
committente**COMUNE DI ALPAGO**

via Roma 31
32016 Alpago (BL)

R.U.P.
ing. Luca Facchin

progettazione opere stradali

planum

Planum Srl - via Daniele Manin, 53
30174 Venezia-Mestre - Italia
tel +39 041 927320
www.planum.com - info@planum.com

progettista

arch. ing. Alessandro Checchin

collaboratori

ing. Davide Fasan
dott. urb. Alberto Azzolina

progettazione strutture

Studio di ingegneria Cargnel
via Feltre, 147 - 32036 Sedico (BL)
tel +39 0437 852255
www.studiocargnel.it - info@studiocargnel.it

progettista

ing. Leo Cargnel

oggetto

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE
DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI
MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED
INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO**

località

ALPAGO (BL)

elaborato

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

Scala -**direttore tecnico**

arch. ing. Alessandro Checchin

0D.01

file

P22039-A-10-0D.01-RCS-r00

commessa

P22039

rev	data
0	30/05/2025 Prima emissione

rev	data
-----	------

rev	data
-----	------

redatto	verificato	approvato
ALU	DFA	ACH

redatto	verificato	approvato
---------	------------	-----------

redatto	verificato	approvato
---------	------------	-----------

1. PREMESSA

La presente relazione di progetto definitivo riguarda il 2° e 3° stralcio di completamento nel progetto di "Miglioramento della viabilità comunale ed intercomunale Pieve-Plois" a Pieve d'Alpago, superando gli attuali limiti della viabilità esistente che nell'attraversamento del centro abitato di Pieve d'Alpago è compromessa da restringimenti di carreggiata in corrispondenza di abitazioni e di tratti a notevole pendenza.

L'intervento, in particolare, si pone in continuità con il tronco iniziale che è in fase di completamento. Nel presente progetto si ricalca in buona parte quanto proposto dell'ing. Leo Cargnel nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica datato marzo 2021, ma si prevede inoltre la sistemazione dell'intersezione tra la nuova viabilità di progetto via Roma e via de Filip alcune modifiche progettuali all'asse come precedentemente concepito e che ne comportano un aumento dei costi realizzativi.

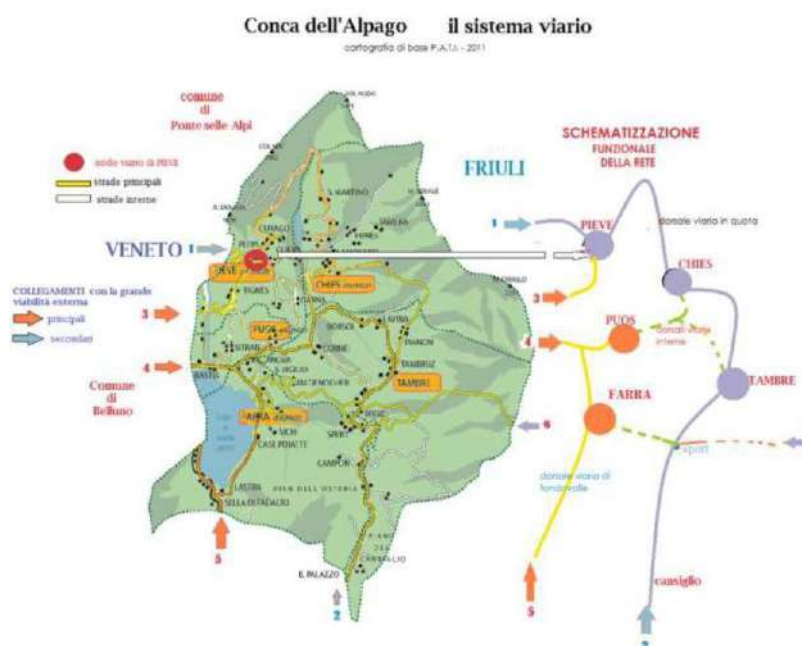


Figura 1: Schema viario dell'Alpago

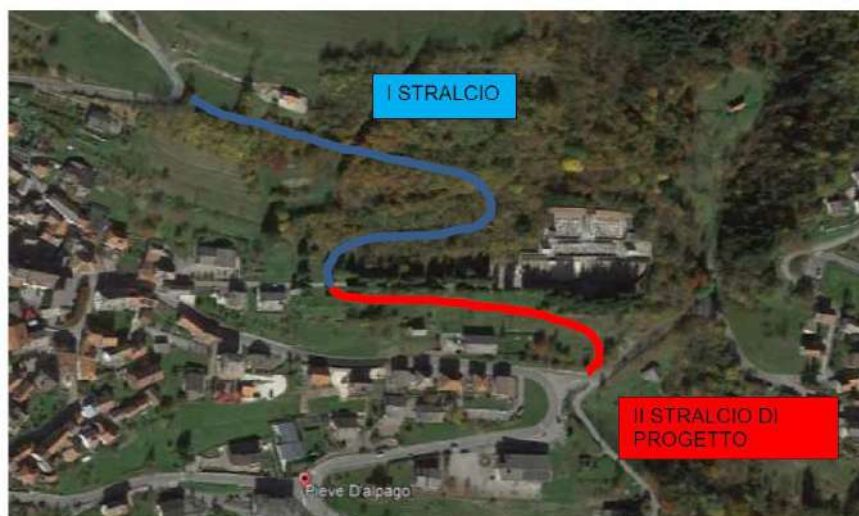
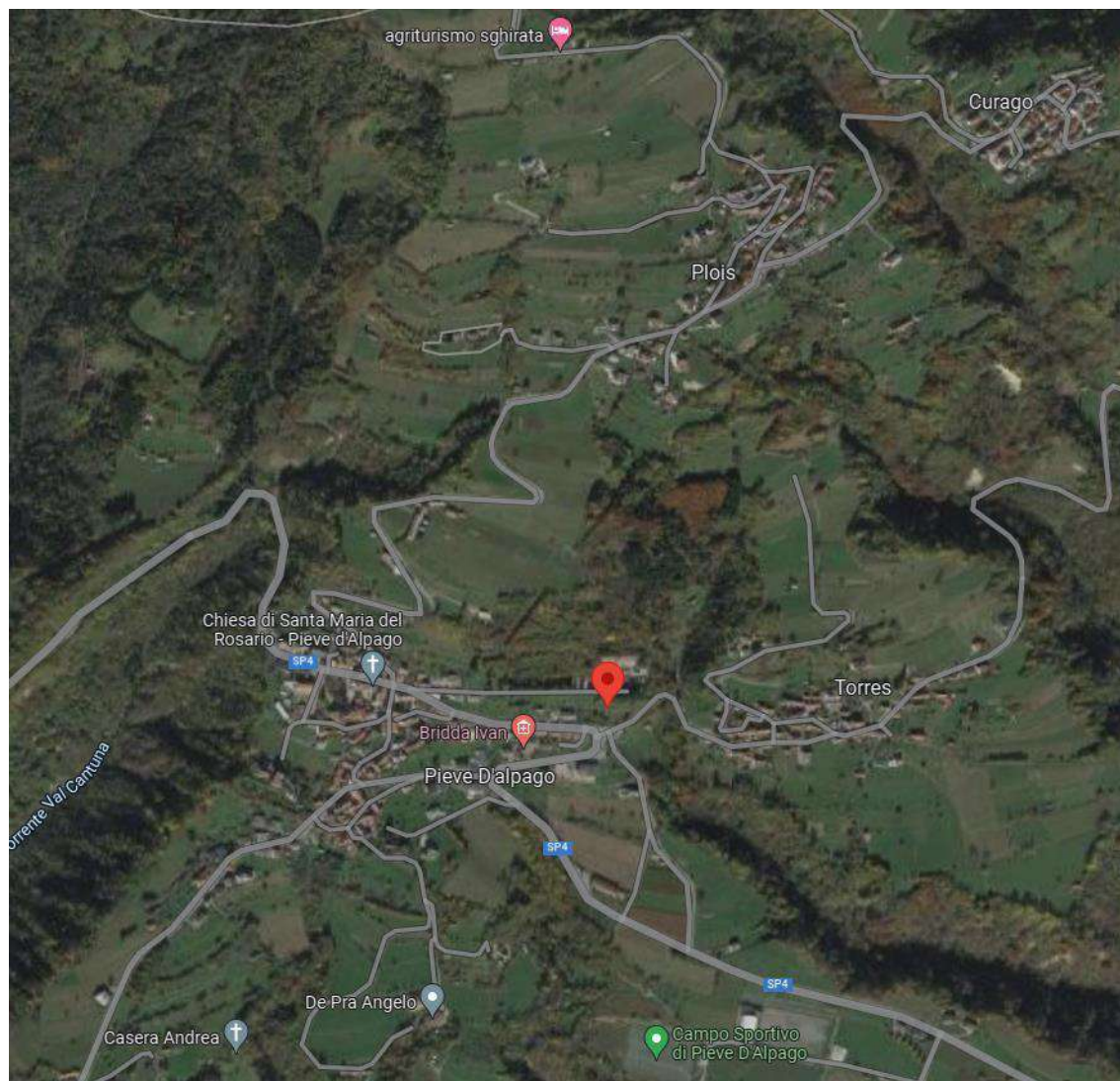


Figura 2: I e II stralcio nuova viabilità

1.1 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO



46°10'03.2"N 12°21'25.6"E

46.167544, 12.357108

1.2 . PRESTAZIONI DI PROGETTO, CLASSE DELLA STRUTTURA, VITA UTILE E PROCEDURE DI QUALITÀ

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate comunemente dal progettista e dal committente. A tal fine è stata posta attenzione al tipo della struttura, al suo uso e alle possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone.

La classe della struttura è di tipo 2 a cui corrisponde una vita nominale $VN \geq 50$ anni (D.M. 17.01.2018, par. 2.4.1).

In presenza di azioni sismiche si assegna alla costruzione una classe d'uso II (D.M. 17.01.2018, par. 2.4.2).

Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguiti tutti gli inderogabili suggerimenti previsti nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni 2018".

1.3 DESCRIZIONE DEI LAVORI

La proposta progettuale prevede:

- La realizzazione di una **nuova viabilità** di circa 175 m di lunghezza che si innesta su via del Cimitero, in continuità con la viabilità del I stralcio.
- La **sistemazione dell'intersezione** tra la nuova viabilità di progetto, via Roma (SP 4) e via de Filip con realizzazione di una rotatoria.

La strada risulta in un primo tratto a mezza costa (sezione tipologica A) mentre nella seconda parte in trincea (sezione tipologica B). Nel primo tratto a mezza costa si prevede la realizzazione di una terra armata sul lato di valle, mentre nel tratto in trincea di prevede la realizzazione di una berlinese tirantata di tipo provvisorio per il sostegno dello scavo con successiva costruzione di un muro di sostegno in c.a.

Ai lati della carreggiata il progetto prevede l'utilizzo di cunette alla francese per la raccolta acque meteoriche.

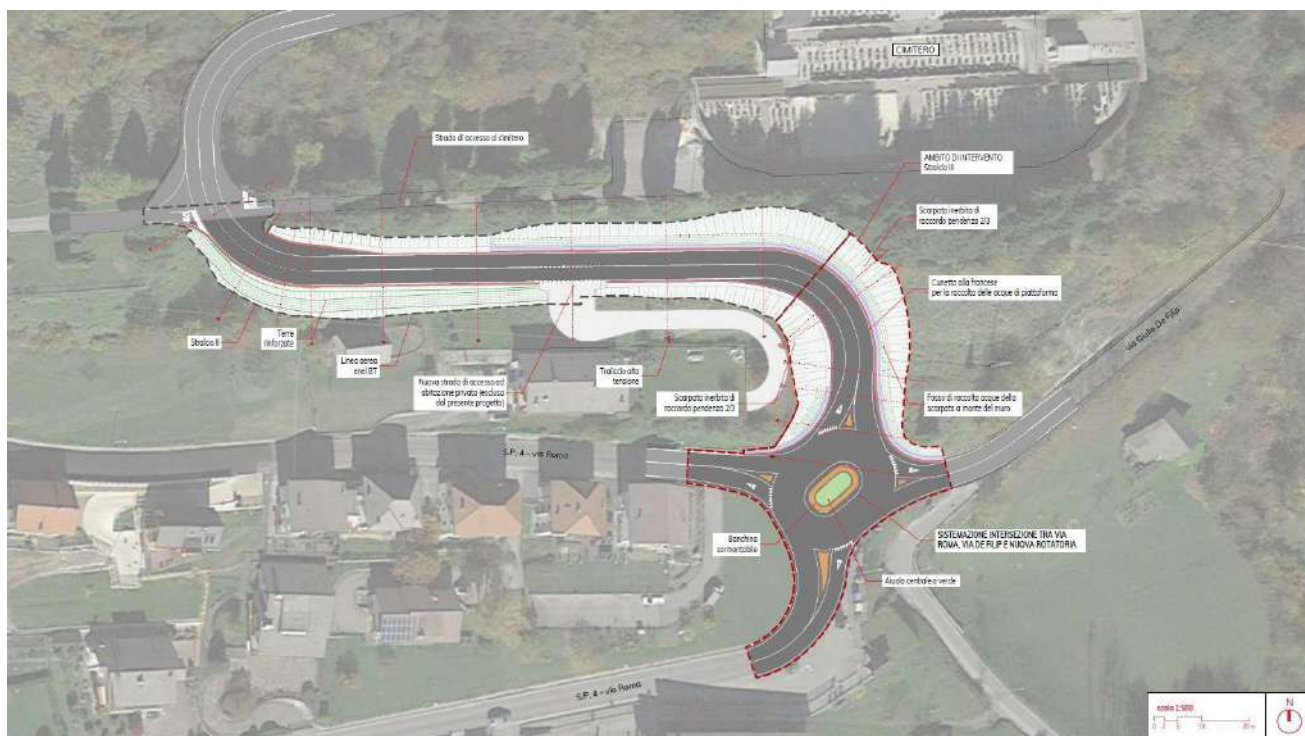


Figura 3 Planimetria generale di progetto

2. LEGISLAZIONE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato sviluppato nell'osservanza della vigente Normativa Tecnica, ed in particolare:

2.1 STRUTTURA

- Legge 05 novembre 1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n°3274 del 20/03/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 14/01/2008: Norme tecniche per le Costruzioni.
- D.M. 17/01/2018: Norme tecniche per le Costruzioni.
- Circolare M.LL.PP. 02 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- UNI EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio -Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-1:2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica -Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

2.2 CARICHI E SOVRACCARICHI

- D.M. 14/01/2008: Norme tecniche per le Costruzioni.
- Circolare M.LL.PP. 02 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- D.M. 17/01/2018: Norme tecniche per le Costruzioni.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

2.3 TERRENI E FONDAZIONI

- D.M. 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circ. MIN.LL.PP. N.30483 del 24 settembre 1988: Istruzioni 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre.
- D.M. 14/01/2008: Norme tecniche per le Costruzioni.
- D.M. 17/01/2018: Norme tecniche per le Costruzioni.
- Circolare M.LL.PP. 02 febbraio 2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Salvo indicazioni diverse espressamente indicate negli elaborati grafici, sono previsti i seguenti materiali:

3.1 ACCIAIO PER C.A.

Riferimenti normativi: D.M. 17.01.2018, par. 11.3.2;

Acciaio per C.A. B450C	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
f_{tk} tensione nominale a carico massimo:	$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$
f_{td} tensione di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 391.3 \text{ MPa}$

L'acciaio impiegato deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 11.3.Ib:

Tab. 11.3.Ib

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo f_{tk}	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
	$< 1,35$	
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.3.2.3. del D.M. 17.01.2018.

3.2 ACCIAIO TUBOLARI DI ARMATURA MICROPALI

Riferimenti normativi: D.M. 17.01.2018, par. 11.3.4;

Acciaio S275	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$
f_{tk} tensione nominale a carico massimo:	$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$
f_{td} tensione di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.05 = 261.9 \text{ MPa}$

3.3 ACCIAIO TREFOLI PER TIRANTI

Riferimenti normativi: D.M. 17.01.2018, par. 11.3.3;

Acciaio armonico da precompressione	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$f_{yk} = 1670 \text{ MPa}$
f_{tk} tensione nominale a carico massimo:	$f_{tk} = 1860 \text{ MPa}$

3.4 CALCESTRUZZO

Riferimenti normativi:

- D.M. 17.01.2018, par. 11.2;
- UNI EN 206-1/2006;
- UNI 11104.

Tipologia strutturale:	Malta per micropali
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	C 20/25 N/mm ² (250 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Bagnato, raramente asciutto ; direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenuti agenti disgelanti ; esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti
Classe di esposizione:	XC2 – XD3 – XF1
Rapporto acqua/cemento max:	0.45
Classe di consistenza:	S4 (Fluida)
Diametro massimo aggregati:	20mm

Tipologia strutturale:	Muro di sostegno
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	C 25/30 N/mm ² (300 daN/cm ²)
Condizioni ambientali:	Bagnato, raramente asciutto ; direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenuti agenti disgelanti ; esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.5
Classe di consistenza:	S4 (Fluida)
Diametro massimo aggregati:	20mm

legenda:

f_{ck} (resistenza cilindrica a compressione);	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$;
f_{cd} (resistenza di calcolo a compressione);	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$
f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione);	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$;
$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm}$;	
$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	per classi $\leq C50/60$
$f_{ctm} = 2.12 * \ln[1 + f_{cm}/10]$	per classi $> C50/60$

Altri Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati	
Ritiro (valori stimati):	0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate); 0.10mm/m (strutture armate).
Rigonfiamento in acqua (valori stimati):	0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).
Dilatazione termica:	$10 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.
Viscosità	$\Phi = 1.70$.

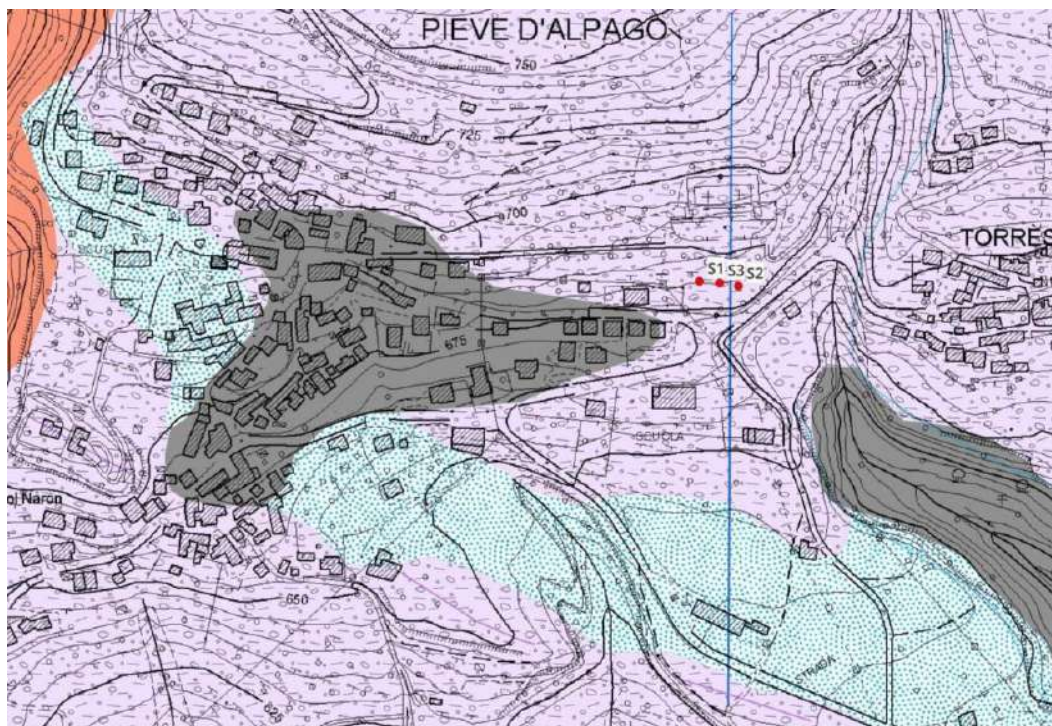
3.5 INDAGINI GEOLOGICHE E MODELLO GEOTECNICO

3.5.1. PREMESSA

Le relazioni geologiche assunte come riferimento nelle verifiche geotecniche risultano redatte dal dott. geol. Matteo Isotton, di "ALPIGEO - SOCIETÀ COOPERATIVA", e dal dott. geol. Mario Cabriel, entrambe per conto di "Son.Geo s.r.l."

Le indagini geognostiche svolte risultano :

- 3 x CAROTAGGI CONTINUI CON PROVE SPT



3.5.2. CONSIDERAZIONI NORMATIVE

Secondo quanto riportato al punto 6.5.3.1 NTC 2018 nel presente elaborato verranno riportate le seguenti:

- SLU di tipo strutturale (STR)
 - o raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.
- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - o scorrimento sul piano di posa;
 - o collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
 - o ribaltamento;
 - o stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici.

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_V	γ_V	1,0	1,0

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale ⁽¹⁾	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

⁽¹⁾ da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

Tab. 6.6.I - Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

Al fine di assicurare che le fondazioni risultino compatibili con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione, nell'elaborato si riportano i valori degli spostamenti nelle combinazioni di carico per gli SLE.

3.5.3. PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

La situazione stratigrafica evidenziata dalle indagini è la seguente:

	till di ablazione	till di alloggiamento
Profondità dal p.c.	0 – 5 m	5 – 12 m
Grado di addensamento	Discreto	Elevato
Peso per unità di volume	18.00 – 19.00 kN/m ³	17.00 – 18.00 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	24° - 27°	18° - 22°
Coesione	5-10 kPa	15-20 kPa
Modulo elastico	45-55 MPa	25-35 MPa

Si assume una costante di sottofondo pari a 0.6 daN/cm²

I sondaggi hanno evidenziato la presenza di terreni saturi in acqua ad una profondità di circa 3.5 metri dal piano campagna. Si esclude tuttavia la presenza di una falda intesa come tavola d'acqua che non può essere presente date le caratteristiche morfologiche e stratigrafiche del pendio; a testimonianza di tale aspetto è anche l'assenza di particolari evidenze di emersione idriche in corrispondenza del sottostante muro di contenimento, alto più di 3.5 metri. Tali acque seguono il gradiente morfologico locale.

3.5.4. METODO DI BUSTAMANTE-DOIX PER IL CALCOLO DEI TIRANTI DI ANCORAGGIO

La capacità portante del fusto della lunghezza di ancoraggio del tirante attivo, viene valutato attraverso la relazione di Bustamante-Doix di seguito espressa:

$$Ql = \sum_i \pi \cdot Ds_i \cdot s_i \cdot l_{si}$$

Dove

$$Ds = \alpha \cdot D$$

α ; coefficiente di espansione laterale.

D; diametro di perforazione (pari al diametro esterno della barra auto perforante).

S_i ; tensione tangenziale.

l_{si} ; lunghezza di ancoraggio.

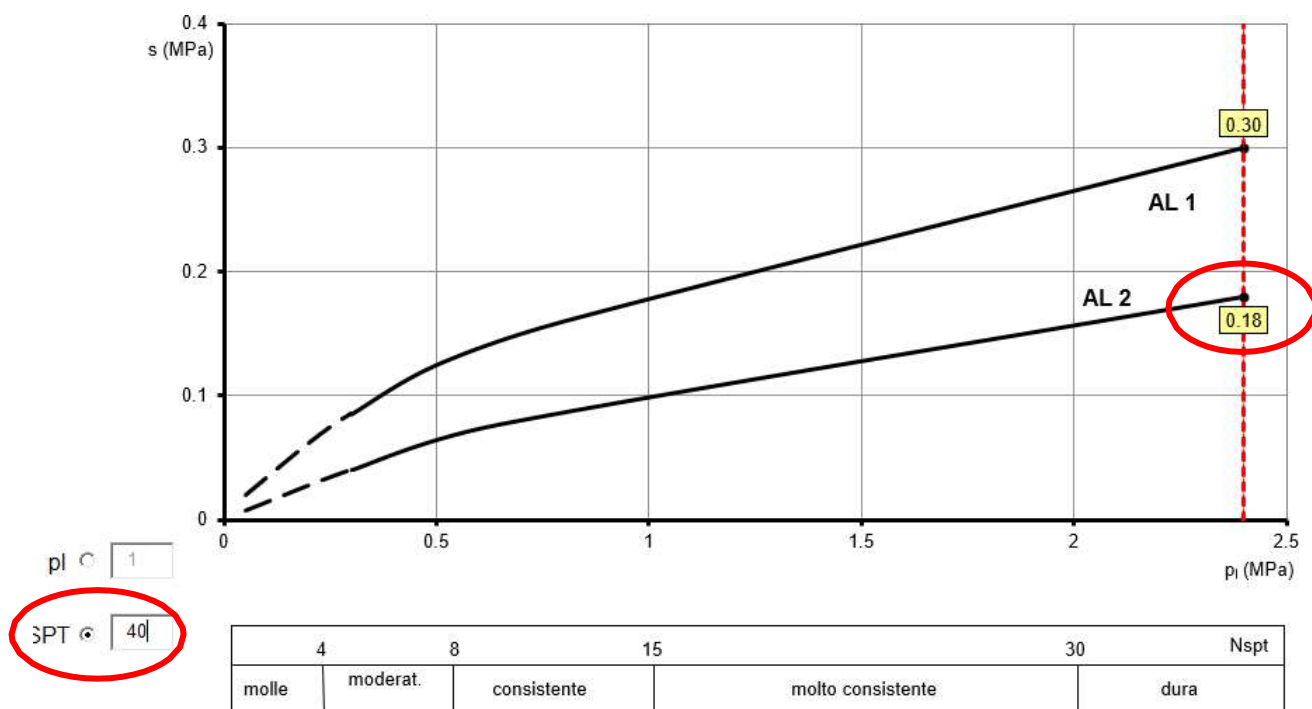
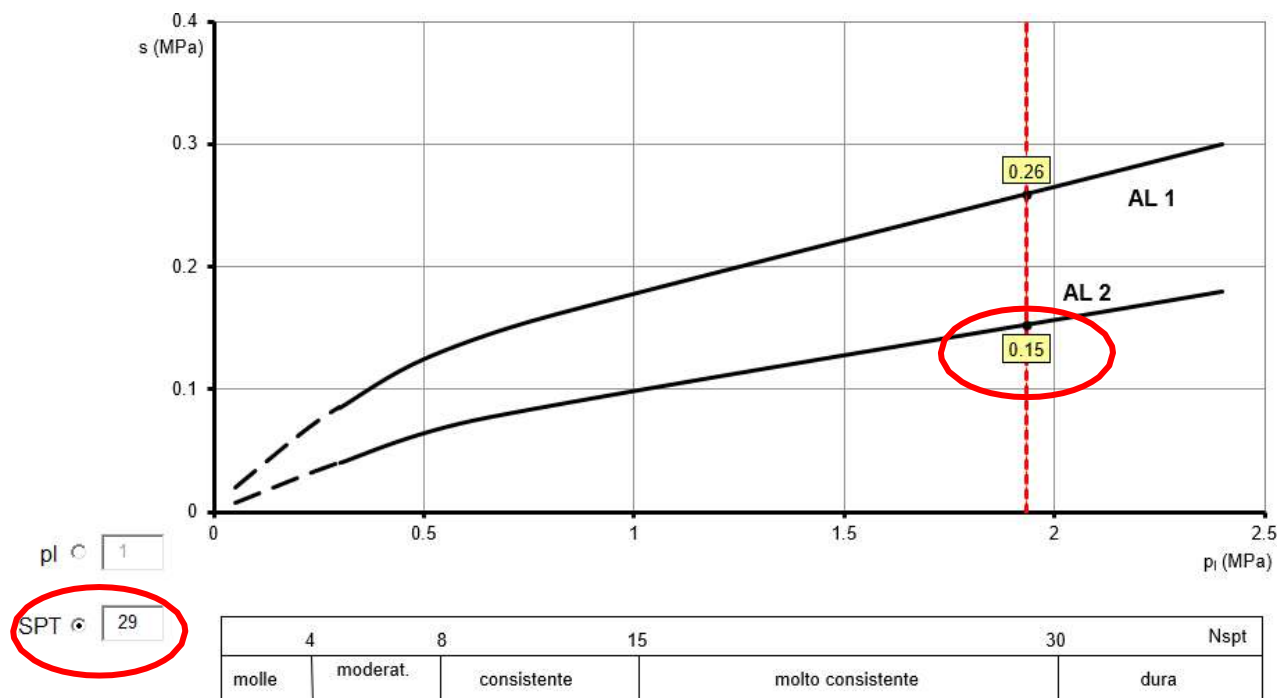
Per il caso in esame il valore della tensione tangenziale di resistenza tirante-terreno è stato assunto in funzione del numero dei colpi minore ricavato dalle prove Nspt per le due tipologie di terreni presenti in sito, riportati nelle indagini geotecniche.

Il numero di colpi minore è risultato pari a 29 per il till di ablazione ricavando $s = 0.15 \text{ MPa}$ e 40 per il till di alloggiamento ricavando $s = 0.18 \text{ MPa}$.

Sono di seguito riportati i grafici di Bustamante-Doix utilizzati per ricavare la resistenza a sfilamento.

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA



4. AZIONI DI CALCOLO

4.1 AZIONI PERMANENTI SULLA STRUTTURA

G1 - Peso proprio elementi strutturali	
componenti	peso(daN/mc)
Peso calcestruzzo	2500
Peso acciaio	7850

4.2 SPINTA DEL TERRENO

4.2.1. SPINTA TERRAPIENO (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.

4.2.2. 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.

4.2.3. 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 q .

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.

4.3 CARICO DA TRAFFICO

Per la sola verifica della terra armata è stato considerato un carico da traffico distribuito sulla totalità della carreggiata pari a $q=20$ kPa. Il carico da traffico incrementa la spinta preesistente del terreno di un contributo di spinta costante pari a $S=k_a \cdot q \cdot H$, con k_a coefficiente di spinta attiva ed H altezza dell'opera di sostegno.

4.4 AZIONE SISMICA

4.4.1. TERRENO DEL SITO - PARAMETRISISMICI

4.4.1.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Secondo il punto 3.2.2 delle NTC 2018 per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per il caso in esame si può assumere una categoria topografica T2

4.4.1.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In base alla sommatoria delle velocità sui 30 m di profondità si è assunta la **CATEGORIA E**, ovvero: "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m."

4.4.2. PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

L'azione sismica è stata applicata alla struttura in conformità alle disposizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018).

LONGITUDINE: 12.35711 LATITUDINE: 46.16754

REGIONE: Piemonte PROVINCIA: Torino COMUNE: Agliè

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
Sito esterno al reticolo
Interpolazione su 3 nodi
Interpolazione corretta

Interpolazione:
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

4.4.3. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N		<input type="text" value="50"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U		<input type="text" value="1"/>	info

Valori di progetto			
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R		<input type="text" value="50"/>	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R			info
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>	
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>	
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>	
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>	

Elaborazioni	
Grafici parametri azione	<input type="checkbox"/>
Grafici spettri di risposta	<input type="checkbox"/>
Tabella parametri azione	<input type="checkbox"/>

LEGENDA GRAFICO	
---□---	Strategia per costruzioni ordinarie
---■---	Strategia scelta

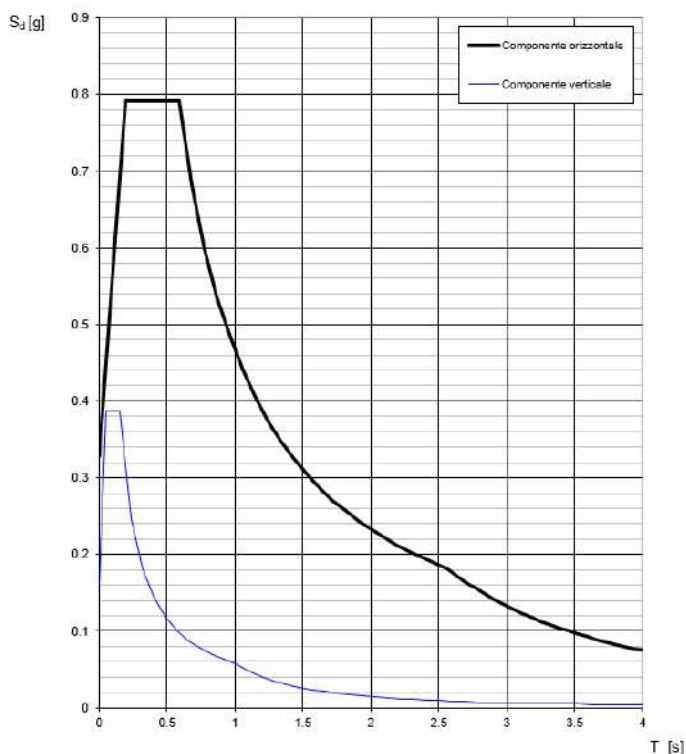
Strategia di progettazione	

4.4.4. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO:

Risposta sismica locale							
Categoria di sottosuolo	<input type="text" value="E"/>	info	$S_B =$	<input type="text" value="1.359"/>	$C_G =$	<input type="text" value="1.798"/>	info
Categoria topografica	<input type="text" value="T2"/>	info	$h/H =$	<input type="text" value="0.000"/>	$S_T =$	<input type="text" value="1.000"/>	info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)							

4.4.4.1 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO $q=1$: STATO LIMITE SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Parametri indipendenti

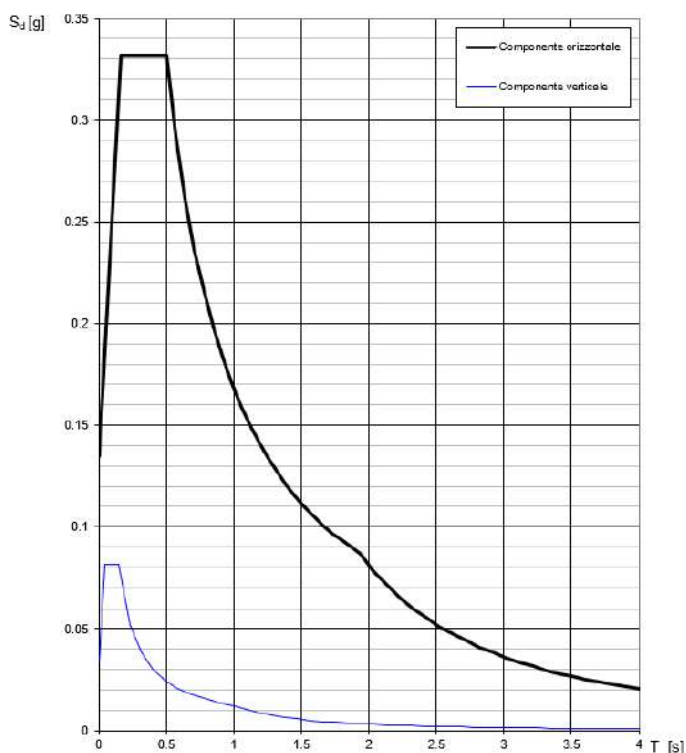
STATO LIMITE	SLV
a_g	0.242 g
F_o	2.411
T_C^*	0.327 s
S_S	1.359
C_C	1.798
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.359
η	1.000
T_B	0.196 s
T_C	0.588 s
T_D	2.567 s

4.4.4.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO : STATO LIMITE SLD

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



Parametri indipendenti

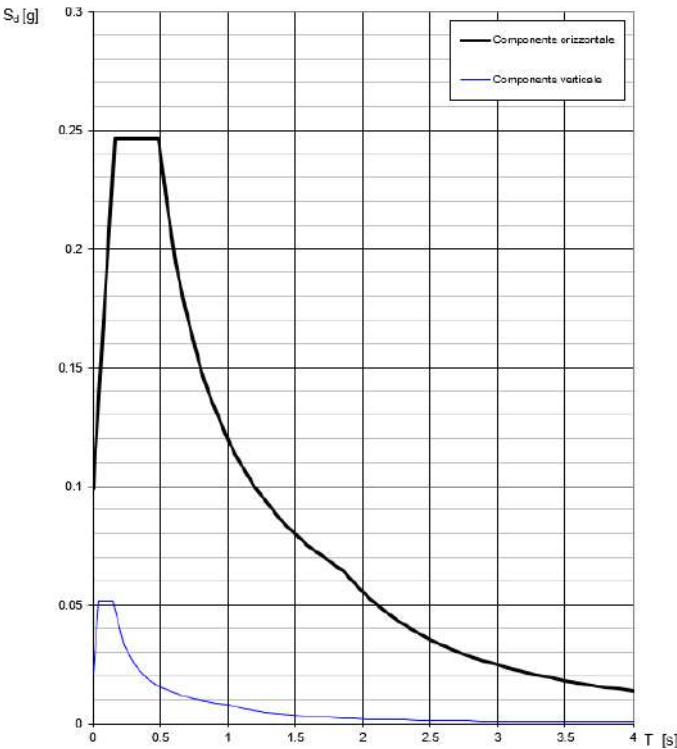
STATO LIMITE	SLD
a_g	0.084 g
F_o	2.457
T_C^*	0.254 s
S_S	1.600
C_C	1.989
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.600
η	1.000
T_B	0.169 s
T_C	0.506 s
T_D	1.938 s

4.4.4.3 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO : STATO LIMITE SLO

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0.062 g
F_o	2.491
T_C^*	0.238 s
S_S	1.600
C_C	2.043
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.600
η	1.000
T_B	0.162 s
T_C	0.486 s
T_D	1.848 s

5. CALCOLO E VERIFICHE BERLINESE TIRANTATA

5.1 METODO DI ANALISI

5.1.1. CALCOLO DELLA PROFONDITA' DI INFISSIONE

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto, il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (Centro di rotazione) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K _{am}	diagramma della spinta attiva agente da monte
K _{av}	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K _{pm}	diagramma della spinta passiva agente da monte
K _{pv}	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \text{ e } D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

5.2 TIRANTI DI ANCORAGGIO

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano N lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, c_a l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, D il diametro e L_f la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed H la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove d è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli ($\omega = 1 - 0.075 [n \text{ trefoli} - 1]$).

Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo.

Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di L_f si deve aggiungere la lunghezza di franco L che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione β , che rappresenta il rapporto fra lo sforzo N_0 al momento del tiro e lo sforzo N in esercizio

$$\beta = \frac{N_0}{N}$$

5.3 ANALISI AD ELEMENTI FINITI

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti, questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_f , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

5.4 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (costante di Winkler). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b = 100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m = m \cdot b$.

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliente nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliente ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

5.5 MODALITA' DI ANALISI E COMPORTAMENTO ELAST-PLASTICO DEL TERRENO

Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale $K=u \cdot p$ (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riasssemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riasssemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (metodo di Riks).

L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. È possibile dunque sapere quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

5.6 ANALISI PER FASI DI SCAVO

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verrà inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.

Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.

Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata una fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.

5.7 VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare, il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n [c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

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 a_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e φ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

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

5.8 ANALISI DEI PALI

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare, bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

QT portanza totale del palo

QP portanza di base del palo

QL portanza per attrito laterale del palo

WP peso proprio del palo

e le due componenti QP e QL sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo QA applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left(cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B \gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

A_p è l'area portante efficace della punta del palo

c è la coesione

q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo

γ è il peso specifico del terreno

D è il diametro del palo

N'_c, N'_q, N'_γ sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_s \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno

δ è l'angolo di attrito palo-terreno

g è il peso specifico del terreno

z è la generica quota a partire dalla testa del palo

L è la lunghezza del palo

P è il perimetro del palo

K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

6. CALCOLO E VERIFICHE TERRA ARMATA

6.1 DESCRIZIONE VERIFICHE

6.1.1. 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

$$M_s / M_r \geq \eta_r$$

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 d è positivo, ribaltante se d è negativo. d 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.

6.1.2. 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

$$F_r / F_s \geq \eta_s$$

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

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

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento. Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, d_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di d_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

6.1.3. 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:

$$Q_u / R \geq \eta_q$$

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen. Cambia solo il fattore N_g e l'espressione di alcuni coefficienti. Di seguito sono riportate per intero tutte le espressioni:

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $f=0$

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

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

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

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

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

Fattori di forma

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

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

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

$$s_g = 1 - 0.4 B/L$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro k come:

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

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

I vari coefficienti si esprimono come:

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

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

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

$$d_g = 1$$

Fattori di inclinazione del carico

Definito il parametro:

$$m = (2 + B/L) / (1 + B/L)$$

$$i_c = 1 - (m H) / (A_r c_a N_c) \quad \text{per } f = 0$$

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

$$i_q = [1 - H / (V + A_r c_a \cot f)]^m$$

$$i_g = [1 - H / (V + A_r c_a \cot f)]^{m+1}$$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

$$b_c = h^\circ / 147^\circ \quad \text{per } f=0$$

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

$$b_q = b_g = (1 - h \cdot \text{tg} f)^2$$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con b la pendenza del pendio i fattori g si ottengono dalle espressioni seguenti:

$$g_c = b^\circ / 147^\circ \quad \text{per } f=0$$

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

$$g_q = g_g = (1 - \text{tg} b)^2$$

6.1.4. VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE

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

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

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

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

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

dove il termine m è espresso da

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

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

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

6.2 VERIFICHE INTERNE

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

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

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

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

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

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

In termini di forza si ha:

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

L_{scor} : Lunghezza del rinforzo;

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

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{scor}}/S \geq F_{S_{\text{scor}}}$$

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

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

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

In termini di forza si ha:

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

L_{sfil} : Lunghezza del rinforzo;

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

La verifica è soddisfatta se:

$$T_{\text{sfil}}/S \geq F_{S_{\text{sfil}}}$$

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

$$P / T \geq F_{S_{\text{traz}}}$$

con P resistenza ammissibile impiegata per il dimensionamento:

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

$LTDS$: resistenza di progetto a lungo termine;

T : sforzo agente nel rinforzo.

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

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

con fds coeff. di resistenza allo scorrimento.

In termini di forza si ha:

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

L_{risv}: Lunghezza del rinforzo;

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

La verifica è soddisfatta se:

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

6.2.1. VERIFICHE COMPOSTE

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

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

6.3 COEFFICIENTI PARZIALI ADOTTATI

Simbologia adottata

g_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
g_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
g_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
g_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$g_{tanf'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$g_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
g_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
g_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
g_g	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	g_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	g_{Gsfav}	1.30	1.30	1.00
Permanenti NS	Favorevole	g_{Gfav}	0.80	0.80	0.80
Permanenti NS	Sfavorevole	g_{Gsfav}	1.50	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	g_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	g_{Qsfav}	1.50	1.50	1.30
Variabili TF	Favorevole	g_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili TF	Sfavorevole	g_{Qsfav}	1.35	1.35	1.15

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$g_{tanf'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$g_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	g_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	g_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	g_g	1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	g_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	g_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	g_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	g_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$g_{tanf'}$	1.00	1.00
Coesione efficace	$g_{c'}$	1.00	1.00
Resistenza non drenata	g_{cu}	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	g_{qu}	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	g_g	1.00	1.00

Verifiche esterne - Coefficienti parziali g_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

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

Verifiche interne - Coefficienti di sicurezza richiesti

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

Verifiche compound - Coefficienti di sicurezza richiesti

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

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
g	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
g _{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito interno del terreno espresso in [°]
d	Angolo di attrito palo-terreno espresso in [°]
c	Coesione del terreno espressa in [kPa]
ca	Adesione del terreno espressa in [kPa]

Descrizione	g [kN/mc]	g _{sat} [kN/mc]	f [°]	d [°]	c [kPa]	ca [kPa]
Terreno 1	18,0000	19,0000	27.000	18.000	10,0	5,0
Terreno 2	17,0000	18,0000	22.000	14.670	20,0	4,5
Terreno 3	18,0000	19,0000	30.000	20.000	10,0	5,0

6.4 STRATIGRAFIA TERRENO SPINGENTE

Simbologia adottata

n°	Identificativo strato
Sp	Spessore dello strato, espresso in [m]
a	Inclinazione dello strato, espresso in [°]
Terreno	Terreno dello strato

n°	Sp [m]	a [°]	Terreno
1	5,00	0.000	Terreno 1
2	3,00	0.000	Terreno 2

6.5 PROFILO TERRENO

6.5.1. PROFILO TERRENO A MONTE

Simbologia adottata

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

n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
1	13,00	0,00	2	--	--	3	--	--	4	--	--

6.5.2. PROFILO TERRENO A VALLE

Quota terreno rispetto al piano di posa	[m]	0,25
Inclinazione terreno a valle	[°]	18.000

6.6 CARATTERISTICHE RINFORZI

Simbologia adottata

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

Rinforzo	LTDS [kN/m]	FS _{DG}	FS _{DC}	FS _{DB}	FS _{DA}	LTDS _A [kN/m]
Rinforzo 1	200,0000	1.00	1.00	1.00	1.30	153,8462

6.6.1. GEOMETRIA TERRA ARMATA

Simbologia adottata

Il sistema di riferimento è il punto in alto a destra della terra armata

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

Materiale di riempimento della terra armata: **Terreno 3**

n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]	n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	0,00	2	-1,00	0,00	3	-2,00	-2,25	4	0,00	-2,25

Descrizione rinforzi della Terra armata

Simbologia adottata

n°	Indice rinforzo
Y	Quota del rinforzo
Rinforzo	Identificativo del rinforzo
L	Lunghezza del rinforzo, espresso in [m]
L _{rv}	Lunghezza tratto di risvolto verticale (facciata del risvolto), espresso in [m]
L _{ro}	Lunghezza tratto di risvolto orizzontale (interno del risvolto), espresso in [m]
F _{ds}	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a scorrimento diretto
F _{po}	Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a sfilamento del rinforzo dal terreno

n°	Y [m]	Rinforzo	L [m]	L _{rv} [m]	L _{ro} [m]	F _{ds}	F _{po}
1	-1,00	Rinforzo 1	1,44	0,35	1,20	0,90	0,90
2	-1,50	Rinforzo 1	1,67	0,35	1,20	0,90	0,90
3	-2,00	Rinforzo 1	1,89	0,35	1,20	0,90	0,90

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN/m]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato
Y ₀ , Y ₁ , Y ₂	Coefficienti di combinazione

Condizione n° 1 - Carico da traffico * VARIABILE TF - (Carico da traffico)

Carichi distribuiti

X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN/m]	Q _f [kN/m]
0,60	6,00	20,0000	20,0000

Coeff. di combinazione

Ic	Descrizione	Y ₀	Y ₁	Y ₂
1	Carico da traffico	0.70	0.50	0.20

Opzioni di calcolo

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

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

Per le verifiche interne sono stati analizzati i meccanismi:

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

6.7 DESCRIZIONI DELLE COMBINAZIONI DI CARICO

Simbologia adottata

g Coefficiente di partecipazione della condizione
Y Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.30	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
Carico da traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - EQU

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
Carico da traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - EQU - Sisma Vert. positivo

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - EQU - Sisma Vert. negativo

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STAB

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Carico da traffico	1.30	1.00	Sfavorevole

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Combinazione n° 8 - STAB - Sisma Vert. positivo

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STAB - Sisma Vert. negativo

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLE (Quasi Permanente)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Carico da traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLE (Rara)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Carico da traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLE (Frequente)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Carico da traffico	1.00	1.00	Sfavorevole

6.8 SINTESI FATTORI DI SICUREZZA

6.8.1. VERIFICHE ESTERNE

Simbologia adottata

IC	Indice della combinazione
FS _{Rib}	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS _{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS _{Qlim}	Fattore di sicurezza a carico limite
FS _{Stab}	Fattore di sicurezza a stabilità globale

IC	FS _{Scor}	FS _{Qlim}	FS _{Rib}	FS _{Stab}
1	2.882	5.631	--	--
2	2.596	8.016	--	--
3	2.616	9.373	--	--
4	--	--	15.738	--
5	--	--	4.219	--
6	--	--	2.986	--
7	--	--	--	1.525
8	--	--	--	1.966
9	--	--	--	1.878
10	4.877	7.947	--	--
11	4.877	7.947	--	--
12	4.877	7.947	--	--

6.8.2. VERIFICHE INTERNE

Simbologia adottata

n°	Indice rinforzo
FS _{Scor}	Fattore di sicurezza a scorrimento
FS _{Sfil}	Fattore di sicurezza a sfilamento
FS _{Traz}	Fattore di sicurezza a trazione
FS _{ScorR}	Fattore di sicurezza a scorrimento del risvolto

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Combinazione n° 1

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	100.000	100.000	100.000	1000.000
2	100.000	100.000	100.000	1000.000
3	1837.170	3674.341	8177.132	866.353

Combinazione n° 2

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	21.888	43.777	984.224	40.784
2	75.675	151.349	818.178	53.064
3	63.014	126.028	366.823	29.896

Combinazione n° 3

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	34.168	68.336	1913.881	79.307
2	146.764	293.529	1652.033	107.144
3	128.055	256.110	747.354	60.908

Combinazione n° 10

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	100.000	100.000	100.000	1000.000
2	100.000	100.000	100.000	1000.000
3	100.000	100.000	100.000	1000.000

Combinazione n° 11

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	100.000	100.000	100.000	1000.000
2	100.000	100.000	100.000	1000.000
3	100.000	100.000	100.000	1000.000

Combinazione n° 12

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	100.000	100.000	100.000	1000.000
2	100.000	100.000	100.000	1000.000
3	100.000	100.000	100.000	1000.000

6.8.3. VERIFICHE COMPOSTE

Simbologia adottata

IC Indice della combinazione
FS_{Comp} Coefficiente di sicurezza a stabilità locale (compound)

IC	FS _{Comp}
1	4.996
2	5.077
3	4.542
10	5.286
11	5.286
12	5.286

6.9 VERIFICHE ESTERNE

6.9.1. RISULTATI DI SPINTA

Simbologia adottata

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

n°	Descrizione	S [kN]	So [kN]	Sv [kN]	P [m]	Is [°]
1	Spinta statica	13,51	12,84	4,17	0,00; -1,69	18,00
2	Spinta statica	0,54	0,51	0,17	0,00; -2,10	18,00
	Incremento sismico	2,64	2,51	0,82	0,00; -0,75	
3	Spinta statica	0,54	0,51	0,17	0,00; -2,10	18,00
	Incremento sismico	1,30	1,24	0,40	0,00; -0,75	
10	Spinta statica	6,55	6,23	2,03	0,00; -1,78	18,00
11	Spinta statica	6,55	6,23	2,03	0,00; -1,78	18,00
12	Spinta statica	6,55	6,23	2,03	0,00; -1,78	18,00

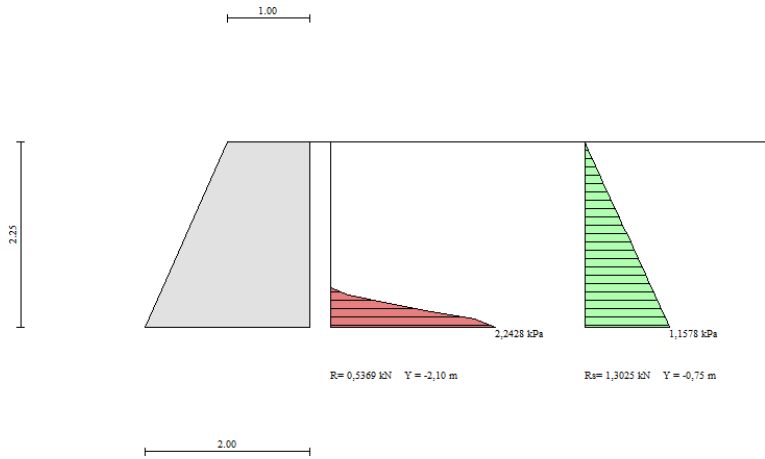


Figura 11: Spinta sisma verticale negativo (A1+M1)

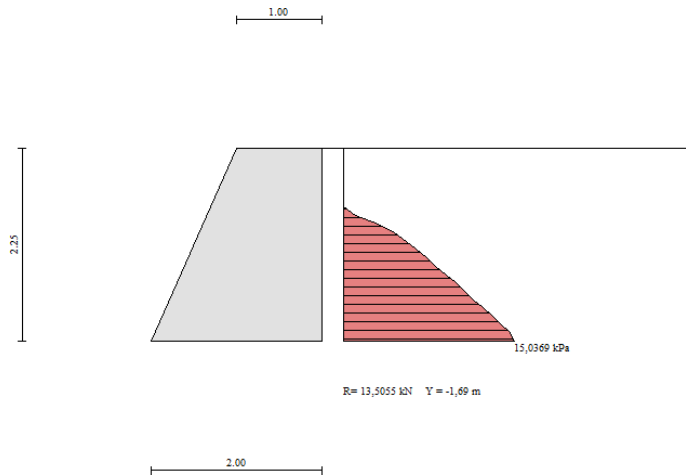


Figura 12: Sezione in condizioni statiche (A1+M1)

6.9.2. RISULTANTI AL PIANO DI POSA

Simbologia adottata

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

n°	Rp [kN]	b [°]	Rn [kN]	Rt [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]	e [m]	Mr [kNm]	Ms [kNm]
1	84,13	8.78	83,15	12,84	12,84	83,15	-0,175		
2	67,40	10.38	66,29	12,15	12,15	66,29	-0,038		
3	57,79	10.84	56,76	10,87	10,87	56,76	-0,035		
4	64,74	8.81	63,97	9,92	9,92	63,97	-0,181	5,13	80,70
5	71,63	15.03	69,18	18,58	18,58	69,18	0,054	20,33	85,79
6	57,20	16.68	54,80	16,42	16,42	54,80	0,077	25,46	76,03
10	63,08	5.67	62,78	6,23	6,23	62,78	-0,200		
11	63,08	5.67	62,78	6,23	6,23	62,78	-0,200		
12	63,08	5.67	62,78	6,23	6,23	62,78	-0,200		

6.9.3. VERIFICA AL CARICO LIMITE

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Pv [kPa]	Pm [kPa]	Lr [m]	Nc	Nq	N _g	N'c	N'q	N' _g
1	83,15	468,21	19,8	63,3	2,00	23.94	13.20	14.47	18.04	5.19	4.77
2	66,29	531,42	29,4	36,9	2,00	23.94	13.20	14.47	17.63	5.09	4.61
3	56,76	531,96	25,4	31,4	2,00	23.94	13.20	14.47	17.60	5.08	4.59
10	62,78	498,85	12,5	50,2	2,00	23.94	13.20	14.47	19.57	5.59	5.44
11	62,78	498,85	12,5	50,2	2,00	23.94	13.20	14.47	19.57	5.59	5.44
12	62,78	498,85	12,5	50,2	2,00	23.94	13.20	14.47	19.57	5.59	5.44

6.9.4. STABILITÀ GLOBALE TERRA ARMATA + TERRENO

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Is	Indice della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
a	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
f	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
l	lunghezza della base della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in [kN]
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kN]
Rt, Rn	Resistenza tangenziale e normale del rinforzo alla base della striscia espressa in [kN]

Combinazione n° 7

Superficie di scorrimento n° 35 - $F_s = 1.53$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	EI [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
1	0,34	-10.556	22.177	80000	0,27	0	0,64	1,53	0,00	1,62	0,00	0,00
2	0,98	-7.483	22.177	80000	0,27	0	1,21	1,69	1,62	3,45	0,00	0,00
3	1,54	-4.445	22.177	80000	0,27	0	1,69	1,83	3,45	5,41	0,00	0,00
4	2,04	-1.429	22.177	80000	0,27	0	2,09	1,96	5,41	7,42	0,00	0,00
5	2,95	1.581	22.177	80000	0,27	0	2,89	2,21	7,42	9,55	0,00	0,00
6	5,65	4.599	22.177	80000	0,27	0	5,44	2,93	9,55	12,03	0,00	0,00
7	8,46	7.640	22.177	80000	0,27	0	8,06	3,67	12,03	14,60	0,00	0,00
8	11,03	11.153	22.177	80000	0,28	0	10,41	4,34	14,60	16,84	0,00	0,00
9	11,40	14.349	22.177	80000	0,28	0	10,66	4,41	16,84	18,47	0,00	0,00
10	11,03	17.503	22.177	80000	0,28	0	10,23	4,30	18,47	19,49	0,00	0,00
11	10,58	20.732	24.791	80000	0,29	0	9,63	4,51	19,49	20,30	0,00	0,00
12	10,04	24.052	22.177	80000	0,30	0	9,20	4,00	20,30	20,20	0,00	0,00
13	9,40	27.479	22.177	80000	0,30	0	8,58	3,83	20,20	19,64	0,00	0,00
14	8,67	31.030	22.177	80000	0,32	0	10,73	4,29	19,64	17,79	0,00	0,00
15	7,82	34.718	22.177	80000	0,33	0	14,23	4,98	17,79	13,78	0,00	0,00
16	6,84	38.558	22.177	80000	0,35	0	13,42	4,71	13,78	9,10	0,00	0,00
17	5,72	42.560	22.177	80000	0,37	0	12,47	4,43	9,10	3,93	0,00	0,00
18	4,41	46.848	22.177	80000	0,39	0	11,29	4,16	3,93	-1,46	0,00	0,00
19	2,88	52.081	22.177	80000	0,44	0	9,79	3,93	-1,46	-6,77	0,00	0,00
20	1,04	56.883	22.177	80000	0,49	0	7,64	3,77	-6,77	-11,11	0,00	0,00

Combinazione n° 8

Superficie di scorrimento n° 14 - $F_s = 1.97$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	EI [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
1	0,68	-19.700	27.000	100000	0,35	0	1,44	1,96	0,00	2,23	0,00	0,00
2	1,98	-15.785	27.000	100000	0,35	0	2,58	2,25	2,23	4,80	0,00	0,00
3	3,12	-12.001	27.000	100000	0,34	0	3,51	2,52	4,80	7,53	0,00	0,00
4	4,12	-8.313	27.000	100000	0,34	0	4,27	2,77	7,53	10,27	0,00	0,00
5	4,99	-4.689	27.000	100000	0,33	0	4,87	2,99	10,27	12,89	0,00	0,00
6	5,72	-0.779	27.000	100000	0,33	0	5,33	3,17	12,89	15,28	0,00	0,00
7	6,32	3.635	27.000	100000	0,33	0	5,66	3,33	15,28	17,29	0,00	0,00
8	6,79	7.245	27.000	100000	0,34	0	5,92	3,45	17,29	18,95	0,00	0,00
9	7,12	10.910	27.000	100000	0,34	0	6,07	3,53	18,95	20,20	0,00	0,00
10	7,31	14.659	27.000	100000	0,34	0	6,12	3,58	20,20	21,02	0,00	0,00
11	7,84	18.529	27.000	100000	0,35	0	6,48	3,71	21,02	21,30	0,00	0,00
12	11,08	22.873	27.000	100000	0,36	0	9,33	4,48	21,30	20,14	0,00	0,00
13	14,63	27.310	27.000	100000	0,37	0	12,56	5,27	20,14	16,87	0,00	0,00
14	16,45	31.586	27.000	100000	0,39	0	14,35	5,62	16,87	11,67	0,00	0,00
15	15,19	36.099	27.000	100000	0,41	0	13,34	5,27	11,67	5,79	0,00	0,00
16	13,60	40.879	27.000	100000	0,44	0	12,01	4,90	5,79	-0,41	0,00	0,00
17	11,71	46.035	27.000	100000	0,48	0	10,30	4,54	-0,41	-6,43	0,00	0,00
18	9,40	52.484	27.000	100000	0,55	0	7,97	4,26	-6,43	-11,57	0,00	0,00
19	6,50	58.717	27.000	100000	0,64	0	4,36	4,13	-11,57	-14,13	0,00	0,00
20	2,56	67.462	27.000	100000	0,87	0	-2,74	4,67	-14,13	-10,19	0,00	0,00

Combinazione n° 9

Superficie di scorrimento n° 14 - $F_s = 1.88$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	EI [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
1	0,68	-19.700	27.000	100000	0,35	0	1,60	2,05	0,00	2,37	0,00	0,00
2	1,98	-15.785	27.000	100000	0,35	0	2,95	2,35	2,37	5,14	0,00	0,00
3	3,12	-12.001	27.000	100000	0,34	0	4,05	2,64	5,14	8,10	0,00	0,00
4	4,12	-8.313	27.000	100000	0,34	0	4,94	2,90	8,10	11,06	0,00	0,00
5	4,99	-4.689	27.000	100000	0,33	0	5,65	3,12	11,06	13,88	0,00	0,00

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Is	W [kN]	α [°]	f [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	EI [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
6	5,72	-0.779	27.000	100000	0,33	0	6,20	3,32	13,88	16,43	0,00	0,00
7	6,32	3.635	27.000	100000	0,33	0	6,58	3,48	16,43	18,54	0,00	0,00
8	6,79	7.245	27.000	100000	0,34	0	6,89	3,61	18,54	20,23	0,00	0,00
9	7,12	10.910	27.000	100000	0,34	0	7,08	3,70	20,23	21,46	0,00	0,00
10	7,31	14.659	27.000	100000	0,34	0	7,14	3,75	21,46	22,18	0,00	0,00
11	7,84	18.529	27.000	100000	0,35	0	7,57	3,88	22,18	22,28	0,00	0,00
12	11,08	22.873	27.000	100000	0,36	0	10,87	4,69	22,28	20,71	0,00	0,00
13	14,63	27.310	27.000	100000	0,37	0	14,62	5,52	20,71	16,71	0,00	0,00
14	16,45	31.586	27.000	100000	0,39	0	16,70	5,88	16,71	10,50	0,00	0,00
15	15,19	36.099	27.000	100000	0,41	0	15,53	5,52	10,50	3,52	0,00	0,00
16	13,60	40.879	27.000	100000	0,44	0	14,02	5,13	3,52	-3,82	0,00	0,00
17	11,71	46.035	27.000	100000	0,48	0	12,09	4,75	-3,82	-10,98	0,00	0,00
18	9,40	52.484	27.000	100000	0,55	0	9,47	4,46	-10,98	-17,18	0,00	0,00
19	6,50	58.717	27.000	100000	0,64	0	5,43	4,32	-17,18	-20,56	0,00	0,00
20	2,56	67.462	27.000	100000	0,87	0	-2,38	4,88	-20,56	-16,87	0,00	0,00

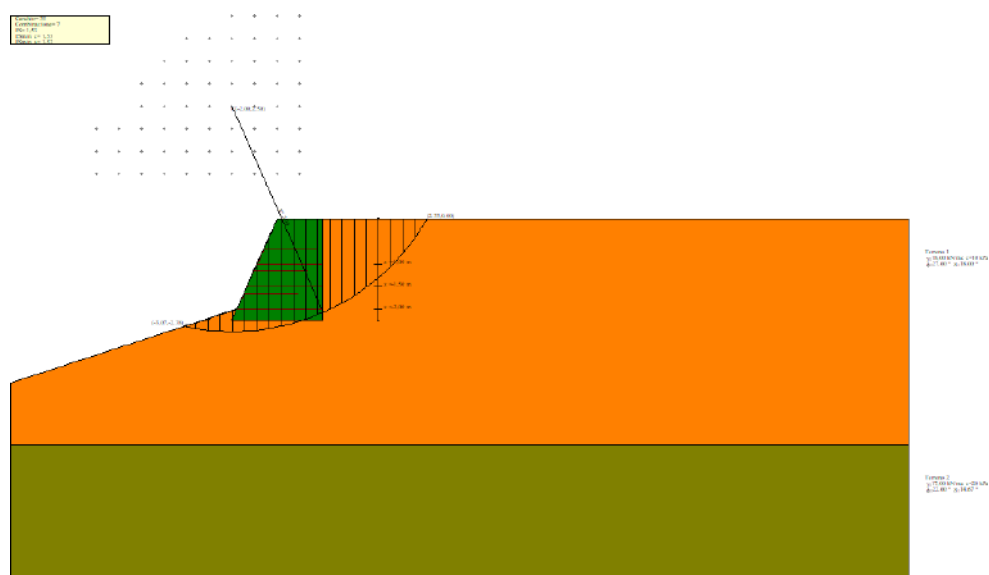


Figura 13: Cerchio critico di stabilità

6.10 MECCANISMI DI ROTTURA

Simbologia adottata

n°	Indice del rinforzo
Sf	Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kN/m]
RSCO	Resistenza allo scorrimento, espressa in [kN/m]
FSSCO	Fattore di sicurezza allo scorrimento
RSFI	Resistenza allo sfilamento, espressa in [kN/m]
FSFI	Fattore di sicurezza allo sfilamento
RTRA	Resistenza a trazione, espressa in [kN/m]
FSTRA	Fattore di sicurezza a trazione
LI, Lf	Lunghezza libera e di fondazione, espresse in [m]

Meccanismo rottura planare

Combinazione n° 1

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	RSFI [kN/m]	FSFI	RTRA [kN/m]	FSTRA	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	6,7023	100.000	13,4046	100.000	153,8462	100.000	0,89	0,55
2	0,0000	20,2570	100.000	40,5140	100.000	153,8462	100.000	0,54	1,13
3	0,0188	34,5649	1837.170	69,1298	3674.341	153,8462	8177.132	0,18	1,71

Combinazione n° 2

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	RSFI [kN/m]	FSFI	RTRA [kN/m]	FSTRA	LI [m]	Lf [m]
1	0,1563	3,4214	21.888	6,8429	43.777	153,8462	984.224	1,08	0,37
2	0,1880	14,2295	75.675	28,4590	151.349	153,8462	818.178	0,65	1,02
3	0,4194	26,4281	63.014	52,8561	126.028	153,8462	366.823	0,22	1,67

Combinazione n° 3

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	RSFI [kN/m]	FSFI	RTRA [kN/m]	FSTRA	LI [m]	Lf [m]
1	0,0804	2,7466	34.168	5,4932	68.336	153,8462	1913.881	1,15	0,29
2	0,0931	13,6675	146.764	27,3350	293.529	153,8462	1652.033	0,69	0,98
3	0,2059	26,3607	128.055	52,7214	256.110	153,8462	747.354	0,23	1,66

Combinazione n° 10

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	RSFI [kN/m]	FSFI	RTRA [kN/m]	FSTRA	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	4,4158	100.000	8,8315	100.000	153,8462	100.000	0,97	0,47
2	0,0000	15,0234	100.000	30,0469	100.000	153,8462	100.000	0,58	1,08
3	0,0000	26,5222	100.000	53,0445	100.000	153,8462	100.000	0,19	1,69

Combinazione n° 11

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	RSFI [kN/m]	FSFI	RTRA [kN/m]	FSTRA	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	4,4158	100.000	8,8315	100.000	153,8462	100.000	0,97	0,47
2	0,0000	15,0234	100.000	30,0469	100.000	153,8462	100.000	0,58	1,08
3	0,0000	26,5222	100.000	53,0445	100.000	153,8462	100.000	0,19	1,69

Combinazione n° 12

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	RSFI [kN/m]	FSFI	RTRA [kN/m]	FSTRA	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	4,4158	100.000	8,8315	100.000	153,8462	100.000	0,97	0,47
2	0,0000	15,0234	100.000	30,0469	100.000	153,8462	100.000	0,58	1,08
3	0,0000	26,5222	100.000	53,0445	100.000	153,8462	100.000	0,19	1,69

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Meccanismo rottura doppio cuneo

Combinazione n° 1

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	1,44	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	16,5015	100.000	1,21	0,45
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	51,0071	100.000	0,83	1,06

Combinazione n° 2

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	1,44	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	12,6935	100.000	1,21	0,45
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	39,2362	100.000	0,83	1,06

Combinazione n° 3

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	1,44	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	12,6935	100.000	1,21	0,45
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	39,2362	100.000	0,83	1,06

Combinazione n° 10

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	1,44	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	12,6935	100.000	1,21	0,45
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	39,2362	100.000	0,83	1,06

Combinazione n° 11

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	1,44	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	12,6935	100.000	1,21	0,45
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	39,2362	100.000	0,83	1,06

Combinazione n° 12

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSsco	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	1,44	0,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	12,6935	100.000	1,21	0,45
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	39,2362	100.000	0,83	1,06

Meccanismo rottura rotazionale

Combinazione n° 1

Cerchio n° 61 - Centro (-2,62; 0,00) - Raggio 2,33 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,25) - Intersezione profilo monte (-0,29; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO	FSsco	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
		[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	12,4432	100.000	0,93	0,51
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	30,3822	100.000	0,83	0,83
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	63,9421	100.000	0,47	1,42

Combinazione n° 2

Cerchio n° 61 - Centro (-2,62; 0,00) - Raggio 2,33 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,25) - Intersezione profilo monte (-0,29; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO	FSsco	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
		[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	9,5717	100.000	0,93	0,51
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	23,3709	100.000	0,83	0,83
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,1862	100.000	0,47	1,42

Combinazione n° 3

Cerchio n° 61 - Centro (-2,62; 0,00) - Raggio 2,33 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,25) - Intersezione profilo monte (-0,29; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO	FSsco	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
		[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	9,5717	100.000	0,93	0,51
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	23,3709	100.000	0,83	0,83
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,1862	100.000	0,47	1,42

Combinazione n° 10

Cerchio n° 61 - Centro (-2,62; 0,00) - Raggio 2,33 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,25) - Intersezione profilo monte (-0,29; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO	FSsco	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
		[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	9,5717	100.000	0,93	0,51
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	23,3709	100.000	0,83	0,83
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,1862	100.000	0,47	1,42

Combinazione n° 11

Cerchio n° 61 - Centro (-2,62; 0,00) - Raggio 2,33 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,25) - Intersezione profilo monte (-0,29; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO	FSsco	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
		[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	9,5717	100.000	0,93	0,51
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	23,3709	100.000	0,83	0,83
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,1862	100.000	0,47	1,42

Combinazione n° 12

Cerchio n° 61 - Centro (-2,62; 0,00) - Raggio 2,33 - Intersezione profilo valle (-2,00; -2,25) - Intersezione profilo monte (-0,29; 0,00)

Ir	Sf [kN/m]	RSCO	FSsco	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
		[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	9,5717	100.000	0,93	0,51
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	23,3709	100.000	0,83	0,83
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,1862	100.000	0,47	1,42

6.11 VERIFICHE COMPOSTE

6.11.1. STABILITÀ GLOBALE DELLA TERRA ARMATA

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Is Indice della striscia

W peso della striscia espresso in [kN]

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

f angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

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

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

Combinazione n° 1

Superficie di scorrimento n° 61 - $F_s = 5.00$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	0,17	17.257	30.000	10	0,09	0	0,16	0,20
2	0,50	18.422	30.000	10	0,09	0	0,47	0,24
3	0,82	20.988	30.000	10	0,09	0	0,77	0,27
4	1,14	23.446	30.000	10	0,09	0	1,05	0,31
5	1,45	24.882	30.000	10	0,09	0	1,32	0,34
6	1,75	28.448	30.000	10	0,10	0	1,54	0,37
7	2,04	30.291	30.000	10	0,10	0	1,76	0,40
8	2,32	32.179	30.000	10	0,10	0	1,97	0,43
9	2,59	35.853	30.000	10	0,11	0	2,10	0,45
10	2,85	38.003	30.000	10	0,11	0	2,25	0,48
11	3,10	40.359	30.000	10	0,11	0	2,36	0,50
12	3,31	43.370	30.000	10	0,12	0	2,40	0,51
13	3,22	46.733	30.000	10	0,13	0	2,21	0,51
14	3,03	49.730	30.000	10	0,13	0	1,96	0,49
15	2,82	53.034	30.000	10	0,14	0	1,69	0,48
16	2,57	56.674	30.000	10	0,16	0	1,41	0,48
17	2,29	60.669	30.000	10	0,17	0	1,12	0,48
18	1,95	65.245	30.000	10	0,20	0	0,82	0,50
19	1,52	71.266	30.000	10	0,27	0	0,49	0,59
20	0,83	82.181	30.000	10	0,63	0	0,11	1,27

