.526	10.258
11	40.120	80.241	3.294	10.298
12	26.738	53.477	2.011	6.732

#### Combinazione n° 3

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
1	2.665	5.329	5.110	1.093
2	4.689	9.378	7.093	3.511

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
3	7.629	15.257	7.093	5.251
4	11.079	22.158	7.093	6.243
5	14.696	29.392	5.856	6.851
6	18.622	37.243	5.310	7.231
7	23.026	46.052	4.674	7.449
8	25.466	50.931	4.174	7.571
9	27.122	54.245	3.771	7.627
10	28.583	57.167	3.438	7.632
11	29.488	58.977	3.160	7.600
12	19.561	39.122	1.913	4.926

Combinazione n° 4

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
1	2.514	5.028	4.820	1.112
2	4.542	9.084	6.871	3.662
3	7.389	14.778	6.871	5.546
4	10.579	21.159	5.586	6.644
5	13.947	27.895	5.109	7.330
6	17.650	35.301	5.109	7.768
7	21.821	43.641	4.820	8.026
8	26.323	52.647	4.508	8.177
9	29.248	58.497	4.080	8.252
10	30.917	61.835	3.726	8.271
11	31.979	63.958	3.429	8.248
12	21.256	42.512	2.079	5.353

Combinazione n° 13

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
1	2.932	5.864	5.622	1.176
2	5.661	11.323	6.598	4.163
3	8.891	17.783	6.598	6.535
4	12.392	24.785	5.951	8.017
5	16.244	32.489	5.951	8.995
6	20.557	41.115	5.951	9.652
7	25.420	50.839	5.951	10.069
8	30.702	61.404	5.622	10.338
9	36.624	73.248	5.191	10.500
10	33.932	67.864	4.061	9.014
11	34.842	69.683	3.729	8.968
12	23.430	46.860	2.291	5.900

Combinazione n° 14

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
1	3.221	6.442	6.176	1.176
2	6.589	13.178	6.176	4.163
3	10.163	20.327	6.176	6.535
4	14.016	28.032	6.176	8.017
5	18.205	36.411	6.176	8.995
6	22.633	45.266	5.855	9.652
7	27.474	54.947	5.855	10.069
8	32.671	65.341	5.699	10.338
9	38.217	76.434	5.191	10.500
10	40.168	80.336	4.766	10.579
11	41.279	82.559	4.405	10.595
12	27.444	54.888	2.683	6.909

Combinazione n° 15

n°	FS <sub>Scor</sub>	FS <sub>Sfil</sub>	FS <sub>Traz</sub>	FS <sub>ScorR</sub>
1	3.221	6.442	6.176	1.176
2	6.589	13.178	6.176	4.163
3	10.163	20.327	6.176	6.535
4	14.016	28.032	6.176	8.017
5	18.205	36.411	6.176	8.995
6	22.633	45.266	5.855	9.652
7	27.474	54.947	5.855	10.069
8	32.671	65.341	5.699	10.338
9	38.217	76.434	5.191	10.500
10	40.168	80.336	4.766	10.579
11	41.279	82.559	4.405	10.595
12	27.444	54.888	2.683	6.909

*Verifiche composte*

## Simbologia adottata

IC                                   Indice della combinazione  
 FS<sub>Comp</sub>                           Coefficiente di sicurezza a stabilità locale (compound)

IC	FS <sub>Comp</sub>
1	1.838
2	1.936
3	2.170
4	2.107
13	2.129

IC	FS <sub>Comp</sub>
14	2.280
15	2.280

## Verifiche esterne

### Risultati spinta

#### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
S	Spinta statica, incremento sismico della spinta e spinta falda, espresse in [kN]
So	Componente orizzontale della spinta statica, espresse in [kN]
Sv	Componente verticale della spinta statica, dell'incremento sismico o la sottospinta della falda, espresse in [kN]
P	Punto di applicazione della spinta, dell'incremento sismico e della spinta della falda, espresse in [kN]
Is	Inclinazione della spinta rispetto all'orizzontale, espressa in [°]

n°	Descrizione	S [kN]	So [kN]	Sv [kN]	P [m]	Is [°]
1	Spinta statica	140,17	131,72	47,94	0,00; -2,87	20,00
2	Spinta statica	101,25	95,14	34,63	0,00; -3,01	20,00
3	Spinta statica	73,91	69,45	25,28	0,00; -3,04	20,00
	Incremento sismico	24,60	23,12	8,41	0,00; -1,70	
4	Spinta statica	73,91	69,45	25,28	0,00; -3,04	20,00
	Incremento sismico	17,45	16,39	5,97	0,00; -1,70	
13	Spinta statica	102,71	96,52	35,13	0,00; -2,89	20,00
14	Spinta statica	73,91	69,45	25,28	0,00; -3,04	20,00
15	Spinta statica	73,91	69,45	25,28	0,00; -3,04	20,00

### Risultanti al piano di posa

#### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
Rp	Risultante al piano di posa, espressa in [kN]
β	Inclinazione della risultante rispetto al piano di posa, espresse in [°]
Rn	Risultante normale al piano di posa, espressa in [kN]
Rt	Risultante tangente al piano di posa, espressa in [kN]
Rx	Risultante in direzione X, espressa in [kN]
Ry	Risultante in direzione Y, espressa in [kN]
e	Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione, espressa in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

n°	Rp [kN]	β [°]	Rn [kN]	Rt [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]	e [m]	Mr [kNm]	Ms [kNm]
1	1047,75	7.22	1039,44	131,72	131,72	1039,44	-0,625		
2	923,05	5.92	918,13	95,14	95,14	918,13	-0,514		
3	739,68	11.58	724,63	148,45	148,45	724,63	-0,251		
4	681,21	12.01	666,31	141,72	141,72	666,31	-0,250		
5	790,73	8.00	783,04	110,02	110,02	783,04	-0,612	226,42	3054,80
6	698,17	6.83	693,21	83,01	83,01	693,21	-0,502	158,64	2586,00
7	767,32	14.32	743,48	189,79	189,79	743,48	-0,127	466,15	2791,17
8	680,55	15.37	656,22	180,33	180,33	656,22	-0,107	581,63	2620,40
13	784,09	7.07	778,13	96,52	96,52	778,13	-0,619		
14	691,77	5.76	688,28	69,45	69,45	688,28	-0,509		
15	691,77	5.76	688,28	69,45	69,45	688,28	-0,509		

