



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

PROGETTO ESECUTIVO

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) MISSIONE 2,
COMPONENTE 4, SUB-INVESTIMENTO 2.1B: "MISURE PER LA RIDUZIONE DEL
RISCHIO ALLUVIONALE E DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO"

NUOVO PONTE DI ATTRAVERSAMENTO DEL TORRENTE OGLIOLO IN VIA G. SORA

CUP: G29J21003340002
CODICE NUTS: ITC47
CODICE ISTAT: 017068

ELABORATO

Relazione geotecnica e di calcolo dei muri laterali

SCALA

DATA

Dicembre 2023

COMMITTENTE

Comune di Edolo

PROGETTAZIONE
E DIREZIONE
LAVORI

ING. Roberta Filisetti
via XI Novembre n° 27
25040 Malonno (Bs)



Elab.n°

T8

PREMESSA

Questa relazione riguarda la verifica dei muri d'ala delle spalle del ponte.

Essi sono n.4 tratti di muro, due a monte e due a valle, delle spalle funzionali al sostegno delle scarpate relative alle rampe di accesso al ponte. L'imposta delle fondazioni è prevista allo stesso livello e conseguente alle fondazioni delle spalle.

Il coronamento superiore dei muri è degradante secondo la pendenza delle scarpate.

La verifica è stata eseguita per un metro dalla parte più alta dei muri.

Alla fondazione è stato applicato anteriormente uno sperone per una maggior sicurezza verso il sifonamento, anche se poco probabile per la presenza della briglia più a valle che conferisce verso monte alla livelletta una limitata pendenza che determina una velocità ridotta al flusso d'acqua.

I dati geologici/geotecnici, attribuiti al terreno di fondazione, sono stati assunti dalla relazione geologica valutati in base a due carotaggi meccanici; a prove SPT a fondo foro eseguite al livello di imposta delle fondazioni; ed a uno stendimento sismico MASW1.

L'angolo di attrito sul piano di appoggio della fondazione del muro è stato assunto pari a 33 gradi, la coesione nulla.

Il muro d'ala oggetto di verifica presenta una fondazione superficiale a platea alla quale è incastrato il muro in elevazione.

Normative di riferimento

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

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

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

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

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

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro 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 di galleggiamento

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

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_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 idrostatica 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 ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

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

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, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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 θ .

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 η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

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 η_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 δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

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 ρ (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta N la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione, Q l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo, S_p la resistenza passiva, L_c l'ampiezza del cuneo e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_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, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_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 η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c + q N_q s_q d_q i_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione:

c	coesione del terreno in fondazione
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione
γ	peso di volume del terreno in fondazione
B	larghezza della fondazione
D	profondità del piano di posa
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa
N	fattori di capacità portante
d	fattori di profondità del piano di posa
i	fattori di inclinazione del carico

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = 0$
	$\varphi > 0$	$i_c = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\varphi^\circ}\right)^2$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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_γ 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 η_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 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 25.

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

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

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

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

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

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
γ	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
R _{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm ²]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	R _{ck}	E	ν	n	ntc
				[kg/mc]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]			
1	Cls Armato	Rck 250	B450C	2500,00	250,00	306659	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
B450C	4588,65	5506,38

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	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0,00	0,00	0.000
2	15,00	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	Cls Armato	
Altezza paramento	6,00	[m]
Altezza paramento libero	5,50	[m]
Spessore in sommità	0,30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,61	[m]
Inclinazione paramento esterno	3,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	1,20	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,20	[m]
Lunghezza totale	3,01	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

Spessore magrone	0,00	[m]
<u>Sperone</u>		
Posizione	Valle	
Distanza dal tacco della fondazione	2,51	[m]
Altezza	1,00	[m]
Spessore	0,50	[m]

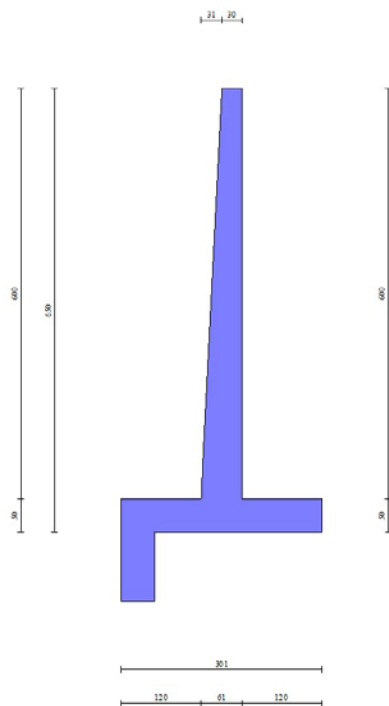


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]
<u>Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix</u>	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm ²]

n°	Descr	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ_l [kg/cm ²]
1	SOTTO LA FONDAZIONE	1850,00	1950,00	33.000	22.000	0,00	0,00	---	---
2	SOPRA LA FONDAZIONE	1800,00	2000,00	36.000	24.000	0,00	0,00	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
<u>Per calcolo pali (solo se presenti)</u>	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

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')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [kg/cm²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	6,00	0.000	SOPRA LA FONDAZIONE	---	---	---	---	---
2	5,00	0.000	SOTTO LA FONDAZIONE	---	---	---	---	---



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]
 Fx Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
 Fy Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
 M Momento espresso in [kgm]
 Xi Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
 Xf Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
 Qi Intensità del carico per x=Xi espressa in [kg]
 Qf Intensità del carico per x=Xf espressa in [kg]

Condizione n° 1 (Condizione 1 NEVE) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.50$ - $\Psi_1=0.20$ - $\Psi_2=0.00$

Indice di raggruppamento 1

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kg]	Fy [kg]	M [kgm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kg]	Qf [kg]
1	Distribuito					0,00	8,00	400,00	400,00

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
	M1	M2	M1	M2

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

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	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_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 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. per I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione
 Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1 NEVE	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1 NEVE	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1 NEVE	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - EQU (A1-M1-R3) H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - EQU (A1-M1-R3) H - V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Edolo
Provincia	Brescia
Regione	Lombardia
Latitudine	46.174229
Longitudine	10.327137
Indice punti di interpolazione	9169 - 9391 - 9392 - 9170
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_g	[m/s ²]		0.650	0.343
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.066	0.035
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	FO			2.774	2.640
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.303	0.216
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.500	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	3.778	1.889
Ultimo - Ribaltamento	0.570	5.666	2.833
Esercizio	0.470	2.465	1.232

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

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	Meyerhof
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 ($0.5B\gamma N_{\gamma}$)	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	0.00
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 per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kg]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	11825	23,67	10830	4748	1,20	-4,37
	Peso/Inerzia muro			0	11876/0	-0,40	-4,65
	Peso/Inerzia terrapieno			0	12960/0	0,60	-3,00
	Resistenza passiva sperone			-1569			
2	Spinta statica	12749	23,68	11676	5121	1,20	-4,29
	Peso/Inerzia muro			0	11876/0	-0,40	-4,65
	Peso/Inerzia terrapieno			0	13680/0	0,60	-3,00
	Resistenza passiva sperone			-1569			
3	Spinta statica	9096	23,67	8330	3652	1,20	-4,37
	Incremento di spinta sismica		987	904	396	1,20	-3,25
	Peso/Inerzia muro			449	11876/224	-0,40	-4,65
	Peso/Inerzia terrapieno			490	12960/245	0,60	-3,00
	Resistenza passiva sperone			-1569			
4	Spinta statica	9096	23,67	8330	3652	1,20	-4,37
	Incremento di spinta sismica		644	590	259	1,20	-3,25
	Peso/Inerzia muro			449	11876/-224	-0,40	-4,65
	Peso/Inerzia terrapieno			490	12960/-245	0,60	-3,00
	Resistenza passiva sperone			-1569			