Combinazione n° 2

Superficie di scorrimento n° 61 - $F_s = 5.08$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	0,13	17.257	30.000	10	0,09	0	0,12	0,19
2	0,38	18.422	30.000	10	0,09	0	0,36	0,22
3	0,63	20.988	30.000	10	0,09	0	0,59	0,25
4	0,88	23.446	30.000	10	0,09	0	0,81	0,28
5	1,12	24.882	30.000	10	0,09	0	1,01	0,30
6	1,35	28.448	30.000	10	0,10	0	1,18	0,33
7	1,57	30.291	30.000	10	0,10	0	1,36	0,35
8	1,79	32.179	30.000	10	0,10	0	1,51	0,37
9	1,99	35.853	30.000	10	0,11	0	1,62	0,39
10	2,19	38.003	30.000	10	0,11	0	1,73	0,41
11	2,38	40.359	30.000	10	0,11	0	1,82	0,43
12	2,54	43.370	30.000	10	0,12	0	1,85	0,44
13	2,48	46.733	30.000	10	0,13	0	1,70	0,44
14	2,33	49.730	30.000	10	0,13	0	1,51	0,43
15	2,17	53.034	30.000	10	0,14	0	1,30	0,43
16	1,98	56.674	30.000	10	0,16	0	1,09	0,43
17	1,76	60.669	30.000	10	0,17	0	0,86	0,44
18	1,50	65.245	30.000	10	0,20	0	0,63	0,47
19	1,17	71.266	30.000	10	0,27	0	0,38	0,57
20	0,64	82.181	30.000	10	0,63	0	0,09	1,25

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Combinazione n° 3

Superficie di scorrimento n° 61 - $F_s = 4.54$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	0,13	17.257	30.000	10	0,09	0	0,12	0,21
2	0,38	18.422	30.000	10	0,09	0	0,36	0,25
3	0,63	20.988	30.000	10	0,09	0	0,59	0,28
4	0,88	23.446	30.000	10	0,09	0	0,81	0,31
5	1,12	24.882	30.000	10	0,09	0	1,01	0,34
6	1,35	28.448	30.000	10	0,10	0	1,18	0,37
7	1,57	30.291	30.000	10	0,10	0	1,36	0,39
8	1,79	32.179	30.000	10	0,10	0	1,51	0,42
9	1,99	35.853	30.000	10	0,11	0	1,62	0,44
10	2,19	38.003	30.000	10	0,11	0	1,73	0,46
11	2,38	40.359	30.000	10	0,11	0	1,82	0,48
12	2,54	43.370	30.000	10	0,12	0	1,85	0,49
13	2,48	46.733	30.000	10	0,13	0	1,70	0,49
14	2,33	49.730	30.000	10	0,13	0	1,51	0,48
15	2,17	53.034	30.000	10	0,14	0	1,30	0,48
16	1,98	56.674	30.000	10	0,16	0	1,09	0,48
17	1,76	60.669	30.000	10	0,17	0	0,86	0,49
18	1,50	65.245	30.000	10	0,20	0	0,63	0,53
19	1,17	71.266	30.000	10	0,27	0	0,38	0,64
20	0,64	82.181	30.000	10	0,63	0	0,09	1,40

Combinazione n° 10

Superficie di scorrimento n° 61 - $F_s = 5.29$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	0,13	17.257	30.000	10	0,09	0	0,12	0,18
2	0,38	18.422	30.000	10	0,09	0	0,36	0,21
3	0,63	20.988	30.000	10	0,09	0	0,59	0,24
4	0,88	23.446	30.000	10	0,09	0	0,81	0,26
5	1,12	24.882	30.000	10	0,09	0	1,01	0,29
6	1,35	28.448	30.000	10	0,10	0	1,18	0,31
7	1,57	30.291	30.000	10	0,10	0	1,36	0,34
8	1,79	32.179	30.000	10	0,10	0	1,51	0,36
9	1,99	35.853	30.000	10	0,11	0	1,62	0,38
10	2,19	38.003	30.000	10	0,11	0	1,73	0,39
11	2,38	40.359	30.000	10	0,11	0	1,82	0,41
12	2,54	43.370	30.000	10	0,12	0	1,85	0,43
13	2,48	46.733	30.000	10	0,13	0	1,70	0,42
14	2,33	49.730	30.000	10	0,13	0	1,51	0,42
15	2,17	53.034	30.000	10	0,14	0	1,30	0,41
16	1,98	56.674	30.000	10	0,16	0	1,09	0,41
17	1,76	60.669	30.000	10	0,17	0	0,86	0,43
18	1,50	65.245	30.000	10	0,20	0	0,63	0,46
19	1,17	71.266	30.000	10	0,27	0	0,38	0,55
20	0,64	82.181	30.000	10	0,63	0	0,09	1,20

Combinazione n° 11

Superficie di scorrimento n° 61 - $F_s = 5.29$

Is	W [kN]	a [°]	f [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	0,13	17.257	30.000	10	0,09	0	0,12	0,18
2	0,38	18.422	30.000	10	0,09	0	0,36	0,21
3	0,63	20.988	30.000	10	0,09	0	0,59	0,24
4	0,88	23.446	30.000	10	0,09	0	0,81	0,26
5	1,12	24.882	30.000	10	0,09	0	1,01	0,29
6	1,35	28.448	30.000	10	0,10	0	1,18	0,31
7	1,57	30.291	30.000	10	0,10	0	1,36	0,34
8	1,79	32.179	30.000	10	0,10	0	1,51	0,36
9	1,99	35.853	30.000	10	0,11	0	1,62	0,38
10	2,19	38.003	30.000	10	0,11	0	1,73	0,39
11	2,38	40.359	30.000	10	0,11	0	1,82	0,41
12	2,54	43.370	30.000	10	0,12	0	1,85	0,43
13	2,48	46.733	30.000	10	0,13	0	1,70	0,42
14	2,33	49.730	30.000	10	0,13	0	1,51	0,42
15	2,17	53.034	30.000	10	0,14	0	1,30	0,41
16	1,98	56.674	30.000	10	0,16	0	1,09	0,41
17	1,76	60.669	30.000	10	0,17	0	0,86	0,43
18	1,50	65.245	30.000	10	0,20	0	0,63	0,46
19	1,17	71.266	30.000	10	0,27	0	0,38	0,55
20	0,64	82.181	30.000	10	0,63	0	0,09	1,20

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Combinazione n° 12

Superficie di scorrimento n° 61 - $F_s = 5.29$

Is	W [kN]	α [°]	f [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	0,13	17.257	30.000	10	0,09	0	0,12	0,18
2	0,38	18.422	30.000	10	0,09	0	0,36	0,21
3	0,63	20.988	30.000	10	0,09	0	0,59	0,24
4	0,88	23.446	30.000	10	0,09	0	0,81	0,26
5	1,12	24.882	30.000	10	0,09	0	1,01	0,29
6	1,35	28.448	30.000	10	0,10	0	1,18	0,31
7	1,57	30.291	30.000	10	0,10	0	1,36	0,34
8	1,79	32.179	30.000	10	0,10	0	1,51	0,36
9	1,99	35.853	30.000	10	0,11	0	1,62	0,38
10	2,19	38.003	30.000	10	0,11	0	1,73	0,39
11	2,38	40.359	30.000	10	0,11	0	1,82	0,41
12	2,54	43.370	30.000	10	0,12	0	1,85	0,43
13	2,48	46.733	30.000	10	0,13	0	1,70	0,42
14	2,33	49.730	30.000	10	0,13	0	1,51	0,42
15	2,17	53.034	30.000	10	0,14	0	1,30	0,41
16	1,98	56.674	30.000	10	0,16	0	1,09	0,41
17	1,76	60.669	30.000	10	0,17	0	0,86	0,43
18	1,50	65.245	30.000	10	0,20	0	0,63	0,46
19	1,17	71.266	30.000	10	0,27	0	0,38	0,55
20	0,64	82.181	30.000	10	0,63	0	0,09	1,20

7. CALCOLO E VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO DIVALLE

7.1 DESCRIZIONE VERIFICHE

7.1.1. 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.

7.1.2. 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_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

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

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

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

7.1.2.1 VERIFICA A 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
f	angolo di attrito del terreno in fondazione
g	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		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1$	$s_\gamma = 1$
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B'}{L'}$	$s_q = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B'}{L'}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1$	$d_\gamma = 1$
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_q = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$	$d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = (1 - \frac{\theta^2}{90^\circ})$	$i_q = (1 - \frac{\theta^2}{90^\circ})$	$i_\gamma = 0$
	$\varphi > 0$	$i_c = (1 - \frac{\theta^2}{90^\circ})$	$i_q = (1 - \frac{\theta^2}{90^\circ})$	$i_\gamma = (1 - \frac{\theta^2}{\varphi^2})$

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, Bowles propone di moltiplicare la capacità portante ultima) per i termini B' ed L' (area ridotta della fondazione) al posto di B ed L dove:

$$B' = B - 2.0 e_x \quad L' = L - 2.0 e_y$$

essendo e_x ed e_y le eccentricità del carico.

La portanza espressa nell'unità di misura delle forze diventa:

$$P_u = q_u B' L'$$

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 ($0.5 B g N_g$) quando B supera i 2 m.

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

Il termine sul peso di volume diventa:

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

7.1.3. VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE

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

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

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e a_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 e c_i e φ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

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

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

7.2 GEOMETRIA PARAMENTO E FONDAZIONE

Paramento

Materiale	Clas Armato	
Altezza paramento	3,40	[m]
Altezza paramento libero	3,40	[m]
Spessore in sommità	0,40	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,40	[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	1,60	[m]
Lunghezza totale	2,00	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,40	[m]

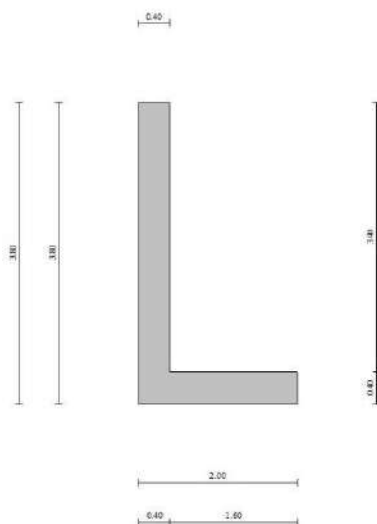


Figura 14: Sezione quotata del muro

7.3 STRATIGRAFIA

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /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 [m]	a [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	3,80	0.000	till di ablazione	---	---	---	---	---
2	2,00	0.000	till di ablazione fondazione	---	---	---	---	---
3	3,00	0.000	till di alloggiamento	---	---	---	---	---

7.4 DESCRIZIONE DELLE 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):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff. $Y_{0,j}$, $Y_{1,j}$, $Y_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili. per I valori dei coeff. g_G e g_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

g	Coefficiente di partecipazione della condizione
Y	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	g	Y	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	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole

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

Condizione	g	Y	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	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLEQ H + V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEQ H - V

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Pieve D' Alpago
Provincia	Belluno
Regione	Veneto
Latitudine	46.167752
Longitudine	12.353186
Indice punti di interpolazione	9419 - 9641 - 9642 - 9420
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	2.383	0.833
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.243	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.411	2.455
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.327	0.254
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	E	1.356	1.600
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione b_m	kh	kv
Ultimo	0.380	15.019	7.509
Ultimo - Ribaltamento	0.570	22.528	11.264
Esercizio	0.470	7.667	3.833

7.5 RISULTATI PER INVILUPPO

7.5.1. SPINTA E FORZE

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione
 A Tipo azione
 I Inclinazione della spinta, espressa in [°]
 V Valore dell'azione, espressa in [kN]
 C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
 P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
2	Spinta statica	32,67	18,00	31,07	10,10	1,60	-3,27
	Incremento di spinta sismica		54,00	51,36	16,69	1,60	-2,53
	Peso/Inerzia muro			7,95	52,96/3,98	0,10	-2,40
	Peso/Inerzia terrapieno			14,71	97,92/7,35	0,80	-1,70

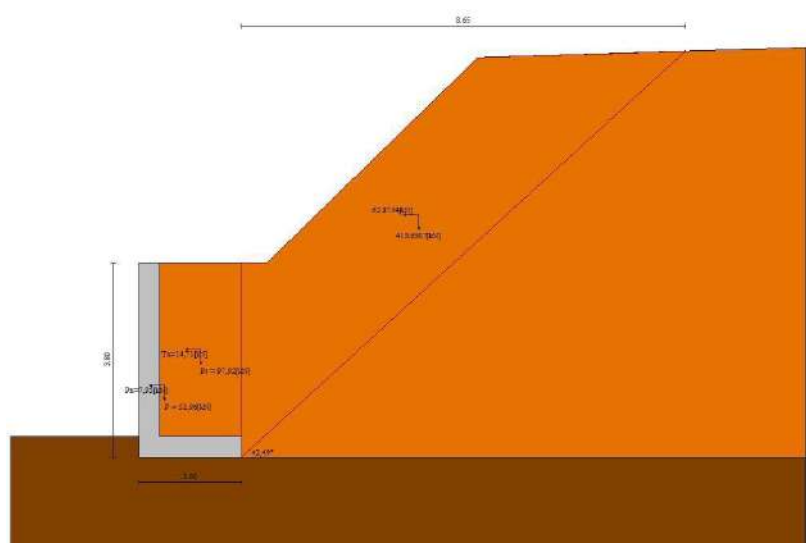


Figura 15: Cuneo di spinta (combinazione sismica n°2)

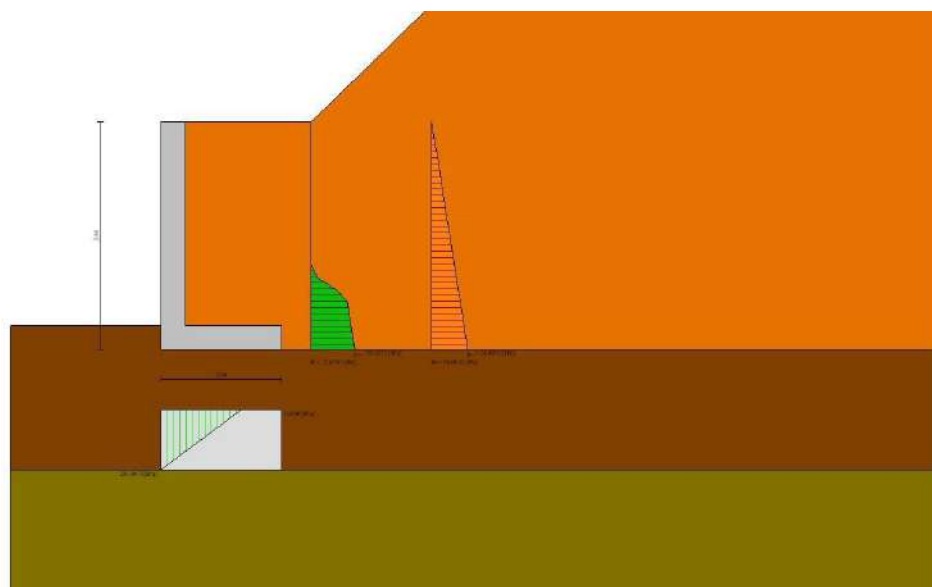


Figura 16: Diagramma delle pressioni (Combinazione sismica n°2)

7.5.2. 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}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.818		4.682	
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.044		1.907	
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.056		2.237	
4 - STR (A1-M1-R3)		2.212		3.864	
5 - STR (A1-M1-R3)		2.073		4.353	
6 - STR (A1-M1-R3)		1.956		4.095	
7 - GEO (A2-M2-R2)					1.159
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.207
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.247
10 - EQU (A1-M1-R3)			6.458		
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		1.261		
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.161		

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	109,74	0,00	0,00	--	--	109,74	105,09	1.044

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Qd [kN]	FS
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	188,99	360,33	300,28	1.907

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ng	Fattori di capacità portante
ic, iq, ig	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dg	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gg	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, bg	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sg	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, pg	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
rg	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_g N_s$ 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]
g	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
f	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).	

n°	Nc Nq Ng	ic iq ig	dc dq dg	gc gq gg	bc bq bg	sc sq sg	pc pq pg	Ir	Irc	Re	rg
2	23.942 13.199 9.324	0.925 0.931 0.905	1.080 1.061 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	1.002 1.002 0.998	-- -- --	--	--	--	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	g [°]	f [kN/mc]	c [kPa]
2	0,40	0,90	1,63	18,00	27,00	10

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

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

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	205,89	177,27	1.161

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI
MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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
7 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 3,00	7,00	1.159

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	a [°]	f [°]	c [kPa]
1	19,25	0,00	0,00	6,93 - 0,39	75.687	22.177	8
2	27,54	0,00	0,00	0,39	65.353	22.177	8
3	31,07	0,00	0,00	0,39	58.448	22.177	8
4	32,44	0,00	0,00	0,39	52.740	22.177	8
5	33,08	0,00	0,00	0,39	47.714	22.177	8
6	33,19	0,00	0,00	0,39	43.138	22.177	8
7	32,91	0,00	0,00	0,39	38.885	22.177	8
8	32,29	0,00	0,00	0,39	34.875	22.177	8
9	31,39	0,00	0,00	0,39	31.053	22.177	8
10	30,25	0,00	0,00	0,39	27.380	22.177	8
11	28,88	0,00	0,00	0,39	23.825	22.177	8
12	27,32	0,00	0,00	0,39	20.366	22.177	8
13	26,13	0,00	0,00	0,39	16.983	22.177	8
14	27,09	0,00	0,00	0,39	13.660	22.177	8
15	28,32	0,00	0,00	0,39	10.383	22.177	8
16	28,74	0,00	0,00	0,39	7.141	22.177	8
17	29,01	0,00	0,00	0,39	3.922	22.177	8
18	31,52	0,00	0,00	0,39	0.714	22.177	8
19	29,93	0,00	0,00	0,39	-2.490	22.177	8
20	3,93	0,00	0,00	0,39	-5.703	22.177	8
21	3,58	0,00	0,00	0,39	-8.934	22.177	8
22	3,06	0,00	0,00	0,39	-12.194	22.177	8
23	2,38	0,00	0,00	0,39	-15.494	22.177	8
24	1,53	0,00	0,00	0,39	-18.849	22.177	8
25	0,50	0,00	0,00	-2,85 - 0,39	-21.103	22.177	8

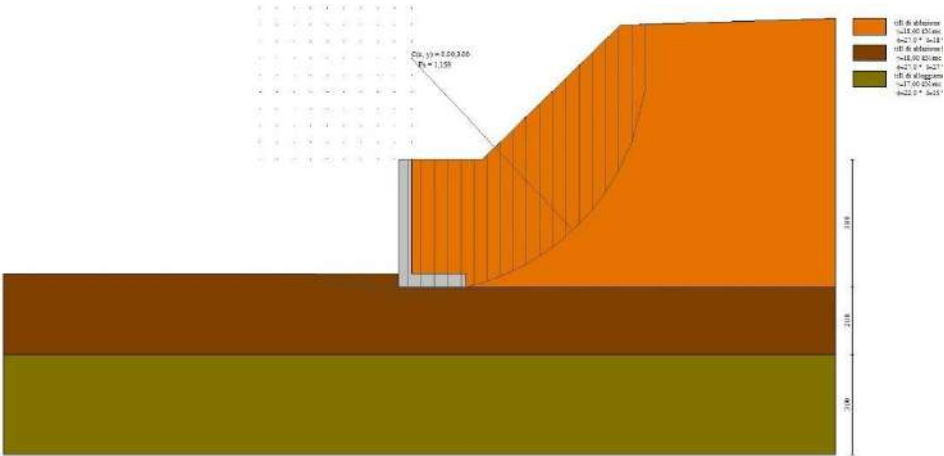


Figura 17: Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

7.5.3. SOLLECITAZIONI

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	0,91	1,27	0,00	0,16	0,00	0,01
3	-0,20	1,81	2,55	0,00	0,33	0,00	0,03
4	-0,30	2,72	3,82	0,00	0,51	0,00	0,07
5	-0,40	3,63	5,10	0,00	0,72	0,00	0,13
6	-0,50	4,54	6,37	0,00	0,93	0,00	0,22
7	-0,60	5,44	7,65	0,00	1,17	0,00	0,32
8	-0,70	6,35	8,92	0,00	1,42	0,00	0,45
9	-0,80	7,26	10,20	0,00	1,68	0,00	0,61
10	-0,90	8,16	11,47	0,00	1,97	0,00	0,79
11	-1,00	9,07	12,75	0,00	2,26	0,00	1,00
12	-1,10	9,98	14,02	0,00	2,58	0,00	1,24
13	-1,20	10,88	15,30	0,00	2,91	0,00	1,52
14	-1,30	11,79	16,57	0,00	3,25	0,00	1,82
15	-1,40	12,70	17,85	0,00	3,61	0,00	2,17
16	-1,50	13,61	19,12	0,00	3,99	0,00	2,55
17	-1,60	14,51	20,40	0,00	4,38	0,00	2,97
18	-1,70	15,42	21,67	0,00	4,79	0,00	3,42
19	-1,80	16,33	22,95	0,00	5,21	0,00	3,92
20	-1,90	17,23	24,22	0,02	5,68	0,00	4,47
21	-2,00	18,14	25,50	0,10	6,21	0,01	5,06
22	-2,10	19,05	26,77	0,23	6,81	0,02	5,71
23	-2,20	19,95	28,05	0,41	7,48	0,05	6,43
24	-2,30	20,86	29,32	0,65	8,23	0,11	7,21
25	-2,40	21,77	30,60	0,95	9,04	0,19	8,07
26	-2,50	22,68	31,87	1,31	9,93	0,30	9,02
27	-2,60	23,58	33,15	1,72	10,89	0,45	10,06
28	-2,70	24,49	34,42	2,18	11,93	0,64	11,20
29	-2,80	25,40	35,70	2,71	13,03	0,89	12,45
30	-2,90	26,30	36,97	3,29	14,21	1,19	13,81
31	-3,00	27,21	38,25	3,93	15,47	1,55	15,30
32	-3,10	28,12	39,52	4,62	16,79	1,97	16,91
33	-3,20	29,03	40,80	5,37	18,19	2,47	18,66
34	-3,30	29,93	42,07	6,18	19,66	3,05	20,55
35	-3,40	30,84	43,35	7,04	21,20	3,71	22,59

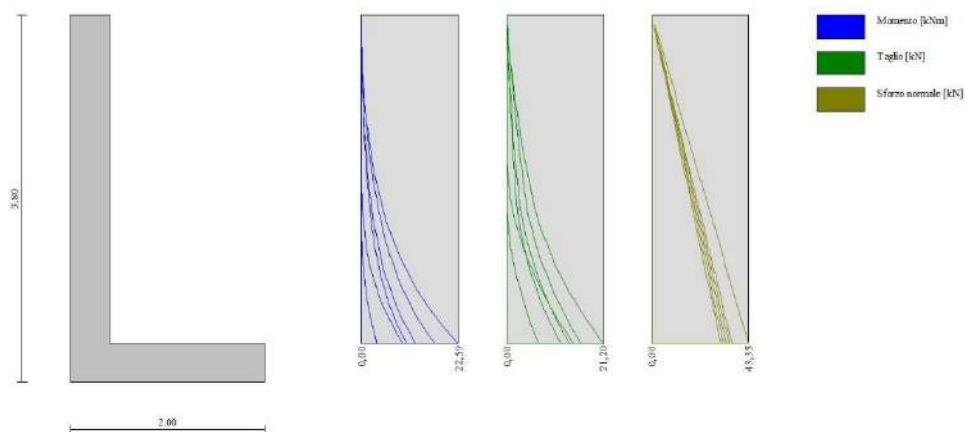


Figura 18: Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	-34,22	8,74	-66,09	0,14
2	0,10	0,00	0,00	-43,16	6,69	-62,21	-0,63
3	0,20	0,00	0,00	-50,30	4,84	-57,52	-1,20
4	0,30	0,00	0,00	-55,62	3,19	-52,21	-1,60
5	0,40	0,00	0,00	-59,13	1,74	-46,46	-1,85
6	0,50	0,00	0,00	-60,84	0,49	-40,44	-1,96
7	0,60	0,00	0,00	-60,74	-0,56	-34,35	-1,95
8	0,70	0,00	0,00	-58,83	-1,40	-28,36	-1,85
9	0,80	0,00	0,00	-55,11	-2,05	-22,64	-1,68
10	0,90	0,00	0,00	-49,58	-2,50	-17,40	-1,45
11	1,00	0,00	0,00	-42,60	-2,74	-12,78	-1,18
12	1,10	0,00	0,00	-35,50	-2,79	-8,88	-0,91
13	1,20	0,00	0,00	-28,40	-2,63	-5,68	-0,63
14	1,30	0,00	0,00	-21,30	-2,27	-3,20	-0,39
15	1,40	0,00	0,00	-14,20	-1,72	-1,42	-0,19
16	1,50	0,00	0,00	-7,10	-0,96	-0,36	-0,05
17	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

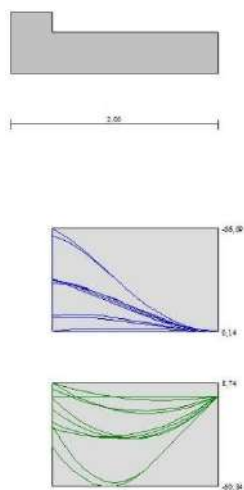


Figura 19: Fondazione

7.6 VERIFICHE STRUTTURALI

7.6.1. VERIFICA A FLESSIONE

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [m]
H	altezza sezione espressa in [m]
Afi	area ferri inferiori espressa in [mq]
Afs	area ferri superiori espressa in [mq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sfuerzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espressa in [kNm]
Nu	sfuerzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
2	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000
3	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,03	2,11	67,55	4512,33	2139.917
4	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,07	3,16	105,26	4536,14	1434.141
5	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,13	4,22	137,70	4311,11	1022.247
6	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,22	5,27	168,33	4087,88	775.451
7	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,32	6,33	196,83	3865,86	611.112
8	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,45	7,38	223,06	3647,69	494.250
9	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,61	8,43	246,48	3428,58	406.490
10	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,79	9,49	267,37	3216,41	338.966
11	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,00	10,54	286,07	3015,54	286.017
12	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,24	11,60	302,09	2820,56	243.203
13	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,52	12,65	316,61	2641,94	208.818
14	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,82	13,71	328,91	2471,54	180.323
15	1,00	0,40	0,000804	0,001407	2,17	14,76	340,08	2316,36	156.930
16	1,00	0,40	0,000804	0,001407	2,55	15,81	349,13	2167,71	137.068
17	1,00	0,40	0,000804	0,001407	2,97	16,87	356,45	2027,64	120.198
18	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,42	17,92	363,10	1900,67	106.043
19	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,92	18,98	360,85	1745,11	91.956
20	1,00	0,40	0,000804	0,001407	4,47	20,03	356,84	1599,75	79.859
21	1,00	0,40	0,000804	0,001407	5,06	21,09	350,69	1460,73	69.274
22	1,00	0,40	0,000804	0,001407	5,71	22,14	343,80	1332,45	60.181
23	1,00	0,40	0,000804	0,001407	6,43	23,20	335,79	1211,90	52.248
24	1,00	0,40	0,000804	0,001407	7,21	24,25	327,67	1101,81	45.436
25	1,00	0,40	0,000804	0,001407	8,07	25,30	318,47	998,01	39.441
26	1,00	0,40	0,000804	0,001407	9,02	26,36	310,38	906,70	34.399
27	1,00	0,40	0,000804	0,001407	10,06	27,41	301,21	820,49	29.932
28	1,00	0,40	0,000804	0,001407	11,20	28,47	292,70	743,69	26.125
29	1,00	0,40	0,000804	0,001407	12,45	29,52	285,23	676,24	22.907
30	1,00	0,40	0,000804	0,001407	13,81	30,58	277,63	614,52	20.098
31	1,00	0,40	0,000804	0,001407	15,30	31,63	269,61	557,49	17.625
32	1,00	0,40	0,000804	0,001407	16,91	32,68	262,60	507,59	15.530
33	1,00	0,40	0,000804	0,001407	18,66	33,74	256,43	463,71	13.744
34	1,00	0,40	0,000804	0,001407	20,55	34,79	250,99	424,96	12.214
35	1,00	0,40	0,000804	0,001407	22,59	35,85	245,95	390,27	10.887

Fondazione

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-66,09	0,00	-108,08	0,00	1.635
2	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-62,21	0,00	-108,08	0,00	1.737
3	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-57,52	0,00	-108,08	0,00	1.879
4	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-52,21	0,00	-108,08	0,00	2.070
5	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-46,46	0,00	-108,08	0,00	2.326
6	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-40,44	0,00	-108,08	0,00	2.672
7	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-34,35	0,00	-108,08	0,00	3.146
8	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-28,36	0,00	-108,08	0,00	3.811
9	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-22,64	0,00	-108,08	0,00	4.773
10	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-17,40	0,00	-108,08	0,00	6.213
11	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-12,78	0,00	-108,08	0,00	8.456
12	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-8,88	0,00	-108,08	0,00	12.177
13	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-5,68	0,00	-108,08	0,00	19.026
14	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-3,20	0,00	-108,08	0,00	33.825
15	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,42	0,00	-108,08	0,00	76.106

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
16	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,36	0,00	-108,08	0,00	304.422
17	1,00	0,40	0,000804	0,000804	0,00	0,00	0,00	0,00	100000.000

7.6.2. VERIFICA A TAGLIO

Simbologia adottata

Is	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [m]
H	altezza sezione espressa in [m]
A _{sw}	area ferri a taglio espressa in [mq]
cotgq	inclinazione delle bielle compresse, q inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
V _{Rcd}	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
V _{Rsd}	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
V _{rd}	resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A _{sw} > 0.0) V _{rd} = min(V _{Rcd} , V _{Rsd}).
T	taglio agente espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Paramento

n°	B [m]	H [m]	A _{sw} [mq]	cotq	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	178,46	0,00	100.000
2	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	178,61	0,16	1150.863
3	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	178,76	0,33	547.966
4	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	178,90	0,51	348.694
5	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	179,05	0,72	250.161
6	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	179,20	0,93	191.810
7	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	179,34	1,17	153.473
8	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	179,49	1,42	126.516
9	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	179,63	1,68	106.629
10	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	179,78	1,97	91.423
11	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	179,93	2,26	79.470
12	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	180,07	2,58	69.863
13	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	180,22	2,91	61.999
14	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	180,37	3,25	55.465
15	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	180,51	3,61	49.964
16	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	180,66	3,99	45.283
17	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	180,80	4,38	41.259
18	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	180,95	4,79	37.773
19	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	181,10	5,21	34.728
20	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	181,24	5,68	31.910
21	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	181,39	6,21	29.207
22	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	181,54	6,81	26.656
23	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	181,68	7,48	24.282
24	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	181,83	8,23	22.102
25	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	181,97	9,04	20.122
26	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	182,12	9,93	18.336
27	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	182,27	10,89	16.731
28	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	182,41	11,93	15.293
29	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	182,56	13,03	14.006
30	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	182,71	14,21	12.854
31	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	182,85	15,47	11.823
32	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	183,00	16,79	10.899
33	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	183,15	18,19	10.070
34	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	183,29	19,66	9.325
35	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	183,44	21,20	8.653

Fondazione

n°	B [m]	H [m]	A _{sw} [mq]	cotq	V _{Rcd} [kN]	V _{Rsd} [kN]	V _{rd} [kN]	T [kN]	FS
1	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-34,22	4.689
2	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-43,16	3.718
3	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-50,30	3.191
4	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-55,62	2.885
5	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-59,13	2.714
6	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-60,84	2.638
7	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-60,74	2.642
8	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-58,83	2.728
9	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-55,11	2.912
10	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-49,58	3.237
11	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-42,60	3.767
12	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-35,50	4.520

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [m]	H [m]	A _{sw} [mq]	cotq	V _{rcd} [kN]	V _{rsd} [kN]	V _{rd} [kN]	T [kN]	FS
13	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-28,40	5.651
14	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-21,30	7.534
15	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-14,20	11.301
16	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	-7,10	22.602
17	1,00	0,40	0,000000	--	0,00	0,00	160,49	0,00	100.000

7.6.3. VERIFICA DELLE TENSIONI

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espresso in [m]
H	altezza sezione, espressa in [m]
Afi	area ferri inferiori, espresso in [mq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [mq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kN]
sc	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
sfi	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
sfs	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	12209	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	360000	[kPa]

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,00	0 (13)	0 (13)	0 (13)
2	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,98	2 (13)	33 (13)	35 (13)
3	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	1,96	5 (13)	65 (13)	71 (13)
4	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	2,94	7 (13)	98 (13)	106 (13)
5	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	3,92	9 (13)	131 (13)	141 (13)
6	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	4,90	12 (13)	163 (13)	176 (13)
7	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	5,88	14 (13)	196 (13)	212 (13)
8	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	6,86	17 (13)	229 (13)	247 (13)
9	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	7,85	19 (13)	261 (13)	282 (13)
10	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	8,83	21 (13)	294 (13)	318 (13)
11	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	9,81	24 (13)	327 (13)	353 (13)
12	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	10,79	26 (13)	360 (13)	388 (13)
13	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	11,77	28 (13)	392 (13)	423 (13)
14	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	12,75	31 (13)	425 (13)	459 (13)
15	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	13,73	33 (13)	458 (13)	494 (13)
16	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	14,71	36 (13)	490 (13)	529 (13)
17	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	15,69	38 (13)	523 (13)	565 (13)
18	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	16,67	40 (13)	556 (13)	600 (13)
19	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	17,65	43 (13)	588 (13)	635 (13)
20	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	18,63	45 (13)	621 (13)	671 (13)
21	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,01	19,61	48 (13)	651 (13)	708 (13)
22	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,02	20,59	51 (13)	678 (13)	750 (13)
23	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,05	21,57	54 (13)	698 (13)	798 (13)
24	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,11	22,56	58 (13)	711 (13)	854 (13)
25	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,19	23,54	63 (13)	713 (13)	922 (13)
26	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,30	24,52	69 (13)	702 (13)	1002 (13)
27	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,45	25,50	76 (13)	677 (13)	1097 (13)
28	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,64	26,48	85 (13)	635 (13)	1211 (13)
29	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,89	27,46	96 (13)	574 (13)	1343 (13)
30	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,19	28,44	108 (13)	492 (13)	1499 (13)
31	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,55	29,42	122 (13)	387 (13)	1678 (13)
32	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,97	30,40	138 (13)	255 (13)	1884 (13)
33	1,00	0,40	0,000804	0,001407	2,47	31,38	158 (13)	83 (13)	2124 (13)
34	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,05	32,36	182 (13)	201 (13)	2423 (13)
35	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,71	33,34	213 (13)	656 (13)	2793 (13)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	12209	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	360000	[kPa]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	1,00	0,40	0,000804	0,000804	0,14	0,00	10 (13)	531 (13)	73 (13)
2	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,63	0,00	42 (13)	319 (13)	2330 (13)
3	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,20	0,00	80 (13)	612 (13)	4466 (13)
4	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,60	0,00	107 (13)	815 (13)	5952 (13)
5	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,85	0,00	124 (13)	940 (13)	6861 (13)
6	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,96	0,00	131 (13)	996 (13)	7270 (13)
7	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,95	0,00	131 (13)	993 (13)	7251 (13)
8	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,85	0,00	124 (13)	942 (13)	6880 (13)
9	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,68	0,00	112 (13)	854 (13)	6232 (13)
10	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,45	0,00	97 (13)	737 (13)	5380 (13)
11	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,18	0,00	79 (13)	603 (13)	4400 (13)
12	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,91	0,00	61 (13)	461 (13)	3367 (13)
13	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,63	0,00	42 (13)	322 (13)	2354 (13)
14	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,39	0,00	26 (13)	197 (13)	1436 (13)
15	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,19	0,00	12 (13)	94 (13)	688 (13)
16	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,05	0,00	3 (13)	25 (13)	184 (13)
17	1,00	0,40	0,000804	0,000804	0,00	0,00	0 (13)	0 (13)	0 (13)

