

Ente attuatore



**Comunità Montana
di Valle Trompia**

**Realizzazione e rifacimento opere di
difesa spondale lungo il fiume Mella in
comune di Pezzaze, Marcheno, Sarezzo,
Villa Carcina (BS)**

CUP: C38B22000090002 - CIG: B221F6B38E

R.U.P. Comunità Montana Valle Trompia - geom. Giuseppe Mansini

PERIZIA TECNICA DI VARIANTE

Oggetto	Relazione di calcolo	Tavola
Scala		V_07
Data	Gennaio 2025	

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



**COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E
PROG. ARCHITETTONICO**

Arch. Fabrizio Veronesi
Direttore Tecnico Se.Va.T.

DIRETTORE LAVORI

Geom. Giuseppe Prudente

RESPONSABILE SICUREZZA

Ing. Matteo Manenti

PARTNER DI PROGETTO

INGEGNERIA IDRAULICA E STRUTTURE:

Ing. Nicola Letinic - Studio Tecnico Associato HABITAT 2.0

GEOLOGO: Dott. Geol. Mauro Zubani

Piazza Elena Fontanabona, 5 - 25062 Concesio(BS)

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
3. RICHIAMI TEORICI.....	6
3.1. Calcolo della spinta sul muro.....	6
3.1.1. Valori caratteristici e valori di calcolo.....	6
3.1.2. Metodo di Culmann	6
3.1.3. Spinta in presenza di falda	7
3.1.4. Verifica a ribaltamento.....	7
3.1.5. Verifica a scorrimento	8
3.1.6. Verifica al carico limite	9
3.1.7. Verifica alla stabilità globale.....	10
4. OPZIONI DI CALCOLO	12
4.1. Spinta.....	12
4.2. Capacità portante	12
4.3. Stabilità globale	12
4.4. Altro	12
4.5. Spostamenti.....	12
4.6. Cedimenti	12
4.7. Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)	13
5. DATI	14
5.1. Materiali	14
5.2. Geometria profilo terreno a monte del muro	14
5.3. Descrizione terreni	16
5.4. Normativa	17
5.5. Descrizione combinazioni di carico	18
5.6. Dati sismici.....	19
6. RISULTATI PER COMBINAZIONE.....	20
6.1. Spinta e forze.....	20
6.2. Verifiche geotecniche	21
6.2.1. Verifica a scorrimento fondazione	21
6.2.2. Verifica a carico limite	22
6.2.3. Verifica a ribaltamento.....	23
6.2.4. Verifica stabilità globale muro + terreno.....	23
6.3. Sollecitazioni.....	25
6.4. Verifiche strutturali	27
6.4.1. Verifiche a flessione	27
6.4.2. Verifiche a taglio	29
7. RISULTATI PER INVILUPPO	31
7.1. Spinta e forze.....	31
7.2. Verifiche geotecniche	32
7.2.1. Verifica a scorrimento fondazione	32

7.2.2.	Verifica a carico limite	33
7.2.3.	Verifica a ribaltamento.....	34
7.2.4.	Verifica stabilità globale muro + terreno.....	34
7.3.	Sollecitazioni.....	36
7.4.	Verifiche strutturali	38
7.4.1.	Verifiche a flessione	38
7.4.2.	Verifiche a taglio	40
8.	ELENCO FERRI	42
9.	DICHIARAZIONI SECONDO NTC 2018 (PUNTO 10.2).....	44

1. PREMESSA

La presente revisione alla *Relazione strutturale* viene redatta dall'Ing. Nicola Letinic in riferimento alla realizzazione di un muro posto al margine della pista ciclopedonale esistente in sponda idraulica sinistra del fiume Mella, nei pressi di via San Bernardino, in comune di Sarezzo (BS).

La redazione si è resa necessaria a fronte del rinvenimento nel sedime dell'intervento di una condotta a servizio del sistema fognario non segnalata durante gli step autorizzativi, nonché della presenza del piede di un muro di contenimento nella parte più bassa del muro da realizzare.

In relazione alla presenza della condotta, che risulta interferente con lo sperone posto in affondamento dalla scarpa della muratura, si ritiene ammissibile lo spostamento dell'elemento verticale entro i limiti dell'impronta dell'elemento orizzontale. Dato che l'elemento è stato inserito per garantire la stabilità al movimento orizzontale della muratura nel caso della massima esondazione, ne risulta ammissibile lo spostamento, purché vengano mantenute le dimensioni e le armature previste nella relazione strutturale del progetto esecutivo: i momenti generati all'incastro tra gli elementi verticali e quello orizzontale rimangono comunque verificati da relazione precedente.

Al fine di verificare la realizzazione di una muratura con una sezione semplificata nella porzione di monte dell'intervento, di seguito si integra la relazione precedente, rappresentando una sezione semplificata a L.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge 05 novembre 1971, n. 1086, *Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- Legge 02 febbraio 1974, n. 64, *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 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.*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 14 febbraio 1992, *Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 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.*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996, *Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 Gennaio 1996, *Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.*
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 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 del Ministero dei Lavori Pubblici 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.*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 17 gennaio 2018, *Norme Tecniche per le Costruzioni.*
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 21 gennaio 2019, n.7, *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.*

3. 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.

3.1. Calcolo della spinta sul muro

3.1.1. 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.

3.1.2. 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 r 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.

3.1.3. 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 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 esercitata dall'acqua.

3.1.4. 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.

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

3.1.5. 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.