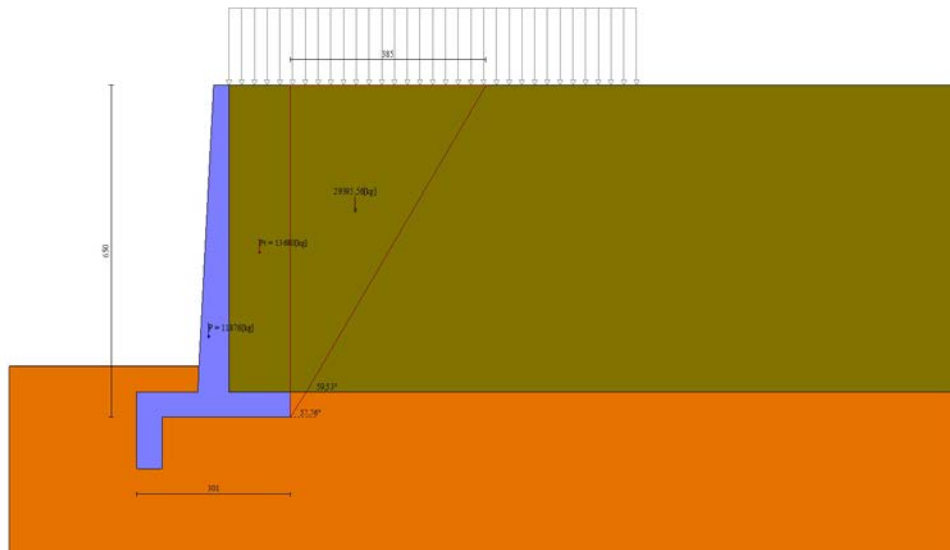


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

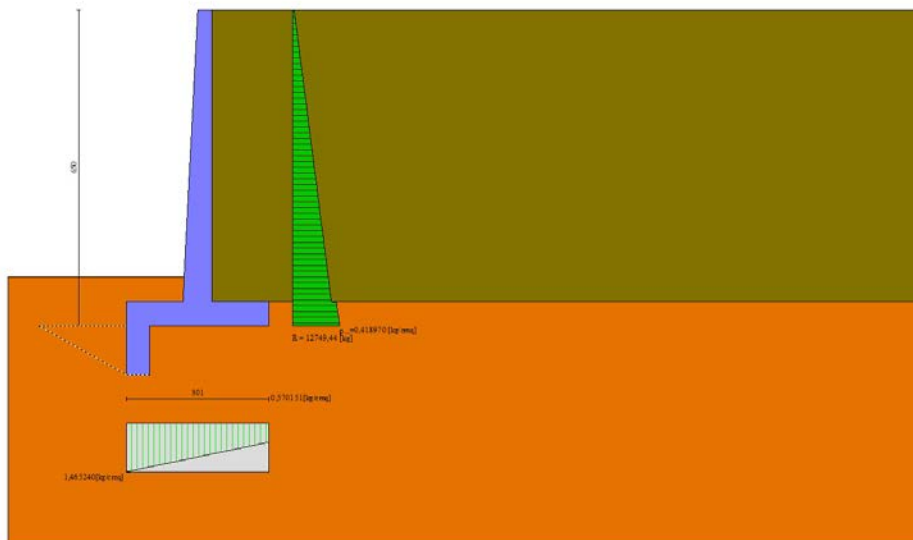


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

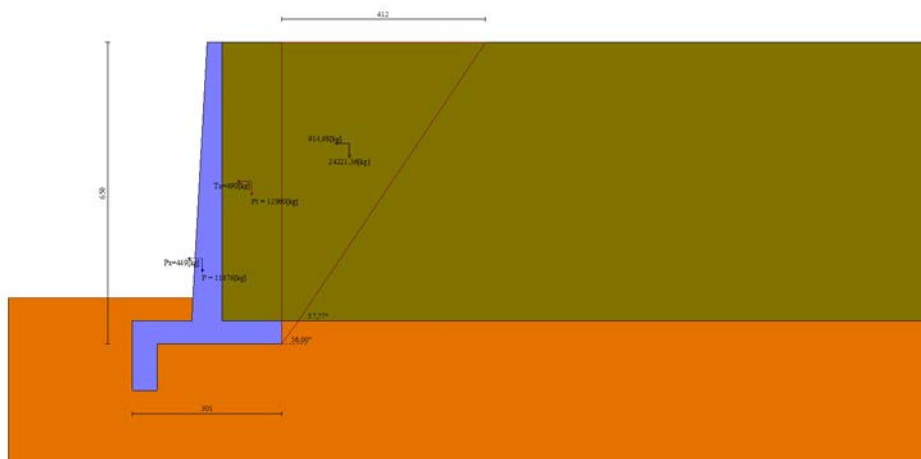


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

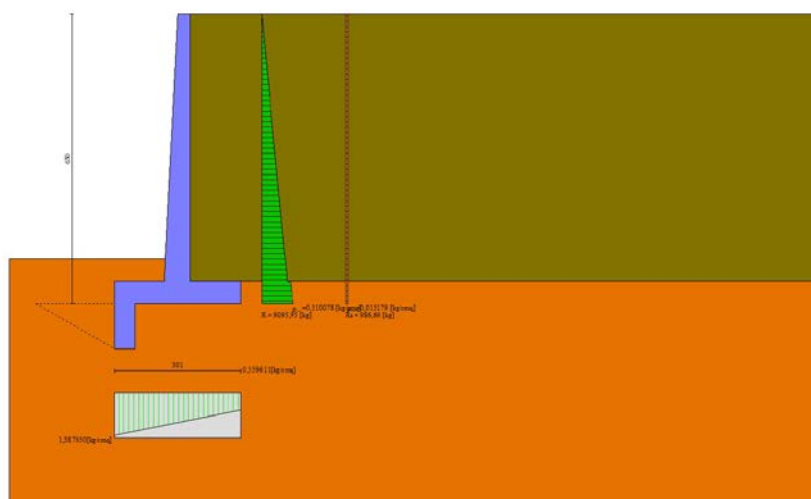


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{LIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{SUPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{LIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.249		3.254			
2 - STR (A1-M1-R3)		1.196		2.888			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.320					
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.318		3.506			
5 - GEO (A2-M2-R2)					1.537		
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.496		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.806		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.802		
9 - EQU (A1-M1-R3)			2.703				
10 - EQU (A1-M1-R3)			2.529				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.391				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.329				

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kg]	Rpt [kg]	Rps [kg]	Rp [kg]	Rt [kg]	R [kg]	T [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	11953	0	1569	--	--	13522	10830	1.249
2 - STR (A1-M1-R3)	12395	0	1569	--	--	13964	11676	1.196
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	11860	0	1569	--	--	13429	10172	1.320
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	11425	0	1569	--	--	12994	9859	1.318

Dettagli verifica a scorrimento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [kg]
ϕ_{Rp}	Angolo di rottura passiva, espresso in [°]
Nrpp	Carico residuo sul piano di posa, espresso in [kg]
Lr	Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss [kg]	ϕ_{Rp}	Nrpp [kg]	Lr [m]
1	0	28.500	29584	3,01
2	0	28.500	30678	3,01
3	0	28.500	29354	3,01
4	0	28.500	28278	3,01

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kg]	Qu [kg]	Qd [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	29584	96256	68754	3.254
2 - STR (A1-M1-R3)	30678	88591	63279	2.888
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	29354	99254	82712	3.381
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	28278	99130	82609	3.506

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidezza per punzonamento secondo Vesic
γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_c$ 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 [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cmq]
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).	