Combinazioni SLEF

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 20349 [kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,00	0 (14)	0 (14)	0 (14)
2	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,98	2 (14)	33 (14)	35 (14)
3	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	1,96	5 (14)	65 (14)	71 (14)
4	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	2,94	7 (14)	98 (14)	106 (14)
5	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	3,92	9 (14)	131 (14)	141 (14)
6	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	4,90	12 (14)	163 (14)	176 (14)
7	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	5,88	14 (14)	196 (14)	212 (14)
8	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	6,86	17 (14)	229 (14)	247 (14)
9	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	7,85	19 (14)	261 (14)	282 (14)
10	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	8,83	21 (14)	294 (14)	318 (14)
11	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	9,81	24 (14)	327 (14)	353 (14)
12	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	10,79	26 (14)	360 (14)	388 (14)
13	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	11,77	28 (14)	392 (14)	423 (14)
14	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	12,75	31 (14)	425 (14)	459 (14)
15	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	13,73	33 (14)	458 (14)	494 (14)
16	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	14,71	36 (14)	490 (14)	529 (14)
17	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	15,69	38 (14)	523 (14)	565 (14)
18	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	16,67	40 (14)	556 (14)	600 (14)
19	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	17,65	43 (14)	588 (14)	635 (14)
20	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	18,63	45 (14)	621 (14)	671 (14)
21	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,01	19,61	48 (14)	651 (14)	708 (14)
22	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,02	20,59	51 (14)	678 (14)	750 (14)
23	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,05	21,57	54 (14)	698 (14)	798 (14)
24	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,11	22,56	58 (14)	711 (14)	854 (14)
25	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,19	23,54	63 (14)	713 (14)	922 (14)
26	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,30	24,52	69 (14)	702 (14)	1002 (14)
27	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,45	25,50	76 (14)	677 (14)	1097 (14)
28	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,64	26,48	85 (14)	635 (14)	1211 (14)
29	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,89	27,46	96 (14)	574 (14)	1343 (14)
30	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,19	28,44	108 (14)	492 (14)	1499 (14)
31	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,55	29,42	122 (14)	387 (14)	1678 (14)
32	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,97	30,40	138 (14)	255 (14)	1884 (14)
33	1,00	0,40	0,000804	0,001407	2,47	31,38	158 (14)	83 (14)	2124 (14)
34	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,05	32,36	182 (14)	201 (14)	2423 (14)
35	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,71	33,34	213 (14)	656 (14)	2793 (14)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 20349 [kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	1,00	0,40	0,000804	0,000804	0,14	0,00	10 (14)	531 (14)	73 (14)
2	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,63	0,00	42 (14)	319 (14)	2330 (14)
3	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,20	0,00	80 (14)	612 (14)	4466 (14)
4	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,60	0,00	107 (14)	815 (14)	5952 (14)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
5	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,85	0,00	124 (14)	940 (14)	6861 (14)
6	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,96	0,00	131 (14)	996 (14)	7270 (14)
7	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,95	0,00	131 (14)	993 (14)	7251 (14)
8	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,85	0,00	124 (14)	942 (14)	6880 (14)
9	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,68	0,00	112 (14)	854 (14)	6232 (14)
10	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,45	0,00	97 (14)	737 (14)	5380 (14)
11	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,18	0,00	79 (14)	603 (14)	4400 (14)
12	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,91	0,00	61 (14)	461 (14)	3367 (14)
13	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,63	0,00	42 (14)	322 (14)	2354 (14)
14	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,39	0,00	26 (14)	197 (14)	1436 (14)
15	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,19	0,00	12 (14)	94 (14)	688 (14)
16	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,05	0,00	3 (14)	25 (14)	184 (14)
17	1,00	0,40	0,000804	0,000804	0,00	0,00	0 (14)	0 (14)	0 (14)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 9157 [kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,00	0 (15)	0 (15)	0 (15)
2	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	0,98	2 (15)	33 (15)	35 (15)
3	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	1,96	5 (15)	65 (15)	71 (15)
4	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	2,94	7 (15)	98 (15)	106 (15)
5	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	3,92	9 (15)	131 (15)	141 (15)
6	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	4,90	12 (15)	163 (15)	176 (15)
7	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	5,88	14 (15)	196 (15)	212 (15)
8	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	6,86	17 (15)	229 (15)	247 (15)
9	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	7,85	19 (15)	261 (15)	282 (15)
10	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	8,83	21 (15)	294 (15)	318 (15)
11	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	9,81	24 (15)	327 (15)	353 (15)
12	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	10,79	26 (15)	360 (15)	388 (15)
13	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	11,77	28 (15)	392 (15)	423 (15)
14	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	12,75	31 (15)	425 (15)	459 (15)
15	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	13,73	33 (15)	458 (15)	494 (15)
16	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	14,71	36 (15)	490 (15)	529 (15)
17	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	15,69	38 (15)	523 (15)	565 (15)
18	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	16,67	40 (15)	556 (15)	600 (15)
19	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	17,65	43 (15)	588 (15)	635 (15)
20	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,00	18,63	45 (15)	621 (15)	671 (15)
21	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,01	19,61	48 (15)	651 (15)	708 (15)
22	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,02	20,59	51 (15)	678 (15)	750 (15)
23	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,05	21,57	54 (15)	698 (15)	798 (15)
24	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,11	22,56	58 (15)	711 (15)	854 (15)
25	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,19	23,54	63 (15)	713 (15)	922 (15)
26	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,30	24,52	69 (15)	702 (15)	1002 (15)
27	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,45	25,50	76 (15)	677 (15)	1097 (15)
28	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,64	26,48	85 (15)	635 (15)	1211 (15)
29	1,00	0,40	0,000804	0,001407	0,89	27,46	96 (15)	574 (15)	1343 (15)
30	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,19	28,44	108 (15)	492 (15)	1499 (15)
31	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,55	29,42	122 (15)	387 (15)	1678 (15)
32	1,00	0,40	0,000804	0,001407	1,97	30,40	138 (15)	255 (15)	1884 (15)
33	1,00	0,40	0,000804	0,001407	2,47	31,38	158 (15)	83 (15)	2124 (15)
34	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,05	32,36	182 (15)	201 (15)	2423 (15)
35	1,00	0,40	0,000804	0,001407	3,71	33,34	213 (15)	656 (15)	2793 (15)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 9157 [kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
1	1,00	0,40	0,000804	0,000804	0,14	0,00	10 (15)	531 (15)	73 (15)
2	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,63	0,00	42 (15)	319 (15)	2330 (15)
3	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,20	0,00	80 (15)	612 (15)	4466 (15)
4	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,60	0,00	107 (15)	815 (15)	5952 (15)
5	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,85	0,00	124 (15)	940 (15)	6861 (15)
6	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,96	0,00	131 (15)	996 (15)	7270 (15)
7	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,95	0,00	131 (15)	993 (15)	7251 (15)
8	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,85	0,00	124 (15)	942 (15)	6880 (15)
9	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,68	0,00	112 (15)	854 (15)	6232 (15)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [m]	H [m]	Afi [mq]	Afs [mq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
10	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,45	0,00	97 (15)	737 (15)	5380 (15)
11	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-1,18	0,00	79 (15)	603 (15)	4400 (15)
12	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,91	0,00	61 (15)	461 (15)	3367 (15)
13	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,63	0,00	42 (15)	322 (15)	2354 (15)
14	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,39	0,00	26 (15)	197 (15)	1436 (15)
15	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,19	0,00	12 (15)	94 (15)	688 (15)
16	1,00	0,40	0,000804	0,000804	-0,05	0,00	3 (15)	25 (15)	184 (15)
17	1,00	0,40	0,000804	0,000804	0,00	0,00	0 (15)	0 (15)	0 (15)

8. VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO DELLA LORO ACCETTABILITÀ

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.

9. INFORMAZIONI INTEGRATIVE SULL'USO DEI CODICI DI CALCOLO

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 delle opere di sostegno (muro e terra armata) 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.

Il calcolo della paratia:

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. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

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)
Titolo	PAC - Analisi e Calcolo paratie
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Titolo	GRETA - Analisi e Calcolo Terre armate

Versione 16.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)

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.

10. CALCOLO E VERIFICHE BERLINESE PROVVISORIALE

Normative di riferimento

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

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.

Pertanto, il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am}	diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av}	diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm}	diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv}	diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità:

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su $\tan(\phi)$ e sulla coesione

Calcolo delle spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

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 valore della 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).

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 nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

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

Spinta in presenza di falda

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

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

dove 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.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Spinta in presenza di sisma

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

Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con W il peso del cuneo e con C il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con S la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$\Delta S = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.

I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.

La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;

3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano N lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, c_a l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, D ed L_f il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed H la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D (\gamma H K_s \tan \delta + c_a)}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove d è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli ($\omega = 1 - 0.075 [n \text{ trefoli} - 1]$).

Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo.

Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di L_f si deve aggiungere la lunghezza di franco L che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione β , che rappresenta il rapporto fra lo sforzo N_0 al momento del tiro e lo sforzo N in esercizio

$$\beta = \frac{N_0}{N}$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L , area A_f , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo $[F/L^3]$. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale ($b=100$ cm) l'area equivalente della molla sarà $A_m = m \cdot b$.

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max} ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max} . Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad

analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidità, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riasssemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riasssemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti, la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre, dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verrà inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.

Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.

Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata una fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare, il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right]}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

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

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 ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

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

Verifiche idrauliche

Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico.

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico i_c e il gradiente idraulico di efflusso i_E .

$$FS_{SIF} = i_c / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio γ_m del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua γ_w .

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico ΔH e la lunghezza della linea di flusso L .

$$i_E = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi.

Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno.

Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità D e larghezza $D/2$.

D rappresenta la profondità di infissione della paratia.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto W e la pressione idrica al piede della paratia U dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito ϕ e la coesione c . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo solitamente viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_t = Q_p + Q_l - W_p$$

dove:

Q_T	portanza totale del palo
Q_P	portanza di base del palo
Q_L	portanza per attrito laterale del palo
W_P	peso proprio del palo

e le due componenti Q_P e Q_L sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo Q_A applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta η_p ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale η_l .

Palo compresso:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\eta_p} + \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Palo teso:

$$Q_d = \frac{Q_l}{\eta_l} - W_p$$

Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_p = A_p \left(cN'_c + qN'_q + \frac{1}{2} B\gamma N'_\gamma \right)$$

dove:

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

A_p è l'area portante efficace della punta del palo
 c è la coesione
 q è la pressione geostatica alla quota della punta del palo
 γ è il peso specifico del terreno
 D è il diametro del palo
 N'_c N'_q N'_γ sono i coefficienti di capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità.

Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_l = \int_S \tau_a dS$$

dove τ_a è dato dalla nota relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan \delta$$

dove:

c_a è l'adesione palo-terreno
 δ è l'angolo di attrito palo-terreno
 γ è il peso specifico del terreno
 z è la generica quota a partire dalla testa del palo
 L è la lunghezza del palo
 P è il perimetro del palo
 K_s è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di micropali**

Altezza fuori terra	6,00	[m]
Profondità di infissione	4,00	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]
Lunghezza paratia	50,00	[m]

Numero di file di micropali	1	
Interasse fra i micropali della fila	0,50	[m]
Diametro dei micropali	25,00	[cm]
Numero totale di micropali	99	
Numero di micropali per metro lineare	1.98	
Diametro esterno del tubolare	140,00	[mm]
Spessore del tubolare	8,00	[mm]

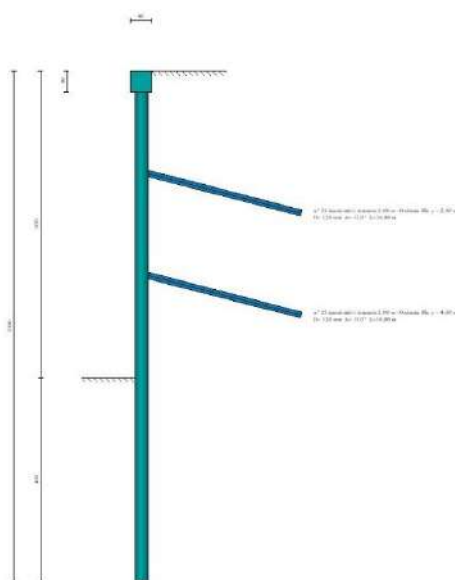


Fig. 1 - Sezione

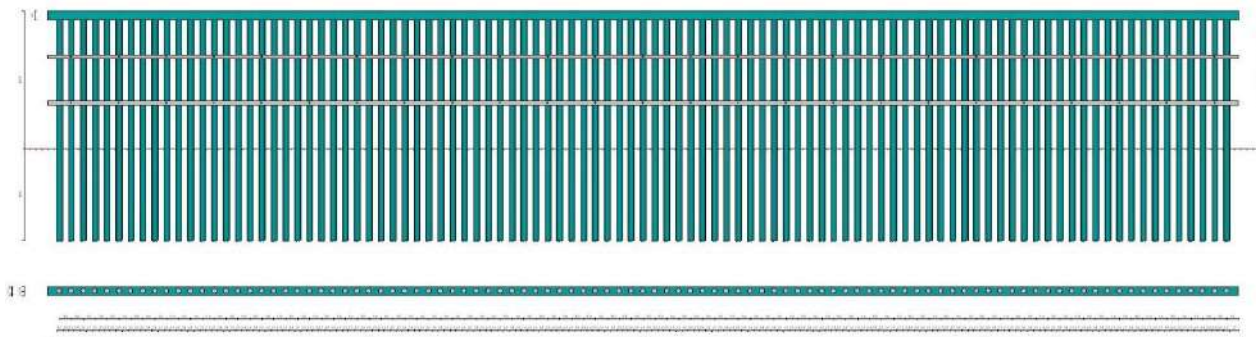


Fig. 2 - Pianta/Prospetto

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm³]

N°	Y [m]	Tipo	B [cm]	H [cm]	A [cmq]	W [cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	40,00	40,00	--	--
2	2,00	Acciaio	--	--	78,08	569,60
3	4,00	Acciaio	--	--	78,08	569,60

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, 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 [°]

Profilo di monte

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
2	0,93	0,28	16.76
3	8,25	5,25	34.18
4	9,75	5,50	9.46
5	12,75	5,50	0.00
6	20,25	6,25	5.71

Profilo di valle

N°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-14,50	-4,50	0.00
2	-11,25	-3,50	16.76
3	-9,50	-6,00	34.18
4	0,00	-6,00	9.46

Descrizione terreni

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kg/cm ²]
ca	adesione terreno/paratia espressa in [kg/cm ²]
Parametri per il calcolo dei tiranti secondo il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	coeff. di espansione laterale minimo e medio del tirante nello strato
τ_i	tensione tangenziale minima e media lungo il tirante espresso in [kg/cm ²]

I parametri medi e minimi vengono usati per il calcolo di portanza di progetto dei pali e per la resistenza di progetto a sfilamento dei tiranti

N°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm ²]	ca [kg/cm ²]	Cesp	τ_i [kg/cm ²]	
1	Terreno 1	1800,0	1900,0	26.00	13.00	0,200	0,100	1.50	1,824	CAR
				25.00	13.00	0,200	0,100		1,241	MIN
				26.00	13.00	0,200	0,100		1,824	MED
2	Terreno 2	1700,0	1800,0	22.00	11.00	0,400	0,200	1.50	1,824	CAR
				25.00	11.00	0,400	0,200		1,241	MIN
				25.00	11.00	0,400	0,200		1,824	MED

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm ² /cm]
α	inclinazione dello strato espressa in [°] (M: strato di monte, V: strato di valle)
Terreno	Terreno associato allo strato (M: strato di monte, V: strato di valle)

N°	sp [m]	α_M [°]	α_V [°]	K _{wM} [kg/cm ² /cm]	K _{wV} [kg/cm ² /cm]	Terreno M	Terreno V
1	4,50	18.00	15.00	1.18	1.18	Terreno 1	Terreno 1
2	15,00	0.00	0.00	3.57	3.57	Terreno 2	Terreno 2

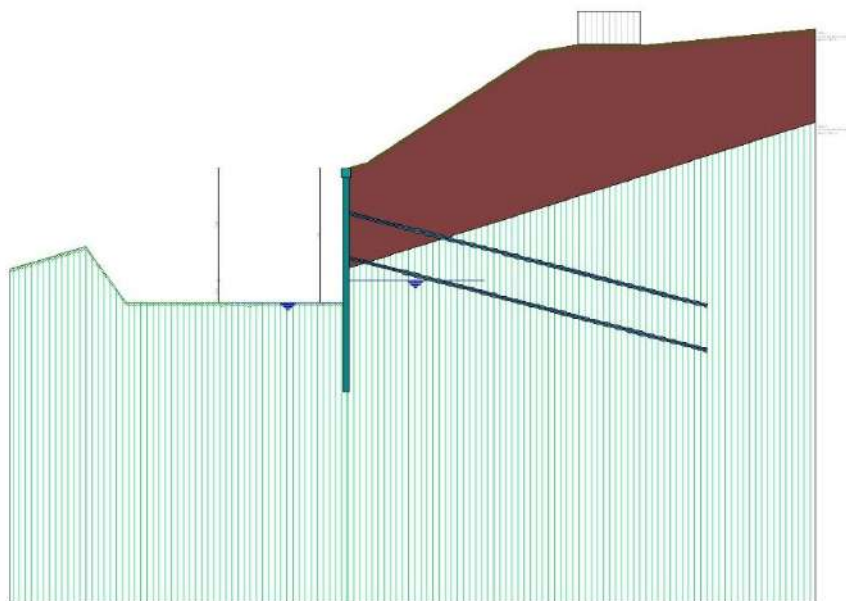


Fig. 3 - Stratigrafia

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia

5,00 [m]

Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia

6,00 [m]

Regime delle pressioni neutre:

Idrostatico

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti:	VERIFICA	
Diametro della perforazione	12,00	[cm]
Coeff. di espansione laterale	1.00	
Malta utilizzata per i tiranti		
Classe di Resistenza	Rck 250	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	250	[kg/cm ²]
Acciaio utilizzato per i tiranti		
Tipo	Precomp	
Tensione di snervamento f_{yk}	16000	[kg/cm ²]
Tiranti attivi armati con trefoli		
Area del singolo trefolo:	1,89	[cm ²]
Numero di trefoli del tirante:	3	
Coefficiente cadute di tensione:	1.30	
Coeff. correttivo α :	SI	

I parametri di interazione tiranti-terreno sono stati definiti come percentuale di angolo di attrito e coesione dello strato:

- Aliquota angolo di attrito	50.00	[%]
- Aliquota coesione	30.00	[%]
Coefficiente di spinta	Spinta a riposo	
Tensione limite resistenza malta	Tensione tangenziale aderenza acciaio-cls f_{bd}	= 16,76 [kg/cm ²]

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y [m]	I [m]	f [m]	Alfa [°]	ALL	nr	Lt [m]	Lf [m]	T [kg]
1	Tirante attivo (trefoli)	2,00	2,00	0,50	15.00	Centrati	25	16,00	14,00	1000,00
2	Tirante attivo (trefoli)	4,00	2,00	0,20	15.00	Centrati	25	16,00	14,00	1000,00

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cm ²]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls} [kg/mc]	Classe cls	Rck [kg/cm ²]	E [kg/cm ²]	Acciaio	n
Paratia	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Descrizione	$\gamma_{acciaio}$ [kg/mc]	E [kg/cm ²]
Paratia	7850	2100000

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
Ig	Indice di gruppo
F _x	Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle
F _y	Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante
Q _i , Q _r	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]
V _i , V _s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Condizione n° 1 - Variabile - Condizione 1 ($I_g=0$) [$\Psi_0=0.70$ - $\Psi_1=0.70$ - $\Psi_2=0.60$]

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 10,00$	$X_r = 12,70$	$Q_i = 1000$	$Q_r = 1000$
--------------------------------	---------------	---------------	--------------	--------------

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	
Condizione 1	SFAV	1.50	1.00

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.30	1.00

Combinazione n° 3 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	0.70

Combinazione n° 4 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	0.60

Combinazione n° 5 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	
Condizione 1	SFAV	1.00	0.60

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		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
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza

Laterale

γ_{st}

R3

1,20

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 $\xi_3=1,80$ $\xi_4=1,80$

Portanza assiale. Coeff. parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche

Resistenza		Pali infissi			Pali trivellati		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3
Punta	γ_b	1.00	1.45	1.15	1.00	1.70	1.35
Laterale compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15	1.00	1.45	1.15

Coefficienti di riduzione ζ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1

$\zeta_3=1.70$ $\zeta_4=1.70$

Verifica materiali: Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Verifica Taglio

Sezione in acciaio

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

con:

A_v Area lorda sezione profilo

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Ordinarie

Impostazioni copriferro

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno:

Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale:

Metodo:	Metodo di Bishop
Maglia dei centri	Passo maglia Automatica
Resistenza a taglio paratia	τ_{c1}

Opzioni calcolo portanza

Portanza verticale

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Metodo di calcolo della portanza alla punta	Berezantzev ridotto
Metodo di calcolo della portanza alla laterale	Integrazione delle tensioni tangenziali ($k_s \sigma_v \tan(\delta) + c_a$)

Correzione angolo di attrito in funzione del tipo di palo (infisso/trivellato) Attiva

Tecnologia costruttiva: Trivellato

Contributo portanza palo: Laterale + Punta

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 120 elementi fuori terra e 80 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incrementi di carico.

Altezza fuori terra della paratia	6,00	[m]
Profondità di infissione	4,00	[m]
Altezza totale della paratia	10,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa [kg]	Y _{Pa} [m]	Is [kg]	Y _{Is} [m]	Pw [kg]	Y _{Pw} [m]	Pp [kg]	Y _{Pp} [m]	Pc [kg]	Y _{Pc} [m]
1	SLU - STR	3288	4,95	--	--	4500	7,74	-5944	7,40	0	0,00
2	SLU - GEO	6579	4,89	--	--	4500	7,74	-7193	7,15	0	0,00
3	SLE - Rara	346	2,72	--	--	4500	7,74	-4321	7,87	0	0,00
4	SLE - Frequente	346	2,72	--	--	4500	7,74	-4321	7,87	0	0,00
5	SLE - Quasi permanente	346	2,72	--	--	4500	7,74	-4321	7,87	0	0,00

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc [kg]	Y _{Rc} [m]	Rt [kg]	Y _{Rt} [m]	Rv [kg]	Y _{Rv} [m]	Rp [kg]	Y _{Rp} [m]
1	SLU - STR	0	0,00	1844	3,89	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	3886	4,01	0	0,00	0	0,00
3	SLE - Rara	0	0,00	525	3,36	0	0,00	0	0,00
4	SLE - Frequente	0	0,00	525	3,36	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Quasi permanente	0	0,00	525	3,36	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esprimere, espresso in [%]
DH	Diminuzione quota valle (NTC2018 - par 6.5.2.2) espressa in [m]

n°	Tipo	P _{NUL} [m]	P _{INV} [m]	C _{ROT} [m]	MP [%]	R/R _{MAX} [%]	DH [m]
1	SLU - STR	6,00	6,00	2,00	0,00	8,24	0,00
2	SLU - GEO	6,00	6,15	2,00	4,94	18,50	0,00
3	SLE - Rara	6,00	6,00	2,00	0,00	5,96	0,00
4	SLE - Frequente	6,00	6,00	2,00	0,00	5,96	0,00
5	SLE - Quasi permanente	6,00	6,00	2,00	0,00	5,96	0,00

Verifiche geotecniche

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{P,med} , P _{P,min}	Portanza di punta media e minima, espressa in [kg]
P _{L,med} , P _{L,min}	Portanza laterale media e minima, espressa in [kg]
Pd	Portanza di progetto, espressa in [kg]
N	Sforzo normale alla base del palo, espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto Pd/N)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	Tipo	P _{P,med} [kg]	P _{L,med} [kg]	P _{P,min} [kg]	P _{L,min} [kg]	P _d [kg]	N [kg]	FS
1	SLU - STR	3712	7260	3712	7260	5331	1477	3.610

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N	sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M [kgm]	Y _M [m]	T [kg]	Y _T [m]	N [kg]	Y _N [m]	
1	SLU - STR	382	4,00	1944	6,00	2924	10,00	MAX
		-681	5,60	-1266	4,00	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	848	4,00	3193	6,00	3471	10,00	MAX
		-1383	5,25	-3095	4,00	0	0,00	MIN
3	SLE - Rara	123	4,00	321	6,00	2570	10,00	MAX
		-144	5,60	-221	4,00	0	0,00	MIN
4	SLE - Frequente	123	4,00	321	6,00	2570	10,00	MAX
		-144	5,60	-221	4,00	0	0,00	MIN
5	SLE - Quasi permanente	123	4,00	321	6,00	2570	10,00	MAX
		-144	5,60	-221	4,00	0	0,00	MIN

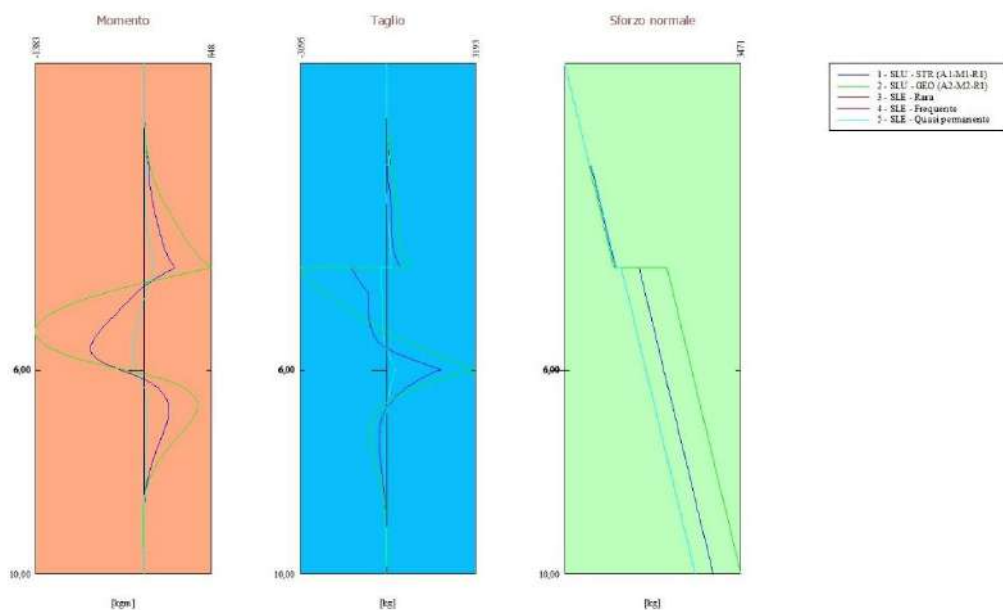


Fig. 4 - Sollecitazioni (Involuppo)

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U	spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V	spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U [cm]	Y _U [m]	V [cm]	Y _V [m]	
1	SLU - STR	0,1777	5,40	0,0007	0,00	MAX
		-0,0143	2,30	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,3707	5,25	0,0009	0,00	MAX
		-0,0215	2,30	0,0000	0,00	MIN
3	SLE - Rara	0,0447	5,75	0,0006	0,00	MAX
		-0,0112	2,55	0,0000	0,00	MIN
4	SLE - Frequente	0,0447	5,75	0,0006	0,00	MAX
		-0,0112	2,55	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Quasi permanente	0,0447	5,75	0,0006	0,00	MAX
		-0,0112	2,55	0,0000	0,00	MIN

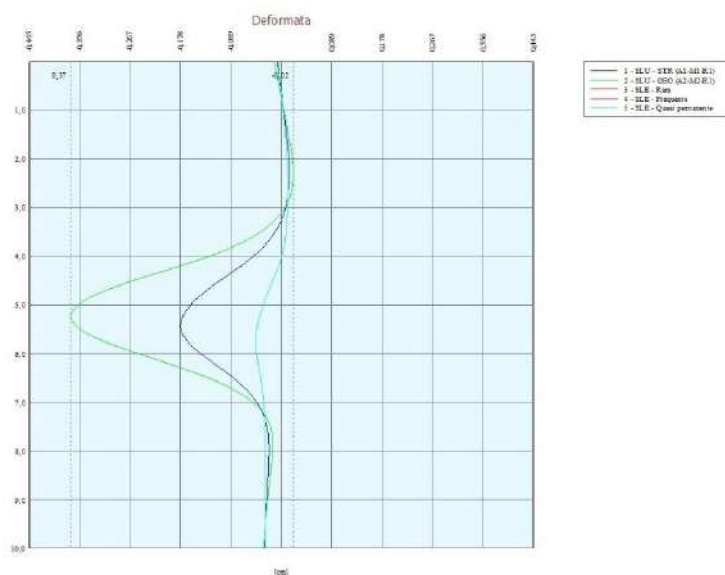


Fig. 5 - Spostamenti (Involuppo)

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione/Fase
Tipo	Tipo combinazione/Fase
Ulim	spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U	spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim [cm]	U [cm]
1	SLU - STR	5,0000	0,1777
2	SLU - GEO	5,0000	0,3707
3	SLE - Rara	5,0000	0,0447
4	SLE - Frequente	5,0000	0,0447
5	SLE - Quasi permanente	5,0000	0,0447

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
S	Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R	Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W	Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T	Reazione tiranti espresso in [kg]
P	Reazione puntoni espresso in [kg]
V	Reazione vincoli espresso in [kg]
C	Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y	Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FSRIB	Fattore di sicurezza a ribaltamento
FSsco	Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferiti alla testa della paratia.

La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y [kg]	R Y [kg]	W Y [kg]	T Y [kg]	P Y [kg]	V Y [kg]	C Y [kg]	Mr [kgm]	Ms [kgm]	FSRIB	FSsco
2	SLU - GEO	26555,67 7,43	60488,82 8,23	4500,00 7,74	3886,10 4,01	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	78354,74	130550,37	1.666	2.073

Stabilità globale

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(Xc; Yc)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(Xv; Yv)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(Xm; Ym)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

FS Coefficiente di sicurezza
R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X _c , Y _c [m]	R [m]	X _v , Y _v [m]	X _m , Y _m [m]	FS	R
2	SLU - GEO	0,00; 2,00	12,00	-8,95; -5,99	11,48; -1,48	1.662	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (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]
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	W _i [kg]	α [°]	L [m]	φ [°]	c [kg/cm²]	u [kg/cm²]	(Ctn; Ctt) [kg]
1	150,25	-46.85	0,60	17.91	0,320	0,021	(0; 0)
2	453,66	-44.07	0,57	17.91	0,320	0,062	(0; 0)
3	729,60	-41.42	0,54	17.91	0,320	0,100	(0; 0)
4	981,40	-38.88	0,52	17.91	0,320	0,134	(0; 0)
5	1211,66	-36.42	0,51	17.91	0,320	0,165	(0; 0)
6	1422,44	-34.04	0,49	17.91	0,320	0,194	(0; 0)
7	1615,37	-31.73	0,48	17.91	0,320	0,220	(0; 0)
8	1791,82	-29.47	0,47	17.91	0,320	0,245	(0; 0)
9	1952,91	-27.26	0,46	17.91	0,320	0,267	(0; 0)
10	2099,57	-25.09	0,45	17.91	0,320	0,287	(0; 0)
11	2232,58	-22.96	0,44	17.91	0,320	0,305	(0; 0)
12	2352,61	-20.87	0,44	17.91	0,320	0,321	(0; 0)
13	2460,23	-18.80	0,43	17.91	0,320	0,336	(0; 0)
14	2555,91	-16.76	0,43	17.91	0,320	0,349	(0; 0)
15	2640,05	-14.74	0,42	17.91	0,320	0,360	(0; 0)
16	2713,00	-12.74	0,42	17.91	0,320	0,370	(0; 0)
17	2775,03	-10.75	0,41	17.91	0,320	0,379	(0; 0)
18	2826,39	-8.78	0,41	17.91	0,320	0,386	(0; 0)
19	2867,25	-6.82	0,41	17.91	0,320	0,391	(0; 0)
20	2897,78	-4.87	0,41	17.91	0,320	0,396	(0; 0)
21	2918,07	-2.92	0,41	17.91	0,320	0,398	(0; 0)
22	2928,20	-0.97	0,41	17.91	0,320	0,400	(0; 0)
23	7146,44	0.95	0,40	17.91	0,320	0,500	(0; 0)
24	7217,02	2.84	0,40	17.91	0,320	0,498	(0; 0)
25	7300,89	4.73	0,40	17.91	0,320	0,496	(0; 0)
26	7452,90	6.63	0,40	17.91	0,320	0,492	(0; 0)
27	7601,87	8.54	0,40	17.91	0,320	0,487	(0; 0)
28	7741,19	10.46	0,40	17.91	0,320	0,480	(0; 0)
29	7870,71	12.39	0,41	17.91	0,320	0,472	(0; 0)
30	7990,23	14.33	0,41	17.91	0,320	0,462	(0; 0)
31	8099,48	16.29	0,41	17.91	0,320	0,452	(0; 0)
32	8198,19	18.27	0,42	17.91	0,320	0,439	(0; 0)
33	8286,01	20.28	0,42	17.91	0,320	0,425	(0; 0)
34	8362,52	22.31	0,43	17.91	0,320	0,410	(0; 0)
35	8427,25	24.37	0,43	17.91	0,320	0,393	(0; 0)
36	8479,64	26.46	0,44	17.91	0,320	0,374	(0; 0)
37	8519,01	28.60	0,45	17.91	0,320	0,353	(0; 0)
38	8544,59	30.77	0,46	17.91	0,320	0,331	(0; 0)
39	8555,45	33.00	0,47	17.91	0,320	0,306	(0; 0)
40	8550,46	35.29	0,49	17.91	0,320	0,279	(0; 0)
41	8528,29	37.64	0,50	17.91	0,320	0,250	(0; 0)
42	8487,28	40.07	0,52	17.91	0,320	0,218	(0; 0)
43	8423,33	42.59	0,54	17.91	0,320	0,183	(0; 0)
44	8243,32	45.22	0,56	17.91	0,320	0,145	(1357; 776)
45	7986,44	47.97	0,59	17.91	0,320	0,103	(0; 0)
46	7698,22	50.88	0,63	17.91	0,320	0,057	(0; 0)
47	7370,74	53.99	0,67	17.91	0,320	0,005	(0; 0)
48	7365,32	57.35	0,73	17.91	0,320	0,000	(-4; 0)
49	7040,00	61.06	0,82	17.91	0,320	0,000	(0; 0)
50	6504,40	65.27	0,95	17.91	0,320	0,000	(0; 0)
51	5836,67	70.34	1,18	17.91	0,320	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 272403,65 [kg]

$$\Sigma W \sin \alpha_i = 95390,82 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma W \tan \phi_i = 88046,58 \text{ [kg]}$$

$$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 3.77$$

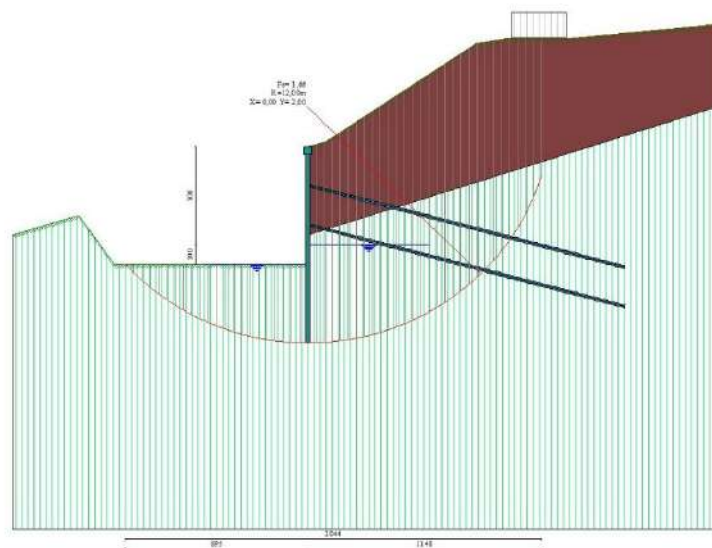


Fig. 6 - Stabilità globale (Combinazione n° 2)

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A _f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
L _f	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ _f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N [kg]	A _f [cmq]	L _f [m]	L [m]	σ _f [kg/cmq]	u [cm]	R1 [kg]	R2 [kg]	R3 [kg]	FS	cmb
1	219	5,67	14,00	16,00	38,54	-0,01356	7633	277785	829378	34.928	1
2	8074	5,67	14,00	16,00	1423,98	0,12724	10766	296249	884503	1.333	2

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
M _u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

Area della sezione del tubolare	33,18	[cmq]
Sezione resistente:	SOLO TUBOLARE	
Sezione in classe di resistenza	1	
Modulo di resistenza	PLASTICO	139,56 [cm^3]

n° - Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	M _u [kgm]	N _u [kg]	FS
2 - SLU - GEO	5,25	-699	1170	6099	0	8.729

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°

numero d'ordine della sezione

Y

ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]

V_{Ed}

taglio agente sul palo, espresso in [kg]

V_{Rd}

taglio resistente, espresso in [kg]

FS

coefficiente di sicurezza a taglio (V_{Rd}/V_{Ed})

La verifica a taglio sui micropali viene eseguita considerando il solo contributo resistente del tubolare. L'area della sezione effettiva di verifica (A_{eff}) viene determinata come area lorda (A) della sezione tubolare moltiplicata per 2 / π.