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione
Rn	Risultante normale al piano di posa, espressa in [kN]
Qu	Carico ultimo della fondazione, espressa in [kN]
Pv	Pressione terreno allo spigolo di valle, espressa in [kPa]
Pm	Pressione terreno allo spigolo di monte, espressa in [kPa]
Lr	Lunghezza fondazione reagente, espressa in [m]
Nc, Nq, N <sub>g</sub>	Coeff. di capacità portante
N'c, N'q, N' <sub>g</sub>	Coeff. di capacità portante corretti dai coeff. di forma, profondità, inclinazione del piano di posa e inclinazione del piano campagna a valle

n°	N [kN]	Qu [kN]	Pv [kPa]	Pm [kPa]	Lr [m]	Nc	Nq	N <sub>g</sub>	N'c	N'q	N' <sub>g</sub>
1	1039,44	2514,77	65,0	281,5	6,00	30.14	18.40	15.07	21.24	13.27	9.47
2	918,13	2873,88	74,3	231,7	6,00	30.14	18.40	15.07	22.70	14.10	10.34
3	724,63	2135,69	90,4	151,1	6,00	30.14	18.40	15.07	16.84	10.72	6.95
4	666,31	2069,12	83,3	138,8	6,00	30.14	18.40	15.07	16.43	10.49	6.73
13	778,13	2546,71	49,4	210,0	6,00	30.14	18.40	15.07	21.41	13.36	9.57
14	688,28	2909,34	56,3	173,1	6,00	30.14	18.40	15.07	22.87	14.20	10.45
15	688,28	2909,34	56,3	173,1	6,00	30.14	18.40	15.07	22.87	14.20	10.45

### Verifiche interne

**Risultati rinforzi****Simbologia adottata**

Ir                   Indice rinforzo  
 Sft                  Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kN/m]  
 Sfdc                Sforzo nel rinforzo per meccanismo doppio cuneo, espressa in [kN/m]  
 Sfr                  Sforzo nel rinforzo per meccanismo rotazionale, espressa in [kN/m] (sforzo che ha determinato il fattore di sicurezza minore a scorrimento)  
 Gli sforzi nei rinforzi possono essere nulli. In tal caso la stabilità della superficie analizzata è garantita a meno del contributo dei rinforzi.

**Combinazione n° 1**

<b>Ir</b>	<b>Sft</b> [kN/m]	<b>Sfdc</b> [kN/m]	<b>Sfr</b> [kN/m]
1	2,8941	0,0000	6,1785
2	3,0967	0,0000	6,1785
3	3,7707	0,0000	6,8674
4	4,4447	0,0000	6,8674
5	5,1185	0,0000	6,8674
6	5,7924	0,0000	6,8674
7	6,4662	0,0000	6,8674
8	7,1401	0,0000	7,2738
9	7,8139	0,0000	7,2738
10	9,9556	0,0000	8,5580
11	10,8454	0,0000	7,3824
12	17,6084	0,0000	7,3824

**Combinazione n° 2**

<b>Ir</b>	<b>Sft</b> [kN/m]	<b>Sfdc</b> [kN/m]	<b>Sfr</b> [kN/m]
1	2,8941	0,0000	5,9396
2	3,0967	0,0000	6,6240
3	3,7707	0,0000	6,6240
4	4,4447	0,0000	6,6240
5	5,1185	0,0000	6,6240
6	5,7924	0,0000	6,9693
7	6,4662	0,0000	6,9693
8	7,1401	0,0000	7,0114
9	7,8139	0,0000	7,1836
10	8,4878	0,0000	8,5580
11	9,1617	0,0000	7,1836
12	15,0060	0,0000	7,2358

**Combinazione n° 3**

<b>Ir</b>	<b>Sft</b> [kN/m]	<b>Sfdc</b> [kN/m]	<b>Sfr</b> [kN/m]
1	2,1331	0,0000	5,9052
2	2,5900	0,0000	4,2539
3	3,3634	0,0000	4,2539
4	4,1366	0,0000	4,2539
5	4,9098	0,0000	5,1526
6	5,6830	0,0000	5,5980
7	6,4562	0,0000	5,5980
8	7,2294	0,0000	5,9052
9	8,0026	0,0000	5,9052
10	8,7758	0,0000	6,0137
11	9,5490	0,0000	6,0665
12	15,7732	0,0000	6,0665

**Combinazione n° 4**

<b>Ir</b>	<b>Sft</b> [kN/m]	<b>Sfdc</b> [kN/m]	<b>Sfr</b> [kN/m]
1	2,0974	0,0000	6,2600
2	2,4830	0,0000	4,3917
3	3,1849	0,0000	4,3917
4	3,8868	0,0000	5,4020
5	4,5886	0,0000	5,9061
6	5,2904	0,0000	5,9061
7	5,9922	0,0000	6,2600
8	6,6940	0,0000	6,2600
9	7,3958	0,0000	6,3972
10	8,0976	0,0000	6,3972
11	8,7994	0,0000	6,4554
12	14,5151	0,0000	6,4554