3.1.6. 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:

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

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

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

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:

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

3.1.7. 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 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 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 e 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 è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m e iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

4. OPZIONI DI CALCOLO

4.1. Spinta

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

4.2. 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 ($0.5B\gamma N_{\gamma}$)	(B')
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	

4.3. Stabilità globale

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

4.4. 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

4.5. Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

4.6. Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

4.7. Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

5. DATI

5.1. Materiali

Simbologia adottata

n° Indice materiale

Descr Descrizione del materiale

Calcestruzzo armato

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/cm²]

E Modulo elastico, espresso in [kg/cm²]

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

5.2. 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

n°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	8,00	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	Clas Armato	
Altezza paramento	1,70	[m]
Altezza paramento libero	1,60	[m],
Spessore in sommità	0,30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,30	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	Clas Armato	
Lunghezza mensola di valle	0,00	[m]
Lunghezza mensola di monte	1,00	[m]
Lunghezza totale	1,30	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

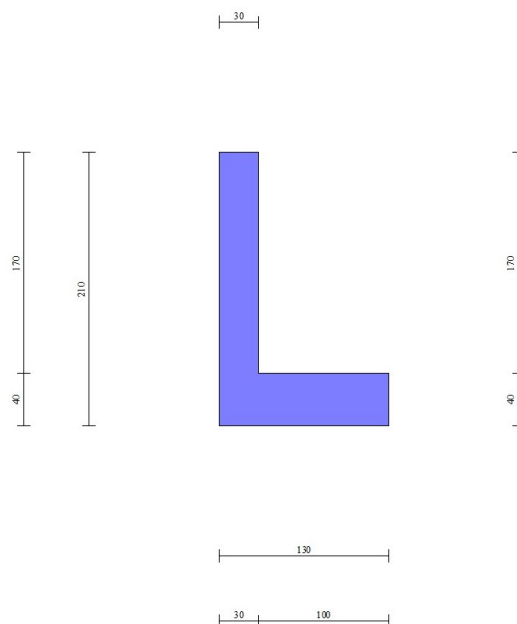


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

5.3. 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 ^q]
c _a	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ^q]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kg/cm ^q]

n°	Descr	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	c _a	Cesp	τ_l	
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm ^q]	[kg/cm ^q]		[kg/cm ^q]	
1	Terreno	1000,00	1000,00	1.000	0.000	0,00	0,00	---	---	
2	Terreno 2	1800,00	2000,00	27.000	18.000	0,00	0,00	---	---	
3	Terreno 3	1800,00	2000,00	27.000	18.000	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

Per calcolo pali (solo se presenti)

Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/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_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H	α	Terreno	Kw	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
	[m]	[°]		[Kg/cm ³]				
1	1,00	0.000	Terreno	---	---	---	---	---
2	2,50	0.000	Terreno 2	---	---	---	---	---

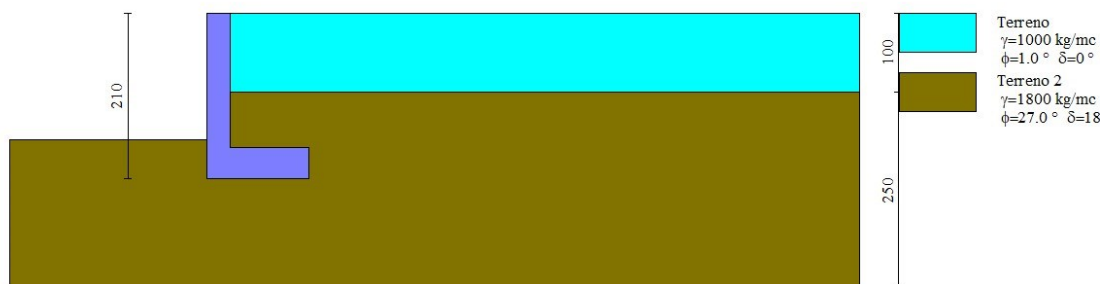


Fig. 2 - Stratigrafia

5.4. 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	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$g_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Carichi		Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche	
				UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali		Sfavorevoli	$g_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	non	Favorevoli	$g_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti	non	Sfavorevoli	$g_{G2,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili		Favorevoli	$g_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili		Sfavorevoli	$g_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico		Favorevoli	$g_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico		Sfavorevoli	$g_{QT,sfav}$	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
Tangente dell'angolo di attrito	$g_{\tan(f')}$		1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$g_{c'}$		1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	g_{cu}		1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	g_g		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	--

5.5. 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):

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

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

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	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - 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° 3 - EQU (A1-M1-R3)

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

5.6. Dati sismici

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		0.000	0.000
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.000	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.430	2.430
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.370	0.370
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		A	1.000	1.000
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.200	0.000	0.000
Ultimo - Ribaltamento	0.300	0.000	0.000
Esercizio	0.200	0.000	0.000

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

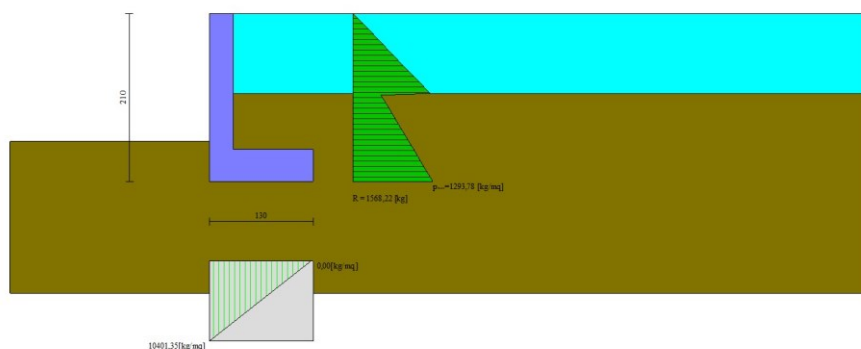


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

6.2. 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 _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.389		1.410			
2 - GEO (A2-M2-R2)					1.810		
3 - EQU (A1-M1-R3)			2.472				

6.2.1. 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 $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$), espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	2139	0	0	--	--	2139	1540	1.389