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	γ
1	38.638	0.603	1.122	--	--	--	--	--	--	0.757	0.955

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

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
	26.092	0.603	1.061	--	--	--	--				
	26.166	0.153	1.061	--	--	--	--				
2	38.638	0.591	1.122	--	--	--	--	--	--	0.729	0.955
	26.092	0.591	1.061	--	--	--	--				
	26.166	0.136	1.061	--	--	--	--				
3	38.638	0.620	1.122	--	--	--	--	--	--	0.734	0.955
	26.092	0.620	1.061	--	--	--	--				
	26.166	0.177	1.061	--	--	--	--				
4	38.638	0.618	1.122	--	--	--	--	--	--	0.738	0.955
	26.092	0.618	1.061	--	--	--	--				
	26.166	0.174	1.061	--	--	--	--				

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kg/mc]	c [kg/cm²]
1	1,00	3,01	2,78	1850	33.00	0,00
2	1,00	3,01	2,78	1850	33.00	0,00
3	1,00	3,01	2,78	1850	33.00	0,00
4	1,00	3,01	2,78	1850	33.00	0,00

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

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

n°	Ms [kgm]	Mr [kgm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3)	62410	23088	2.703
10 - EQU (A1-M1-R3)	65274	25814	2.529
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	62292	26055	2.391
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	60311	25897	2.329

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
5 - GEO (A2-M2-R2)	-2,50; 0,00	7,60	1.537
6 - GEO (A2-M2-R2)	-2,50; 0,00	7,60	1.496
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-2,50; 0,50	8,10	1.806
8 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2,50; 0,50	8,10	1.802

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 [kg]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kg]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm²]

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
1	1274	0	0	5,10 - 0,51	79.399	30.167	0,00	0,000	
2	3043	0	0	0,51	64.318	30.167	0,00	0,000	
3	3897	0	0	0,51	56.338	30.167	0,00	0,000	
4	4537	0	0	0,51	49.829	30.167	0,00	0,000	
5	5051	0	0	0,51	44.119	30.167	0,00	0,000	
6	5475	0	0	0,51	38.923	30.167	0,00	0,000	
7	5836	0	0	0,51	34.087	27.453	0,00	0,000	
8	6200	0	0	0,51	29.516	27.453	0,00	0,000	

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DEI MURI LATERALI

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
9	6562	0	0	0,51	25.144	27.453	0,00	0,000	
10	6603	0	0	0,51	20.925	27.453	0,00	0,000	
11	7507	0	0	0,51	16.822	27.453	0,00	0,000	
12	2009	0	0	0,51	12.806	27.453	0,00	0,000	
13	2244	0	0	0,51	8.854	27.453	0,00	0,000	
14	2180	0	0	0,51	4.944	27.453	0,00	0,000	
15	1984	0	0	0,51	1.057	27.453	0,00	0,000	
16	1977	0	0	0,51	-2.825	27.453	0,00	0,000	
17	1936	0	0	0,51	-6.720	27.453	0,00	0,000	
18	1861	0	0	0,51	-10.647	27.453	0,00	0,000	
19	1751	0	0	0,51	-14.625	27.453	0,00	0,000	
20	1604	0	0	0,51	-18.677	27.453	0,00	0,000	
21	1418	0	0	0,51	-22.829	27.453	0,00	0,000	
22	1189	0	0	0,51	-27.113	27.453	0,00	0,000	
23	913	0	0	0,51	-31.569	27.453	0,00	0,000	
24	583	0	0	0,51	-36.251	27.453	0,00	0,000	
25	196	0	0	-7,76 - 0,51	-40.353	27.453	0,00	0,000	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
1	1274	268	0	5,10 - 0,51	79.399	30.167	0,00	0,000	
2	3043	268	0	0,51	64.318	30.167	0,00	0,000	
3	3897	268	0	0,51	56.338	30.167	0,00	0,000	
4	4537	268	0	0,51	49.829	30.167	0,00	0,000	
5	5051	268	0	0,51	44.119	30.167	0,00	0,000	
6	5475	268	0	0,51	38.923	30.167	0,00	0,000	
7	5836	268	0	0,51	34.087	27.453	0,00	0,000	
8	6200	268	0	0,51	29.516	27.453	0,00	0,000	
9	6562	268	0	0,51	25.144	27.453	0,00	0,000	
10	6603	245	0	0,51	20.925	27.453	0,00	0,000	
11	7507	0	0	0,51	16.822	27.453	0,00	0,000	
12	2009	0	0	0,51	12.806	27.453	0,00	0,000	
13	2244	0	0	0,51	8.854	27.453	0,00	0,000	
14	2180	0	0	0,51	4.944	27.453	0,00	0,000	
15	1984	0	0	0,51	1.057	27.453	0,00	0,000	
16	1977	0	0	0,51	-2.825	27.453	0,00	0,000	
17	1936	0	0	0,51	-6.720	27.453	0,00	0,000	
18	1861	0	0	0,51	-10.647	27.453	0,00	0,000	
19	1751	0	0	0,51	-14.625	27.453	0,00	0,000	
20	1604	0	0	0,51	-18.677	27.453	0,00	0,000	
21	1418	0	0	0,51	-22.829	27.453	0,00	0,000	
22	1189	0	0	0,51	-27.113	27.453	0,00	0,000	
23	913	0	0	0,51	-31.569	27.453	0,00	0,000	
24	583	0	0	0,51	-36.251	27.453	0,00	0,000	
25	196	0	0	-7,76 - 0,51	-40.353	27.453	0,00	0,000	

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H + V

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
1	1188	0	0	5,59 - 0,54	77.473	36.000	0,00	0,000	
2	2925	0	0	0,54	64.306	36.000	0,00	0,000	
3	3871	0	0	0,54	56.416	36.000	0,00	0,000	
4	4583	0	0	0,54	49.970	36.000	0,00	0,000	
5	5155	0	0	0,54	44.310	36.000	0,00	0,000	
6	5628	0	0	0,54	39.160	36.000	0,00	0,000	
7	6028	0	0	0,54	34.366	33.000	0,00	0,000	
8	6369	0	0	0,54	29.835	33.000	0,00	0,000	
9	6803	0	0	0,54	25.502	33.000	0,00	0,000	
10	7066	0	0	0,54	21.321	33.000	0,00	0,000	
11	8693	0	0	0,54	17.257	33.000	0,00	0,000	
12	3258	0	0	0,54	13.281	33.000	0,00	0,000	
13	1975	0	0	0,54	9.369	33.000	0,00	0,000	
14	2783	0	0	0,54	5.501	33.000	0,00	0,000	
15	2080	0	0	0,54	1.659	33.000	0,00	0,000	
16	2078	0	0	0,54	-2.176	33.000	0,00	0,000	
17	2039	0	0	0,54	-6.021	33.000	0,00	0,000	
18	1963	0	0	0,54	-9.894	33.000	0,00	0,000	
19	1849	0	0	0,54	-13.813	33.000	0,00	0,000	
20	1695	0	0	0,54	-17.799	33.000	0,00	0,000	
21	1499	0	0	0,54	-21.877	33.000	0,00	0,000	
22	1257	0	0	0,54	-26.076	33.000	0,00	0,000	
23	965	0	0	0,54	-30.433	33.000	0,00	0,000	
24	616	0	0	0,54	-34.996	33.000	0,00	0,000	
25	207	0	0	-7,95 - 0,54	-38.978	33.000	0,00	0,000	

Combinazione n° 8 - GEO (A2-M2-R2) H - V

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
1	1188	0	0	5,59 - 0,54	77.473	36.000	0,00	0,000	
2	2925	0	0	0,54	64.306	36.000	0,00	0,000	
3	3871	0	0	0,54	56.416	36.000	0,00	0,000	

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
4	4583	0	0	0,54	49.970	36.000	0,00	0,000	
5	5155	0	0	0,54	44.310	36.000	0,00	0,000	
6	5628	0	0	0,54	39.160	36.000	0,00	0,000	
7	6028	0	0	0,54	34.366	33.000	0,00	0,000	
8	6369	0	0	0,54	29.835	33.000	0,00	0,000	
9	6803	0	0	0,54	25.502	33.000	0,00	0,000	
10	7066	0	0	0,54	21.321	33.000	0,00	0,000	
11	8693	0	0	0,54	17.257	33.000	0,00	0,000	
12	3258	0	0	0,54	13.281	33.000	0,00	0,000	
13	1975	0	0	0,54	9.369	33.000	0,00	0,000	
14	2783	0	0	0,54	5.501	33.000	0,00	0,000	
15	2080	0	0	0,54	1.659	33.000	0,00	0,000	
16	2078	0	0	0,54	-2.176	33.000	0,00	0,000	
17	2039	0	0	0,54	-6.021	33.000	0,00	0,000	
18	1963	0	0	0,54	-9.894	33.000	0,00	0,000	
19	1849	0	0	0,54	-13.813	33.000	0,00	0,000	
20	1695	0	0	0,54	-17.799	33.000	0,00	0,000	
21	1499	0	0	0,54	-21.877	33.000	0,00	0,000	
22	1257	0	0	0,54	-26.076	33.000	0,00	0,000	
23	965	0	0	0,54	-30.433	33.000	0,00	0,000	
24	616	0	0	0,54	-34.996	33.000	0,00	0,000	
25	207	0	0	-7,95 - 0,54	-38.978	33.000	0,00	0,000	