A_{eff} = 21,12 cmq

n° - Tipo	Y [m]	V _{Ed} [kg]	V _{Rd} [kg]	FS
2 - SLU - GEO	6,00	1613	53288	33.046

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n°

numero d'ordine della sezione

Y

ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

σ_f

tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm²]

τ_f

tensione tangenziale in [kg/cm²]

σ_{id}

tensione ideale espressa in [kg/cm²]

Area della sezione del tubolare 33,18 [cmq]

σ _f [kg/cm ²]	τ _f [kg/cm ²]	σ _{id} [kg/cm ²]	cmb
93,04	0,04	93,04	3

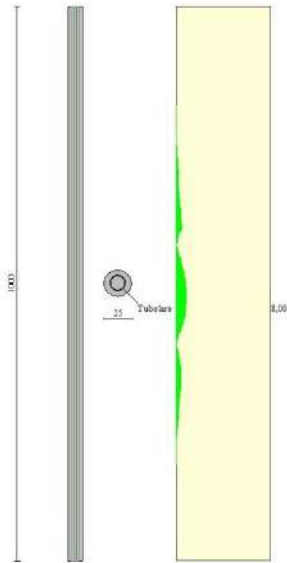


Fig. 7 - Armature - verifiche SLU

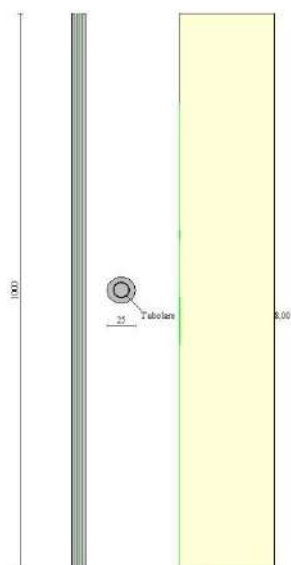


Fig. 8 - Armature - verifiche SLE

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h	momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h	taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v	momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v	taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

$B=40,00$ [cm]	$H=40,00$ [cm]	Staffe $\phi 10/25$	$N_{bh}=2 - N_{bv}=2$
$A_{rv}=8,04$ [cmq]	$A_{rh}=4,02$ [cmq]	$FS=20.25$	
$M_h=548$ [kgm]	$M_{uh}=11104$ [kgm]	$FS_T=19.03$	$\cotg\theta_h=2.50$
$T_h=1096$ [kg]	$T_{Rh}=20871$ [kg]	$FS=222.08$	
$M_v=50$ [kgm]	$M_{uv}=11104$ [kgm]	$FS_{Tv}=104.36$	$\cotg\theta_v=2.50$
$T_v=200$ [kg]	$T_R=20871$ [kg]		

Cordolo N° 2 (X=2,00 m) (Cordolo in acciaio)

$A=78,08$ [cmq]	$W=569,60$ [cm ³]	$M_v=23$ [kgm]	$T_v=45$ [kg]
$M_h=85$ [kgm]	$T_h=169$ [kg]	$\sigma_{id} = 15,31$ [kg/cmq]	
$\sigma_f = 14,85$ [kg/cmq]	$\tau_f = 2,17$ [kg/cmq]		

Cordolo N° 3 (X=4,00 m) (Cordolo in acciaio)

$A=78,08$ [cmq]	$W=569,60$ [cm ³]	$M_v=522$ [kgm]	$T_v=1045$ [kg]
$M_h=1950$ [kgm]	$T_h=3899$ [kg]	$\sigma_{id} = 353,05$ [kg/cmq]	
$\sigma_f = 342,29$ [kg/cmq]	$\tau_f = 49,94$ [kg/cmq]		

11. CALCOLO E VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO DI MONTE H 4 M

Normative di riferimento

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

Richiami teorici

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

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

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

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

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali 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 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.

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 parte pari a

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

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .
In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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.

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

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

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

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

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:

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

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = c N_c s_c + q N_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

c	coesione del terreno in fondazione;
ϕ	angolo di attrito del terreno in fondazione;
γ	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \cotg \phi$	$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)}$ dove $e^{(0.75\pi - \frac{\phi}{2}) \tan \phi}$	$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$	
Fattori di forma	$s_c = 1$ $s_c = 1.3$		$s_\gamma = 1$ $s_\gamma = 0.8$	per fondazioni nastriformi per fondazioni quadrate

Il termine K_{py} che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Meyerhof

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

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 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 e φ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

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

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm ²]
f_{cm}	Resistenza caratteristica media 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	N / E	C	A	γ [kg/mc]	R_{ck} / f_{cm} [kg/cm ²]	E [kg/cm ²]	ν	n	ntc
1	C25/30	N E	C25/30	B450C	2500,00	305,91 300,00	320666 310090	0.30	15.00	0.50

Acciai

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

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	1,20	0,00	0.000
3	9,80	5,60	33.071
4	13,00	5,60	0.000
5	20,60	7,40	13.325

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

Falda

Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-3,80	-4,80	0.000
2	-0,40	-4,80	0.000
3	3,80	-3,40	18.435
4	20,60	4,20	24.341

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro

10,00

[m]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Paramento

Materiale	C25/30	
Altezza paramento	4,00	[m]
Altezza paramento libero	3,70	[m]
Spessore in sommità	0,35	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,50	[m]
Inclinazione paramento esterno	2,11	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,50	[m]
Lunghezza totale	2,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

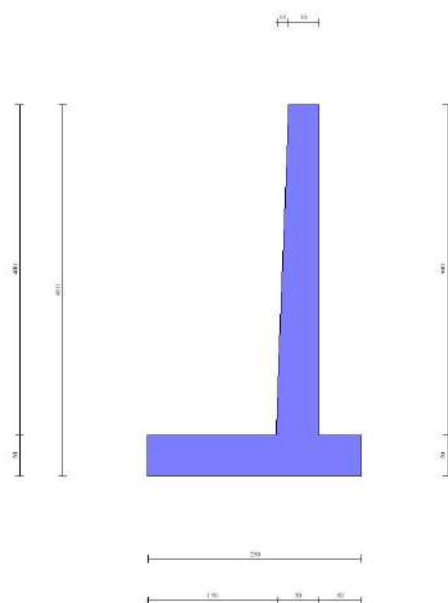


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

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]
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 ²]
σ_d	Tensione di progetto 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	Terreno superficiale	1800,00	1900,00	24.000	16.000	0,20	0,10	---	---
2	Substrato	1700,00	1800,00	22.000	15.000	0,40	0,20	---	---

Stratigrafia

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	5,00	20.000	Terreno superficiale	---	---	---	---	---
2	5,00	0.000	Substrato	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: Terreno superficiale
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 0.00 [°]

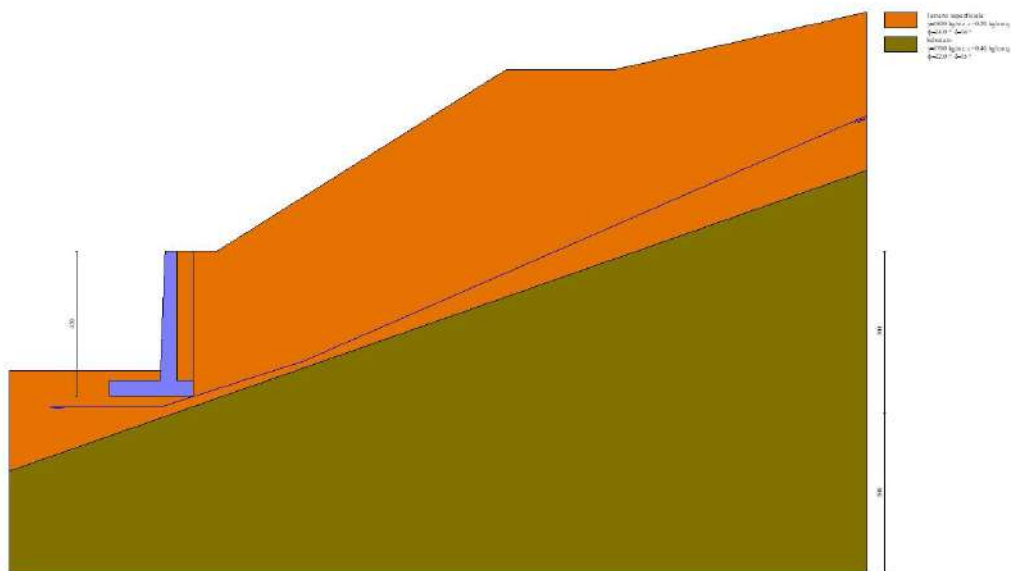


Fig. 2 - Stratigrafia

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) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.70$ - $\Psi_1=0.70$ - $\Psi_2=0.60$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kg]	Fy [kg]	M [kgm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kg]	Qf [kg]
1	Distribuito					9,80	13,00	1000,00	1000,00

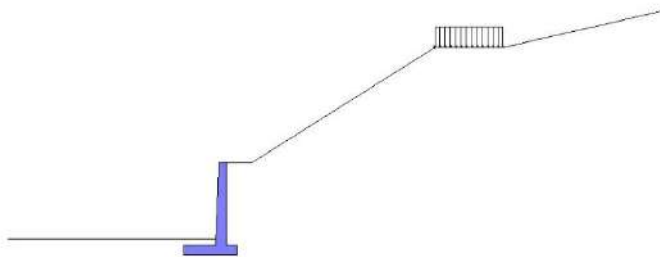


Fig. 3 - Carichi sul terreno

Normativa

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	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
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	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
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	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	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	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_γ	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):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

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

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

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

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

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

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

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

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

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

Combinazione n° 7 - 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	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.70	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

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

Dati sismici

Comune Pieve D' Alpago
Provincia Belluno
Regione Veneto
Latitudine 46.167752
Longitudine 12.353186
Indice punti di interpolazione 9419 - 9641 - 9642 - 9420
Vita nominale 50 anni
Classe d'uso II
Tipo costruzione Normali affollamenti
Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	2.383	0.833
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.243	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.411	2.455
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.327	0.254
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.356
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	15.017	7.509
Ultimo - Ribaltamento	0.570	22.526	11.263
Esercizio	0.470	7.667	3.833

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Portanza fondazione superficiale nota	3,00 [kg/cm ²]
---------------------------------------	----------------------------

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	100.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	SI

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.
Calcolo momento fessurazione	Apertura
Resistenza a trazione per	Flessione
Valori limite aperture delle fessure:	$w_1=0.20$ $w_2=0.30$ $w_3=0.40$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	$0.60 f_{ck}$	$0.80 f_{yk}$
Frequente	$1.00 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$
Quasi permanente	$0.45 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$

Spinta e forze

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]
Cx, 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	1665	16,00	1601	459	0,50	-2,63
	Peso/Inerzia muro			0	7359/0	-0,44	-3,02
	Peso/Inerzia terrapieno			0	3600/0	0,25	-2,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	810	-1,25	-3,85
	Spinta falda da monte			414		0,50	-4,23
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0	0,00	-4,50
	Resistenza passiva terreno antistante			-3147			
10	Spinta statica	1119	16,00	1075	308	0,50	-2,65
	Peso/Inerzia muro			0	7359/0	-0,44	-3,02
	Peso/Inerzia terrapieno			0	3600/0	0,25	-2,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	810	-1,25	-3,85
	Spinta falda da monte			318		0,50	-4,23
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0	0,00	-4,50
	Resistenza passiva terreno antistante			-3147			

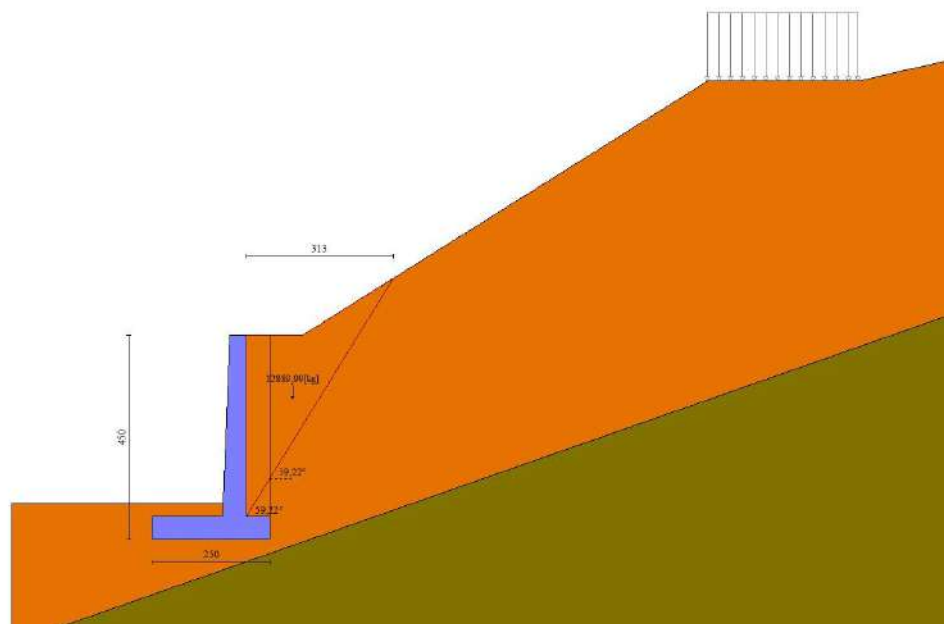


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

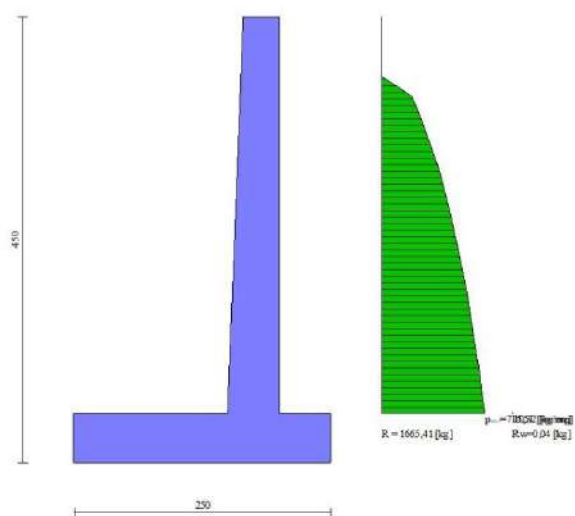


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

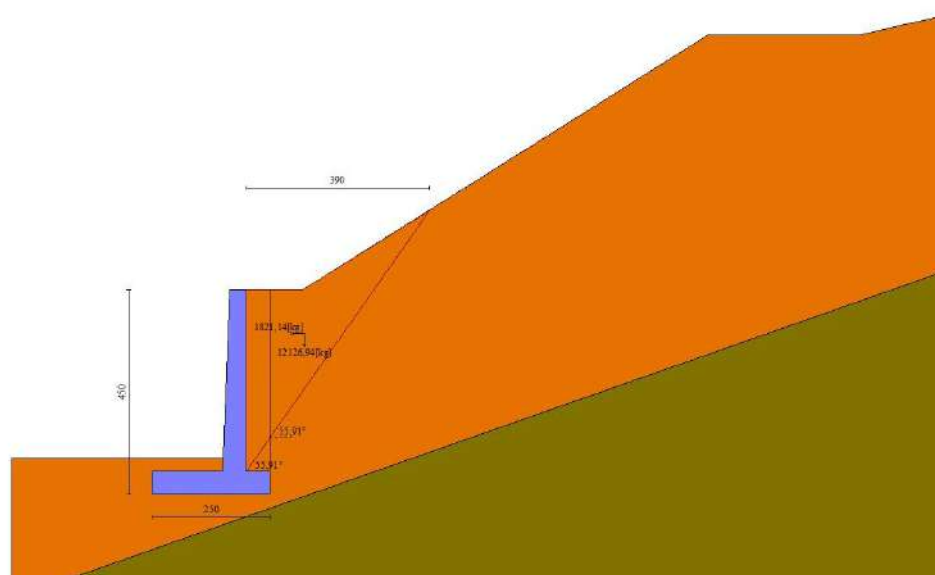


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

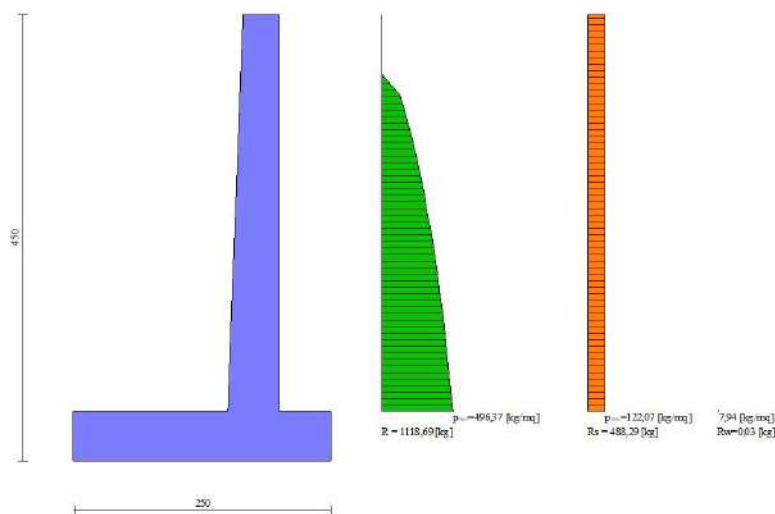


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

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)		4.542		6.127			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.584		5.748			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.626		6.619			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.641		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.620		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.703		
7 - EQU (A1-M1-R3)			6.857				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.270				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.409				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
R _{sa}	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kg]
R _{pt}	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kg]
R _{ps}	Resistenza passiva sperone, espresso in [kg]
R _p	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kg]
R _t	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°	R _{sa} [kg]	R _{pt} [kg]	R _{ps} [kg]	R _p [kg]	R _t [kg]	R [kg]	T [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	6004	3147	0	--	--	9150	2014	4.542
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6235	3147	0	--	--	9382	3630	2.584
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	5743	3147	0	--	--	8890	3386	2.626

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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)

Portanza imposta nota 3,00 [kg/cm²]

n°	N [kg]	Qu [kg]	Qd [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	12228	74921	53515	6.127
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	13034	74921	62434	5.748
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	11319	74921	62434	6.619

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
7 - EQU (A1-M1-R3)	21298	3106	6.857
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	27559	8427	3.270
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	23431	9726	2.409

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1,00; 4,50	9,13	1.641
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 4,50	9,13	1.620
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,00; 4,50	9,13	1.703

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° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm ²]	u [kg/cm ²]	Tx; Ty [kg]
1	1449	0	0	8,13 - 0,53	79.226	19.605	0,16	0,000	
2	3005	0	0	0,53	66.242	19.605	0,16	0,000	
3	3662	0	0	0,53	58.931	19.605	0,16	0,000	
4	4083	0	0	0,53	52.980	19.605	0,16	0,000	
5	4365	0	0	0,53	47.773	19.605	0,16	0,000	
6	4548	0	0	0,53	43.050	19.605	0,16	0,000	
7	4656	0	0	0,53	38.670	19.605	0,16	0,000	
8	4703	0	0	0,53	34.545	19.605	0,16	0,000	
9	4697	0	0	0,53	30.617	19.605	0,16	0,000	
10	4647	0	0	0,53	26.843	19.605	0,16	0,002	
11	4559	0	0	0,53	23.192	19.605	0,16	0,009	
12	4431	0	0	0,53	19.638	19.605	0,16	0,012	
13	4267	0	0	0,53	16.161	19.605	0,16	0,012	
14	4187	0	0	0,53	12.745	19.605	0,16	0,008	
15	4374	0	0	0,53	9.374	19.605	0,16	0,000	
16	5378	0	0	0,53	6.036	19.605	0,16	0,000	
17	2159	0	0	0,53	2.719	19.605	0,16	0,000	
18	1067	0	0	0,53	-0.589	19.605	0,16	0,000	
19	1047	0	0	0,53	-3.900	19.605	0,16	0,000	
20	853	0	0	0,53	-7.223	19.605	0,16	0,000	
21	735	0	0	0,53	-10.571	19.605	0,16	0,000	
22	627	0	0	0,53	-13.956	19.605	0,16	0,000	
23	486	0	0	0,53	-17.392	19.605	0,16	0,000	
24	312	0	0	0,53	-20.894	19.605	0,16	0,000	
25	103	0	0	-5,05 - 0,53	-23.468	19.605	0,16	0,000	

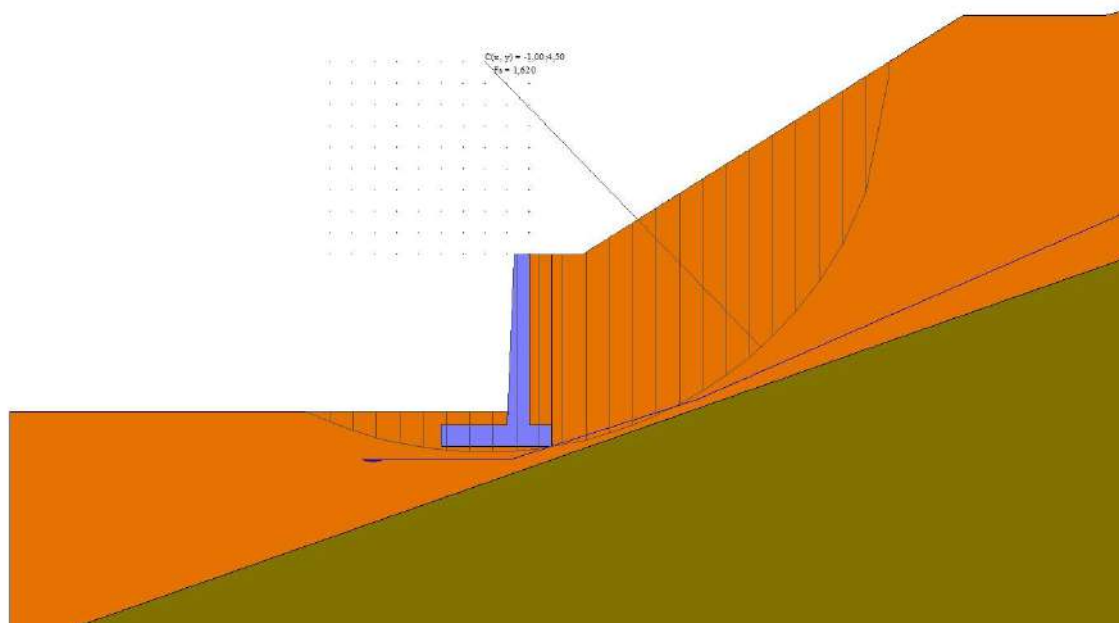


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

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 fanno 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 [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	88	0	0
3	-0,20	177	0	0
4	-0,30	267	0	-1
5	-0,40	357	0	-1
6	-0,50	449	0	-2
7	-0,60	542	0	-3
8	-0,70	636	5	-4
9	-0,80	735	20	-5
10	-0,90	837	41	-5
11	-1,00	940	65	-2
12	-1,10	1045	92	2
13	-1,20	1151	121	9
14	-1,30	1259	153	19
15	-1,40	1369	186	31
16	-1,50	1480	222	47
17	-1,60	1592	260	66
18	-1,70	1707	300	89
19	-1,80	1822	341	115
20	-1,90	1939	385	145
21	-2,00	2057	430	180
22	-2,10	2177	477	218
23	-2,20	2298	525	261
24	-2,30	2421	574	309
25	-2,40	2545	626	361
26	-2,50	2670	678	418
27	-2,60	2796	732	480
28	-2,70	2924	787	547
29	-2,80	3053	843	619
30	-2,90	3183	901	697
31	-3,00	3315	959	780
32	-3,10	3447	1019	869
33	-3,20	3581	1080	963

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PIOIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
34	-3,30	3716	1142	1064
35	-3,40	3853	1204	1170
36	-3,50	3990	1268	1282
37	-3,60	4129	1333	1400
38	-3,70	4269	1399	1524
39	-3,80	4410	1465	1655
40	-3,90	4552	1533	1791
41	-4,00	4696	1601	1935

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	88	0	0
3	-0,20	177	0	0
4	-0,30	267	0	-1
5	-0,40	357	0	-1
6	-0,50	449	0	-2
7	-0,60	542	0	-3
8	-0,70	636	3	-4
9	-0,80	733	12	-5
10	-0,90	832	25	-5
11	-1,00	932	40	-5
12	-1,10	1034	57	-3
13	-1,20	1138	75	1
14	-1,30	1243	95	6
15	-1,40	1349	117	13
16	-1,50	1456	140	22
17	-1,60	1565	165	33
18	-1,70	1675	191	46
19	-1,80	1787	218	62
20	-1,90	1900	247	80
21	-2,00	2014	277	101
22	-2,10	2129	308	124
23	-2,20	2245	340	151
24	-2,30	2363	373	180
25	-2,40	2482	408	212
26	-2,50	2602	443	248
27	-2,60	2724	479	287
28	-2,70	2846	516	329
29	-2,80	2970	555	375
30	-2,90	3095	594	424
31	-3,00	3221	634	477
32	-3,10	3348	674	534
33	-3,20	3477	716	594
34	-3,30	3606	758	658
35	-3,40	3737	801	727
36	-3,50	3869	845	799
37	-3,60	4002	890	875
38	-3,70	4136	935	956
39	-3,80	4271	981	1041
40	-3,90	4408	1028	1130
41	-4,00	4545	1075	1224

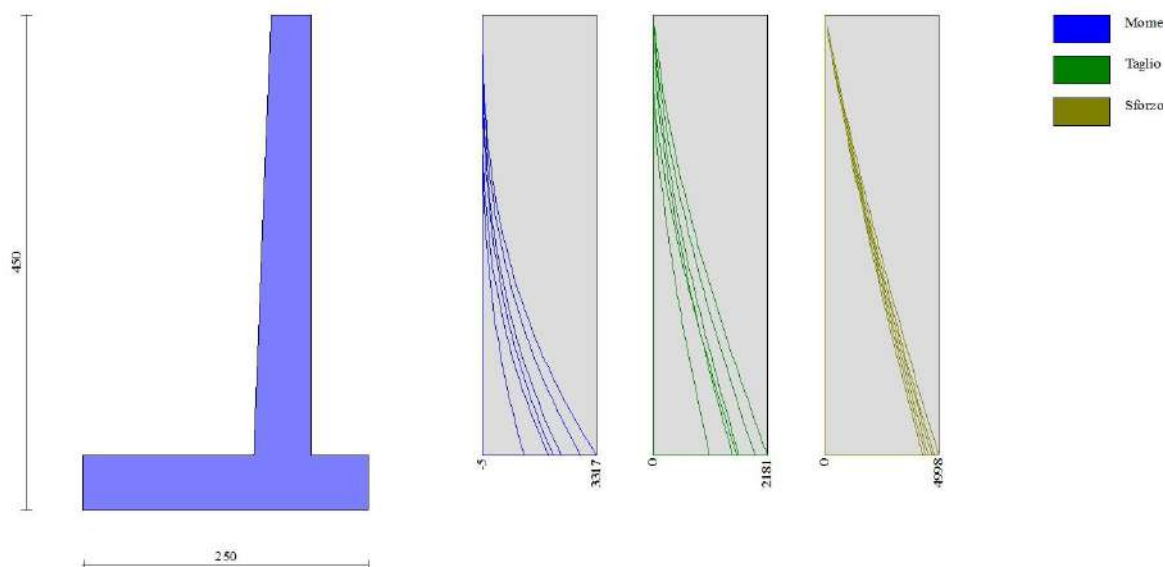


Fig. 9 - Paramento (Involuppo)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-2,00	0	0	0
2	-1,90	0	24	1
3	-1,80	0	71	6
4	-1,70	0	141	16
5	-1,60	0	233	35
6	-1,50	0	347	63
7	-1,40	0	484	105
8	-1,30	0	644	161
9	-1,20	0	826	234
10	-1,10	0	1031	327
11	-1,00	0	1258	441
12	-0,90	0	1507	579
13	-0,80	0	1780	743
14	-0,70	0	2074	936
15	-0,60	0	2392	1159
16	-0,50	0	2731	1415
17	0,00	0	-1732	-410
18	0,10	0	-1341	-256
19	0,20	0	-972	-141
20	0,30	0	-625	-61
21	0,40	0	-301	-15
22	0,50	0	0	0

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-2,00	0	0	0
2	-1,90	0	-44	-2
3	-1,80	0	-58	-8
4	-1,70	0	-44	-13
5	-1,60	0	-1	-16
6	-1,50	0	72	-12
7	-1,40	0	173	0
8	-1,30	0	304	23
9	-1,20	0	464	61
10	-1,10	0	652	117
11	-1,00	0	870	193
12	-0,90	0	1117	292
13	-0,80	0	1393	417
14	-0,70	0	1698	571
15	-0,60	0	2032	758
16	-0,50	0	2395	979
17	0,00	0	-356	-59
18	0,10	0	-227	-30
19	0,20	0	-126	-12
20	0,30	0	-55	-4
21	0,40	0	-13	0
22	0,50	0	0	0

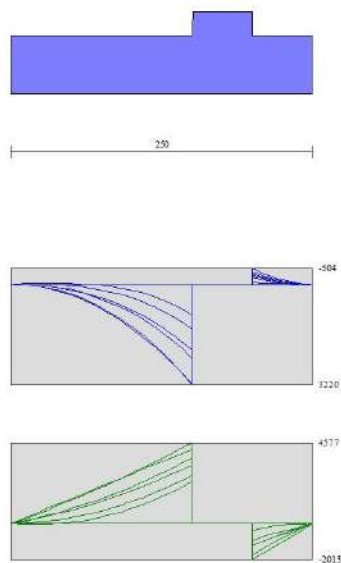


Fig. 10 - Fondazione (Inviluppo)

Verifiche strutturali

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 espresso 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 [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	0,00	100	35	3,93	3,93	0	0	0	0	100000.000
2	-0,10	100	35	3,93	3,93	0	88	0	0	100000.000
3	-0,20	100	36	3,93	3,93	0	177	0	0	100000.000
4	-0,30	100	36	3,93	3,93	-1	267	0	0	100000.000
5	-0,40	100	36	3,93	3,93	-1	357	-5016	357	3835.871
6	-0,50	100	37	3,93	3,93	-2	449	-5083	449	2479.381
7	-0,60	100	37	3,93	3,93	-3	542	-5151	542	1738.838
8	-0,70	100	38	3,93	3,93	-4	636	-5220	636	1258.453
9	-0,80	100	38	3,93	3,93	-5	735	-5290	735	1045.557
10	-0,90	100	38	3,93	3,93	-5	837	-5361	837	1154.063
11	-1,00	100	39	3,93	3,93	-2	940	-5432	940	2340.781
12	-1,10	100	39	3,93	3,93	2	1045	5502	1045	2511.242
13	-1,20	100	39	3,93	3,93	9	1151	5574	1151	609.471
14	-1,30	100	40	3,93	3,93	19	1259	5648	1259	300.550
15	-1,40	100	40	3,93	3,93	31	1369	5722	1369	182.484
16	-1,50	100	41	3,93	3,93	47	1480	5797	1480	123.181
17	-1,60	100	41	3,93	3,93	66	1592	5873	1592	88.830
18	-1,70	100	41	3,93	3,93	89	1707	5949	1707	67.065
19	-1,80	100	42	3,93	3,93	115	1822	6026	1822	52.387
20	-1,90	100	42	3,93	3,93	145	1939	6104	1939	42.018
21	-2,00	100	42	3,93	3,93	180	2057	6182	2057	34.426
22	-2,10	100	43	3,93	3,93	218	2177	6262	2177	28.703
23	-2,20	100	43	3,93	3,93	261	2298	6342	2298	24.287
24	-2,30	100	43	3,93	3,93	309	2421	6422	2421	20.809
25	-2,40	100	44	3,93	3,93	361	2545	6504	2545	18.023
26	-2,50	100	44	3,93	3,93	418	2670	6586	2670	15.759
27	-2,60	100	45	3,93	3,93	480	2796	6669	2796	13.896

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
28	-2,70	100	45	3,93	3,93	547	2924	6753	2924	12.344
29	-2,80	100	45	3,93	3,93	619	3053	6837	3053	11.038
30	-2,90	100	46	3,93	3,93	697	3183	6922	3183	9.930
31	-3,00	100	46	3,93	3,93	780	3315	7008	3315	8.982
32	-3,10	100	46	3,93	3,93	869	3447	7095	3447	8.165
33	-3,20	100	47	3,93	16,65	963	3581	26048	3581	27.039
34	-3,30	100	47	3,93	16,65	1064	3716	26318	3716	24.746
35	-3,40	100	48	3,93	16,65	1170	3853	26589	3853	22.734
36	-3,50	100	48	3,93	16,65	1282	3990	26861	3990	20.959
37	-3,60	100	48	3,93	16,65	1400	4129	27133	4129	19.385
38	-3,70	100	49	5,65	16,65	1524	4269	27395	4269	17.976
39	-3,80	100	49	5,65	12,72	1655	4410	21666	4410	13.095
40	-3,90	100	49	5,65	12,72	1791	4552	21885	4552	12.217
41	-3,99	100	50	5,65	12,72	1935	4696	22086	4696	11.416