6.2.2. 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	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	6582	9282	6630	1.410

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N_c, N_q, N_γ	Fattori di capacità portante
i_c, i_q, i_γ	Fattori di inclinazione del carico
d_c, d_q, d_γ	Fattori di profondità del piano di posa
g_c, g_q, g_γ	Fattori di inclinazione del profilo topografico
b_c, b_q, b_γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
s_c, s_q, s_γ	Fattori di forma della fondazione
p_c, p_q, p_γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
R_e	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
I_r, I_{rc}	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r_γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_\gamma N_\gamma$ 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/cm²]

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
1	23.942 13.199 9.463	0.729 0.729 0.262	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.581	1.000

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kg/mc]	[kg/cm ²]
1	0,50	1,30	1,06	1800	27.00	0,00

6.2.3. Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

M_s Momento stabilizzante, espresso in [kgm]

M_r 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°	M_s	M_r	FS
	[kgm]	[kgm]	
3 - EQU (A1-M1-R3)	3229	1306	2.472

6.2.4. Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

I_c Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

I_c	C	R	FS
	[m]	[m]	
2 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 1,50	3,91	1.810

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/cm ²]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm ²]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm ²]

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W	Qy	Qf	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg]
1	56	0	0	3,12 - 0,24	62.582	0.800	0,00	0,000	
2	156	0	0	0,24	56.640	0.800	0,00	0,000	
3	240	0	0	0,24	50.650	0.800	0,00	0,000	
4	347	0	0	0,24	45.358	22.177	0,00	0,000	
5	444	0	0	0,24	40.527	22.177	0,00	0,000	
6	527	0	0	0,24	36.026	22.177	0,00	0,000	
7	597	0	0	0,24	31.770	22.177	0,00	0,000	
8	656	0	0	0,24	27.704	22.177	0,00	0,000	
9	719	0	0	0,24	23.784	22.177	0,00	0,000	
10	816	0	0	0,24	19.980	22.177	0,00	0,000	
11	850	0	0	0,24	16.267	22.177	0,00	0,000	
12	877	0	0	0,24	12.622	22.177	0,00	0,000	
13	911	0	0	0,24	9.029	22.177	0,00	0,000	
14	1389	0	0	0,24	5.472	22.177	0,00	0,000	
15	577	0	0	0,24	1.935	22.177	0,00	0,000	
16	349	0	0	0,24	-1.593	22.177	0,00	0,000	
17	343	0	0	0,24	-5.128	22.177	0,00	0,000	
18	331	0	0	0,24	-8.683	22.177	0,00	0,000	
19	311	0	0	0,24	-12.272	22.177	0,00	0,000	
20	285	0	0	0,24	-15.911	22.177	0,00	0,000	
21	252	0	0	0,24	-19.617	22.177	0,00	0,000	
22	211	0	0	0,24	-23.411	22.177	0,00	0,000	
23	161	0	0	0,24	-27.318	22.177	0,00	0,000	
24	102	0	0	0,24	-31.369	22.177	0,00	0,000	
25	33	0	0	-2,90 - 0,24	-34.104	22.177	0,00	0,000	

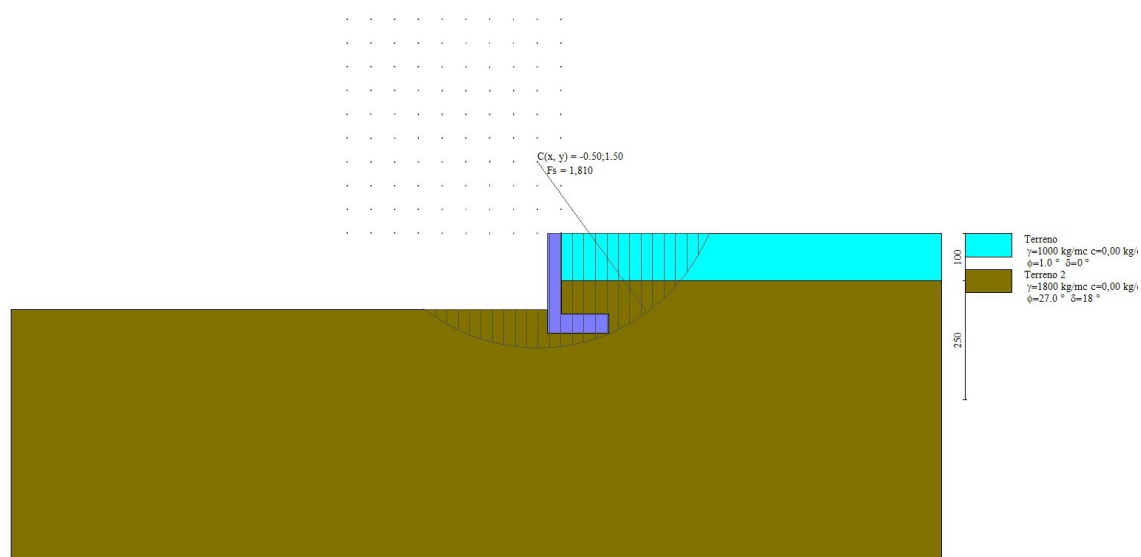


Fig. 5 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

6.3. Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

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)

La posizione delle sezioni di verifica fa riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	98	6	0
3	-0,20	195	25	2
4	-0,30	293	57	6
5	-0,40	390	101	14
6	-0,50	488	158	26
7	-0,60	585	227	45
8	-0,70	683	308	72
9	-0,80	780	402	108

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
10	-0,90	878	509	153
11	-1,00	975	628	210
12	-1,10	1073	682	276
13	-1,20	1170	734	346
14	-1,30	1268	794	423
15	-1,40	1365	861	505
16	-1,50	1463	936	595
17	-1,60	1560	1018	693
18	-1,70	1658	1108	799