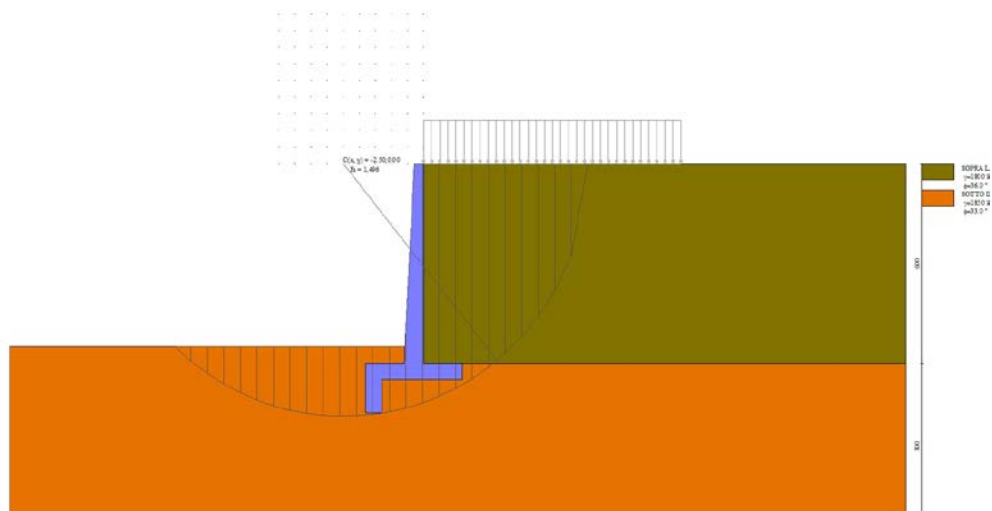


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle
M Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	x [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	76	3	0
3	-0,20	153	10	0
4	-0,30	231	23	1
5	-0,40	310	40	4
6	-0,50	391	63	8
7	-0,60	474	91	15
8	-0,70	557	123	24
9	-0,80	642	161	36
10	-0,90	728	204	53
11	-1,00	816	251	73
12	-1,10	904	304	99

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
13	-1,20	994	362	130
14	-1,30	1086	425	166
15	-1,40	1178	492	209
16	-1,50	1272	565	259
17	-1,60	1368	643	316
18	-1,70	1464	726	380
19	-1,80	1562	814	453
20	-1,90	1661	907	535
21	-2,00	1762	1004	626
22	-2,10	1864	1107	727
23	-2,20	1967	1215	838
24	-2,30	2072	1328	960
25	-2,40	2177	1446	1093
26	-2,50	2284	1569	1238
27	-2,60	2393	1697	1395
28	-2,70	2503	1830	1565
29	-2,80	2614	1969	1748
30	-2,90	2726	2112	1945
31	-3,00	2840	2260	2156
32	-3,10	2955	2413	2382
33	-3,20	3071	2571	2624
34	-3,30	3188	2734	2881
35	-3,40	3307	2903	3154
36	-3,50	3427	3076	3444
37	-3,60	3549	3254	3751
38	-3,70	3672	3437	4076
39	-3,80	3796	3626	4420
40	-3,90	3921	3819	4782
41	-4,00	4048	4017	5163
42	-4,10	4176	4221	5564
43	-4,20	4306	4429	5986
44	-4,30	4436	4642	6428
45	-4,40	4568	4861	6891
46	-4,50	4702	5084	7376
47	-4,60	4836	5313	7883
48	-4,70	4972	5546	8413
49	-4,80	5109	5785	8967
50	-4,90	5248	6028	9544
51	-5,00	5388	6277	10145
52	-5,10	5529	6530	10771
53	-5,20	5671	6789	11422
54	-5,30	5815	7053	12099
55	-5,40	5960	7321	12802
56	-5,50	6107	7595	13532
57	-5,60	6254	7874	14290
58	-5,70	6403	8157	15074
59	-5,80	6554	8446	15888
60	-5,90	6705	8740	16729
61	-6,00	6858	9038	17601

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	76	15	1
3	-0,20	153	36	3
4	-0,30	231	61	7
5	-0,40	310	92	14
6	-0,50	391	127	24
7	-0,60	474	168	38
8	-0,70	557	213	55
9	-0,80	642	264	78
10	-0,90	728	319	105
11	-1,00	816	380	138
12	-1,10	904	446	177
13	-1,20	994	516	222
14	-1,30	1086	592	275
15	-1,40	1178	673	335
16	-1,50	1272	758	404
17	-1,60	1368	849	480
18	-1,70	1464	945	566
19	-1,80	1562	1045	662
20	-1,90	1661	1151	767
21	-2,00	1762	1262	884
22	-2,10	1864	1378	1011
23	-2,20	1967	1499	1150
24	-2,30	2072	1624	1300
25	-2,40	2177	1755	1464
26	-2,50	2284	1891	1640
27	-2,60	2393	2032	1830
28	-2,70	2503	2178	2034
29	-2,80	2614	2329	2253
30	-2,90	2726	2485	2487
31	-3,00	2840	2646	2736
32	-3,10	2955	2812	3001
33	-3,20	3071	2983	3283

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
34	-3,30	3188	3159	3582
35	-3,40	3307	3340	3898
36	-3,50	3427	3526	4233
37	-3,60	3549	3718	4586
38	-3,70	3672	3914	4958
39	-3,80	3796	4115	5349
40	-3,90	3921	4321	5761
41	-4,00	4048	4532	6193
42	-4,10	4176	4748	6646
43	-4,20	4306	4970	7121
44	-4,30	4436	5196	7618
45	-4,40	4568	5427	8137
46	-4,50	4702	5664	8680
47	-4,60	4836	5905	9245
48	-4,70	4972	6151	9835
49	-4,80	5109	6403	10450
50	-4,90	5248	6659	11089
51	-5,00	5388	6921	11754
52	-5,10	5529	7187	12445
53	-5,20	5671	7458	13163
54	-5,30	5815	7735	13907
55	-5,40	5960	8016	14680
56	-5,50	6107	8303	15480
57	-5,60	6254	8595	16308
58	-5,70	6403	8891	17166
59	-5,80	6554	9193	18053
60	-5,90	6705	9499	18970
61	-6,00	6858	9811	19918