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	-2,00	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000
2	-1,90	100	50	10,05	10,05	1	0	17023	0	16481.553
3	-1,80	100	50	10,05	10,05	6	0	17023	0	3021.943
4	-1,70	100	50	10,05	10,05	16	0	17023	0	1060.397
5	-1,60	100	50	10,05	10,05	35	0	17023	0	492.759
6	-1,50	100	50	10,05	10,05	63	0	17023	0	268.652
7	-1,40	100	50	10,05	10,05	105	0	17023	0	162.495
8	-1,30	100	50	10,05	10,05	161	0	17023	0	105.742
9	-1,20	100	50	10,05	10,05	234	0	17023	0	72.656
10	-1,10	100	50	10,05	10,05	327	0	17023	0	52.068
11	-1,00	100	50	10,05	10,05	441	0	17023	0	38.586
12	-0,90	100	50	10,05	10,05	579	0	17023	0	29.388
13	-0,80	100	50	10,05	10,05	743	0	17023	0	22.898
14	-0,70	100	50	10,05	10,05	936	0	17023	0	18.188
15	-0,60	100	50	10,05	10,05	1159	0	17023	0	14.687
16	-0,50	100	50	10,05	10,05	1415	0	17023	0	12.030
17	0,00	100	50	10,05	10,05	-410	0	-17023	0	41.563
18	0,10	100	50	10,05	10,05	-256	0	-17023	0	66.465
19	0,20	100	50	10,05	10,05	-141	0	-17023	0	120.998
20	0,30	100	50	10,05	10,05	-61	0	-17023	0	278.945
21	0,40	100	50	10,05	10,05	-15	0	-17023	0	1143.929
22	0,50	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000

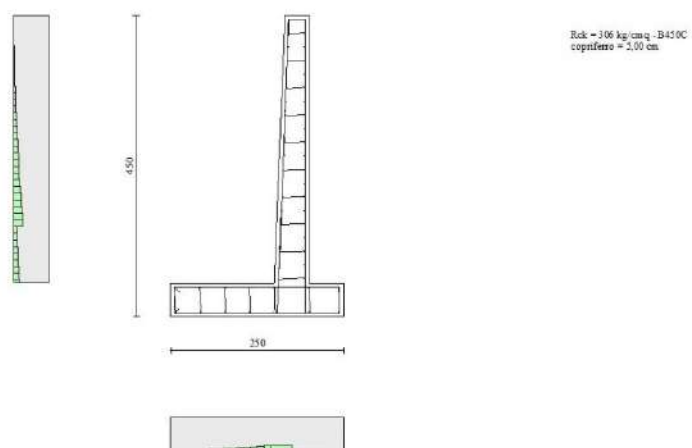


Fig. 11 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o Is) indice sezione
Y ordinata sezione espressa in [m]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	35	0,00	0,00	--	0	0	13218	0	100.000
2	-0,10	100	35	0,00	0,00	--	0	0	13336	0	100.000
3	-0,20	100	36	0,00	0,00	--	0	0	13455	0	100.000
4	-0,30	100	36	0,00	0,00	--	0	0	13574	0	100.000
5	-0,40	100	36	0,00	0,00	--	0	0	13692	0	100.000
6	-0,50	100	37	0,00	0,00	--	0	0	13811	0	100.000
7	-0,60	100	37	0,00	0,00	--	0	0	13929	0	100.000
8	-0,70	100	38	0,00	0,00	--	0	0	14047	5	2831.551
9	-0,80	100	38	0,00	0,00	--	0	0	14166	20	713.872
10	-0,90	100	38	0,00	0,00	--	0	0	14285	41	347.680
11	-1,00	100	39	0,00	0,00	--	0	0	14404	65	221.169
12	-1,10	100	39	0,00	0,00	--	0	0	14523	92	158.189
13	-1,20	100	39	0,00	0,00	--	0	0	14642	121	121.033
14	-1,30	100	40	0,00	0,00	--	0	0	14761	153	96.794
15	-1,40	100	40	0,00	0,00	--	0	0	14880	186	79.892
16	-1,50	100	41	0,00	0,00	--	0	0	14999	222	67.525
17	-1,60	100	41	0,00	0,00	--	0	0	15118	260	58.144
18	-1,70	100	41	0,00	0,00	--	0	0	15238	300	50.822
19	-1,80	100	42	0,00	0,00	--	0	0	15357	341	44.974
20	-1,90	100	42	0,00	0,00	--	0	0	15476	385	40.213
21	-2,00	100	42	0,00	0,00	--	0	0	15595	430	36.275
22	-2,10	100	43	0,00	0,00	--	0	0	15715	477	32.973
23	-2,20	100	43	0,00	0,00	--	0	0	15834	525	30.172
24	-2,30	100	43	0,00	0,00	--	0	0	15953	574	27.770
25	-2,40	100	44	0,00	0,00	--	0	0	16073	626	25.692
26	-2,50	100	44	0,00	0,00	--	0	0	16192	678	23.880
27	-2,60	100	45	0,00	0,00	--	0	0	16312	732	22.288
28	-2,70	100	45	0,00	0,00	--	0	0	16431	787	20.881
29	-2,80	100	45	0,00	0,00	--	0	0	16550	843	19.629
30	-2,90	100	46	0,00	0,00	--	0	0	16670	901	18.509
31	-3,00	100	46	0,00	0,00	--	0	0	16790	959	17.503
32	-3,10	100	46	0,00	0,00	--	0	0	16909	1019	16.595
33	-3,20	100	47	0,00	0,00	--	0	0	19203	1080	17.785
34	-3,30	100	47	0,00	0,00	--	0	0	19298	1142	16.905
35	-3,40	100	48	0,00	0,00	--	0	0	19392	1204	16.102
36	-3,50	100	48	0,00	0,00	--	0	0	19487	1268	15.366
37	-3,60	100	48	0,00	0,00	--	0	0	19582	1333	14.691
38	-3,70	100	49	0,00	0,00	--	0	0	19676	1399	14.069
39	-3,80	100	49	0,00	0,00	--	0	0	18126	1465	12.372
40	-3,90	100	49	0,00	0,00	--	0	0	18214	1533	11.884
41	-3,99	100	50	0,00	0,00	--	0	0	18295	1601	11.428

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	-2,00	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	0	100.000
2	-1,90	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-24	713.807
3	-1,80	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-71	244.223
4	-1,70	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-141	123.747
5	-1,60	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-233	74.849
6	-1,50	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-347	50.171
7	-1,40	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-484	35.976
8	-1,30	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-644	27.061
9	-1,20	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-826	21.095
10	-1,10	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1031	16.907
11	-1,00	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1258	13.854
12	-0,90	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1507	11.559
13	-0,80	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1780	9.791
14	-0,70	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-2074	8.400
15	-0,60	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-2392	7.286
16	-0,50	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-2731	6.380
17	0,00	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1732	10.060
18	0,10	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1341	12.997
19	0,20	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-972	17.932
20	0,30	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-625	27.867
21	0,40	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-301	57.818
22	0,50	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	0	100.000

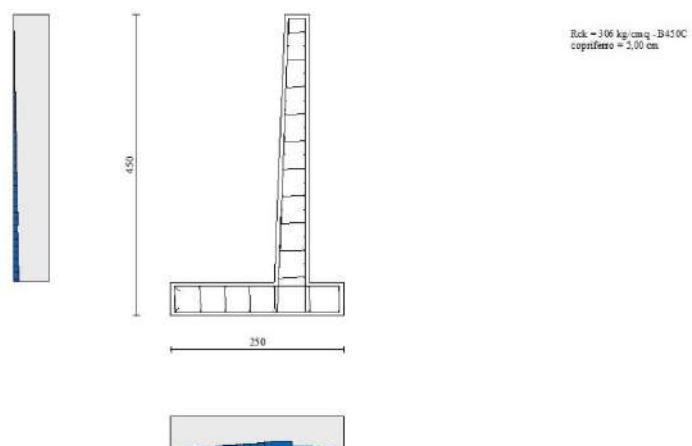


Fig. 12 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

Combinazioni SLER

Paramento

Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	152,34	[kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	3670,92	[kg/cmq]

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σ_c [kg/cmq]	σ_{fi} [kg/cmq]	σ_{fs} [kg/cmq]
1	0,00	100	35	3,93	3,93	0	0	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	100	35	3,93	3,93	0	88	0,02	0,36	0,36
3	-0,20	100	36	3,93	3,93	0	177	0,05	0,70	0,73
4	-0,30	100	36	3,93	3,93	-1	267	0,07	1,04	1,11
5	-0,40	100	36	3,93	3,93	-1	357	0,10	1,36	1,48
6	-0,50	100	37	3,93	3,93	-2	449	0,13	1,68	1,86
7	-0,60	100	37	3,93	3,93	-3	542	0,15	1,99	2,25
8	-0,70	100	38	3,93	3,93	-4	636	0,18	2,28	2,64
9	-0,80	100	38	3,93	3,93	-5	733	0,21	2,59	3,03
10	-0,90	100	38	3,93	3,93	-5	832	0,23	2,93	3,39
11	-1,00	100	39	3,93	3,93	-5	932	0,25	3,32	3,70
12	-1,10	100	39	3,93	3,93	-3	1034	0,27	3,75	3,96
13	-1,20	100	39	3,93	3,93	1	1138	0,28	4,24	4,17
14	-1,30	100	40	3,93	3,93	6	1243	0,33	4,79	4,31
15	-1,40	100	40	3,93	3,93	13	1349	0,37	5,40	4,39
16	-1,50	100	41	3,93	3,93	22	1456	0,43	6,08	4,40
17	-1,60	100	41	3,93	3,93	33	1565	0,49	6,82	4,34
18	-1,70	100	41	3,93	3,93	46	1675	0,55	7,63	4,21
19	-1,80	100	42	3,93	3,93	62	1787	0,62	8,52	4,00
20	-1,90	100	42	3,93	3,93	80	1900	0,70	9,48	3,72
21	-2,00	100	42	3,93	3,93	101	2014	0,78	10,51	3,36
22	-2,10	100	43	3,93	3,93	124	2129	0,88	11,62	2,92
23	-2,20	100	43	3,93	3,93	151	2245	0,97	12,80	2,41

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
24	-2,30	100	43	3,93	3,93	180	2363	1,08	14,06	1,81
25	-2,40	100	44	3,93	3,93	212	2482	1,19	15,45	0,98
26	-2,50	100	44	3,93	3,93	248	2602	1,32	17,01	0,21
27	-2,60	100	45	3,93	3,93	287	2724	1,48	18,75	1,88
28	-2,70	100	45	3,93	3,93	329	2846	1,65	20,71	4,21
29	-2,80	100	45	3,93	3,93	375	2970	1,85	22,91	7,41
30	-2,90	100	46	3,93	3,93	424	3095	2,08	25,37	11,77
31	-3,00	100	46	3,93	3,93	477	3221	2,35	28,10	17,61
32	-3,10	100	46	3,93	3,93	534	3348	2,66	31,10	25,30
33	-3,20	100	47	3,93	16,65	594	3477	2,64	31,18	18,69
34	-3,30	100	47	3,93	16,65	658	3606	2,89	33,75	23,40
35	-3,40	100	48	3,93	16,65	727	3737	3,14	36,42	28,64
36	-3,50	100	48	3,93	16,65	799	3869	3,41	39,19	34,41
37	-3,60	100	48	3,93	16,65	875	4002	3,70	42,05	40,70
38	-3,70	100	49	5,65	16,65	956	4136	3,93	44,32	47,07
39	-3,80	100	49	5,65	12,72	1041	4271	4,45	48,63	65,74
40	-3,90	100	49	5,65	12,72	1130	4408	4,79	51,86	75,56
41	-3,99	100	50	5,65	12,72	1224	4545	5,15	55,22	86,19

Fondazione

Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	-2,00	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	100	50	10,05	10,05	-2	0	0,01	0,07	0,59
3	-1,80	100	50	10,05	10,05	-8	0	0,04	0,21	1,90
4	-1,70	100	50	10,05	10,05	-13	0	0,06	0,36	3,22
5	-1,60	100	50	10,05	10,05	-16	0	0,07	0,42	3,82
6	-1,50	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06	0,33	3,02
7	-1,40	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00	0,01	0,08
8	-1,30	100	50	10,05	10,05	23	0	0,11	5,69	0,63
9	-1,20	100	50	10,05	10,05	61	0	0,28	15,01	1,66
10	-1,10	100	50	10,05	10,05	117	0	0,53	28,58	3,17
11	-1,00	100	50	10,05	10,05	193	0	0,88	47,12	5,22
12	-0,90	100	50	10,05	10,05	292	0	1,32	71,34	7,90
13	-0,80	100	50	10,05	10,05	417	0	1,89	101,95	11,29
14	-0,70	100	50	10,05	10,05	571	0	2,59	139,65	15,47
15	-0,60	100	50	10,05	10,05	758	0	3,44	185,17	20,51
16	-0,50	100	50	10,05	10,05	979	0	4,44	239,20	26,49
17	0,00	100	50	10,05	10,05	-59	0	0,27	1,59	14,34
18	0,10	100	50	10,05	10,05	-30	0	0,14	0,81	7,29
19	0,20	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06	0,34	3,03
20	0,30	100	50	10,05	10,05	-4	0	0,02	0,10	0,87
21	0,40	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00	0,01	0,10
22	0,50	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00	0,00	0,00

Combinazioni SLEF

Paramento

Fondazione

Combinazioni SLEQ

Paramento

Fondazione

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n° indice sezione
Y ordinata sezione espressa in [m]
B larghezza sezione espressa in [cm]
H altezza sezione espressa in [cm]
Af area ferri zona tesa espressa in [cmq]
Aeff area efficace espressa in [cmq]
M momento agente espressa in [kgm]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Mpf	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kgm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Fondazione

Combinazioni SLEQ

Paramento

Fondazione

Risultati per inviluppo

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	1119	16,00	1075	308	0,50	-2,65
	Incremento di spinta sismica		488	469	135	0,50	-2,00
	Peso/Inerzia muro			1105	7359/553	-0,44	-3,02
	Peso/Inerzia terrapieno			541	3600/270	0,25	-2,00
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			122	810	-1,25	-3,85
	Spinta falda da monte			318		0,50	-4,23
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0	0,00	-4,50
	Resistenza passiva terreno antistante			-3147			

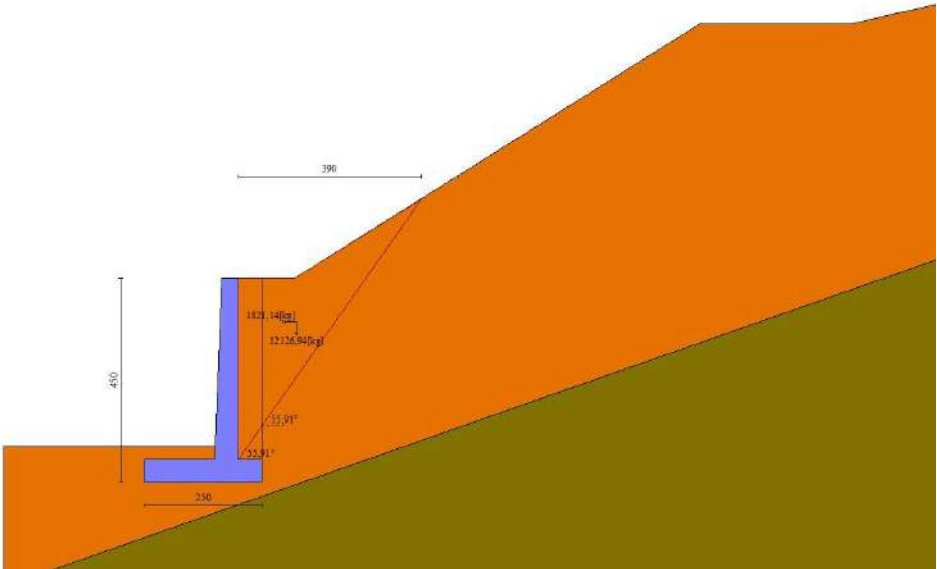


Fig. 13 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

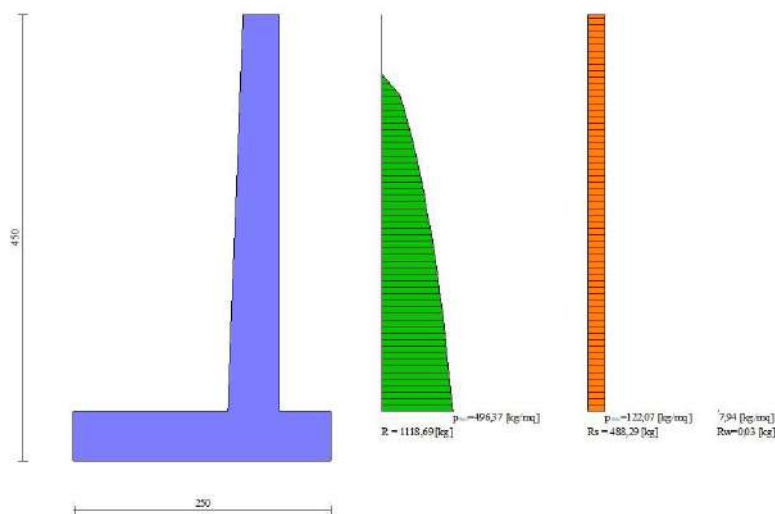


Fig. 14 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

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)		4.542		6.127			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.584		5.748			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.626		6.619			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.641		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.620		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.703		
7 - EQU (A1-M1-R3)			6.857				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		3.270				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.409				

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	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	6235	3147	0	--	--	9382	3630	2.584

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]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Qd Portanza di progetto, espresso in [kg]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limie e carico agente al piano di posa)

Portanza imposta nota 3,00 [kg/cmq]

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	13034	74921	62434	5.748

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]	
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	23431	9726	2.409

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]	
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,00; 4,50	9,13	1.620

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

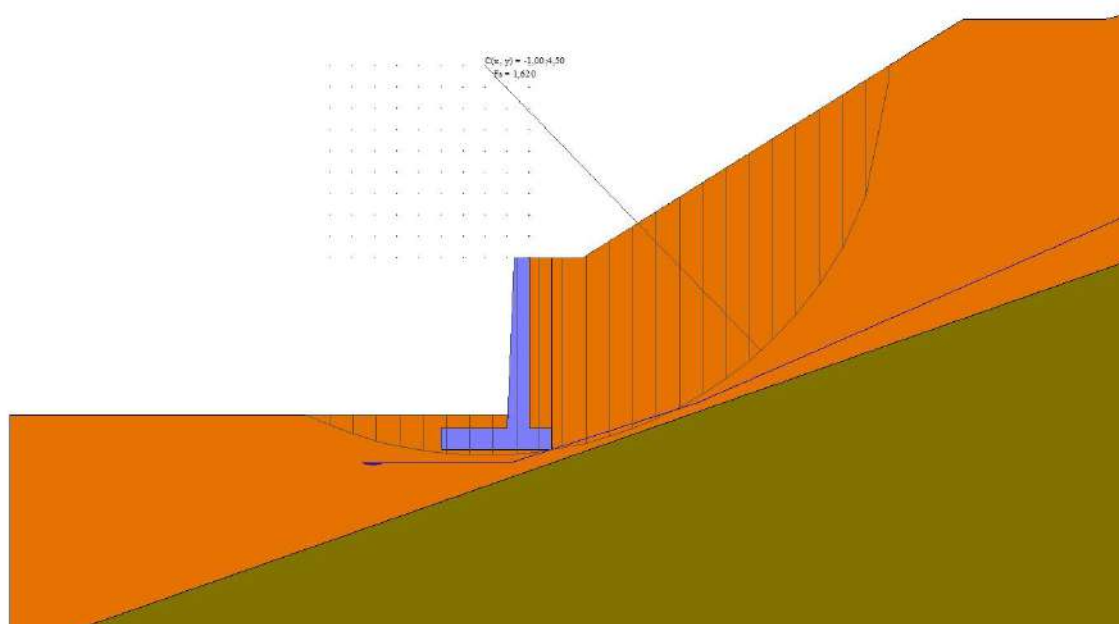


Fig. 15 - (Combinazione n° 5)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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 fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]	T _{min} [kg]	T _{max} [kg]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]
1	0,00	0	0	0	0	0	0
2	-0,10	88	88	0	0	0	0
3	-0,20	177	177	0	0	0	0
4	-0,30	267	267	0	0	-1	-1
5	-0,40	357	357	0	0	-1	-1
6	-0,50	449	449	0	0	-2	-2
7	-0,60	542	542	0	0	-3	-3
8	-0,70	636	636	3	5	-4	-4
9	-0,80	733	735	12	20	-5	-5
10	-0,90	832	837	25	41	-5	-5
11	-1,00	932	940	40	65	-5	-2
12	-1,10	1034	1045	57	92	-3	2
13	-1,20	1138	1151	75	121	1	9
14	-1,30	1243	1259	95	153	6	19
15	-1,40	1349	1369	117	186	13	31
16	-1,50	1456	1480	140	222	22	47
17	-1,60	1565	1592	165	260	33	66
18	-1,70	1675	1707	191	300	46	89
19	-1,80	1787	1822	218	341	62	115
20	-1,90	1900	1939	247	385	80	145
21	-2,00	2014	2057	277	430	101	180
22	-2,10	2129	2177	308	477	124	218
23	-2,20	2245	2298	340	525	151	261
24	-2,30	2363	2421	373	574	180	309
25	-2,40	2482	2545	408	626	212	361
26	-2,50	2602	2670	443	678	248	418
27	-2,60	2724	2796	479	732	287	480
28	-2,70	2846	2924	516	787	329	547
29	-2,80	2970	3053	555	843	375	619
30	-2,90	3095	3183	594	901	424	697
31	-3,00	3221	3315	634	959	477	780
32	-3,10	3348	3447	674	1019	534	869
33	-3,20	3477	3581	716	1080	594	963
34	-3,30	3606	3716	758	1142	658	1064
35	-3,40	3737	3853	801	1204	727	1170
36	-3,50	3869	3990	845	1268	799	1282
37	-3,60	4002	4129	890	1333	875	1400
38	-3,70	4136	4269	935	1399	956	1524
39	-3,80	4271	4410	981	1465	1041	1655
40	-3,90	4408	4552	1028	1533	1130	1791
41	-4,00	4545	4696	1075	1601	1224	1935

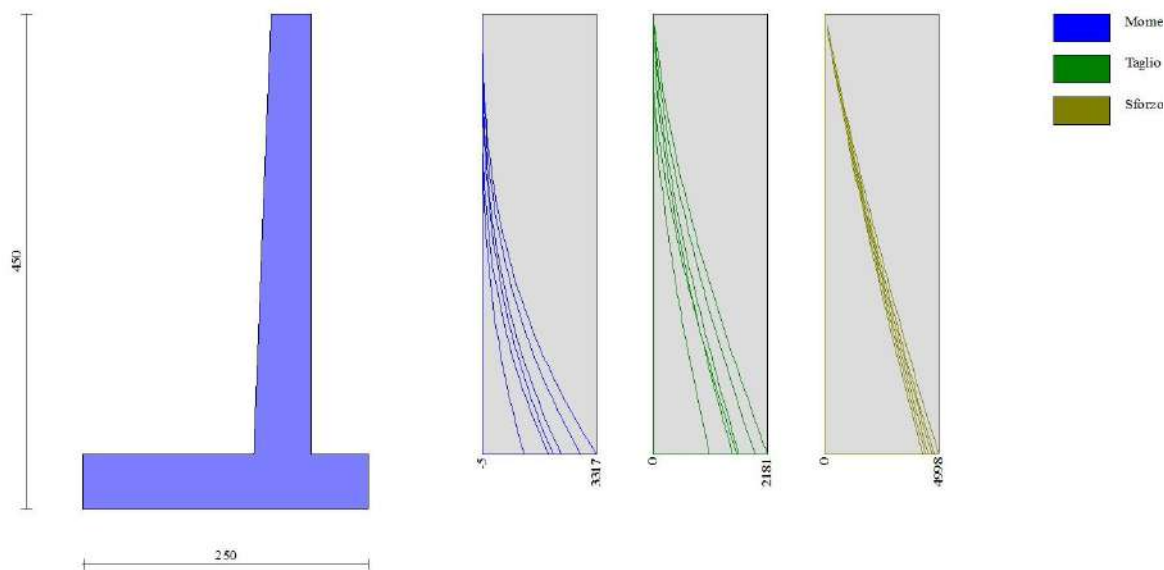


Fig. 16 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kg]	N _{max} [kg]	T _{min} [kg]	T _{max} [kg]	M _{min} [kgm]	M _{max} [kgm]
1	-2,00	0	0	0	0	0	0
2	-1,90	0	0	-44	24	-2	1
3	-1,80	0	0	-58	71	-8	6
4	-1,70	0	0	-44	141	-13	16
5	-1,60	0	0	-1	233	-16	35
6	-1,50	0	0	72	347	-12	63
7	-1,40	0	0	173	484	0	105
8	-1,30	0	0	304	644	23	161
9	-1,20	0	0	464	826	61	234
10	-1,10	0	0	652	1031	117	327
11	-1,00	0	0	870	1258	193	441
12	-0,90	0	0	1117	1507	292	579
13	-0,80	0	0	1393	1780	417	743
14	-0,70	0	0	1698	2074	571	936
15	-0,60	0	0	2032	2392	758	1159
16	-0,50	0	0	2395	2731	979	1415
17	0,00	0	0	-1732	-356	-410	-59
18	0,10	0	0	-1341	-227	-256	-30
19	0,20	0	0	-972	-126	-141	-12
20	0,30	0	0	-625	-55	-61	-4
21	0,40	0	0	-301	-13	-15	0
22	0,50	0	0	0	0	0	0

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

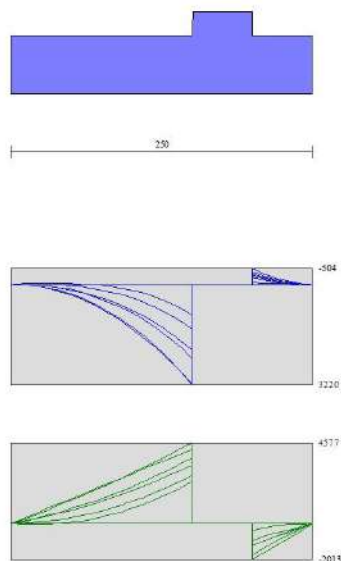


Fig. 17 - Fondazione

Verifiche strutturali

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 espresso 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 [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	100	35	3,93	3,93	0	0	0	0	100000.000
2	100	35	3,93	3,93	0	0	0	0	100000.000
3	100	36	3,93	3,93	3	197	4885	197	1419.384
4	100	36	3,93	3,93	9	297	4953	297	572.892
5	100	36	3,93	3,93	16	398	5021	398	310.198
6	100	37	3,93	3,93	26	500	5090	500	195.182
7	100	37	3,93	3,93	38	602	5159	602	134.602
8	100	38	3,93	3,93	53	707	5230	707	98.866
9	100	38	3,93	3,93	70	815	5301	815	75.598
10	100	38	3,93	3,93	91	924	5373	924	59.273
11	100	39	3,93	3,93	115	1035	5445	1035	47.412
12	100	39	3,93	3,93	143	1148	5519	1148	38.607
13	100	39	3,93	3,93	175	1262	5593	1262	31.937
14	100	40	3,93	3,93	212	1378	5668	1378	26.790
15	100	40	3,93	3,93	252	1495	5744	1495	22.752
16	100	41	3,93	3,93	298	1613	5820	1613	19.535
17	100	41	3,93	3,93	348	1733	5897	1733	16.937
18	100	41	3,93	3,93	403	1854	5975	1854	14.813
19	100	42	3,93	3,93	464	1977	6053	1977	13.058
20	100	42	3,93	3,93	529	2101	6133	2101	11.592
21	100	42	3,93	3,93	600	2226	6213	2226	10.357
22	100	43	3,93	3,93	676	2353	6294	2353	9.308
23	100	43	3,93	3,93	758	2481	6375	2481	8.410
24	100	43	3,93	3,93	846	2610	6457	2610	7.636
25	100	44	3,93	3,93	939	2740	6541	2740	6.964
26	100	44	3,93	3,93	1039	2872	6624	2872	6.378
27	100	45	3,93	3,93	1144	3005	6709	3005	5.864
28	100	45	3,93	3,93	1256	3140	6794	3140	5.410
29	100	45	3,93	3,93	1374	3275	6880	3275	5.008
30	100	46	3,93	3,93	1498	3412	6967	3412	4.650

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
31	100	46	3,93	3,93	1629	3550	7055	3550	4.330
32	100	46	3,93	3,93	1767	3690	7143	3690	4.043
33	100	47	3,93	16,65	1911	3830	26092	3830	13.653
34	100	47	3,93	16,65	2062	3972	26363	3972	12.785
35	100	48	3,93	16,65	2220	4115	26636	4115	11.998
36	100	48	3,93	16,65	2385	4259	26909	4259	11.283
37	100	48	3,93	16,65	2557	4405	27183	4405	10.632
38	100	49	5,65	16,65	2736	4551	27447	4551	10.032
39	100	49	5,65	12,72	2922	4699	21724	4699	7.434
40	100	49	5,65	12,72	3116	4848	21945	4848	7.043
41	100	50	5,65	12,72	3317	4998	22148	4998	6.678

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000
2	100	50	10,05	10,05	14	0	17023	0	1184.578
3	100	50	10,05	10,05	57	0	17023	0	296.517
4	100	50	10,05	10,05	129	0	17023	0	131.952
5	100	50	10,05	10,05	229	0	17023	0	74.317
6	100	50	10,05	10,05	357	0	17023	0	47.623
7	100	50	10,05	10,05	514	0	17023	0	33.113
8	100	50	10,05	10,05	699	0	17023	0	24.359
9	100	50	10,05	10,05	912	0	17023	0	18.673
10	100	50	10,05	10,05	1152	0	17023	0	14.773
11	100	50	10,05	10,05	1421	0	17023	0	11.981
12	100	50	10,05	10,05	1717	0	17023	0	9.915
13	100	50	10,05	10,05	2041	0	17023	0	8.342
14	100	50	10,05	10,05	2392	0	17023	0	7.117
15	100	50	10,05	10,05	2780	0	17023	0	6.123
16	100	50	10,05	10,05	3220	0	17023	0	5.287
17	100	50	10,05	10,05	-504	0	-17023	0	33.749
18	100	50	10,05	10,05	-323	0	-17023	0	52.685
19	100	50	10,05	10,05	-182	0	-17023	0	93.578
20	100	50	10,05	10,05	-81	0	-17023	0	210.363
21	100	50	10,05	10,05	-20	0	-17023	0	840.701
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000

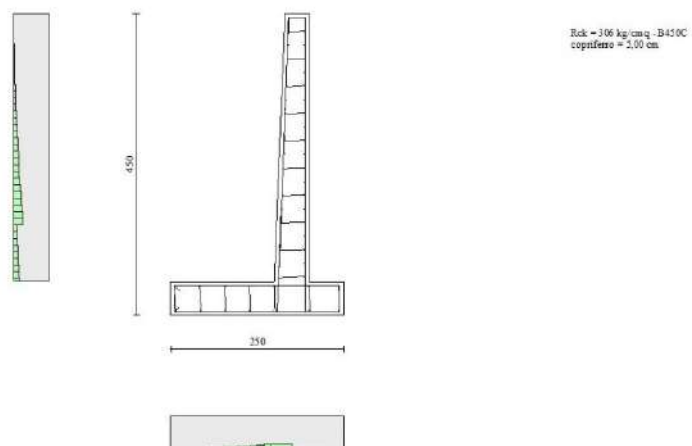


Fig. 18 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o Is)	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espressa in [cmq]
cotgθ	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]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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} [cm²]	cotθ	V_{Rcd} [kg]	V_{Rsd} [kg]	V_{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	100	35	0,00	--	0	0	13218	0	100.000
2	100	35	0,00	--	0	0	13338	25	534.712
3	100	36	0,00	--	0	0	13458	50	269.016
4	100	36	0,00	--	0	0	13578	75	180.443
5	100	36	0,00	--	0	0	13697	101	136.151
6	100	37	0,00	--	0	0	13817	126	109.572
7	100	37	0,00	--	0	0	13937	152	91.849
8	100	38	0,00	--	0	0	14057	181	77.870
9	100	38	0,00	--	0	0	14177	215	65.802
10	100	38	0,00	--	0	0	14297	254	56.181
11	100	39	0,00	--	0	0	14417	296	48.776
12	100	39	0,00	--	0	0	14537	339	42.928
13	100	39	0,00	--	0	0	14657	384	38.212
14	100	40	0,00	--	0	0	14777	430	34.341
15	100	40	0,00	--	0	0	14897	479	31.116
16	100	41	0,00	--	0	0	15017	529	28.396
17	100	41	0,00	--	0	0	15137	581	26.075
18	100	41	0,00	--	0	0	15257	634	24.076
19	100	42	0,00	--	0	0	15377	688	22.338
20	100	42	0,00	--	0	0	15497	744	20.817
21	100	42	0,00	--	0	0	15618	802	19.476
22	100	43	0,00	--	0	0	15738	861	18.287
23	100	43	0,00	--	0	0	15858	921	17.225
24	100	43	0,00	--	0	0	15978	982	16.273
25	100	44	0,00	--	0	0	16099	1044	15.415
26	100	44	0,00	--	0	0	16219	1108	14.639
27	100	45	0,00	--	0	0	16339	1173	13.934
28	100	45	0,00	--	0	0	16460	1238	13.291
29	100	45	0,00	--	0	0	16580	1305	12.702
30	100	46	0,00	--	0	0	16701	1373	12.162
31	100	46	0,00	--	0	0	16821	1442	11.664
32	100	46	0,00	--	0	0	16942	1512	11.205
33	100	47	0,00	--	0	0	19236	1583	12.154
34	100	47	0,00	--	0	0	19332	1655	11.684
35	100	48	0,00	--	0	0	19428	1727	11.248
36	100	48	0,00	--	0	0	19523	1801	10.842
37	100	48	0,00	--	0	0	19619	1875	10.463
38	100	49	0,00	--	0	0	19714	1950	10.108
39	100	49	0,00	--	0	0	18165	2026	8.964
40	100	49	0,00	--	0	0	18253	2103	8.679
41	100	50	0,00	--	0	0	18335	2181	8.407

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A_{sw} [cm²]	cotθ	V_{Rcd} [kg]	V_{Rsd} [kg]	V_{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	100	50	0,00	--	0	0	17425	0	100.000
2	100	50	0,00	--	0	0	17425	-287	60.666
3	100	50	0,00	--	0	0	17425	-573	30.390
4	100	50	0,00	--	0	0	17425	-858	20.299
5	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1142	15.253
6	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1425	12.225
7	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1707	10.207
8	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1988	8.766
9	100	50	0,00	--	0	0	17425	-2267	7.685
10	100	50	0,00	--	0	0	17425	-2546	6.844
11	100	50	0,00	--	0	0	17425	-2862	6.088
12	100	50	0,00	--	0	0	17425	-3190	5.462
13	100	50	0,00	--	0	0	17425	-3525	4.942
14	100	50	0,00	--	0	0	17425	-3869	4.504
15	100	50	0,00	--	0	0	17425	-4219	4.130
16	100	50	0,00	--	0	0	17425	-4577	3.807
17	100	50	0,00	--	0	0	17425	-2013	8.656
18	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1613	10.805
19	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1211	14.388
20	100	50	0,00	--	0	0	17425	-808	21.552
21	100	50	0,00	--	0	0	17425	-405	43.047
22	100	50	0,00	--	0	0	17425	0	100.000