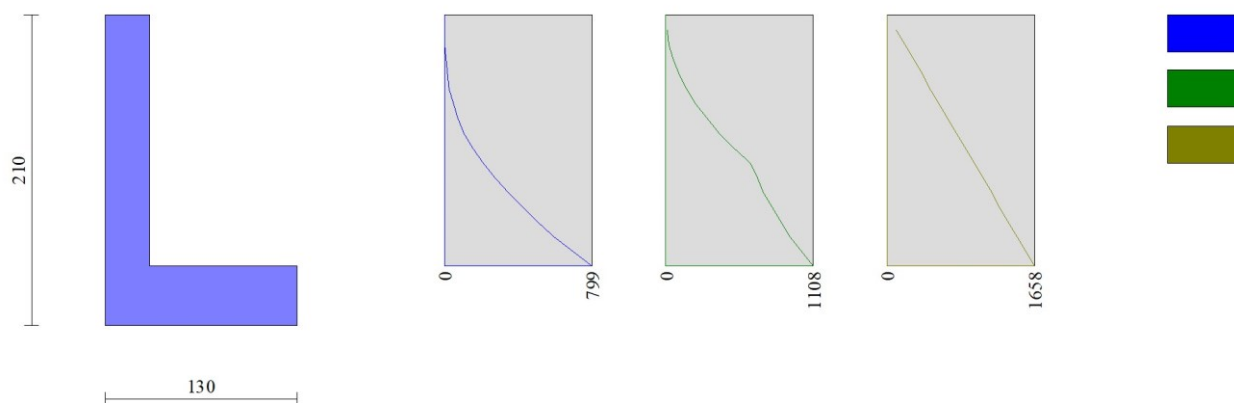


Fig. 6 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
1	0,00	0	-407	-886
2	0,10	0	-736	-828
3	0,20	0	-982	-742
4	0,30	0	-1146	-634
5	0,40	0	-1228	-515
6	0,50	0	-1228	-392
7	0,60	0	-1146	-272
8	0,70	0	-982	-165
9	0,80	0	-735	-79
10	0,90	0	-406	-21

n°	X	N	T	M
	[m]	[kg]	[kg]	[kgm]
11	1,00	0	0	0

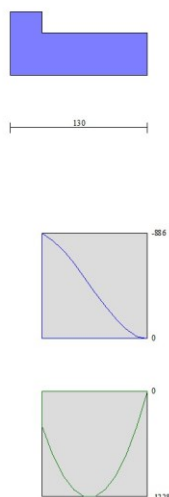


Fig. 7 - Fondazione (Involuppo)

6.4. Verifiche strutturali

6.4.1. Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mrd	momento resistente espresso in [kgm]
Nrd	sforzo normale resistente espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0,00	100	30	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
2	-0,10	100	30	8,04	8,04	0	98	0	0	100000.000
3	-0,20	100	30	8,04	8,04	2	195	7907	195	4665.201
4	-0,30	100	30	8,04	8,04	6	293	7918	293	1385.481
5	-0,40	100	30	8,04	8,04	14	390	7929	390	586.591
6	-0,50	100	30	8,04	8,04	26	488	7940	488	301.403
7	-0,60	100	30	8,04	8,04	45	585	7951	585	174.951
8	-0,70	100	30	8,04	8,04	72	683	7962	683	110.457
9	-0,80	100	30	8,04	8,04	108	780	7973	780	74.163
10	-0,90	100	30	8,04	8,04	153	878	7984	878	52.193
11	-1,00	100	30	8,04	8,04	210	975	7995	975	38.119
12	-1,10	100	30	8,04	8,04	276	1073	8006	1073	29.055
13	-1,20	100	30	8,04	8,04	346	1170	8017	1170	23.152
14	-1,30	100	30	8,04	8,04	423	1268	8028	1268	18.996
15	-1,40	100	30	8,04	8,04	505	1365	8039	1365	15.908
16	-1,50	100	30	8,04	8,04	595	1463	8050	1463	13.526
17	-1,60	100	30	8,04	8,04	693	1560	8061	1560	11.636
18	-1,69	100	30	8,04	8,04	799	1658	8072	1658	10.102

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	0,00	100	40	8,04	8,04	-886	0	-11021	0	12.440
2	0,10	100	40	8,04	8,04	-828	0	-11021	0	13.308
3	0,20	100	40	8,04	8,04	-742	0	-11021	0	14.862
4	0,30	100	40	8,04	8,04	-634	0	-11021	0	17.370
5	0,40	100	40	8,04	8,04	-515	0	-11021	0	21.398
6	0,50	100	40	8,04	8,04	-392	0	-11021	0	28.148
7	0,60	100	40	8,04	8,04	-272	0	-11021	0	40.499
8	0,70	100	40	8,04	8,04	-165	0	-11021	0	66.770
9	0,80	100	40	8,04	8,04	-79	0	-11021	0	140.314
10	0,90	100	40	8,04	8,04	-21	0	-11021	0	529.747
11	1,00	100	40	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000

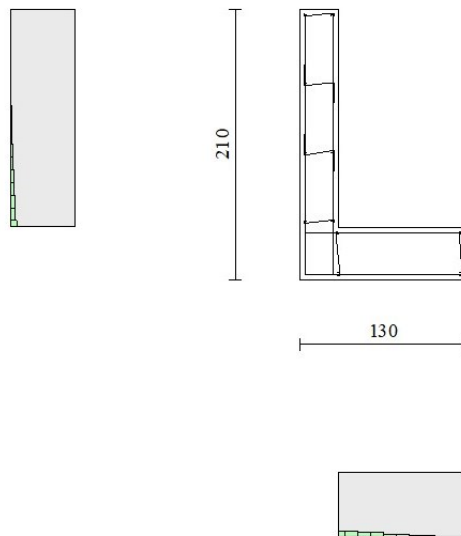


Fig. 8 - Paramento (Involuppo)

6.4.2. Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o Is) indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

B larghezza sezione espresso in [cm]

H altezza sezione espressa in [cm]

A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]

$\cot\theta$ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]

V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]

V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ($A_{sw} > 0.0$) $V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$.