**Combinazione n° 13**

<b>Ir</b>	<b>Sft</b> [kN/m]	<b>Sfdc</b> [kN/m]	<b>Sfr</b> [kN/m]
1	1,9821	0,0000	5,3671
2	2,1842	0,0000	4,5734
3	2,7027	0,0000	4,5734
4	3,2211	0,0000	5,0709
5	3,7395	0,0000	5,0709
6	4,2578	0,0000	5,0709
7	4,7762	0,0000	5,0709
8	5,2945	0,0000	5,3671

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
9	5,8128	0,0000	5,3671
10	7,4306	0,0000	5,3671
11	8,0929	0,0000	5,4596
12	13,1700	0,0000	5,4596

**Combinazione n° 14**

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	1,9821	0,0000	4,8857
2	2,1842	0,0000	4,8857
3	2,7027	0,0000	4,8857
4	3,2211	0,0000	4,8857
5	3,7395	0,0000	4,8857
6	4,2578	0,0000	5,1541
7	4,7762	0,0000	5,1541
8	5,2945	0,0000	5,2013
9	5,8128	0,0000	5,3474
10	6,3313	0,0000	5,3474
11	6,8496	0,0000	5,3474
12	11,2463	0,0000	5,3843

**Combinazione n° 15**

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	1,9821	0,0000	4,8857
2	2,1842	0,0000	4,8857
3	2,7027	0,0000	4,8857
4	3,2211	0,0000	4,8857
5	3,7395	0,0000	4,8857
6	4,2578	0,0000	5,1541
7	4,7762	0,0000	5,1541
8	5,2945	0,0000	5,2013
9	5,8128	0,0000	5,3474
10	6,3313	0,0000	5,3474
11	6,8496	0,0000	5,3474
12	11,2463	0,0000	5,3843

**Meccanismi di rottura****Simbologia adottata**

n°	Indice del rinforzo
Sf	Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kN/m]
Rsc	Resistenza allo scorrimento, espressa in [kN/m]
FSco	Fattore di sicurezza allo scorrimento
Rsf	Resistenza allo sfilamento, espressa in [kN/m]
FSfi	Fattore di sicurezza allo sfilamento
Rtra	Resistenza a trazione, espressa in [kN/m]
FStr	Fattore di sicurezza a trazione
Lj, Lf	Lunghezza libera e di fondazione, espresse in [m]

**Meccanismo rottura planare****Combinazione n° 1**

Ir	Sf [kN/m]	Rsc [kN/m]	FSco	Rsf [kN/m]	FSfi	Rtra [kN/m]	FStr	Lj [m]	Lf [m]
1	2,8941	20,8438	7.202	41,6877	14.404	30,1748	4.884	2,56	3,44
2	3,0967	44,3886	14.334	88,7772	28.668	30,1748	4.884	2,34	3,66
3	3,7707	70,6344	18.732	141,2688	37.465	30,1748	4.394	2,12	3,88
4	4,4447	99,5811	22.405	199,1622	44.809	30,1748	4.394	1,89	4,11
5	5,1185	131,2288	25.638	262,4576	51.276	30,1748	4.394	1,67	4,33
6	5,7924	165,5774	28.585	331,1549	57.171	30,1748	4.394	1,45	4,55
7	6,4662	202,6271	31.336	405,2541	62.672	30,1748	4.394	1,23	4,77
8	7,1401	242,3777	33.946	484,7553	67.892	30,1748	4.148	1,00	5,00
9	7,8139	284,8292	36.451	569,6584	72.903	30,1748	3.862	0,78	5,22
10	9,9556	327,7747	32.924	655,5494	65.847	30,1748	3.031	0,56	5,44
11	10,8454	366,5619	33.799	733,1239	67.598	30,1748	2.782	0,33	5,67
12	17,6084	401,1487	22.782	802,2973	45.563	30,1748	1.714	0,11	5,89

**Combinazione n° 2**

Ir	Sf [kN/m]	Rsc [kN/m]	FSco	Rsf [kN/m]	FSfi	Rtra [kN/m]	FStr	Lj [m]	Lf [m]
1	2,8941	22,8322	7.889	45,6643	15.779	30,1748	5.080	2,23	3,77
2	3,0967	48,0195	15.507	96,0390	31.013	30,1748	4.555	2,04	3,96
3	3,7707	75,5620	20.039	151,1240	40.078	30,1748	4.555	1,85	4,15
4	4,4447	105,4596	23.727	210,9193	47.455	30,1748	4.555	1,65	4,35
5	5,1185	137,7125	26.905	275,4250	53.810	30,1748	4.555	1,46	4,54
6	5,7924	172,3205	29.749	344,6410	59.499	30,1748	4.330	1,26	4,74
7	6,4662	209,2837	32.366	418,5673	64.731	30,1748	4.330	1,07	4,93
8	7,1401	248,6020	34.818	497,2040	69.636	30,1748	4.226	0,87	5,13
9	7,8139	290,2035	37.139	580,4071	74.279	30,1748	3.862	0,68	5,32
10	8,4878	330,6073	38.951	661,2146	77.901	30,1748	3.526	0,49	5,51

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
11	9,1617	367,5715	40.120	735,1430	80.241	30,1748	3.294	0,29	5,71
12	15,0060	401,2350	26.738	802,4701	53.477	30,1748	2.011	0,10	5,90

**Combinazione n° 3**

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	2,1331	15,2851	7.166	30,5702	14.331	30,1748	5.110	2,72	3,28
2	2,5900	32,7781	12.655	65,5561	25.311	30,1748	7.093	2,49	3,51
3	3,3634	52,4789	15.603	104,9578	31.206	30,1748	7.093	2,25	3,75
4	4,1366	74,3876	17.983	148,7752	35.966	30,1748	7.093	2,01	3,99
5	4,9098	98,5041	20.063	197,0082	40.126	30,1748	5.856	1,78	4,22
6	5,6830	124,8285	21.965	249,6570	43.930	30,1748	5.310	1,54	4,46
7	6,4562	153,3608	23.754	306,7216	47.508	30,1748	4.674	1,30	4,70
8	7,2294	184,1009	25.466	368,2018	50.931	30,1748	4.174	1,07	4,93
9	8,0026	217,0489	27.122	434,0977	54.245	30,1748	3.771	0,83	5,17
10	8,7758	250,8413	28.583	501,6826	57.167	30,1748	3.438	0,59	5,41
11	9,5490	281,5832	29.488	563,1664	58.977	30,1748	3.160	0,36	5,64
12	15,7732	308,5422	19.561	617,0844	39.122	30,1748	1.913	0,12	5,88