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

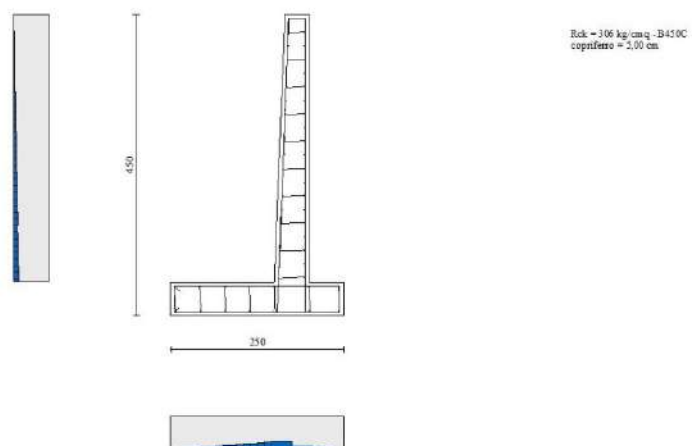


Fig. 19 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σ_c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
σ_{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
σ_{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	152,34	[kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	3670,92	[kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σ_c [kg/cmq]	σ_{fi} [kg/cmq]	σ_{fs} [kg/cmq]
1	100	35	3,93	3,93	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)
2	100	35	3,93	3,93	0	88	0,02 (10)	0,36 (10)	0,36 (10)
3	100	36	3,93	3,93	0	177	0,05 (10)	0,73 (10)	0,70 (10)
4	100	36	3,93	3,93	-1	267	0,07 (10)	1,11 (10)	1,04 (10)
5	100	36	3,93	3,93	-1	357	0,10 (10)	1,48 (10)	1,36 (10)
6	100	37	3,93	3,93	-2	449	0,13 (10)	1,86 (10)	1,68 (10)
7	100	37	3,93	3,93	-3	542	0,15 (10)	2,25 (10)	1,99 (10)
8	100	38	3,93	3,93	-4	636	0,18 (10)	2,64 (10)	2,28 (10)
9	100	38	3,93	3,93	-5	733	0,21 (10)	3,03 (10)	2,59 (10)
10	100	38	3,93	3,93	-5	832	0,23 (10)	3,39 (10)	2,93 (10)
11	100	39	3,93	3,93	-5	932	0,25 (10)	3,70 (10)	3,32 (10)
12	100	39	3,93	3,93	-3	1034	0,27 (10)	3,96 (10)	3,75 (10)
13	100	39	3,93	3,93	1	1138	0,28 (10)	4,17 (10)	4,24 (10)
14	100	40	3,93	3,93	6	1243	0,33 (10)	4,31 (10)	4,79 (10)
15	100	40	3,93	3,93	13	1349	0,37 (10)	4,39 (10)	5,40 (10)
16	100	41	3,93	3,93	22	1456	0,43 (10)	4,40 (10)	6,08 (10)
17	100	41	3,93	3,93	33	1565	0,49 (10)	4,34 (10)	6,82 (10)
18	100	41	3,93	3,93	46	1675	0,55 (10)	4,21 (10)	7,63 (10)
19	100	42	3,93	3,93	62	1787	0,62 (10)	4,00 (10)	8,52 (10)
20	100	42	3,93	3,93	80	1900	0,70 (10)	3,72 (10)	9,48 (10)
21	100	42	3,93	3,93	101	2014	0,78 (10)	3,36 (10)	10,51 (10)
22	100	43	3,93	3,93	124	2129	0,88 (10)	2,92 (10)	11,62 (10)
23	100	43	3,93	3,93	151	2245	0,97 (10)	2,41 (10)	12,80 (10)
24	100	43	3,93	3,93	180	2363	1,08 (10)	1,81 (10)	14,06 (10)
25	100	44	3,93	3,93	212	2482	1,19 (10)	0,98 (10)	15,45 (10)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
26	100	44	3,93	3,93	248	2602	1,32 (10)	0,21 (10)	17,01 (10)
27	100	45	3,93	3,93	287	2724	1,48 (10)	1,88 (10)	18,75 (10)
28	100	45	3,93	3,93	329	2846	1,65 (10)	4,21 (10)	20,71 (10)
29	100	45	3,93	3,93	375	2970	1,85 (10)	7,41 (10)	22,91 (10)
30	100	46	3,93	3,93	424	3095	2,08 (10)	11,77 (10)	25,37 (10)
31	100	46	3,93	3,93	477	3221	2,35 (10)	17,61 (10)	28,10 (10)
32	100	46	3,93	3,93	534	3348	2,66 (10)	25,30 (10)	31,10 (10)
33	100	47	3,93	16,65	594	3477	2,64 (10)	18,69 (10)	31,18 (10)
34	100	47	3,93	16,65	658	3606	2,89 (10)	23,40 (10)	33,75 (10)
35	100	48	3,93	16,65	727	3737	3,14 (10)	28,64 (10)	36,42 (10)
36	100	48	3,93	16,65	799	3869	3,41 (10)	34,41 (10)	39,19 (10)
37	100	48	3,93	16,65	875	4002	3,70 (10)	40,70 (10)	42,05 (10)
38	100	49	5,65	16,65	956	4136	3,93 (10)	47,07 (10)	44,32 (10)
39	100	49	5,65	12,72	1041	4271	4,45 (10)	65,74 (10)	48,63 (10)
40	100	49	5,65	12,72	1130	4408	4,79 (10)	75,56 (10)	51,86 (10)
41	100	50	5,65	12,72	1224	4545	5,15 (10)	86,19 (10)	55,22 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)
2	100	50	10,05	10,05	-2	0	0,01 (10)	0,07 (10)	0,59 (10)
3	100	50	10,05	10,05	-8	0	0,04 (10)	0,21 (10)	1,90 (10)
4	100	50	10,05	10,05	-13	0	0,06 (10)	0,36 (10)	3,22 (10)
5	100	50	10,05	10,05	-16	0	0,07 (10)	0,42 (10)	3,82 (10)
6	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06 (10)	0,33 (10)	3,02 (10)
7	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (1)	0,00 (1)	0,08 (10)
8	100	50	10,05	10,05	23	0	0,11 (10)	5,69 (10)	0,63 (10)
9	100	50	10,05	10,05	61	0	0,28 (10)	15,01 (10)	1,66 (10)
10	100	50	10,05	10,05	117	0	0,53 (10)	28,58 (10)	3,17 (10)
11	100	50	10,05	10,05	193	0	0,88 (10)	47,12 (10)	5,22 (10)
12	100	50	10,05	10,05	292	0	1,32 (10)	71,34 (10)	7,90 (10)
13	100	50	10,05	10,05	417	0	1,89 (10)	101,95 (10)	11,29 (10)
14	100	50	10,05	10,05	571	0	2,59 (10)	139,65 (10)	15,47 (10)
15	100	50	10,05	10,05	758	0	3,44 (10)	185,17 (10)	20,51 (10)
16	100	50	10,05	10,05	979	0	4,44 (10)	239,20 (10)	26,49 (10)
17	100	50	10,05	10,05	-59	0	0,27 (10)	1,59 (10)	14,34 (10)
18	100	50	10,05	10,05	-30	0	0,14 (10)	0,81 (10)	7,29 (10)
19	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06 (10)	0,34 (10)	3,03 (10)
20	100	50	10,05	10,05	-4	0	0,02 (10)	0,10 (10)	0,87 (10)
21	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (10)	0,00 (1)	0,10 (10)
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)

Combinazioni SLEF

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 253,91 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	35	3,93	3,93	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)
2	100	35	3,93	3,93	0	88	0,02 (11)	0,36 (11)	0,36 (11)
3	100	36	3,93	3,93	0	177	0,05 (11)	0,73 (11)	0,70 (11)
4	100	36	3,93	3,93	-1	267	0,07 (11)	1,11 (11)	1,04 (11)
5	100	36	3,93	3,93	-1	357	0,10 (11)	1,48 (11)	1,36 (11)
6	100	37	3,93	3,93	-2	449	0,13 (11)	1,86 (11)	1,68 (11)
7	100	37	3,93	3,93	-3	542	0,15 (11)	2,25 (11)	1,99 (11)
8	100	38	3,93	3,93	-4	636	0,18 (11)	2,64 (11)	2,28 (11)
9	100	38	3,93	3,93	-5	733	0,21 (11)	3,03 (11)	2,59 (11)
10	100	38	3,93	3,93	-5	832	0,23 (11)	3,39 (11)	2,93 (11)
11	100	39	3,93	3,93	-5	932	0,25 (11)	3,70 (11)	3,32 (11)
12	100	39	3,93	3,93	-3	1034	0,27 (11)	3,96 (11)	3,75 (11)
13	100	39	3,93	3,93	1	1138	0,28 (11)	4,17 (11)	4,24 (11)
14	100	40	3,93	3,93	6	1243	0,33 (11)	4,31 (11)	4,79 (11)
15	100	40	3,93	3,93	13	1349	0,37 (11)	4,39 (11)	5,40 (11)
16	100	41	3,93	3,93	22	1456	0,43 (11)	4,40 (11)	6,08 (11)
17	100	41	3,93	3,93	33	1565	0,49 (11)	4,34 (11)	6,82 (11)
18	100	41	3,93	3,93	46	1675	0,55 (11)	4,21 (11)	7,63 (11)
19	100	42	3,93	3,93	62	1787	0,62 (11)	4,00 (11)	8,52 (11)
20	100	42	3,93	3,93	80	1900	0,70 (11)	3,72 (11)	9,48 (11)
21	100	42	3,93	3,93	101	2014	0,78 (11)	3,36 (11)	10,51 (11)
22	100	43	3,93	3,93	124	2129	0,88 (11)	2,92 (11)	11,62 (11)
23	100	43	3,93	3,93	151	2245	0,97 (11)	2,41 (11)	12,80 (11)
24	100	43	3,93	3,93	180	2363	1,08 (11)	1,81 (11)	14,06 (11)
25	100	44	3,93	3,93	212	2482	1,19 (11)	0,98 (11)	15,45 (11)
26	100	44	3,93	3,93	248	2602	1,32 (11)	0,21 (11)	17,01 (11)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
27	100	45	3,93	3,93	287	2724	1,48 (11)	1,88 (11)	18,75 (11)
28	100	45	3,93	3,93	329	2846	1,65 (11)	4,21 (11)	20,71 (11)
29	100	45	3,93	3,93	375	2970	1,85 (11)	7,41 (11)	22,91 (11)
30	100	46	3,93	3,93	424	3095	2,08 (11)	11,77 (11)	25,37 (11)
31	100	46	3,93	3,93	477	3221	2,35 (11)	17,61 (11)	28,10 (11)
32	100	46	3,93	3,93	534	3348	2,66 (11)	25,30 (11)	31,10 (11)
33	100	47	3,93	16,65	594	3477	2,64 (11)	18,69 (11)	31,18 (11)
34	100	47	3,93	16,65	658	3606	2,89 (11)	23,40 (11)	33,75 (11)
35	100	48	3,93	16,65	727	3737	3,14 (11)	28,64 (11)	36,42 (11)
36	100	48	3,93	16,65	799	3869	3,41 (11)	34,41 (11)	39,19 (11)
37	100	48	3,93	16,65	875	4002	3,70 (11)	40,70 (11)	42,05 (11)
38	100	49	5,65	16,65	956	4136	3,93 (11)	47,07 (11)	44,32 (11)
39	100	49	5,65	12,72	1041	4271	4,45 (11)	65,74 (11)	48,63 (11)
40	100	49	5,65	12,72	1130	4408	4,79 (11)	75,56 (11)	51,86 (11)
41	100	50	5,65	12,72	1224	4545	5,15 (11)	86,19 (11)	55,22 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 253,91 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)
2	100	50	10,05	10,05	-2	0	0,01 (11)	0,07 (11)	0,59 (11)
3	100	50	10,05	10,05	-8	0	0,04 (11)	0,21 (11)	1,90 (11)
4	100	50	10,05	10,05	-13	0	0,06 (11)	0,36 (11)	3,22 (11)
5	100	50	10,05	10,05	-16	0	0,07 (11)	0,42 (11)	3,82 (11)
6	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06 (11)	0,33 (11)	3,02 (11)
7	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (1)	0,00 (1)	0,08 (11)
8	100	50	10,05	10,05	23	0	0,11 (11)	5,69 (11)	0,63 (11)
9	100	50	10,05	10,05	61	0	0,28 (11)	15,01 (11)	1,66 (11)
10	100	50	10,05	10,05	117	0	0,53 (11)	28,58 (11)	3,17 (11)
11	100	50	10,05	10,05	193	0	0,88 (11)	47,12 (11)	5,22 (11)
12	100	50	10,05	10,05	292	0	1,32 (11)	71,34 (11)	7,90 (11)
13	100	50	10,05	10,05	417	0	1,89 (11)	101,95 (11)	11,29 (11)
14	100	50	10,05	10,05	571	0	2,59 (11)	139,65 (11)	15,47 (11)
15	100	50	10,05	10,05	758	0	3,44 (11)	185,17 (11)	20,51 (11)
16	100	50	10,05	10,05	979	0	4,44 (11)	239,20 (11)	26,49 (11)
17	100	50	10,05	10,05	-59	0	0,27 (11)	1,59 (11)	14,34 (11)
18	100	50	10,05	10,05	-30	0	0,14 (11)	0,81 (11)	7,29 (11)
19	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06 (11)	0,34 (11)	3,03 (11)
20	100	50	10,05	10,05	-4	0	0,02 (11)	0,10 (11)	0,87 (11)
21	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (1)	0,00 (1)	0,10 (11)
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 114,26 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	35	3,93	3,93	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)
2	100	35	3,93	3,93	0	88	0,02 (12)	0,36 (12)	0,36 (12)
3	100	36	3,93	3,93	0	177	0,05 (12)	0,73 (12)	0,70 (12)
4	100	36	3,93	3,93	-1	267	0,07 (12)	1,11 (12)	1,04 (12)
5	100	36	3,93	3,93	-1	357	0,10 (12)	1,48 (12)	1,36 (12)
6	100	37	3,93	3,93	-2	449	0,13 (12)	1,86 (12)	1,68 (12)
7	100	37	3,93	3,93	-3	542	0,15 (12)	2,25 (12)	1,99 (12)
8	100	38	3,93	3,93	-4	636	0,18 (12)	2,64 (12)	2,28 (12)
9	100	38	3,93	3,93	-5	733	0,21 (12)	3,03 (12)	2,59 (12)
10	100	38	3,93	3,93	-5	832	0,23 (12)	3,39 (12)	2,93 (12)
11	100	39	3,93	3,93	-5	932	0,25 (12)	3,70 (12)	3,32 (12)
12	100	39	3,93	3,93	-3	1034	0,27 (12)	3,96 (12)	3,75 (12)
13	100	39	3,93	3,93	1	1138	0,28 (12)	4,17 (12)	4,24 (12)
14	100	40	3,93	3,93	6	1243	0,33 (12)	4,31 (12)	4,79 (12)
15	100	40	3,93	3,93	13	1349	0,37 (12)	4,39 (12)	5,40 (12)
16	100	41	3,93	3,93	22	1456	0,43 (12)	4,40 (12)	6,08 (12)
17	100	41	3,93	3,93	33	1565	0,49 (12)	4,34 (12)	6,82 (12)
18	100	41	3,93	3,93	46	1675	0,55 (12)	4,21 (12)	7,63 (12)
19	100	42	3,93	3,93	62	1787	0,62 (12)	4,00 (12)	8,52 (12)
20	100	42	3,93	3,93	80	1900	0,70 (12)	3,72 (12)	9,48 (12)
21	100	42	3,93	3,93	101	2014	0,78 (12)	3,36 (12)	10,51 (12)
22	100	43	3,93	3,93	124	2129	0,88 (12)	2,92 (12)	11,62 (12)
23	100	43	3,93	3,93	151	2245	0,97 (12)	2,41 (12)	12,80 (12)
24	100	43	3,93	3,93	180	2363	1,08 (12)	1,81 (12)	14,06 (12)
25	100	44	3,93	3,93	212	2482	1,19 (12)	0,98 (12)	15,45 (12)
26	100	44	3,93	3,93	248	2602	1,32 (12)	0,21 (12)	17,01 (12)
27	100	45	3,93	3,93	287	2724	1,48 (12)	1,88 (12)	18,75 (12)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
28	100	45	3,93	3,93	329	2846	1,65 (12)	4,21 (12)	20,71 (12)
29	100	45	3,93	3,93	375	2970	1,85 (12)	7,41 (12)	22,91 (12)
30	100	46	3,93	3,93	424	3095	2,08 (12)	11,77 (12)	25,37 (12)
31	100	46	3,93	3,93	477	3221	2,35 (12)	17,61 (12)	28,10 (12)
32	100	46	3,93	3,93	534	3348	2,66 (12)	25,30 (12)	31,10 (12)
33	100	47	3,93	16,65	594	3477	2,64 (12)	18,69 (12)	31,18 (12)
34	100	47	3,93	16,65	658	3606	2,89 (12)	23,40 (12)	33,75 (12)
35	100	48	3,93	16,65	727	3737	3,14 (12)	28,64 (12)	36,42 (12)
36	100	48	3,93	16,65	799	3869	3,41 (12)	34,41 (12)	39,19 (12)
37	100	48	3,93	16,65	875	4002	3,70 (12)	40,70 (12)	42,05 (12)
38	100	49	5,65	16,65	956	4136	3,93 (12)	47,07 (12)	44,32 (12)
39	100	49	5,65	12,72	1041	4271	4,45 (12)	65,74 (12)	48,63 (12)
40	100	49	5,65	12,72	1130	4408	4,79 (12)	75,56 (12)	51,86 (12)
41	100	50	5,65	12,72	1224	4545	5,15 (12)	86,19 (12)	55,22 (12)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 114,26 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)
2	100	50	10,05	10,05	-2	0	0,01 (12)	0,07 (12)	0,59 (12)
3	100	50	10,05	10,05	-8	0	0,04 (12)	0,21 (12)	1,90 (12)
4	100	50	10,05	10,05	-13	0	0,06 (12)	0,36 (12)	3,22 (12)
5	100	50	10,05	10,05	-16	0	0,07 (12)	0,42 (12)	3,82 (12)
6	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06 (12)	0,33 (12)	3,02 (12)
7	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (12)	0,00 (1)	0,08 (12)
8	100	50	10,05	10,05	23	0	0,11 (12)	5,69 (12)	0,63 (12)
9	100	50	10,05	10,05	61	0	0,28 (12)	15,01 (12)	1,66 (12)
10	100	50	10,05	10,05	117	0	0,53 (12)	28,58 (12)	3,17 (12)
11	100	50	10,05	10,05	193	0	0,88 (12)	47,12 (12)	5,22 (12)
12	100	50	10,05	10,05	292	0	1,32 (12)	71,34 (12)	7,90 (12)
13	100	50	10,05	10,05	417	0	1,89 (12)	101,95 (12)	11,29 (12)
14	100	50	10,05	10,05	571	0	2,59 (12)	139,65 (12)	15,47 (12)
15	100	50	10,05	10,05	758	0	3,44 (12)	185,17 (12)	20,51 (12)
16	100	50	10,05	10,05	979	0	4,44 (12)	239,20 (12)	26,49 (12)
17	100	50	10,05	10,05	-59	0	0,27 (12)	1,59 (12)	14,34 (12)
18	100	50	10,05	10,05	-30	0	0,14 (12)	0,81 (12)	7,29 (12)
19	100	50	10,05	10,05	-12	0	0,06 (12)	0,34 (12)	3,03 (12)
20	100	50	10,05	10,05	-4	0	0,02 (12)	0,10 (12)	0,87 (12)
21	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (12)	0,00 (1)	0,10 (12)
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n° indice sezione
Y ordinata sezione espressa in [m]
B larghezza sezione espressa in [cm]
H altezza sezione espressa in [cm]
Af area ferri zona tesa espressa in [cmq]
Aeff area efficace espressa in [cmq]
M momento agente espressa in [kgm]
Mpf momento di formazione/apertura fessure espressa in [kgm]
ε deformazione espressa in %
Sm spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	35	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (11)
2	100	35	3,93	999,23	0	-6841	0,000000	0,00	0,000 (11)
3	100	36	3,93	1010,14	0	-6989	0,000000	0,00	0,000 (11)
4	100	36	3,93	1021,06	-1	-7139	0,000000	0,00	0,000 (11)
5	100	36	3,93	1031,98	-1	-7290	0,000000	0,00	0,000 (11)
6	100	37	3,93	1042,90	-2	-7443	0,000000	0,00	0,000 (11)
7	100	37	3,93	1053,82	-3	-7598	0,000000	0,00	0,000 (11)
8	100	38	3,93	1064,74	-4	-7755	0,000000	0,00	0,000 (11)
9	100	38	3,93	1075,66	-5	-7912	0,000000	0,00	0,000 (11)
10	100	38	3,93	1086,58	-5	-8072	0,000000	0,00	0,000 (11)
11	100	39	3,93	1097,50	-5	-8233	0,000000	0,00	0,000 (11)
12	100	39	3,93	1108,42	-3	-8397	0,000000	0,00	0,000 (11)
13	100	39	3,93	1119,34	1	8561	0,000000	0,00	0,000 (11)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
14	100	40	3,93	1130,26	6	8727	0,000000	0,00	0,000 (11)
15	100	40	3,93	1141,18	13	8895	0,000000	0,00	0,000 (11)
16	100	41	3,93	1152,10	22	9065	0,000000	0,00	0,000 (11)
17	100	41	3,93	1163,02	33	9236	0,000000	0,00	0,000 (11)
18	100	41	3,93	1173,95	46	9409	0,000000	0,00	0,000 (11)
19	100	42	3,93	1184,87	62	9584	0,000000	0,00	0,000 (11)
20	100	42	3,93	1195,79	80	9760	0,000000	0,00	0,000 (11)
21	100	42	3,93	1206,72	101	9938	0,000000	0,00	0,000 (11)
22	100	43	3,93	1217,65	124	10117	0,000000	0,00	0,000 (11)
23	100	43	3,93	1228,57	151	10299	0,000000	0,00	0,000 (11)
24	100	43	3,93	1239,50	180	10482	0,000000	0,00	0,000 (11)
25	100	44	3,93	1250,43	212	10666	0,000000	0,00	0,000 (11)
26	100	44	3,93	1261,36	248	10852	0,000000	0,00	0,000 (11)
27	100	45	3,93	1272,29	287	11040	0,000000	0,00	0,000 (11)
28	100	45	3,93	1283,22	329	11229	0,000000	0,00	0,000 (11)
29	100	45	3,93	1294,15	375	11421	0,000000	0,00	0,000 (11)
30	100	46	3,93	1305,08	424	11614	0,000000	0,00	0,000 (11)
31	100	46	3,93	1316,01	477	11808	0,000000	0,00	0,000 (11)
32	100	46	3,93	1326,95	534	12004	0,000000	0,00	0,000 (11)
33	100	47	16,65	906,95	594	12973	0,000000	0,00	0,000 (11)
34	100	47	16,65	915,43	658	13183	0,000000	0,00	0,000 (11)
35	100	48	16,65	923,91	727	13394	0,000000	0,00	0,000 (11)
36	100	48	16,65	932,42	799	13607	0,000000	0,00	0,000 (11)
37	100	48	16,65	940,93	875	13822	0,000000	0,00	0,000 (11)
38	100	49	16,65	955,35	956	14110	0,000000	0,00	0,000 (11)
39	100	49	12,72	1257,66	1041	14314	0,000000	0,00	0,000 (11)
40	100	49	12,72	1267,62	1130	14534	0,000000	0,00	0,000 (11)
41	100	50	12,72	1276,53	1224	14735	0,000000	0,00	0,000 (11)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (11)
2	100	50	10,05	1345,70	-2	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
3	100	50	10,05	1345,70	-8	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
4	100	50	10,05	1345,70	-13	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
5	100	50	10,05	1345,70	-16	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
6	100	50	10,05	1345,70	-12	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
7	100	50	10,05	1345,70	0	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
8	100	50	10,05	1345,70	23	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
9	100	50	10,05	1345,70	61	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
10	100	50	10,05	1345,70	117	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
11	100	50	10,05	1345,70	193	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
12	100	50	10,05	1345,70	292	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
13	100	50	10,05	1345,70	417	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
14	100	50	10,05	1345,70	571	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
15	100	50	10,05	1345,70	758	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
16	100	50	10,05	1345,70	979	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
17	100	50	10,05	1345,70	-59	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
18	100	50	10,05	1345,70	-30	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
19	100	50	10,05	1345,70	-12	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
20	100	50	10,05	1345,70	-4	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
21	100	50	10,05	1345,70	0	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
22	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	35	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)
2	100	35	3,93	999,23	0	-6841	0,000000	0,00	0,000 (12)
3	100	36	3,93	1010,14	0	-6989	0,000000	0,00	0,000 (12)
4	100	36	3,93	1021,06	-1	-7139	0,000000	0,00	0,000 (12)
5	100	36	3,93	1031,98	-1	-7290	0,000000	0,00	0,000 (12)
6	100	37	3,93	1042,90	-2	-7443	0,000000	0,00	0,000 (12)
7	100	37	3,93	1053,82	-3	-7598	0,000000	0,00	0,000 (12)
8	100	38	3,93	1064,74	-4	-7755	0,000000	0,00	0,000 (12)
9	100	38	3,93	1075,66	-5	-7912	0,000000	0,00	0,000 (12)
10	100	38	3,93	1086,58	-5	-8072	0,000000	0,00	0,000 (12)
11	100	39	3,93	1097,50	-5	-8233	0,000000	0,00	0,000 (12)
12	100	39	3,93	1108,42	-3	-8397	0,000000	0,00	0,000 (12)
13	100	39	3,93	1119,34	1	8561	0,000000	0,00	0,000 (12)
14	100	40	3,93	1130,26	6	8727	0,000000	0,00	0,000 (12)
15	100	40	3,93	1141,18	13	8895	0,000000	0,00	0,000 (12)
16	100	41	3,93	1152,10	22	9065	0,000000	0,00	0,000 (12)
17	100	41	3,93	1163,02	33	9236	0,000000	0,00	0,000 (12)
18	100	41	3,93	1173,95	46	9409	0,000000	0,00	0,000 (12)
19	100	42	3,93	1184,87	62	9584	0,000000	0,00	0,000 (12)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
20	100	42	3,93	1195,79	80	9760	0,000000	0,00	0,000 (12)
21	100	42	3,93	1206,72	101	9938	0,000000	0,00	0,000 (12)
22	100	43	3,93	1217,65	124	10117	0,000000	0,00	0,000 (12)
23	100	43	3,93	1228,57	151	10299	0,000000	0,00	0,000 (12)
24	100	43	3,93	1239,50	180	10482	0,000000	0,00	0,000 (12)
25	100	44	3,93	1250,43	212	10666	0,000000	0,00	0,000 (12)
26	100	44	3,93	1261,36	248	10852	0,000000	0,00	0,000 (12)
27	100	45	3,93	1272,29	287	11040	0,000000	0,00	0,000 (12)
28	100	45	3,93	1283,22	329	11229	0,000000	0,00	0,000 (12)
29	100	45	3,93	1294,15	375	11421	0,000000	0,00	0,000 (12)
30	100	46	3,93	1305,08	424	11614	0,000000	0,00	0,000 (12)
31	100	46	3,93	1316,01	477	11808	0,000000	0,00	0,000 (12)
32	100	46	3,93	1326,95	534	12004	0,000000	0,00	0,000 (12)
33	100	47	16,65	906,95	594	12973	0,000000	0,00	0,000 (12)
34	100	47	16,65	915,43	658	13183	0,000000	0,00	0,000 (12)
35	100	48	16,65	923,91	727	13394	0,000000	0,00	0,000 (12)
36	100	48	16,65	932,42	799	13607	0,000000	0,00	0,000 (12)
37	100	48	16,65	940,93	875	13822	0,000000	0,00	0,000 (12)
38	100	49	16,65	955,35	956	14110	0,000000	0,00	0,000 (12)
39	100	49	12,72	1257,66	1041	14314	0,000000	0,00	0,000 (12)
40	100	49	12,72	1267,62	1130	14534	0,000000	0,00	0,000 (12)
41	100	50	12,72	1276,53	1224	14735	0,000000	0,00	0,000 (12)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)
2	100	50	10,05	1345,70	-2	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
3	100	50	10,05	1345,70	-8	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
4	100	50	10,05	1345,70	-13	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
5	100	50	10,05	1345,70	-16	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
6	100	50	10,05	1345,70	-12	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
7	100	50	10,05	1345,70	0	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
8	100	50	10,05	1345,70	23	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
9	100	50	10,05	1345,70	61	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
10	100	50	10,05	1345,70	117	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
11	100	50	10,05	1345,70	193	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
12	100	50	10,05	1345,70	292	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
13	100	50	10,05	1345,70	417	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
14	100	50	10,05	1345,70	571	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
15	100	50	10,05	1345,70	758	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
16	100	50	10,05	1345,70	979	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
17	100	50	10,05	1345,70	-59	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
18	100	50	10,05	1345,70	-30	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
19	100	50	10,05	1345,70	-12	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
20	100	50	10,05	1345,70	-4	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
21	100	50	10,05	1345,70	0	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
22	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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 [mm]	L [m]	P _f [kg]	P _{gf} [kg]	V _{cls} [mc]
1	Dritto inferiore	5	10,00	4,31	2,66	13,28	
2	Dritto superiore	5	10,00	4,42	2,73	13,63	
3	Dritto superiore	5	18,00	2,01	4,01	20,06	
4	Dritto inferiore	5	12,00	1,16	1,03	5,17	
5	Ripartitore	40	10,00	1,00	0,62	24,66	
6	Gancio	24	10,00	0,41	0,25	6,11	
Totale al metro						82,90	1,69
Totale						829,02	16,95

Fondazione

n°	Tipo	nf	D [mm]	L [m]	P _f [kg]	P _{gf} [kg]	V _{cls} [mc]
1	Staffone	5	16,00	6,11	9,65	48,26	
2	Ripartitore	14	10,00	1,00	0,62	8,63	
3	Gancio	14	10,00	0,57	0,35	4,90	
Totale al metro						61,79	1,25
Totale						550,23	12,49

Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	16,95	72.30	1225.30
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	12,49	61.97	773.81
Acciaio per armatura	[kg]	1379,25	0.90	1241.33
Casseformi	[mq]	80.03	13.94	1115.58
Scavo a sezione obbligata	[mc]	19,98	9.30	185.80
Totale muro				4541,82
Totale				4541,82

12. CALCOLO E VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO DI MONTE H 5.5 M

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
N / E	Calcestruzzo Nuovo o Esistente
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kg/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kg/cm ²]
f_{cm}	Resistenza caratteristica media 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	N / E	C	A	γ [kg/mc]	R_{ck} / f_{cm} [kg/cm ²]	E [kg/cm ²]	ν	n	ntc
1	C25/30	N E	C25/30	B450C	2500,00	305,91 300,00	320666 310090	0.30	15.00	0.50

Acciai

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

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	1,20	0,00	0.000
3	9,80	5,60	33.071
4	13,00	5,60	0.000
5	20,60	7,40	13.325

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

Falda

Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-3,80	-4,80	0.000
2	-0,40	-4,80	0.000
3	3,80	-3,40	18.435
4	20,60	4,20	24.341

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	10,00	[m]
Paramento		
Materiale	C25/30	
Altezza paramento	5,50	[m]
Altezza paramento libero	5,20	[m]
Spessore in sommità	0,30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,50	[m]
Inclinazione paramento esterno	2,11	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]
Fondazione		
Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	1,50	[m]
Lunghezza mensola di monte	0,50	[m]
Lunghezza totale	2,50	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

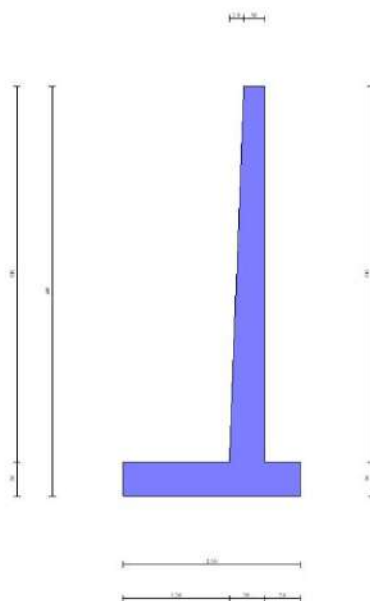


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

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]
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 ²]
σ_d	Tensione di progetto 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]
----	-------	---------------------	---------------------------	---------------	-----------------	----------------------------	-----------------------------	------	-----------------------------------

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	Descr	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cm²]	ca [kg/cm²]	Cesp	τ_l [kg/cm²]
1	Terreno superficiale	1800,00	1900,00	24.000	16.000	0,20	0,10	---	---
2	Substrato	1700,00	1800,00	22.000	15.000	0,40	0,20	---	---

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')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm³]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	5,00	20.000	Terreno superficiale	---	---	---	---	---
2	5,00	0.000	Substrato	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: Terreno superficiale
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 0.00 [°]

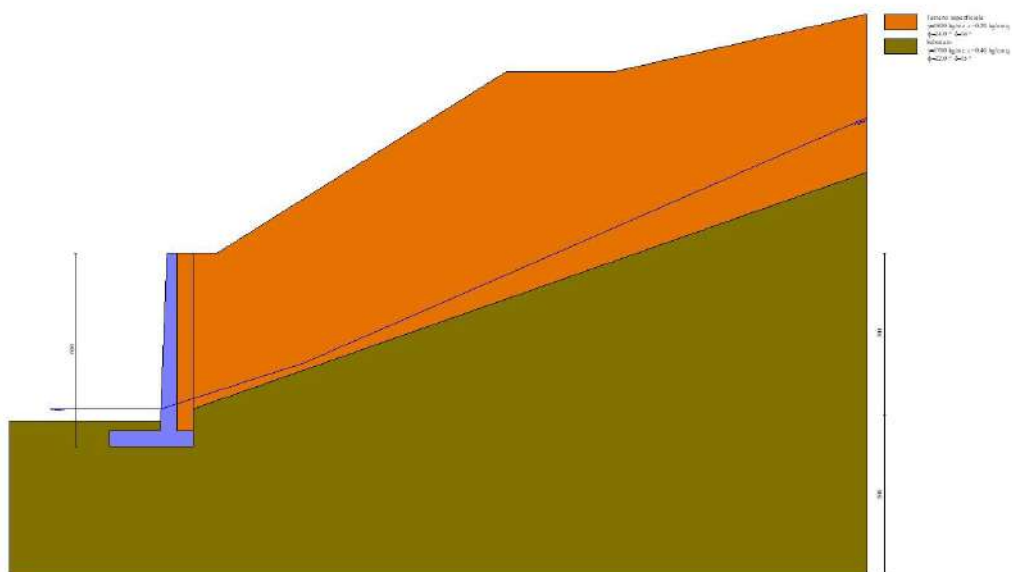


Fig. 2 - Stratigrafia

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) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.70$ - $\Psi_1=0.70$ - $\Psi_2=0.60$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
----	------	---	----	----	---	----	----	----	----

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

		[m]	[kg]	[kg]	[kgm]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
1	Distribuito					9,80	13,00	1000,00	1000,00

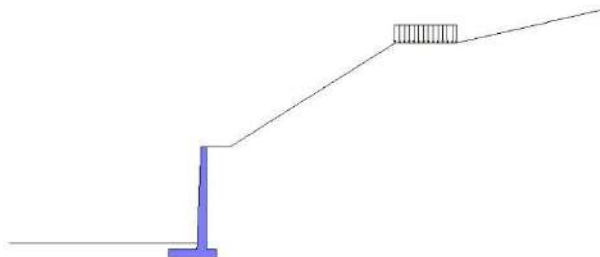


Fig. 3 - Carichi sul terreno

Normativa

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

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

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	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
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	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
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	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	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_{γ}	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):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

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

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

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

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

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

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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

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

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

I valori dei coeff. 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
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

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

Combinazione n° 7 - 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	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.00	0.70	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLEQ H + V