T taglio agente espressa in [kg]

FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A_{sw} [cmq]	$\cot\theta$	V_{Rcd} [kg]	V_{Rsd} [kg]	V_{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14224
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14237
3	-0,20	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14250
4	-0,30	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14263
5	-0,40	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14276
6	-0,50	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14289
7	-0,60	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14303
8	-0,70	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14316
9	-0,80	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14329

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
10	-0,90	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14342
11	-1,00	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14355
12	-1,10	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14368
13	-1,20	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14382
14	-1,30	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14395
15	-1,40	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14408
16	-1,50	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14421
17	-1,60	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14434
18	-1,69	100	30	0,00	0,00	--	0	0	14447

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
2	0,10	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
3	0,20	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
4	0,30	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
5	0,40	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
6	0,50	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
7	0,60	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
8	0,70	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
9	0,80	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
10	0,90	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365
11	1,00	100	40	0,00	0,00	--	0	0	16365

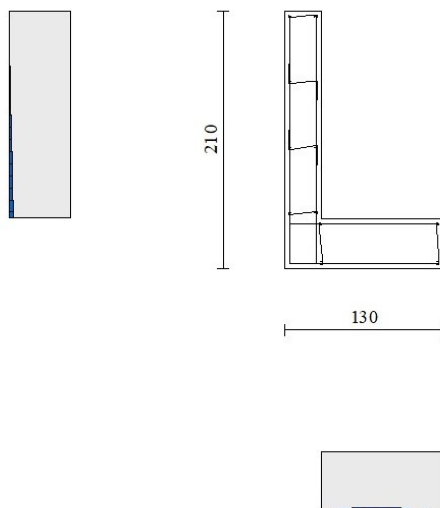


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

7. RISULTATI PER INVILUPPO

7.1. 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]

C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kg]

P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kg]	I [°]	C _x [kg]	C _y [kg]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	1568	10,89	1540	296	1,00	-1,25
	Peso/Inerzia muro			0	3348/0	0,10	-1,38
	Peso/Inerzia terrapieno			0	2938/0	0,50	-0,85

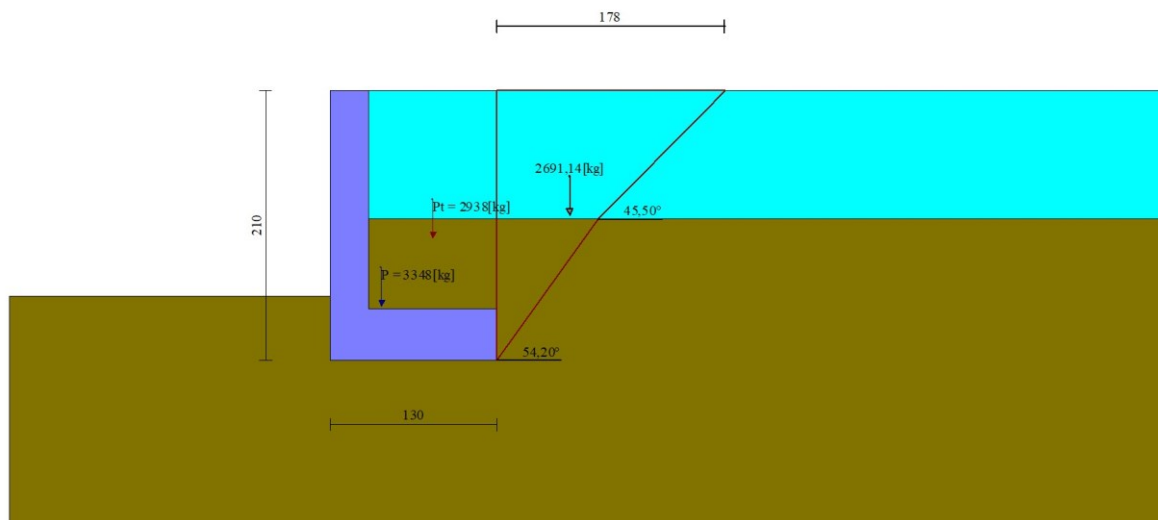


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

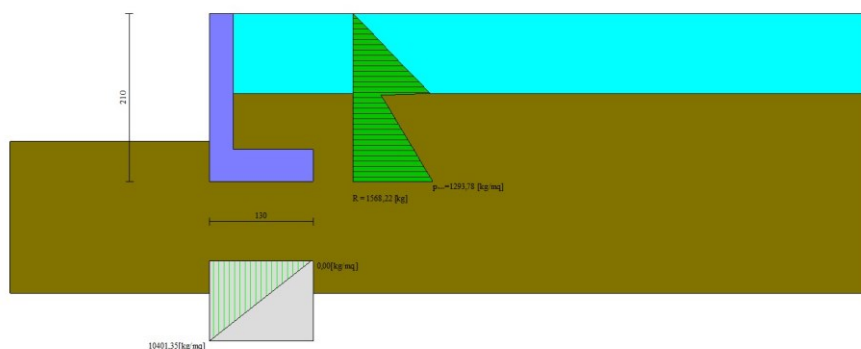


Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

7.2. 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 _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.389		1.410			
2 - GEO (A2-M2-R2)					1.810		
3 - EQU (A1-M1-R3)			2.472				