**Combinazione n° 4**

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	2,0974	15,0170	7.160	30,0340	14.320	30,1748	4.820	2,78	3,22
2	2,4830	32,2885	13.004	64,5769	26.008	30,1748	6.871	2,54	3,46
3	3,1849	51,8144	16.269	103,6288	32.538	30,1748	6.871	2,30	3,70
4	3,8868	73,5949	18.935	147,1897	37.870	30,1748	5.586	2,05	3,95
5	4,5886	97,6298	21.277	195,2596	42.554	30,1748	5.109	1,81	4,19
6	5,2904	123,9192	23.423	247,8385	46.847	30,1748	5.109	1,57	4,43
7	5,9922	152,4632	25.444	304,9263	50.887	30,1748	4.820	1,33	4,67
8	6,6940	183,2616	27.377	366,5231	54.754	30,1748	4.508	1,09	4,91
9	7,3958	216,3144	29.248	432,6289	58.497	30,1748	4.080	0,85	5,15
10	8,0976	250,3574	30.917	500,7148	61.835	30,1748	3.726	0,60	5,40
11	8,7994	281,3990	31.979	562,7979	63.958	30,1748	3.429	0,36	5,64
12	14,5151	308,5299	21.256	617,0598	42.512	30,1748	2.079	0,12	5,88

**Combinazione n° 13**

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	1,9821	16,0337	8.089	32,0674	16.178	30,1748	5.622	2,56	3,44
2	2,1842	34,1451	15.632	68,2902	31.265	30,1748	6.598	2,34	3,66
3	2,7027	54,3341	20.103	108,6683	40.207	30,1748	6.598	2,12	3,88
4	3,2211	76,6008	23.781	153,2017	47.562	30,1748	5.951	1,89	4,11
5	3,7395	100,9452	26.995	201,8904	53.989	30,1748	5.951	1,67	4,33
6	4,2578	127,3673	29.914	254,7345	59.827	30,1748	5.951	1,45	4,55
7	4,7762	155,8670	32.634	311,7340	65.268	30,1748	5.951	1,23	4,77
8	5,2945	186,4444	35.215	372,8887	70.429	30,1748	5.622	1,00	5,00
9	5,8128	219,0994	37.692	438,1988	75.385	30,1748	5.191	0,78	5,22
10	7,4306	252,1344	33.932	504,2688	67.864	30,1748	4.061	0,56	5,44
11	8,0929	281,9707	34.842	563,9414	69.683	30,1748	3.729	0,33	5,67
12	13,1700	308,5759	23.430	617,1518	46.860	30,1748	2.291	0,11	5,89

**Combinazione n° 14**

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	1,9821	17,5632	8.861	35,1264	17.721	30,1748	6.176	2,23	3,77
2	2,1842	36,9381	16.911	73,8761	33.822	30,1748	6.176	2,04	3,96
3	2,7027	58,1246	21.506	116,2492	43.012	30,1748	6.176	1,85	4,15
4	3,2211	81,1228	25.185	162,2456	50.369	30,1748	6.176	1,65	4,35
5	3,7395	105,9327	28.328	211,8654	56.657	30,1748	6.176	1,46	4,54
6	4,2578	132,5542	31.132	265,1084	62.263	30,1748	5.855	1,26	4,74
7	4,7762	160,9874	33.706	321,9749	67.413	30,1748	5.855	1,07	4,93
8	5,2945	191,2323	36.119	382,4646	72.238	30,1748	5.699	0,87	5,13
9	5,8128	223,2335	38.403	446,4670	76.807	30,1748	5.191	0,68	5,32
10	6,3313	254,3133	40.168	508,6266	80.336	30,1748	4.766	0,49	5,51
11	6,8496	282,7473	41.279	565,4946	82.559	30,1748	4.405	0,29	5,71
12	11,2463	308,6423	27.444	617,2847	54.888	30,1748	2.683	0,10	5,90

**Combinazione n° 15**

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	1,9821	17,5632	8.861	35,1264	17.721	30,1748	6.176	2,23	3,77
2	2,1842	36,9381	16.911	73,8761	33.822	30,1748	6.176	2,04	3,96
3	2,7027	58,1246	21.506	116,2492	43.012	30,1748	6.176	1,85	4,15
4	3,2211	81,1228	25.185	162,2456	50.369	30,1748	6.176	1,65	4,35
5	3,7395	105,9327	28.328	211,8654	56.657	30,1748	6.176	1,46	4,54
6	4,2578	132,5542	31.132	265,1084	62.263	30,1748	5.855	1,26	4,74
7	4,7762	160,9874	33.706	321,9749	67.413	30,1748	5.855	1,07	4,93
8	5,2945	191,2323	36.119	382,4646	72.238	30,1748	5.699	0,87	5,13
9	5,8128	223,2335	38.403	446,4670	76.807	30,1748	5.191	0,68	5,32
10	6,3313	254,3133	40.168	508,6266	80.336	30,1748	4.766	0,49	5,51
11	6,8496	282,7473	41.279	565,4946	82.559	30,1748	4.405	0,29	5,71
12	11,2463	308,6423	27.444	617,2847	54.888	30,1748	2.683	0,10	5,90



Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
4	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
5	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
6	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
7	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	5,35	0,65
8	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	4,47	1,53
9	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	3,60	2,40
10	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	2,73	3,27
11	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	1,85	4,15
12	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	0,98	5,02

**Combinazione n° 15**

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
4	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
5	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
6	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
7	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	6,00	0,00
8	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	5,35	0,65
9	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	4,47	1,53
10	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	3,60	2,40
11	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	2,73	3,27
12	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	1,85	4,15
12	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,1748	100.000	0,98	5,02

**Meccanismo rottura rotazionale****Combinazione n° 1**

Cerchio n° 560 - Centro (-11,84; 5,16) - Raggio 11,25 - Intersezione profilo valle (-7,00; -5,00) - Intersezione profilo monte (-1,84; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	3,6990	12,0034	3.245	24,0069	6.490	24,0069	8.158	4,02	1,98
2	4,6493	25,9315	5.577	51,8631	11.155	30,1748	6.490	3,86	2,14
3	4,6493	42,1865	9.074	84,3730	18.147	30,1748	6.490	3,68	2,32
4	4,6493	61,2673	13.178	122,5346	26.355	30,1748	6.490	3,47	2,53
5	4,6493	83,7256	18.008	167,4511	36.016	30,1748	6.490	3,24	2,76
6	4,6493	110,0732	23.675	220,1464	47.350	30,1748	6.490	2,97	3,03
7	4,6493	141,2707	30.385	282,5415	60.771	30,1748	6.490	2,67	3,33
8	4,6493	177,9424	38.273	355,8848	76.546	30,1748	6.490	2,33	3,67
9	4,6493	221,4325	47.627	442,8649	95.254	30,1748	6.490	1,94	4,06
10	4,6493	273,1662	58.754	546,3324	117.508	30,1748	6.490	1,49	4,51
11	4,6493	335,1636	72.089	670,3271	144.178	30,1748	6.490	0,97	5,03
12	4,6493	396,8110	85.348	793,6220	170.697	30,1748	6.490	0,36	5,64

**Combinazione n° 2**

Cerchio n° 531 - Centro (-9,11; 0,00) - Raggio 5,43 - Intersezione profilo valle (-7,00; -5,00) - Intersezione profilo monte (-3,68; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	5,3360	21,9505	4.114	43,9010	8.227	30,1748	5.655	2,38	3,62
2	5,3360	43,4775	8.148	86,9550	16.296	30,1748	5.655	2,41	3,59
3	5,3360	65,1102	12.202	130,2204	24.404	30,1748	5.655	2,42	3,58
4	5,3360	87,4526	16.389	174,9053	32.779	30,1748	5.655	2,39	3,61
5	5,3360	111,2025	20.840	222,4051	41.680	30,1748	5.655	2,33	3,67
6	5,3360	136,9552	25.666	273,9104	51.333	30,1748	5.655	2,23	3,77
7	5,3360	165,6846	31.051	331,3693	62.101	30,1748	5.655	2,10	3,90
8	5,3360	198,3558	37.173	396,7116	74.347	30,1748	5.655	1,91	4,09
9	5,3360	236,4069	44.304	472,8139	88.609	30,1748	5.655	1,67	4,33
10	5,3360	281,5927	52.773	563,1854	105.545	30,1748	5.655	1,36	4,64
11	5,3360	337,1562	63.186	674,3123	126.371	30,1748	5.655	0,94	5,06
12	5,3360	396,2059	74.252	792,4118	148.504	30,1748	5.655	0,38	5,62

**Combinazione n° 3**

Cerchio n° 580 - Centro (-11,57; 7,96) - Raggio 13,74 - Intersezione profilo valle (-7,00; -5,00) - Intersezione profilo monte (-0,37; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	0,2483	2,7274	10.982	5,4548	21.965	5,4548	121.504	5,42	0,58
2	0,7000	7,6871	10.982	15,3742	21.965	15,3742	43.110	5,18	0,82
3	1,3738	15,2244	11.082	30,4488	22.164	30,1748	21.965	4,91	1,09
4	1,3738	25,7225	18.724	51,4450	37.448	30,1748	21.965	4,62	1,38
5	1,3738	39,7330	28.922	79,4660	57.844	30,1748	21.965	4,30	1,70
6	1,3738	57,7399	42.030	115,4798	84.059	30,1748	21.965	3,94	2,06
7	1,3738	80,4217	58.540	160,8435	117.080	30,1748	21.965	3,54	2,46
8	1,3738	108,6899	79.117	217,3798	158.234	30,1748	21.965	3,09	2,91
9	1,3738	143,6428	104.559	287,2856	209.119	30,1748	21.965	2,58	3,42

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	RSfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
10	1,3738	186,7551	135.941	373,5102	271.883	30,1748	21.965	2,00	4,00
11	1,3738	240,4194	175.004	480,8389	350.009	30,1748	21.965	1,31	4,69
12	1,3738	301,8132	219.694	603,6264	439.388	30,1748	21.965	0,49	5,51

**Combinazione n° 4**

Cerchio n° 580 - Centro (-11,57; 7,96) - Raggio 13,74 - Intersezione profilo valle (-7,00; -5,00) - Intersezione profilo monte (-0,37; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	RSfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	0,2144	2,7274	12.722	5,4548	25.444	5,4548	140.750	5,42	0,58
2	0,6042	7,6871	12.722	15,3742	25.444	15,3742	49.938	5,18	0,82
3	1,1859	15,2244	12.837	30,4488	25.675	30,1748	25.444	4,91	1,09
4	1,1859	25,7225	21.690	51,4450	43.379	30,1748	25.444	4,62	1,38
5	1,1859	39,7330	33.503	79,4660	67.007	30,1748	25.444	4,30	1,70
6	1,1859	57,7399	48.687	115,4798	97.374	30,1748	25.444	3,94	2,06
7	1,1859	80,4217	67.813	160,8435	135.625	30,1748	25.444	3,54	2,46
8	1,1859	108,6899	91.649	217,3798	183.298	30,1748	25.444	3,09	2,91
9	1,1859	143,6428	121.122	287,2856	242.243	30,1748	25.444	2,58	3,42
10	1,1859	186,7551	157.474	373,5102	314.949	30,1748	25.444	2,00	4,00
11	1,1859	240,4194	202.725	480,8389	405.450	30,1748	25.444	1,31	4,69
12	1,1859	301,8132	254.493	603,6264	508.986	30,1748	25.444	0,49	5,51