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

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	76	17	1
3	-0,20	153	39	3
4	-0,30	231	64	8
5	-0,40	310	93	15
6	-0,50	391	127	25
7	-0,60	474	164	38
8	-0,70	557	205	55
9	-0,80	642	249	77
10	-0,90	728	298	102
11	-1,00	816	351	132
12	-1,10	904	407	168
13	-1,20	994	468	209
14	-1,30	1086	532	257
15	-1,40	1178	601	310
16	-1,50	1272	673	371
17	-1,60	1368	749	438
18	-1,70	1464	829	513
19	-1,80	1562	913	596
20	-1,90	1661	1001	688
21	-2,00	1762	1093	788
22	-2,10	1864	1188	897
23	-2,20	1967	1288	1016
24	-2,30	2072	1391	1145
25	-2,40	2177	1499	1284
26	-2,50	2284	1610	1433
27	-2,60	2393	1725	1594
28	-2,70	2503	1845	1766
29	-2,80	2614	1968	1950
30	-2,90	2726	2095	2146
31	-3,00	2840	2225	2354
32	-3,10	2955	2360	2576
33	-3,20	3071	2499	2811
34	-3,30	3188	2642	3060
35	-3,40	3307	2788	3323
36	-3,50	3427	2939	3600
37	-3,60	3549	3093	3893
38	-3,70	3672	3251	4200
39	-3,80	3796	3414	4524
40	-3,90	3921	3580	4863
41	-4,00	4048	3750	5219
42	-4,10	4176	3924	5592
43	-4,20	4306	4101	5982
44	-4,30	4436	4283	6390
45	-4,40	4568	4469	6816
46	-4,50	4702	4658	7260
47	-4,60	4836	4852	7723
48	-4,70	4972	5049	8205
49	-4,80	5109	5251	8707
50	-4,90	5248	5456	9229
51	-5,00	5388	5665	9771
52	-5,10	5529	5878	10334
53	-5,20	5671	6095	10918
54	-5,30	5815	6316	11523

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
55	-5,40	5960	6541	12150
56	-5,50	6107	6769	12800
57	-5,60	6254	7002	13472
58	-5,70	6403	7239	14168
59	-5,80	6554	7479	14887
60	-5,90	6705	7723	15629
61	-6,00	6858	7972	16396

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	76	13	1
3	-0,20	153	30	2
4	-0,30	231	51	6
5	-0,40	310	76	12
6	-0,50	391	105	20
7	-0,60	474	137	31
8	-0,70	557	174	45
9	-0,80	642	214	63
10	-0,90	728	259	84
11	-1,00	816	307	111
12	-1,10	904	359	142
13	-1,20	994	415	178
14	-1,30	1086	476	220
15	-1,40	1178	539	267
16	-1,50	1272	607	322
17	-1,60	1368	679	382
18	-1,70	1464	755	450
19	-1,80	1562	834	526
20	-1,90	1661	918	609
21	-2,00	1762	1005	701
22	-2,10	1864	1097	801
23	-2,20	1967	1192	910
24	-2,30	2072	1291	1029
25	-2,40	2177	1394	1158
26	-2,50	2284	1501	1297
27	-2,60	2393	1612	1446
28	-2,70	2503	1727	1607
29	-2,80	2614	1845	1779
30	-2,90	2726	1968	1962
31	-3,00	2840	2095	2158
32	-3,10	2955	2225	2367
33	-3,20	3071	2359	2588
34	-3,30	3188	2498	2822
35	-3,40	3307	2640	3071
36	-3,50	3427	2786	3333
37	-3,60	3549	2936	3610
38	-3,70	3672	3090	3902
39	-3,80	3796	3248	4209
40	-3,90	3921	3410	4532
41	-4,00	4048	3575	4871
42	-4,10	4176	3745	5226
43	-4,20	4306	3918	5598
44	-4,30	4436	4096	5987
45	-4,40	4568	4277	6394
46	-4,50	4702	4462	6819
47	-4,60	4836	4651	7262
48	-4,70	4972	4844	7724
49	-4,80	5109	5041	8205
50	-4,90	5248	5242	8705
51	-5,00	5388	5447	9226
52	-5,10	5529	5656	9767
53	-5,20	5671	5868	10328
54	-5,30	5815	6085	10911
55	-5,40	5960	6305	11515
56	-5,50	6107	6530	12141
57	-5,60	6254	6758	12789
58	-5,70	6403	6990	13459
59	-5,80	6554	7226	14153
60	-5,90	6705	7466	14870
61	-6,00	6858	7710	15611

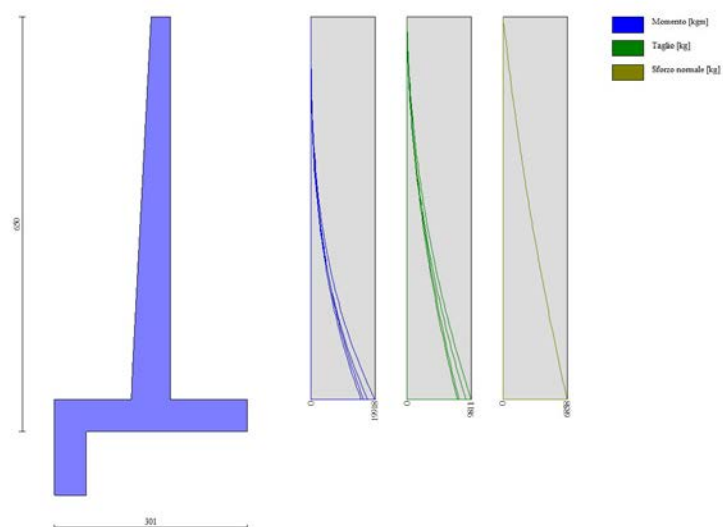


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-1,81	0	0	0
2	-1,71	0	943	47
3	-1,61	0	1862	188
4	-1,51	0	2759	419
5	-1,41	0	3632	739
6	-1,31	0	4483	1145
7	-1,21	0	5560	1647
8	-1,11	0	6614	2256
9	-1,01	0	7646	2969
10	-0,91	0	8654	3784
11	-0,81	0	9639	4699
12	-0,71	0	10601	5711
13	-0,61	0	11539	6819
14	0,00	0	-9083	-5782
15	0,10	0	-8453	-4905
16	0,20	0	-7800	-4092
17	0,30	0	-7124	-3346
18	0,40	0	-6425	-2668
19	0,50	0	-5703	-2062
20	0,60	0	-4957	-1529
21	0,70	0	-4189	-1071
22	0,80	0	-3397	-692
23	0,90	0	-2582	-393
24	1,00	0	-1745	-176
25	1,10	0	-884	-44
26	1,20	0	0	0

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-1,81	0	0	0
2	-1,71	0	1075	54
3	-1,61	0	2121	214
4	-1,51	0	3137	477
5	-1,41	0	4123	841
6	-1,31	0	5080	1301
7	-1,21	0	6257	1868
8	-1,11	0	7404	2551
9	-1,01	0	8522	3348
10	-0,91	0	9610	4255
11	-0,81	0	10668	5269
12	-0,71	0	11696	6387
13	-0,61	0	12695	7607
14	0,00	0	-10088	-6481
15	0,10	0	-9411	-5505
16	0,20	0	-8704	-4599

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
17	0,30	0	-7967	-3766
18	0,40	0	-7201	-3007
19	0,50	0	-6404	-2326
20	0,60	0	-5579	-1727
21	0,70	0	-4723	-1212
22	0,80	0	-3838	-783
23	0,90	0	-2923	-445
24	1,00	0	-1978	-200
25	1,10	0	-1004	-50
26	1,20	0	0	0

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

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-1,81	0	0	0
2	-1,71	0	999	50
3	-1,61	0	1971	199
4	-1,51	0	2915	443
5	-1,41	0	3832	781
6	-1,31	0	4721	1209
7	-1,21	0	5833	1737
8	-1,11	0	6917	2375
9	-1,01	0	7974	3119
10	-0,91	0	9004	3969
11	-0,81	0	10006	4919
12	-0,71	0	10980	5969
13	-0,61	0	11927	7114
14	0,00	0	-5766	-3855
15	0,10	0	-5437	-3295
16	0,20	0	-5080	-2769
17	0,30	0	-4696	-2280
18	0,40	0	-4284	-1831
19	0,50	0	-3844	-1424
20	0,60	0	-3378	-1063
21	0,70	0	-2883	-749
22	0,80	0	-2362	-487
23	0,90	0	-1813	-278
24	1,00	0	-1236	-125
25	1,10	0	-632	-32
26	1,20	0	0	0