7.2.1. 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 $R_{sa}+R_{pt}+R_{ps}+R_p$), espresso in [kg]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	2139	0	0	--	--	2139	1540	1.389

7.2.2. 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	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	6582	9282	6630	1.410

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N_c, N_q, N_γ	Fattori di capacità portante
i_c, i_q, i_γ	Fattori di inclinazione del carico
d_c, d_q, d_γ	Fattori di profondità del piano di posa
g_c, g_q, g_γ	Fattori di inclinazione del profilo topografico
b_c, b_q, b_γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
s_c, s_q, s_γ	Fattori di forma della fondazione
p_c, p_q, p_γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
I_r, I_{rc}	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r_γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_\gamma N_\gamma$ 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/cm²]

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
1	23.942 13.199 9.463	0.729 0.729 0.262	1.126 1.063 1.063	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.581	1.000

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kg/mc]	[kg/cm ²]
1	0,50	1,30	1,06	1800	27.00	0,00

7.2.3. 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	Mr	FS
	[kgm]	[kgm]	
3 - EQU (A1-M1-R3)	3229	1306	2.472

7.2.4. 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	R	FS
	[m]	[m]	
2 - GEO (A2-M2-R2)	-0,50; 1,50	3,91	1.810

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/cm ²]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm ²]
Tx; Ty	Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kg/cm ²]

n°	W	Qy	Qf	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg]
1	56	0	0	3,12 - 0,24	62.582	0.800	0,00	0,000	
2	156	0	0	0,24	56.640	0.800	0,00	0,000	
3	240	0	0	0,24	50.650	0.800	0,00	0,000	
4	347	0	0	0,24	45.358	22.177	0,00	0,000	
5	444	0	0	0,24	40.527	22.177	0,00	0,000	
6	527	0	0	0,24	36.026	22.177	0,00	0,000	
7	597	0	0	0,24	31.770	22.177	0,00	0,000	
8	656	0	0	0,24	27.704	22.177	0,00	0,000	
9	719	0	0	0,24	23.784	22.177	0,00	0,000	
10	816	0	0	0,24	19.980	22.177	0,00	0,000	
11	850	0	0	0,24	16.267	22.177	0,00	0,000	
12	877	0	0	0,24	12.622	22.177	0,00	0,000	
13	911	0	0	0,24	9.029	22.177	0,00	0,000	
14	1389	0	0	0,24	5.472	22.177	0,00	0,000	
15	577	0	0	0,24	1.935	22.177	0,00	0,000	
16	349	0	0	0,24	-1.593	22.177	0,00	0,000	
17	343	0	0	0,24	-5.128	22.177	0,00	0,000	
18	331	0	0	0,24	-8.683	22.177	0,00	0,000	
19	311	0	0	0,24	-12.272	22.177	0,00	0,000	
20	285	0	0	0,24	-15.911	22.177	0,00	0,000	
21	252	0	0	0,24	-19.617	22.177	0,00	0,000	
22	211	0	0	0,24	-23.411	22.177	0,00	0,000	
23	161	0	0	0,24	-27.318	22.177	0,00	0,000	
24	102	0	0	0,24	-31.369	22.177	0,00	0,000	
25	33	0	0	-2,90 - 0,24	-34.104	22.177	0,00	0,000	

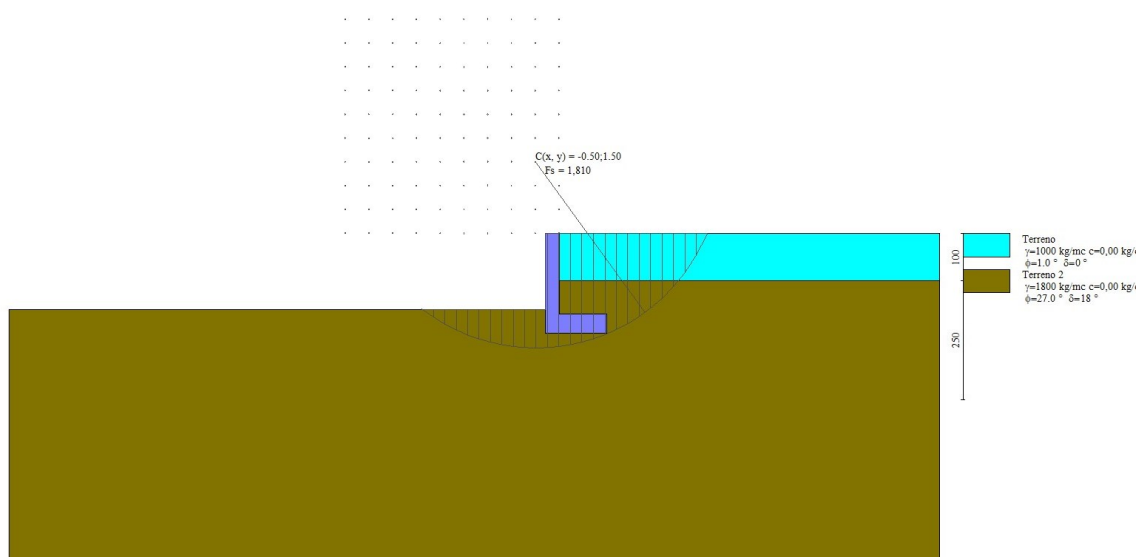


Fig. 12 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

7.3. Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

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)

La posizione delle sezioni di verifica fa riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