**Combinazione n° 13**

Cerchio n° 575 - Centro (-11,86; 7,52) - Raggio 13,43 - Intersezione profilo valle (-7,00; -5,00) - Intersezione profilo monte (-0,74; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	RSfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	0,1913	4,3788	22.891	8,7577	45.781	8,7577	157.739	5,06	0,94
2	0,4740	10,8492	22.891	21,6983	45.781	21,6983	63.666	4,84	1,16
3	0,6591	19,7424	29.953	39,4848	59.906	30,1748	45.781	4,59	1,41
4	0,6591	31,4310	47.687	62,8620	95.374	30,1748	45.781	4,32	1,68
5	0,6591	46,4559	70.483	92,9118	140.965	30,1748	45.781	4,01	1,99
6	0,6591	65,2268	98.962	130,4536	197.924	30,1748	45.781	3,67	2,33
7	0,6591	88,4757	134.235	176,9515	268.470	30,1748	45.781	3,29	2,71
8	0,6591	116,8979	177.357	233,7958	354.714	30,1748	45.781	2,87	3,13
9	0,6591	151,6800	230.128	303,3601	460.257	30,1748	45.781	2,39	3,61
10	0,6591	194,0513	294.414	388,1025	588.828	30,1748	45.781	1,84	4,16
11	0,6591	246,0837	373.357	492,1673	746.714	30,1748	45.781	1,20	4,80
12	0,6591	303,2252	460.052	606,4504	920.104	30,1748	45.781	0,44	5,56

**Combinazione n° 14**

Cerchio n° 531 - Centro (-9,11; 0,00) - Raggio 5,43 - Intersezione profilo valle (-7,00; -5,00) - Intersezione profilo monte (-3,68; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	RSfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	3,9302	16,8850	4.296	33,7700	8.592	30,1748	7.678	2,38	3,62
2	3,9302	33,4442	8.510	66,8885	17.019	30,1748	7.678	2,41	3,59
3	3,9302	50,0848	12.744	100,1696	25.487	30,1748	7.678	2,42	3,58
4	3,9302	67,2713	17.117	134,5425	34.233	30,1748	7.678	2,39	3,61
5	3,9302	85,5404	21.765	171,0808	43.530	30,1748	7.678	2,33	3,67
6	3,9302	105,3501	26.805	210,7003	53.611	30,1748	7.678	2,23	3,77
7	3,9302	127,4497	32.428	254,8994	64.857	30,1748	7.678	2,10	3,90
8	3,9302	152,5814	38.823	305,1628	77.646	30,1748	7.678	1,91	4,09
9	3,9302	181,8515	46.271	363,7030	92.541	30,1748	7.678	1,67	4,33
10	3,9302	216,6098	55.114	433,2196	110.229	30,1748	7.678	1,36	4,64
11	3,9302	259,3509	65.990	518,7018	131.979	30,1748	7.678	0,94	5,06
12	3,9302	304,7738	77.547	609,5476	155.094	30,1748	7.678	0,38	5,62

**Combinazione n° 15**

Cerchio n° 531 - Centro (-9,11; 0,00) - Raggio 5,43 - Intersezione profilo valle (-7,00; -5,00) - Intersezione profilo monte (-3,68; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	RSfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	3,9302	16,8850	4.296	33,7700	8.592	30,1748	7.678	2,38	3,62
2	3,9302	33,4442	8.510	66,8885	17.019	30,1748	7.678	2,41	3,59
3	3,9302	50,0848	12.744	100,1696	25.487	30,1748	7.678	2,42	3,58
4	3,9302	67,2713	17.117	134,5425	34.233	30,1748	7.678	2,39	3,61
5	3,9302	85,5404	21.765	171,0808	43.530	30,1748	7.678	2,33	3,67
6	3,9302	105,3501	26.805	210,7003	53.611	30,1748	7.678	2,23	3,77
7	3,9302	127,4497	32.428	254,8994	64.857	30,1748	7.678	2,10	3,90
8	3,9302	152,5814	38.823	305,1628	77.646	30,1748	7.678	1,91	4,09
9	3,9302	181,8515	46.271	363,7030	92.541	30,1748	7.678	1,67	4,33
10	3,9302	216,6098	55.114	433,2196	110.229	30,1748	7.678	1,36	4,64
11	3,9302	259,3509	65.990	518,7018	131.979	30,1748	7.678	0,94	5,06
12	3,9302	304,7738	77.547	609,5476	155.094	30,1748	7.678	0,38	5,62

**Verifiche composte****Stabilità globale della terra armata**

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Is Indice della striscia

W peso della striscia espresso in [kN]

$\alpha$  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 [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

N sforzo normale alla base della striscia espressa in [kN]

T sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kN]