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3) H - V

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-1,81	0	0	0
2	-1,71	0	937	47
3	-1,61	0	1849	187
4	-1,51	0	2735	416
5	-1,41	0	3596	733
6	-1,31	0	4430	1134
7	-1,21	0	5489	1631
8	-1,11	0	6523	2231
9	-1,01	0	7530	2934
10	-0,91	0	8512	3736
11	-0,81	0	9468	4636
12	-0,71	0	10399	5629
13	-0,61	0	11304	6715
14	0,00	0	-5999	-3970
15	0,10	0	-5641	-3387
16	0,20	0	-5256	-2842
17	0,30	0	-4846	-2337
18	0,40	0	-4411	-1874
19	0,50	0	-3949	-1456
20	0,60	0	-3462	-1085
21	0,70	0	-2949	-764
22	0,80	0	-2411	-496
23	0,90	0	-1847	-283
24	1,00	0	-1257	-127
25	1,10	0	-641	-32
26	1,20	0	0	0

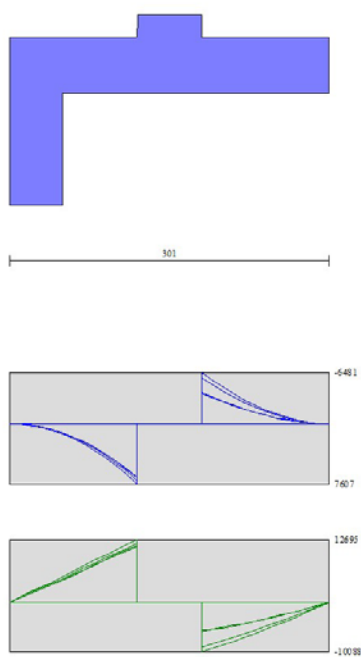


Fig. 9 - Fondazione (Inviluppo)

Risultati per involucro

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kg]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	Cx [kg]	Cy [kg]	Px [m]	Py [m]
2	Spinta statica	12749	23,68	11676	5121	1,20	-4,29
	Peso/Inerzia muro			0	11876/0	-0,40	-4,65
	Peso/Inerzia terrapieno			0	13680/0	0,60	-3,00
	Resistenza passiva sperone			-1569			
3	Spinta statica	9096	23,67	8330	3652	1,20	-4,37
	Incremento di spinta sismica		987	904	396	1,20	-3,25
	Peso/Inerzia muro			449	11876/224	-0,40	-4,65
	Peso/Inerzia terrapieno			490	12960/245	0,60	-3,00
	Resistenza passiva sperone			-1569			

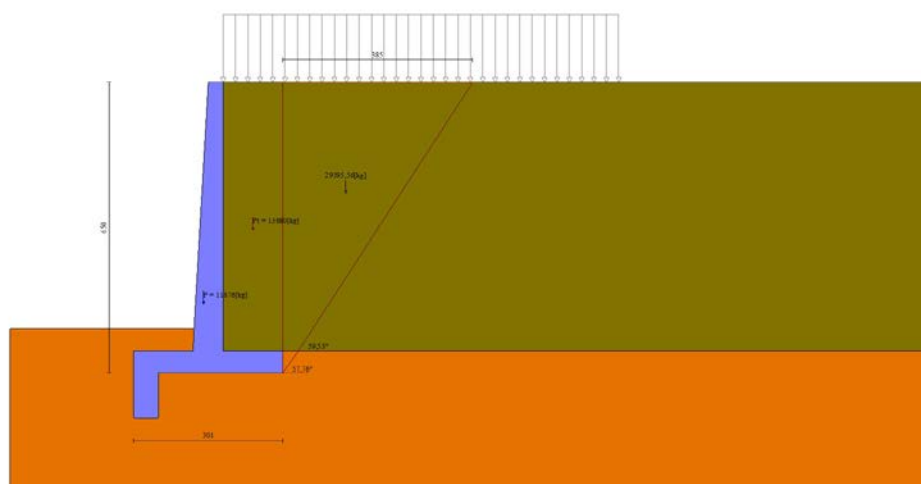


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

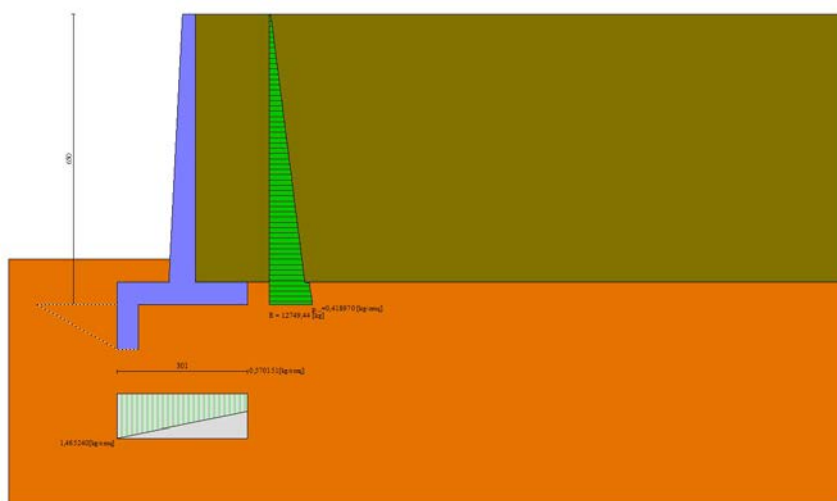


Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

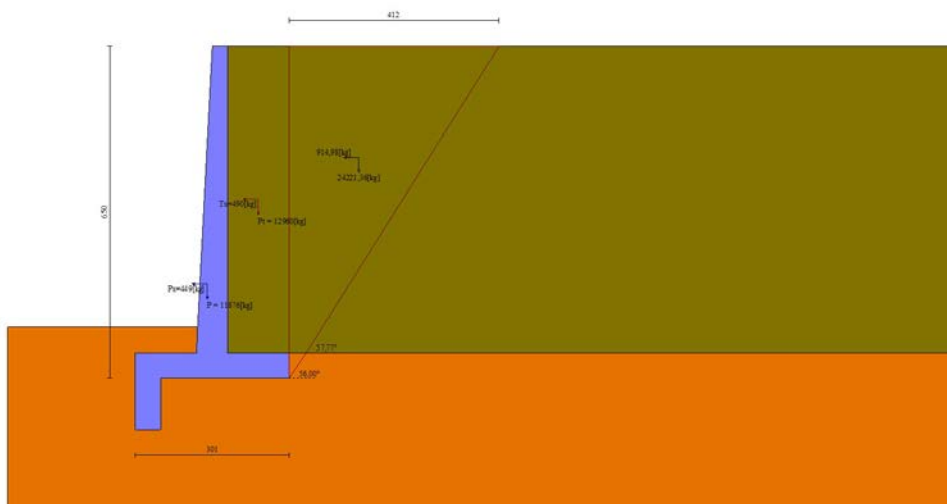


Fig. 12 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

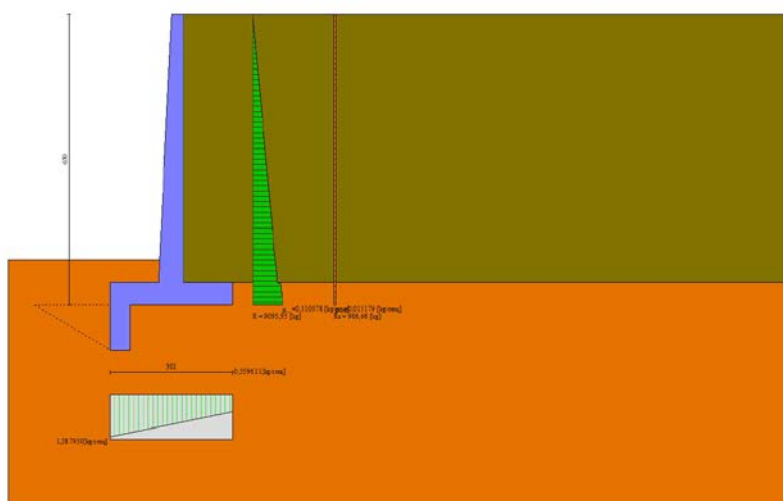


Fig. 13 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{SUPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.249		3.254			
2 - STR (A1-M1-R3)		1.196		2.888			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.320		3.381			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.318		3.506			
5 - GEO (A2-M2-R2)					1.537		
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.496		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.806		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.802		
9 - EQU (A1-M1-R3)			2.703				
10 - EQU (A1-M1-R3)			2.529				