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	98	98	6	6	0	0
3	-0,20	195	195	25	25	2	2
4	-0,30	293	293	57	57	6	6
5	-0,40	390	390	101	101	14	14
6	-0,50	488	488	158	158	26	26
7	-0,60	585	585	227	227	45	45
8	-0,70	683	683	308	308	72	72
9	-0,80	780	780	402	402	108	108
10	-0,90	878	878	509	509	153	153
11	-1,00	975	975	628	628	210	210
12	-1,10	1073	1073	682	682	276	276
13	-1,20	1170	1170	734	734	346	346
14	-1,30	1268	1268	794	794	423	423

n°	X [m]	Nmin [kg]	Nmax [kg]	Tmin [kg]	Tmax [kg]	Mmin [kgm]	Mmax [kgm]
15	-1,40	1365	1365	861	861	505	505
16	-1,50	1463	1463	936	936	595	595
17	-1,60	1560	1560	1018	1018	693	693
18	-1,70	1658	1658	1108	1108	799	799

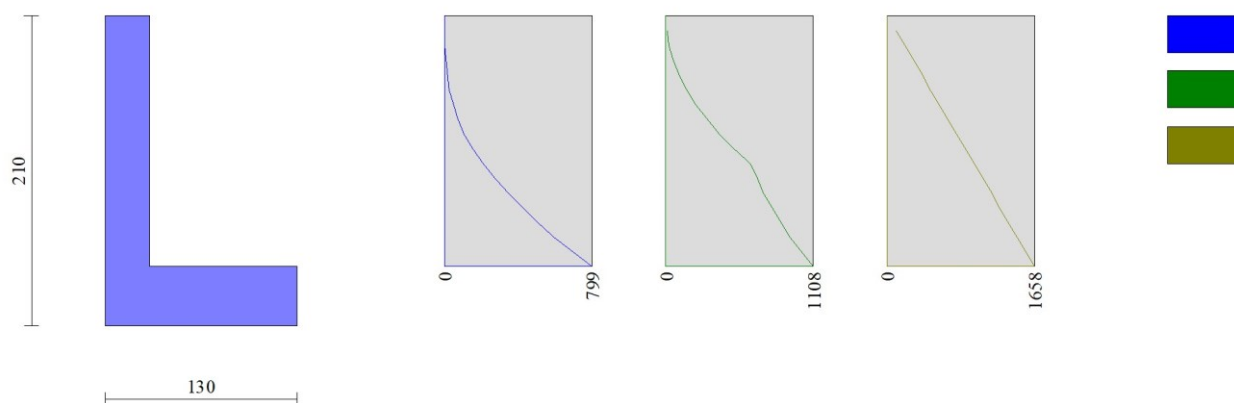


Fig. 13 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kg]	Nmax [kg]	Tmin [kg]	Tmax [kg]	Mmin [kgm]	Mmax [kgm]
1	0,00	0	0	-407	-407	-886	-886
2	0,10	0	0	-736	-736	-828	-828
3	0,20	0	0	-982	-982	-742	-742
4	0,30	0	0	-1146	-1146	-634	-634
5	0,40	0	0	-1228	-1228	-515	-515
6	0,50	0	0	-1228	-1228	-392	-392
7	0,60	0	0	-1146	-1146	-272	-272
8	0,70	0	0	-982	-982	-165	-165
9	0,80	0	0	-735	-735	-79	-79
10	0,90	0	0	-406	-406	-21	-21
11	1,00	0	0	0	0	0	0

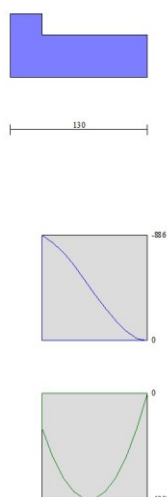


Fig. 14 - Fondazione (Inviluppo)

7.4. Verifiche strutturali

7.4.1. Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espresso in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente espressa in [kg]
Mrd	momento resistente espresso in [kgm]
Nrd	sforzo normale resistente espresso in [kg]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	100	30	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
2	100	30	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000
3	100	30	8,04	8,04	2	195	7907	195	4665.201
4	100	30	8,04	8,04	6	293	7918	293	1385.481
5	100	30	8,04	8,04	14	390	7929	390	586.591
6	100	30	8,04	8,04	26	488	7940	488	301.403

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
7	100	30	8,04	8,04	45	585	7951	585	174.951
8	100	30	8,04	8,04	72	683	7962	683	110.457
9	100	30	8,04	8,04	108	780	7973	780	74.163
10	100	30	8,04	8,04	153	878	7984	878	52.193
11	100	30	8,04	8,04	210	975	7995	975	38.119
12	100	30	8,04	8,04	276	1073	8006	1073	29.055
13	100	30	8,04	8,04	346	1170	8017	1170	23.152
14	100	30	8,04	8,04	423	1268	8028	1268	18.996
15	100	30	8,04	8,04	505	1365	8039	1365	15.908
16	100	30	8,04	8,04	595	1463	8050	1463	13.526
17	100	30	8,04	8,04	693	1560	8061	1560	11.636
18	100	30	8,04	8,04	799	1658	8072	1658	10.102

Fondazione

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	Mrd	Nrd	FS
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	100	40	8,04	8,04	-886	0	-11021	0	12.440
2	100	40	8,04	8,04	-828	0	-11021	0	13.308
3	100	40	8,04	8,04	-742	0	-11021	0	14.862
4	100	40	8,04	8,04	-634	0	-11021	0	17.370
5	100	40	8,04	8,04	-515	0	-11021	0	21.398
6	100	40	8,04	8,04	-392	0	-11021	0	28.148
7	100	40	8,04	8,04	-272	0	-11021	0	40.499
8	100	40	8,04	8,04	-165	0	-11021	0	66.770
9	100	40	8,04	8,04	-79	0	-11021	0	140.314
10	100	40	8,04	8,04	-21	0	-11021	0	529.747
11	100	40	8,04	8,04	0	0	0	0	100000.000