### Combinazione n° 1

Superficie di scorrimento n° 560 -  $F_s = 1.84$

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	3,60	26.428	35.000	0	0,29	0	3,23	1,23
2	10,79	27.794	35.000	0	0,29	0	9,54	3,64
3	17,92	29.196	35.000	0	0,30	0	15,64	5,96
4	24,93	30.635	35.000	0	0,30	0	22,19	8,45
5	27,03	32.116	35.000	0	0,30	0	28,79	10,97
6	25,99	33.873	35.000	0	0,31	0	27,36	10,42
7	24,89	35.511	35.000	0	0,32	0	25,93	9,88
8	23,72	37.097	35.000	0	0,32	0	24,47	9,32
9	22,47	38.731	35.000	0	0,33	0	22,96	8,75
10	21,15	40.418	35.000	0	0,34	0	21,40	8,15
11	19,75	42.160	35.000	0	0,35	0	19,80	7,54
12	18,25	43.959	35.000	0	0,36	0	19,99	7,62
13	16,66	45.818	35.000	0	0,37	0	21,32	8,12
14	14,96	47.739	35.000	0	0,38	0	19,42	7,40
15	13,13	49.724	35.000	0	0,40	0	17,49	6,66
16	11,17	51.773	35.000	0	0,42	0	15,53	5,92
17	9,06	53.886	35.000	0	0,44	0	13,55	5,16
18	6,77	56.316	35.000	0	0,47	0	11,48	4,37
19	4,25	58.800	35.000	0	0,50	0	9,42	3,59
20	1,48	61.200	35.000	0	0,54	0	7,42	2,83

### Combinazione n° 2

Superficie di scorrimento n° 531 -  $F_s = 1.94$

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	1,50	24.576	35.000	0	0,18	0	1,37	0,49
2	4,50	25.456	35.000	0	0,18	0	4,07	1,47
3	7,47	27.931	35.000	0	0,19	0	6,60	2,39
4	10,42	29.849	35.000	0	0,19	0	9,04	3,27
5	13,33	31.286	35.000	0	0,19	0	11,39	4,12
6	16,21	34.399	35.000	0	0,20	0	13,37	4,84
7	17,50	35.843	35.000	0	0,20	0	17,70	6,40
8	17,00	37.996	35.000	0	0,21	0	16,92	6,12
9	16,46	40.829	35.000	0	0,22	0	15,84	5,73
10	15,87	42.734	35.000	0	0,23	0	14,95	5,41
11	15,23	44.837	35.000	0	0,23	0	13,98	5,06
12	14,53	48.062	35.000	0	0,25	0	12,71	4,60
13	13,77	50.639	35.000	0	0,26	0	11,57	4,19
14	12,93	53.360	35.000	0	0,28	0	10,39	3,76
15	11,99	56.370	35.000	0	0,30	0	9,12	3,30
16	10,93	59.694	35.000	0	0,33	0	7,77	2,81
17	9,71	63.347	35.000	0	0,37	0	6,36	2,30
18	8,26	67.316	35.000	0	0,43	0	4,91	1,78
19	6,42	73.025	35.000	0	0,57	0	3,18	1,15
20	3,50	82.867	35.000	0	1,34	0	0,99	0,36

### Combinazione n° 3

Superficie di scorrimento n° 580 -  $F_s = 2.17$

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	4,71	20.303	35.000	0	0,35	0	4,42	1,43
2	14,10	21.726	35.000	0	0,36	0	13,10	4,23
3	23,44	23.172	35.000	0	0,36	0	21,54	6,95
4	27,78	24.644	35.000	0	0,36	0	30,59	9,87
5	26,81	26.143	35.000	0	0,37	0	29,43	9,50
6	25,78	27.672	35.000	0	0,37	0	28,12	9,07
7	24,67	29.232	35.000	0	0,38	0	26,74	8,63
8	23,49	30.858	35.000	0	0,39	0	25,29	8,16
9	22,24	32.587	35.000	0	0,39	0	23,76	7,67
10	20,90	34.222	35.000	0	0,40	0	22,21	7,17
11	19,47	35.895	35.000	0	0,41	0	20,61	6,65
12	17,95	37.607	35.000	0	0,42	0	18,95	6,12
13	16,34	39.360	35.000	0	0,43	0	17,25	5,57
14	14,61	41.155	35.000	0	0,44	0	15,50	5,00
15	12,77	42.993	35.000	0	0,45	0	13,71	4,42
16	10,81	44.999	35.000	0	0,47	0	11,86	3,83
17	8,71	47.042	35.000	0	0,49	0	10,00	3,23
18	6,45	49.081	35.000	0	0,51	0	8,13	2,62

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
19	4,01	51.169	35.000	0	0,53	0	6,26	2,02
20	1,38	53.305	35.000	0	0,55	0	4,39	1,42

**Combinazione n° 4**Superficie di scorrimento n° 580 -  $F_s = 2.11$ 

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	4,71	20.303	35.000	0	0,35	0	4,42	1,47
2	14,10	21.726	35.000	0	0,36	0	13,10	4,35
3	23,44	23.172	35.000	0	0,36	0	21,54	7,16
4	27,78	24.644	35.000	0	0,36	0	30,59	10,16
5	26,81	26.143	35.000	0	0,37	0	29,43	9,78
6	25,78	27.672	35.000	0	0,37	0	28,12	9,34
7	24,67	29.232	35.000	0	0,38	0	26,74	8,89
8	23,49	30.858	35.000	0	0,39	0	25,29	8,40
9	22,24	32.587	35.000	0	0,39	0	23,76	7,90
10	20,90	34.222	35.000	0	0,40	0	22,21	7,38
11	19,47	35.895	35.000	0	0,41	0	20,61	6,85
12	17,95	37.607	35.000	0	0,42	0	18,95	6,30
13	16,34	39.360	35.000	0	0,43	0	17,25	5,73
14	14,61	41.155	35.000	0	0,44	0	15,50	5,15
15	12,77	42.993	35.000	0	0,45	0	13,71	4,56
16	10,81	44.999	35.000	0	0,47	0	11,86	3,94
17	8,71	47.042	35.000	0	0,49	0	10,00	3,32
18	6,45	49.081	35.000	0	0,51	0	8,13	2,70
19	4,01	51.169	35.000	0	0,53	0	6,26	2,08
20	1,38	53.305	35.000	0	0,55	0	4,39	1,46