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.391				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.329				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kg]	Rpt [kg]	Rps [kg]	Rp [kg]	Rt [kg]	R [kg]	T [kg]	FS
2 - STR (A1-M1-R3)	12395	0	1569	--	--	13964	11676	1.196
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	11425	0	1569	--	--	12994	9859	1.318

Dettagli verifica a scorrimento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Ncss	Carico sul cuneo di spinta passiva, espresso in [kg]
φ _{Rp}	Angolo di rottura passiva, espresso in [°]
Nrpp	Carico residuo sul piano di posa, espresso in [kg]
Lr	Lunghezza base residua, espresso in [m]

n°	Ncss [kg]	φ _{Rp}	Nrpp [kg]	Lr [m]
2	0	28.500	30678	3,01
4	0	28.500	28278	3,01

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kg]	Qu [kg]	Qd [kg]	FS
2 - STR (A1-M1-R3)	30678	88591	63279	2.888
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	29354	99254	82712	3.381

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	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
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5ByNy, 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 [kg/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kg/cm ^q]

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

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	38.638 26.092 26.166	0.591 0.591 0.136	1.122 1.061 1.061	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.729	0.955

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

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
3	38.638 26.092 26.166	0.620 0.620 0.177	1.122 1.061 1.061	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.734	0.955

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kg/mc]	c [kg/cm²]
2	1,00	3,01	2,78	1850	33.00	0,00
3	1,00	3,01	2,78	1850	33.00	0,00

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

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

n°	Ms [kgm]	Mr [kgm]	FS
10 - EQU (A1-M1-R3)	65274	25814	2.529
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	60311	25897	2.329

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
6 - GEO (A2-M2-R2)	-2,50; 0,00	7,60	1.496
8 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2,50; 0,50	8,10	1.802

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 [kg]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kg]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kg]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm²]

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
1	1274	268	0	5,10 - 0,51	79.399	30.167	0,00	0,000	
2	3043	268	0	0,51	64.318	30.167	0,00	0,000	
3	3897	268	0	0,51	56.338	30.167	0,00	0,000	
4	4537	268	0	0,51	49.829	30.167	0,00	0,000	
5	5051	268	0	0,51	44.119	30.167	0,00	0,000	
6	5475	268	0	0,51	38.923	30.167	0,00	0,000	
7	5836	268	0	0,51	34.087	27.453	0,00	0,000	
8	6200	268	0	0,51	29.516	27.453	0,00	0,000	
9	6562	268	0	0,51	25.144	27.453	0,00	0,000	
10	6603	245	0	0,51	20.925	27.453	0,00	0,000	
11	7507	0	0	0,51	16.822	27.453	0,00	0,000	
12	2009	0	0	0,51	12.806	27.453	0,00	0,000	
13	2244	0	0	0,51	8.854	27.453	0,00	0,000	
14	2180	0	0	0,51	4.944	27.453	0,00	0,000	
15	1984	0	0	0,51	1.057	27.453	0,00	0,000	
16	1977	0	0	0,51	-2.825	27.453	0,00	0,000	
17	1936	0	0	0,51	-6.720	27.453	0,00	0,000	
18	1861	0	0	0,51	-10.647	27.453	0,00	0,000	
19	1751	0	0	0,51	-14.625	27.453	0,00	0,000	
20	1604	0	0	0,51	-18.677	27.453	0,00	0,000	
21	1418	0	0	0,51	-22.829	27.453	0,00	0,000	
22	1189	0	0	0,51	-27.113	27.453	0,00	0,000	
23	913	0	0	0,51	-31.569	27.453	0,00	0,000	
24	583	0	0	0,51	-36.251	27.453	0,00	0,000	

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
25	196	0	0	-7,76 - 0,51	-40.353	27.453	0,00	0,000	

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	Tx; Ty [kg]
1	1188	0	0	5,59 - 0,54	77.473	36.000	0,00	0,000	
2	2925	0	0	0,54	64.306	36.000	0,00	0,000	
3	3871	0	0	0,54	56.416	36.000	0,00	0,000	
4	4583	0	0	0,54	49.970	36.000	0,00	0,000	
5	5155	0	0	0,54	44.310	36.000	0,00	0,000	
6	5628	0	0	0,54	39.160	36.000	0,00	0,000	
7	6028	0	0	0,54	34.366	33.000	0,00	0,000	
8	6369	0	0	0,54	29.835	33.000	0,00	0,000	
9	6803	0	0	0,54	25.502	33.000	0,00	0,000	
10	7066	0	0	0,54	21.321	33.000	0,00	0,000	
11	8693	0	0	0,54	17.257	33.000	0,00	0,000	
12	3258	0	0	0,54	13.281	33.000	0,00	0,000	
13	1975	0	0	0,54	9.369	33.000	0,00	0,000	
14	2783	0	0	0,54	5.501	33.000	0,00	0,000	
15	2080	0	0	0,54	1.659	33.000	0,00	0,000	
16	2078	0	0	0,54	-2.176	33.000	0,00	0,000	
17	2039	0	0	0,54	-6.021	33.000	0,00	0,000	
18	1963	0	0	0,54	-9.894	33.000	0,00	0,000	
19	1849	0	0	0,54	-13.813	33.000	0,00	0,000	
20	1695	0	0	0,54	-17.799	33.000	0,00	0,000	
21	1499	0	0	0,54	-21.877	33.000	0,00	0,000	
22	1257	0	0	0,54	-26.076	33.000	0,00	0,000	
23	965	0	0	0,54	-30.433	33.000	0,00	0,000	
24	616	0	0	0,54	-34.996	33.000	0,00	0,000	
25	207	0	0	-7,95 - 0,54	-38.978	33.000	0,00	0,000	

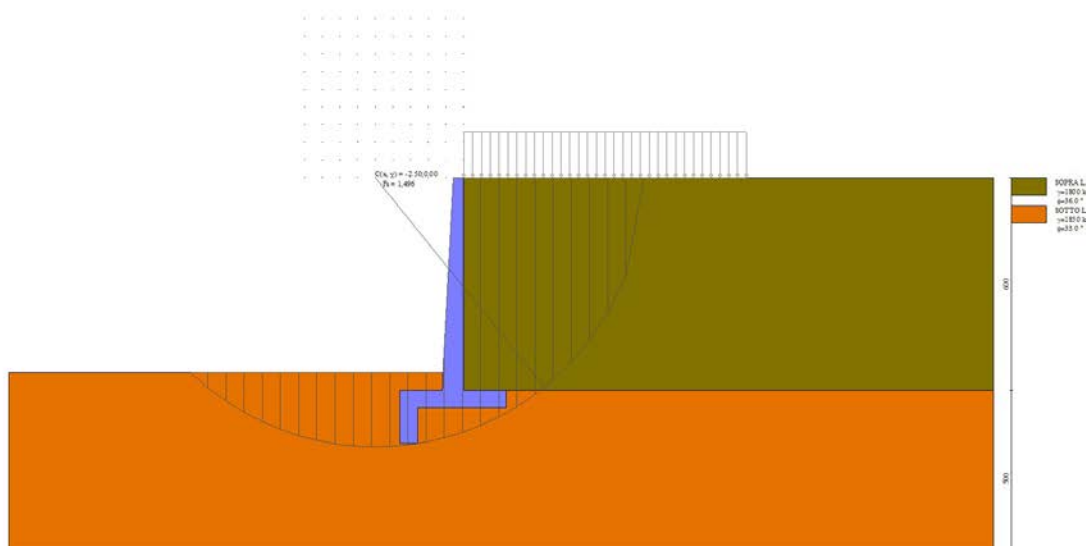


Fig. 14 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- N Sforzo normale, espresso in [kg]. Positivo se di compressione.
 T Taglio, espresso in [kg]. Positivo se diretto da monte verso valle
 M Momento, espresso in [kgm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kg]	Nmax [kg]	Tmin [kg]	Tmax [kg]	Mmin [kgm]	Mmax [kgm]
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	-0,10	76	76	3	17	0	1
3	-0,20	153	153	10	39	0	3
4	-0,30	231	231	23	64	1	8
5	-0,40	310	310	40	93	4	15
6	-0,50	391	391	63	127	8	25