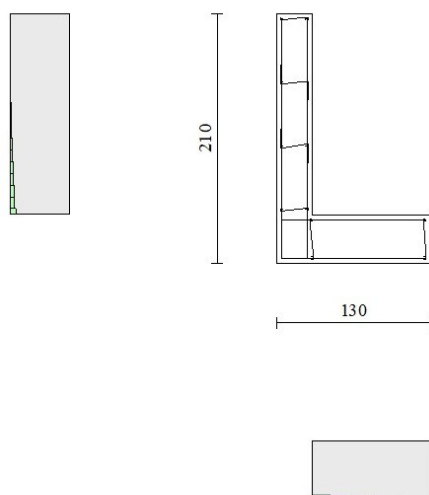


Fig. 15 - Paramento (Inviluppo)

7.4.2. Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o Is) indice sezione

Y ordinata sezione espressa in [m]

B larghezza sezione espresso in [cm]

H altezza sezione espressa in [cm]

A_{sw} area ferri a taglio espresso in [cmq]

cotθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

V_{Rcd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]

V_{Rsd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]

V_{Rd} resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A_{sw}>0.0) V_{Rd}=min(V_{Rcd}, V_{Rsd}).

T taglio agente espressa in [kg]

FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	100	30	0,00	--	0	0	14224	0	100.000
2	100	30	0,00	--	0	0	14237	6	2240.089
3	100	30	0,00	--	0	0	14250	25	560.540
4	100	30	0,00	--	0	0	14263	57	250.045
5	100	30	0,00	--	0	0	14276	101	141.266
6	100	30	0,00	--	0	0	14289	158	90.696
7	100	30	0,00	--	0	0	14303	227	63.118
8	100	30	0,00	--	0	0	14316	308	46.450
9	100	30	0,00	--	0	0	14329	402	35.613
10	100	30	0,00	--	0	0	14342	509	28.173
11	100	30	0,00	--	0	0	14355	628	22.847
12	100	30	0,00	--	0	0	14368	682	21.076
13	100	30	0,00	--	0	0	14382	734	19.588
14	100	30	0,00	--	0	0	14395	794	18.128
15	100	30	0,00	--	0	0	14408	861	16.727
16	100	30	0,00	--	0	0	14421	936	15.405
17	100	30	0,00	--	0	0	14434	1018	14.175
18	100	30	0,00	--	0	0	14447	1108	13.041

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	100	40	0,00	--	0	0	16365	-407	40.225
2	100	40	0,00	--	0	0	16365	-736	22.250
3	100	40	0,00	--	0	0	16365	-982	16.665
4	100	40	0,00	--	0	0	16365	-1146	14.277
5	100	40	0,00	--	0	0	16365	-1228	13.322
6	100	40	0,00	--	0	0	16365	-1228	13.323
7	100	40	0,00	--	0	0	16365	-1146	14.279
8	100	40	0,00	--	0	0	16365	-982	16.672
9	100	40	0,00	--	0	0	16365	-735	22.266
10	100	40	0,00	--	0	0	16365	-406	40.294
11	100	40	0,00	--	0	0	16365	0	100.000

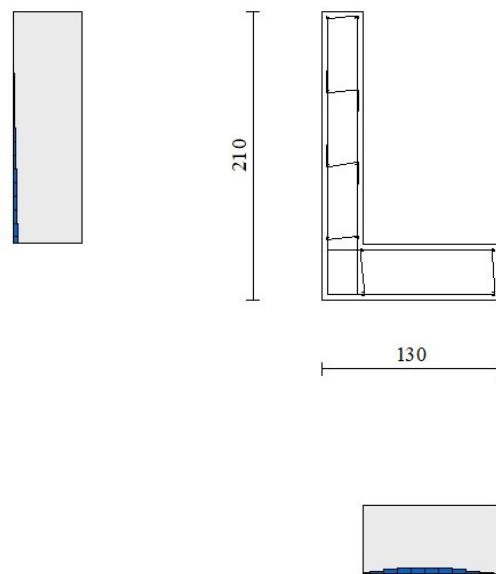


Fig. 16 - Paramento (Inviluppo)

8. ELENCO FERRI

Simbologia adottata

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

Paramento

n°	Tipo	nf	D	L	P _f	P _{gf}	V _{cls}
			[mm]	[m]	[kg]	[kg]	[mc]
1	Diritto inferiore	4	16,00	0,39	0,62	2,49	
2	Diritto superiore	4	16,00	1,68	2,65	10,59	
3	Diritto superiore	4	16,00	0,39	0,62	2,49	
4	Diritto inferiore	4	16,00	1,68	2,65	10,59	
5	Ripartitore	8	16,00	1,00	1,58	12,63	
6	Gancio	10	16,00	0,42	0,67	6,67	
	Totale al metro					45,46	0,51
	Totale					454,56	5,10

Fondazione

n°	Tipo	nf	D	L	P _f	P _{gf}	V _{cls}
			[mm]	[m]	[kg]	[kg]	[mc]
1	Diritto superiore	4	16,00	1,26	1,98	7,93	
2	Diritto inferiore	4	16,00	1,26	1,98	7,93	
3	Ripartitore	4	16,00	1,00	1,58	6,31	
4	Gancio	6	16,00	0,42	0,66	3,96	
	Totale al metro					26,14	0,52
	Totale					209,98	5,20

Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario	Importo
			[Euro]	[Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	5,10	72.30	368.73
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	5,20	61.97	322.24
Acciaio per armatura	[kg]	664,54	0.90	598.09
Casseformi	[mq]	34.00	13.94	473.96
Scavo a sezione obbligata	[mc]	6,50	9.30	60.45
Totale muro				1823,47
Totale				1823,47

9. DICHIARAZIONI SECONDO NTC 2018 (PUNTO 10.2)

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	IDRACON - STUDIO ASSOCIATO D'INGEGNERIA
Licenza	AIU6172KR

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.