**Combinazione n° 13**Superficie di scorrimento n° 575 -  $F_s = 2.13$ 

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	4,17	22.107	35.000	0	0,34	0	3,86	1,27
2	12,48	23.493	35.000	0	0,34	0	11,45	3,76
3	20,74	24.904	35.000	0	0,35	0	18,81	6,19
4	25,99	26.342	35.000	0	0,35	0	27,37	9,00
5	25,23	27.810	35.000	0	0,35	0	27,30	8,98
6	24,24	29.308	35.000	0	0,36	0	26,05	8,57
7	23,19	30.840	35.000	0	0,36	0	24,75	8,14
8	22,06	32.524	35.000	0	0,37	0	23,36	7,68
9	20,87	34.148	35.000	0	0,38	0	21,94	7,22
10	19,61	35.758	35.000	0	0,39	0	20,62	6,74
11	18,26	37.407	35.000	0	0,39	0	19,36	6,28
12	16,83	39.096	35.000	0	0,40	0	18,10	5,82
13	15,31	40.828	35.000	0	0,41	0	16,94	5,36
14	13,69	42.603	35.000	0	0,43	0	15,84	4,90
15	11,97	44.423	35.000	0	0,44	0	14,79	4,44
16	10,13	46.342	35.000	0	0,45	0	13,79	3,98
17	8,16	48.441	35.000	0	0,47	0	12,84	3,52
18	6,04	50.466	35.000	0	0,49	0	11,94	3,06
19	3,76	52.541	35.000	0	0,51	0	11,08	2,60
20	1,29	54.664	35.000	0	0,54	0	10,26	2,14

**Combinazione n° 14**Superficie di scorrimento n° 531 -  $F_s = 2.28$ 

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	1,15	24.576	35.000	0	0,18	0	1,05	0,32
2	3,46	25.456	35.000	0	0,18	0	3,13	0,96
3	5,75	27.931	35.000	0	0,19	0	5,08	1,56
4	8,01	29.849	35.000	0	0,19	0	6,95	2,13
5	10,25	31.286	35.000	0	0,19	0	8,76	2,69
6	12,47	34.399	35.000	0	0,20	0	10,29	3,16
7	13,46	35.843	35.000	0	0,20	0	12,26	4,07
8	13,08	37.996	35.000	0	0,21	0	12,66	3,89
9	12,66	40.829	35.000	0	0,22	0	11,84	3,64
10	12,21	42.734	35.000	0	0,23	0	11,16	3,43
11	11,72	44.837	35.000	0	0,23	0	10,42	3,20
12	11,18	48.062	35.000	0	0,25	0	9,47	2,91
13	10,59	50.639	35.000	0	0,26	0	8,61	2,65
14	9,95	53.360	35.000	0	0,28	0	7,72	2,37
15	9,22	56.370	35.000	0	0,30	0	6,76	2,08
16	8,41	59.694	35.000	0	0,33	0	5,75	1,77
17	7,47	63.347	35.000	0	0,37	0	4,69	1,44
18	6,36	67.316	35.000	0	0,43	0	3,60	1,11
19	4,94	73.025	35.000	0	0,57	0	2,31	0,71
20	2,69	82.867	35.000	0	1,34	0	0,70	0,22

**Combinazione n° 15**

Superficie di scorrimento n° 531 -  $F_s = 2.28$

Is	W [kN]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	1,15	24.576	35.000	0	0,18	0	1,05	0,32
2	3,46	25.456	35.000	0	0,18	0	3,13	0,96
3	5,75	27.931	35.000	0	0,19	0	5,08	1,56
4	8,01	29.849	35.000	0	0,19	0	6,95	2,13
5	10,25	31.286	35.000	0	0,19	0	8,76	2,69
6	12,47	34.399	35.000	0	0,20	0	10,29	3,16
7	13,46	35.843	35.000	0	0,20	0	13,26	4,07
8	13,08	37.996	35.000	0	0,21	0	12,66	3,89
9	12,66	40.829	35.000	0	0,22	0	11,84	3,64
10	12,21	42.734	35.000	0	0,23	0	11,16	3,43
11	11,72	44.837	35.000	0	0,23	0	10,42	3,20
12	11,18	48.062	35.000	0	0,25	0	9,47	2,91
13	10,59	50.639	35.000	0	0,26	0	8,61	2,65
14	9,95	53.360	35.000	0	0,28	0	7,72	2,37
15	9,22	56.370	35.000	0	0,30	0	6,76	2,08
16	8,41	59.694	35.000	0	0,33	0	5,75	1,77
17	7,47	63.347	35.000	0	0,37	0	4,69	1,44
18	6,36	67.316	35.000	0	0,43	0	3,60	1,11
19	4,94	73.025	35.000	0	0,57	0	2,31	0,71
20	2,69	82.867	35.000	0	1,34	0	0,70	0,22

### Risultati spostamenti

**Non è stata selezionata nessuna superficie.**

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

Il calcolo delle terre armate viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno;
- Verifica a ribaltamento;
- Verifica a scorrimento sul piano di posa;
- Verifica della stabilità complessa fondazione terreno (carico limite);
- Verifica della stabilità globale;
- Verifica dell'opera nei confronti di potenziali superfici di rottura interni alla terra armata. In particolare viene eseguita un'analisi di stabilità interna o locale (tieback) che permette di ottenere una ripartizione omogenea delle tensioni nei rinforzi, ed un'analisi globale (compound) che assicura la stabilità globale e, in particolare, l'esistenza di rinforzi di lunghezza sufficiente a garantirne l'ancoraggio in una porzione del terreno stabile.

L'analisi sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	GRETA - Terre Armate
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Abacus S.r.l.
Licenza	AIU5389N1

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

\_\_\_\_\_

Il progettista  
( )

\_\_\_\_\_