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

n°	X [m]	Nmin [kg]	Nmax [kg]	Tmin [kg]	Tmax [kg]	Mmin [kgm]	Mmax [kgm]
7	-0,60	474	474	91	168	15	38
8	-0,70	557	557	123	213	24	55
9	-0,80	642	642	161	264	36	78
10	-0,90	728	728	204	319	53	105
11	-1,00	816	816	251	380	73	138
12	-1,10	904	904	304	446	99	177
13	-1,20	994	994	362	516	130	222
14	-1,30	1086	1086	425	592	166	275
15	-1,40	1178	1178	492	673	209	335
16	-1,50	1272	1272	565	758	259	404
17	-1,60	1368	1368	643	849	316	480
18	-1,70	1464	1464	726	945	380	566
19	-1,80	1562	1562	814	1045	453	662
20	-1,90	1661	1661	907	1151	535	767
21	-2,00	1762	1762	1004	1262	626	884
22	-2,10	1864	1864	1097	1378	727	1011
23	-2,20	1967	1967	1192	1499	838	1150
24	-2,30	2072	2072	1291	1624	960	1300
25	-2,40	2177	2177	1394	1755	1093	1464
26	-2,50	2284	2284	1501	1891	1238	1640
27	-2,60	2393	2393	1612	2032	1395	1830
28	-2,70	2503	2503	1727	2178	1565	2034
29	-2,80	2614	2614	1845	2329	1748	2253
30	-2,90	2726	2726	1968	2485	1945	2487
31	-3,00	2840	2840	2095	2646	2156	2736
32	-3,10	2955	2955	2225	2812	2367	3001
33	-3,20	3071	3071	2359	2983	2588	3283
34	-3,30	3188	3188	2498	3159	2822	3582
35	-3,40	3307	3307	2640	3340	3071	3898
36	-3,50	3427	3427	2786	3526	3333	4233
37	-3,60	3549	3549	2936	3718	3610	4586
38	-3,70	3672	3672	3090	3914	3902	4958
39	-3,80	3796	3796	3248	4115	4209	5349
40	-3,90	3921	3921	3410	4321	4532	5761
41	-4,00	4048	4048	3575	4532	4871	6193
42	-4,10	4176	4176	3745	4748	5226	6646
43	-4,20	4306	4306	3918	4970	5598	7121
44	-4,30	4436	4436	4096	5196	5987	7618
45	-4,40	4568	4568	4277	5427	6394	8137
46	-4,50	4702	4702	4462	5664	6819	8680
47	-4,60	4836	4836	4651	5905	7262	9245
48	-4,70	4972	4972	4844	6151	7724	9835
49	-4,80	5109	5109	5041	6403	8205	10450
50	-4,90	5248	5248	5242	6659	8705	11089
51	-5,00	5388	5388	5447	6921	9226	11754
52	-5,10	5529	5529	5656	7187	9767	12445
53	-5,20	5671	5671	5868	7458	10328	13163
54	-5,30	5815	5815	6085	7735	10911	13907
55	-5,40	5960	5960	6305	8016	11515	14680
56	-5,50	6107	6107	6530	8303	12141	15480
57	-5,60	6254	6254	6758	8595	12789	16308
58	-5,70	6403	6403	6990	8891	13459	17166
59	-5,80	6554	6554	7226	9193	14153	18053
60	-5,90	6705	6705	7466	9499	14870	18970
61	-6,00	6858	6858	7710	9811	15611	19918

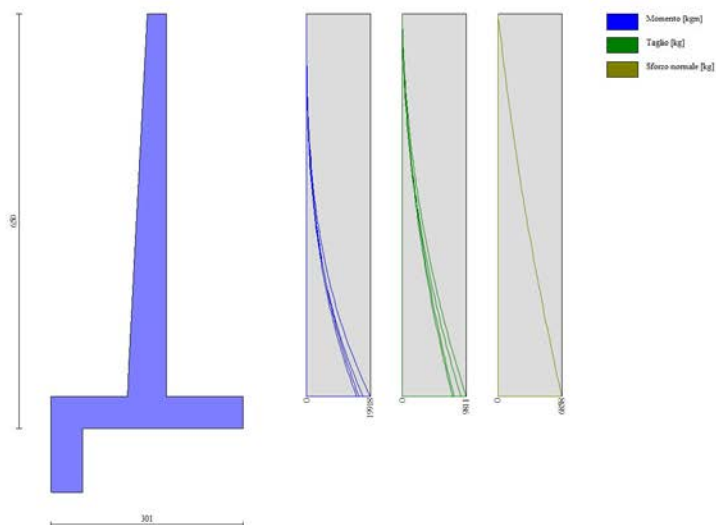


Fig. 15 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kg]	Nmax [kg]	Tmin [kg]	Tmax [kg]	Mmin [kgm]	Mmax [kgm]
1	-1,81	0	0	0	0	0	0
2	-1,71	0	0	937	1075	47	54
3	-1,61	0	0	1849	2121	187	214
4	-1,51	0	0	2735	3137	416	477
5	-1,41	0	0	3596	4123	733	841
6	-1,31	0	0	4430	5080	1134	1301
7	-1,21	0	0	5489	6257	1631	1868
8	-1,11	0	0	6523	7404	2231	2551
9	-1,01	0	0	7530	8522	2934	3348
10	-0,91	0	0	8512	9610	3736	4255
11	-0,81	0	0	9468	10668	4636	5269
12	-0,71	0	0	10399	11696	5629	6387
13	-0,61	0	0	11304	12695	6715	7607
14	0,00	0	0	-10088	-5766	-6481	-3855
15	0,10	0	0	-9411	-5437	-5505	-3295
16	0,20	0	0	-8704	-5080	-4599	-2769
17	0,30	0	0	-7967	-4696	-3766	-2280
18	0,40	0	0	-7201	-4284	-3007	-1831
19	0,50	0	0	-6404	-3844	-2326	-1424
20	0,60	0	0	-5579	-3378	-1727	-1063
21	0,70	0	0	-4723	-2883	-1212	-749
22	0,80	0	0	-3838	-2362	-783	-487
23	0,90	0	0	-2923	-1813	-445	-278
24	1,00	0	0	-1978	-1236	-200	-125
25	1,10	0	0	-1004	-632	-50	-32
26	1,20	0	0	0	0	0	0

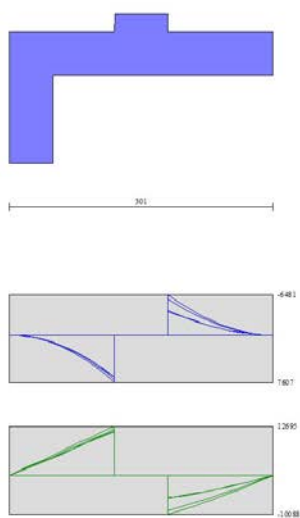


Fig. 16 - Fondazione

Elenco ferri

Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [cm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P _{ferro}	Peso ferro espresso in [kg]

Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
--	------	----------	---------------------------	-------------------

STUDIO D'INGEGNERIA

Ing. Roberta Filisetti - Via XI Novembre, n° 27 - 25040 Malonno (Bs)

Cell. 333/3643484

RELAZIONE GEOTECNICA E DI CALCOLO DEI MURI LATERALI

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	27,43	72.30	1983.43
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	20,07	61.97	1243.88
Casseformi	[mq]	120.08	13.94	1673.95
Scavo a sezione obbligata	[mc]	35,14	9.30	326.84
Totale muro				5228,10
Totale				5228,10

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	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Se.T.I. S.r.l.
Licenza	AIU4048K6

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.