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

Dati sismici

Comune Pieve D' Alpago
Provincia Belluno
Regione Veneto
Latitudine 46.167752
Longitudine 12.353186
Indice punti di interpolazione 9419 - 9641 - 9642 - 9420
Vita nominale 50 anni
Classe d'uso II
Tipo costruzione Normali affollamenti
Vita di riferimento 50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		2.383	0.833
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.243	0.085
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.411	2.455
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.327	0.254
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		E	1.356	1.600
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	15.017	7.509
Ultimo - Ribaltamento	0.570	22.526	11.263
Esercizio	0.470	7.667	3.833

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI
MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Portanza fondazione superficiale nota	3,00 [kg/cm ²]
---------------------------------------	----------------------------

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	100.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	SI

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

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

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

Paramento e fondazione muro

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura	Poco sensibile
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2018 - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.
Calcolo momento fessurazione	Apertura
Resistenza a trazione per	Flessione
Valori limite aperture delle fessure:	$w_1=0.20$ $w_2=0.30$ $w_3=0.40$

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	$0.60 f_{ck}$	$0.80 f_{yk}$
Frequente	$1.00 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$
Quasi permanente	$0.45 f_{ck}$	$1.00 f_{yk}$

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	2651	16,00	2549	731	0,50	-3,40
	Peso/Inerzia muro			0	8646/0	-0,40	-3,98
	Peso/Inerzia terrapieno			0	4996/0	0,25	-2,75
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	360	-1,25	-5,35
	Spinta falda da monte			4418		0,50	-5,13
	Spinta falda da valle			720		-1,25	-5,60
	Sottospinta della falda				4392	-0,70	-6,00
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				1050	-1,25	-5,60
	Resistenza passiva terreno antistante			-5026			
10	Spinta statica	1789	16,00	1720	493	0,50	-3,41
	Peso/Inerzia muro			0	8646/0	-0,40	-3,98
	Peso/Inerzia terrapieno			0	4996/0	0,25	-2,75
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0	360	-1,25	-5,35
	Spinta falda da monte			3399		0,50	-5,13
	Spinta falda da valle			720		-1,25	-5,60
	Sottospinta della falda				3379	-0,70	-6,00
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				1050	-1,25	-5,60
	Resistenza passiva terreno antistante			-5026			

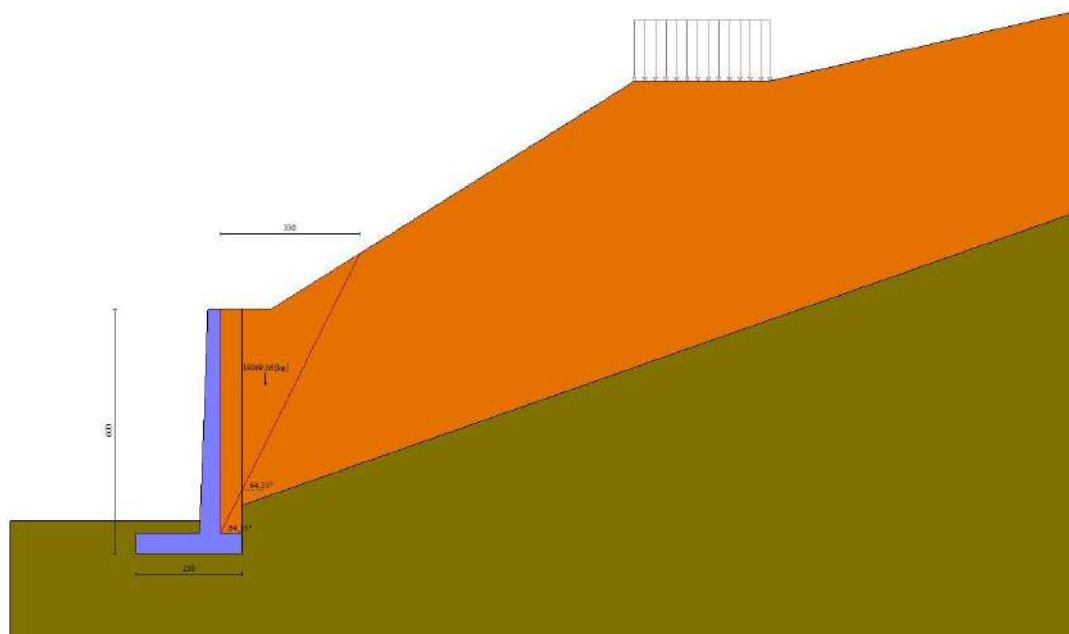


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

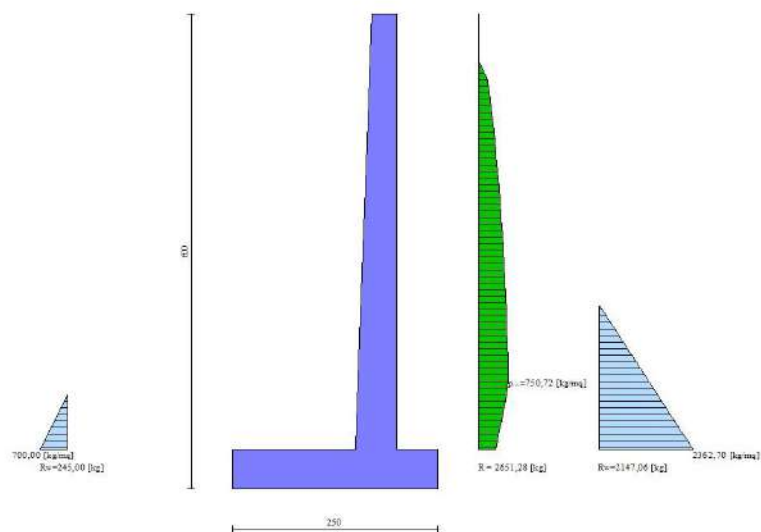


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

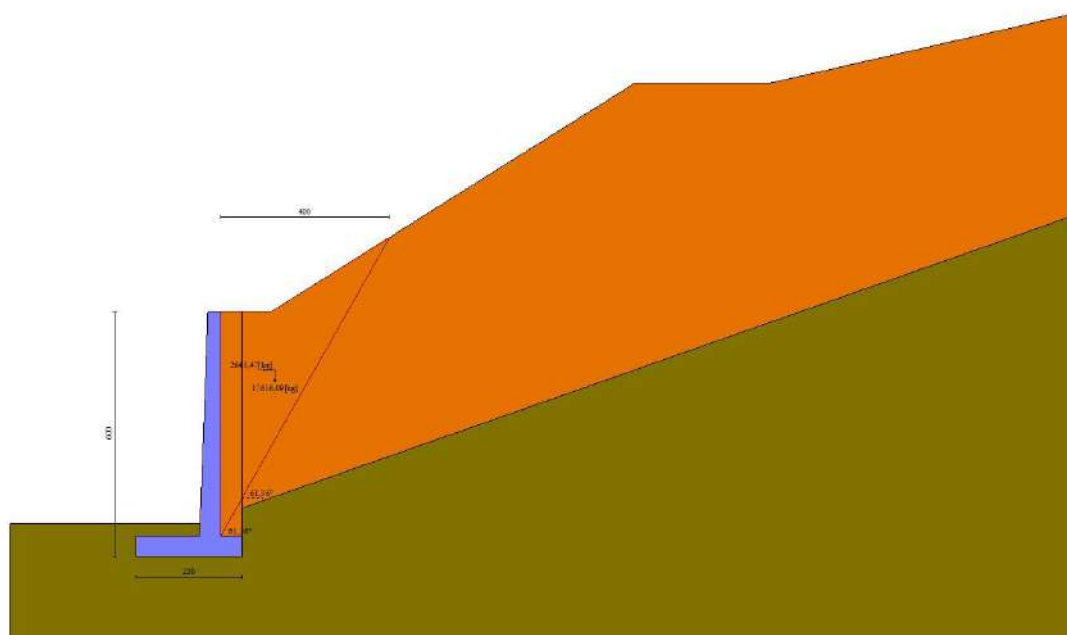


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

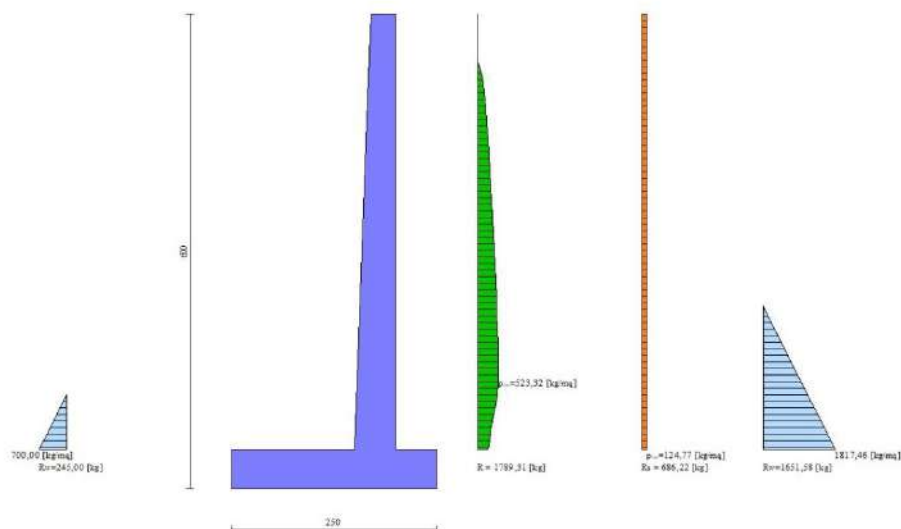


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

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)		1.981		6.591			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.819		5.611			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.824		6.691			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.582		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.612		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.704		
7 - EQU (A1-M1-R3)			1.747				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		1.039				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.279				

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	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
1 - STR (A1-M1-R3)	8777	5026	0	--	--	13803	6967	1.981
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	9311	5026	0	--	--	14336	7881	1.819
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	8644	5026	0	--	--	13670	7493	1.824

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
----	---------------------

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA
 INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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)

Portanza imposta nota 3,00 [kg/cmq]

n°	N [kg]	Qu [kg]	Qd [kg]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	11391	75079	53628	6.591
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	13380	75079	62566	5.611
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	11220	75079	62566	6.691

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
7 - EQU (A1-M1-R3)	28263	16176	1.747
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	39358	37899	1.039
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	33066	25857	1.279

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 4,50	10,70	1.582
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0,00; 4,50	10,70	1.612
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	0,00; 4,50	10,70	1.704

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

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kg]	Qy [kg]	Qf [kg]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm ^q]	u [kg/cm ^q]	Tx; Ty [kg]
1	3345	792	0	10,69 - 0,61	79.369	19.605	0,16	0,000	
2	5829	370	0	0,61	66.410	19.605	0,16	0,000	
3	6772	0	0	0,61	59.147	19.605	0,16	0,001	
4	7372	0	0	0,61	53.237	17.912	0,32	0,065	
5	7757	0	0	0,61	48.068	17.912	0,32	0,112	
6	8006	0	0	0,61	43.381	17.912	0,32	0,147	
7	8155	0	0	0,61	39.034	17.912	0,32	0,173	
8	8220	0	0	0,61	34.943	17.912	0,32	0,192	
9	8217	0	0	0,61	31.048	17.912	0,32	0,204	
10	8152	0	0	0,61	27.307	17.912	0,32	0,210	
11	8033	0	0	0,61	23.688	17.912	0,32	0,212	
12	7864	0	0	0,61	20.168	17.912	0,32	0,210	
13	7653	0	0	0,61	16.726	17.912	0,32	0,210	
14	7399	0	0	0,61	13.345	17.912	0,32	0,206	
15	7103	0	0	0,61	10.011	17.912	0,32	0,199	
16	6806	0	0	0,61	6.712	17.912	0,32	0,187	
17	6861	0	0	0,61	3.434	17.912	0,32	0,172	
18	8090	0	0	0,61	0.168	17.912	0,32	0,154	
19	2926	0	122	0,61	-3.098	17.912	0,32	0,138	
20	1232	0	244	0,61	-6.374	17.912	0,32	0,133	
21	1103	0	244	0,61	-9.671	17.912	0,32	0,124	
22	790	0	244	0,61	-13.001	17.912	0,32	0,112	
23	615	0	244	0,61	-16.376	17.912	0,32	0,096	
24	396	0	244	0,61	-19.811	17.912	0,32	0,076	
25	132	0	240	-4,54 - 0,61	-22.442	17.912	0,32	0,053	

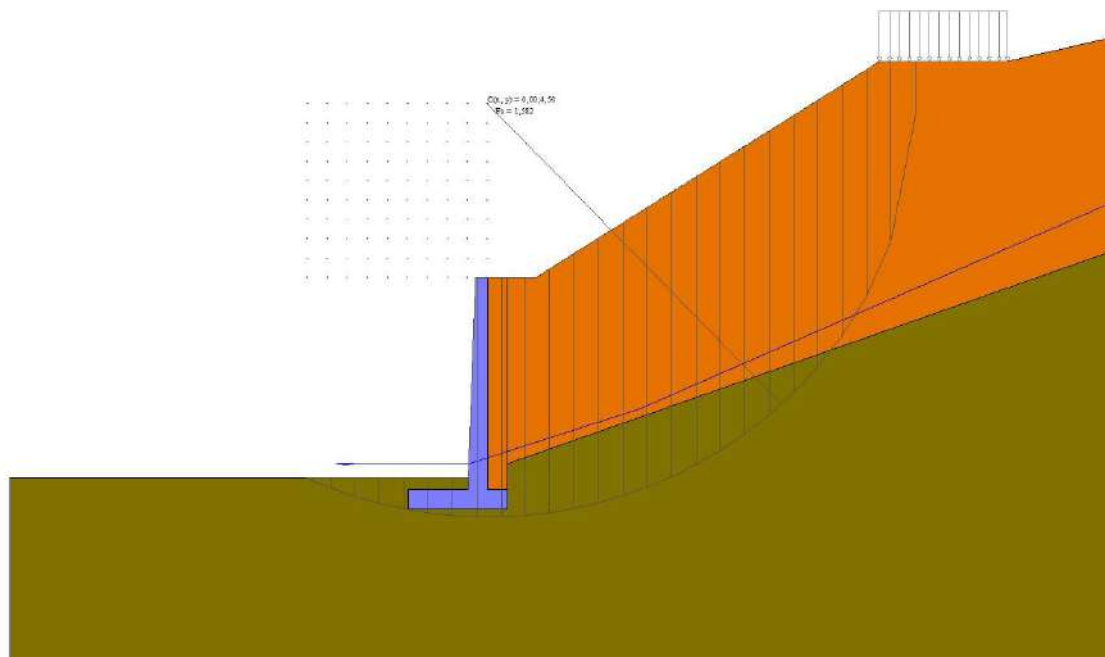


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

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 fanno 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 [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	75	0	0
3	-0,20	152	0	0
4	-0,30	229	0	-1
5	-0,40	307	0	-1
6	-0,50	387	0	-2
7	-0,60	467	0	-3
8	-0,70	549	5	-4
9	-0,80	635	20	-4
10	-0,90	724	41	-3
11	-1,00	815	65	-1
12	-1,10	907	92	4
13	-1,20	1001	121	12
14	-1,30	1097	153	22
15	-1,40	1194	186	35
16	-1,50	1292	222	51
17	-1,60	1392	260	71
18	-1,70	1494	300	94
19	-1,80	1597	341	121
20	-1,90	1702	385	152
21	-2,00	1807	430	187
22	-2,10	1915	477	227
23	-2,20	2023	525	270
24	-2,30	2133	574	319
25	-2,40	2245	626	372
26	-2,50	2357	678	430
27	-2,60	2471	732	493
28	-2,70	2586	787	561
29	-2,80	2703	843	634
30	-2,90	2821	901	713
31	-3,00	2940	959	797
32	-3,10	3060	1019	887
33	-3,20	3181	1080	983

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PIOIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
34	-3,30	3304	1142	1084
35	-3,40	3428	1204	1192
36	-3,50	3553	1268	1305
37	-3,60	3679	1333	1424
38	-3,70	3807	1399	1550
39	-3,80	3935	1465	1682
40	-3,90	4065	1533	1820
41	-4,00	4196	1601	1965
42	-4,10	4328	1670	2116
43	-4,20	4461	1740	2274
44	-4,30	4596	1810	2438
45	-4,40	4731	1882	2609
46	-4,50	4868	1954	2788
47	-4,60	5005	2026	2973
48	-4,70	5144	2100	3165
49	-4,80	5282	2184	3365
50	-4,90	5421	2272	3573
51	-5,00	5559	2356	3790
52	-5,10	5697	2436	4015
53	-5,20	5836	2512	4248
54	-5,30	5973	2584	4488
55	-5,40	6111	2653	4736
56	-5,50	6249	2718	4990

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	0,00	0	0	0
2	-0,10	75	0	0
3	-0,20	152	0	0
4	-0,30	229	0	-1
5	-0,40	307	0	-1
6	-0,50	387	0	-2
7	-0,60	467	0	-3
8	-0,70	548	3	-4
9	-0,80	633	12	-4
10	-0,90	719	25	-4
11	-1,00	807	40	-3
12	-1,10	897	57	-1
13	-1,20	988	75	3
14	-1,30	1080	95	9
15	-1,40	1174	117	16
16	-1,50	1269	140	26
17	-1,60	1365	165	37
18	-1,70	1463	191	51
19	-1,80	1562	218	67
20	-1,90	1662	247	86
21	-2,00	1764	277	107
22	-2,10	1866	308	132
23	-2,20	1970	340	159
24	-2,30	2076	373	189
25	-2,40	2182	408	222
26	-2,50	2290	443	258
27	-2,60	2399	479	298
28	-2,70	2509	516	341
29	-2,80	2620	555	388
30	-2,90	2733	594	438
31	-3,00	2846	634	492
32	-3,10	2961	674	550
33	-3,20	3077	716	611
34	-3,30	3194	758	676
35	-3,40	3312	801	746
36	-3,50	3432	845	819
37	-3,60	3552	890	897
38	-3,70	3674	935	979
39	-3,80	3796	981	1065
40	-3,90	3920	1028	1155
41	-4,00	4045	1075	1250
42	-4,10	4171	1123	1349
43	-4,20	4298	1172	1453
44	-4,30	4427	1221	1561
45	-4,40	4556	1271	1674
46	-4,50	4686	1321	1792
47	-4,60	4818	1371	1914
48	-4,70	4950	1423	2042
49	-4,80	5082	1482	2174
50	-4,90	5215	1544	2313
51	-5,00	5347	1603	2458
52	-5,10	5480	1658	2608
53	-5,20	5613	1711	2764
54	-5,30	5745	1760	2925
55	-5,40	5878	1806	3090
56	-5,50	6011	1851	3260

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

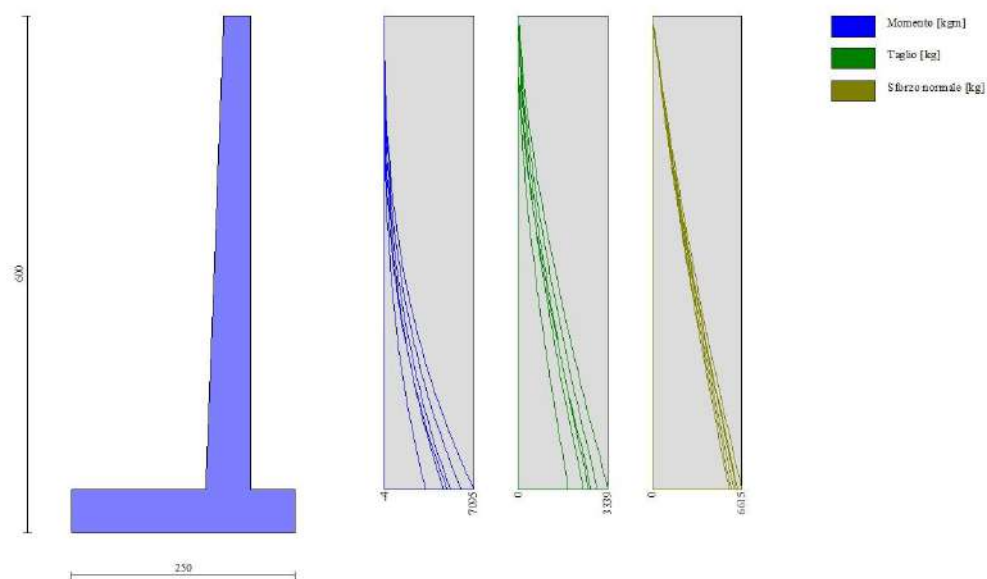


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-2,00	0	0	0
2	-1,90	0	585	29
3	-1,80	0	1155	117
4	-1,70	0	1710	260
5	-1,60	0	2250	458
6	-1,50	0	2775	709
7	-1,40	0	3285	1013
8	-1,30	0	3780	1366
9	-1,20	0	4260	1768
10	-1,10	0	4724	2217
11	-1,00	0	5174	2712
12	-0,90	0	5609	3252
13	-0,80	0	6028	3834
14	-0,70	0	6433	4457
15	-0,60	0	6823	5120
16	-0,50	0	7197	5821
17	0,00	0	-4719	-1195
18	0,10	0	-3806	-769
19	0,20	0	-2878	-435
20	0,30	0	-1934	-194
21	0,40	0	-975	-49
22	0,50	0	0	0

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
1	-2,00	0	0	0
2	-1,90	0	327	16
3	-1,80	0	661	66
4	-1,70	0	1001	149
5	-1,60	0	1347	266
6	-1,50	0	1699	418
7	-1,40	0	2058	606
8	-1,30	0	2422	830
9	-1,20	0	2793	1091
10	-1,10	0	3170	1389
11	-1,00	0	3554	1725
12	-0,90	0	3943	2100
13	-0,80	0	4339	2514
14	-0,70	0	4741	2968
15	-0,60	0	5150	3462
16	-0,50	0	5564	3998
17	0,00	0	-2203	-544
18	0,10	0	-1751	-347
19	0,20	0	-1304	-194
20	0,30	0	-864	-86
21	0,40	0	-429	-21

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	X [m]	N [kg]	T [kg]	M [kgm]
22	0,50	0	0	0

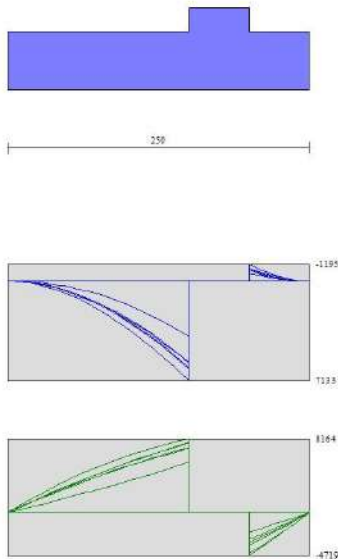


Fig. 10 - Fondazione (Involuppo)

Verifiche strutturali

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 [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	0,00	100	30	3,93	10,05	0	0	0	0	100000.000
2	-0,10	100	30	3,93	10,05	0	75	0	0	100000.000
3	-0,20	100	31	3,93	10,05	0	152	0	0	100000.000
4	-0,30	100	31	3,93	10,05	-1	229	0	0	100000.000
5	-0,40	100	31	3,93	10,05	-1	307	-4662	307	4149.685
6	-0,50	100	32	3,93	10,05	-2	387	-4718	387	2676.889
7	-0,60	100	32	3,93	10,05	-3	467	-4774	467	1873.760
8	-0,70	100	33	3,93	10,05	-4	549	-4831	549	1361.400
9	-0,80	100	33	3,93	10,05	-4	635	-4888	635	1169.279
10	-0,90	100	33	3,93	10,05	-3	724	-4946	724	1447.126
11	-1,00	100	34	3,93	10,05	-1	815	0	0	100000.000
12	-1,10	100	34	3,93	10,05	4	907	10915	907	2572.898
13	-1,20	100	34	3,93	10,05	12	1001	11070	1001	948.463
14	-1,30	100	35	3,93	10,05	22	1097	11226	1097	514.231
15	-1,40	100	35	3,93	10,05	35	1194	11383	1194	325.702
16	-1,50	100	36	3,93	10,05	51	1292	11546	1292	225.314
17	-1,60	100	36	3,93	10,05	71	1392	11710	1392	165.116
18	-1,70	100	36	3,93	10,05	94	1494	11872	1494	126.059
19	-1,80	100	37	3,93	10,05	121	1597	12032	1597	99.272
20	-1,90	100	37	3,93	10,05	152	1702	12193	1702	80.124
21	-2,00	100	37	3,93	10,05	187	1807	12355	1807	65.973
22	-2,10	100	38	3,93	10,05	227	1915	12517	1915	55.228

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
23	-2,20	100	38	3,93	10,05	270	2023	12680	2023	46.884
24	-2,30	100	38	3,93	10,05	319	2133	12843	2133	40.280
25	-2,40	100	39	3,93	10,05	372	2245	13007	2245	34.968
26	-2,50	100	39	3,93	10,05	430	2357	13172	2357	30.635
27	-2,60	100	40	3,93	10,05	493	2471	13337	2471	27.055
28	-2,70	100	40	3,93	10,05	561	2586	13503	2586	24.066
29	-2,80	100	40	3,93	10,05	634	2703	13670	2703	21.545
30	-2,90	100	41	3,93	10,05	713	2821	13837	2821	19.401
31	-3,00	100	41	3,93	10,05	797	2940	14005	2940	17.562
32	-3,10	100	41	3,93	10,05	887	3060	14174	3060	15.974
33	-3,20	100	42	3,93	10,05	983	3181	14344	3181	14.593
34	-3,30	100	42	3,93	10,05	1084	3304	14514	3304	13.386
35	-3,40	100	43	3,93	10,05	1192	3428	14684	3428	12.324
36	-3,50	100	43	3,93	10,05	1305	3553	14856	3553	11.385
37	-3,60	100	43	3,93	10,05	1424	3679	15028	3679	10.552
38	-3,70	100	44	3,93	10,05	1550	3807	15201	3807	9.808
39	-3,80	100	44	3,93	10,05	1682	3935	15374	3935	9.142
40	-3,90	100	44	3,93	10,05	1820	4065	15548	4065	8.544
41	-4,00	100	45	3,93	10,05	1965	4196	15723	4196	8.003
42	-4,10	100	45	3,93	10,05	2116	4328	15899	4328	7.514
43	-4,20	100	45	3,93	10,05	2274	4461	16075	4461	7.070
44	-4,30	100	46	3,93	10,05	2438	4596	16252	4596	6.666
45	-4,40	100	46	3,93	22,78	2609	4731	34402	4731	13.183
46	-4,50	100	47	3,93	22,78	2788	4868	34764	4868	12.471
47	-4,60	100	47	3,93	22,78	2973	5005	35126	5005	11.816
48	-4,70	100	47	3,93	22,78	3165	5144	35489	5144	11.214
49	-4,80	100	48	3,93	22,78	3365	5282	35853	5282	10.656
50	-4,90	100	48	3,93	22,78	3573	5421	36217	5421	10.136
51	-5,00	100	48	3,93	22,78	3790	5559	36581	5559	9.652
52	-5,10	100	49	3,93	12,72	4015	5697	21824	5697	5.435
53	-5,20	100	49	5,65	12,72	4248	5836	22038	5836	5.188
54	-5,30	100	50	5,65	12,72	4488	5973	22259	5973	4.959
55	-5,40	100	50	5,65	12,72	4736	6111	22480	6111	4.747
56	-5,49	100	50	5,65	12,72	4990	6249	22683	6249	4.546

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	-2,00	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000
2	-1,90	100	50	10,05	10,05	29	0	17023	0	579.436
3	-1,80	100	50	10,05	10,05	117	0	17023	0	146.105
4	-1,70	100	50	10,05	10,05	260	0	17023	0	65.499
5	-1,60	100	50	10,05	10,05	458	0	17023	0	37.166
6	-1,50	100	50	10,05	10,05	709	0	17023	0	23.996
7	-1,40	100	50	10,05	10,05	1013	0	17023	0	16.812
8	-1,30	100	50	10,05	10,05	1366	0	17023	0	12.463
9	-1,20	100	50	10,05	10,05	1768	0	17023	0	9.629
10	-1,10	100	50	10,05	10,05	2217	0	17023	0	7.677
11	-1,00	100	50	10,05	10,05	2712	0	17023	0	6.276
12	-0,90	100	50	10,05	10,05	3252	0	17023	0	5.235
13	-0,80	100	50	10,05	10,05	3834	0	17023	0	4.440
14	-0,70	100	50	10,05	10,05	4457	0	17023	0	3.820
15	-0,60	100	50	10,05	10,05	5120	0	17023	0	3.325
16	-0,50	100	50	10,05	10,05	5821	0	17023	0	2.924
17	0,00	100	50	10,05	10,05	-1195	0	-17023	0	14.240
18	0,10	100	50	10,05	10,05	-769	0	-17023	0	22.129
19	0,20	100	50	10,05	10,05	-435	0	-17023	0	39.128
20	0,30	100	50	10,05	10,05	-194	0	-17023	0	87.565
21	0,40	100	50	10,05	10,05	-49	0	-17023	0	348.386
22	0,50	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

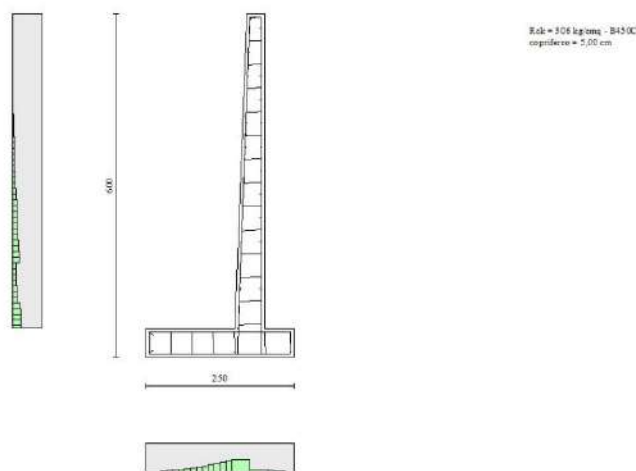


Fig. 11 - Paramento (Inviluppo)

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

n° (o Is)	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{sw}	area ferri a taglio espressa 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 espressa 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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	0,00	100	30	0,00	0,00	--	0	0	12581	0	100.000
2	-0,10	100	30	0,00	0,00	--	0	0	12670	0	100.000
3	-0,20	100	31	0,00	0,00	--	0	0	12759	0	100.000
4	-0,30	100	31	0,00	0,00	--	0	0	12847	0	100.000
5	-0,40	100	31	0,00	0,00	--	0	0	12935	0	100.000
6	-0,50	100	32	0,00	0,00	--	0	0	13023	0	100.000
7	-0,60	100	32	0,00	0,00	--	0	0	13111	0	100.000
8	-0,70	100	33	0,00	0,00	--	0	0	13198	5	2660.328
9	-0,80	100	33	0,00	0,00	--	0	0	13285	20	669.490
10	-0,90	100	33	0,00	0,00	--	0	0	13373	41	325.479
11	-1,00	100	34	0,00	0,00	--	0	0	13460	65	206.677
12	-1,10	100	34	0,00	0,00	--	0	0	13547	92	147.561
13	-1,20	100	34	0,00	0,00	--	0	0	13634	121	112.703
14	-1,30	100	35	0,00	0,00	--	0	0	13721	153	89.974
15	-1,40	100	35	0,00	0,00	--	0	0	13808	186	74.134
16	-1,50	100	36	0,00	0,00	--	0	0	13894	222	62.551
17	-1,60	100	36	0,00	0,00	--	0	0	13981	260	53.769
18	-1,70	100	36	0,00	0,00	--	0	0	14067	300	46.918
19	-1,80	100	37	0,00	0,00	--	0	0	14153	341	41.449
20	-1,90	100	37	0,00	0,00	--	0	0	14239	385	36.999
21	-2,00	100	37	0,00	0,00	--	0	0	14325	430	33.321
22	-2,10	100	38	0,00	0,00	--	0	0	14411	477	30.238
23	-2,20	100	38	0,00	0,00	--	0	0	14497	525	27.624
24	-2,30	100	38	0,00	0,00	--	0	0	14582	574	25.383
25	-2,40	100	39	0,00	0,00	--	0	0	14668	626	23.446
26	-2,50	100	39	0,00	0,00	--	0	0	14753	678	21.758
27	-2,60	100	40	0,00	0,00	--	0	0	14860	732	20.305
28	-2,70	100	40	0,00	0,00	--	0	0	14980	787	19.037
29	-2,80	100	40	0,00	0,00	--	0	0	15100	843	17.909
30	-2,90	100	41	0,00	0,00	--	0	0	15221	901	16.900
31	-3,00	100	41	0,00	0,00	--	0	0	15341	959	15.992
32	-3,10	100	41	0,00	0,00	--	0	0	15461	1019	15.173

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
33	-3,20	100	42	0,00	0,00	--	0	0	15581	1080	14.430
34	-3,30	100	42	0,00	0,00	--	0	0	15701	1142	13.754
35	-3,40	100	43	0,00	0,00	--	0	0	15821	1204	13.136
36	-3,50	100	43	0,00	0,00	--	0	0	15941	1268	12.570
37	-3,60	100	43	0,00	0,00	--	0	0	16061	1333	12.050
38	-3,70	100	44	0,00	0,00	--	0	0	16182	1399	11.570
39	-3,80	100	44	0,00	0,00	--	0	0	16302	1465	11.127
40	-3,90	100	44	0,00	0,00	--	0	0	16422	1533	10.715
41	-4,00	100	45	0,00	0,00	--	0	0	16542	1601	10.334
42	-4,10	100	45	0,00	0,00	--	0	0	16662	1670	9.978
43	-4,20	100	45	0,00	0,00	--	0	0	16782	1740	9.646
44	-4,30	100	46	0,00	0,00	--	0	0	16903	1810	9.336
45	-4,40	100	46	0,00	0,00	--	0	0	21284	1882	11.310
46	-4,50	100	47	0,00	0,00	--	0	0	21388	1954	10.947
47	-4,60	100	47	0,00	0,00	--	0	0	21492	2026	10.609
48	-4,70	100	47	0,00	0,00	--	0	0	21595	2100	10.284
49	-4,80	100	48	0,00	0,00	--	0	0	21698	2184	9.935
50	-4,90	100	48	0,00	0,00	--	0	0	21802	2272	9.597
51	-5,00	100	48	0,00	0,00	--	0	0	21904	2356	9.299
52	-5,10	100	49	0,00	0,00	--	0	0	18260	2436	7.497
53	-5,20	100	49	0,00	0,00	--	0	0	18347	2512	7.304
54	-5,30	100	50	0,00	0,00	--	0	0	18435	2584	7.133
55	-5,40	100	50	0,00	0,00	--	0	0	18522	2653	6.981
56	-5,49	100	50	0,00	0,00	--	0	0	18602	2718	6.843

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	s [cm]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	-2,00	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	0	100.000
2	-1,90	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-585	29.783
3	-1,80	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1155	15.085
4	-1,70	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1710	10.189
5	-1,60	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-2250	7.744
6	-1,50	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-2775	6.279
7	-1,40	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-3285	5.305
8	-1,30	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-3780	4.610
9	-1,20	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-4260	4.091
10	-1,10	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-4724	3.688
11	-1,00	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-5174	3.368
12	-0,90	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-5609	3.107
13	-0,80	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-6028	2.890
14	-0,70	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-6433	2.709
15	-0,60	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-6823	2.554
16	-0,50	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-7197	2.421
17	0,00	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-4719	3.692
18	0,10	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-3806	4.578
19	0,20	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-2878	6.055
20	0,30	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-1934	9.010
21	0,40	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	-975	17.876
22	0,50	100	50	0,00	0,00	--	0	0	17425	0	100.000

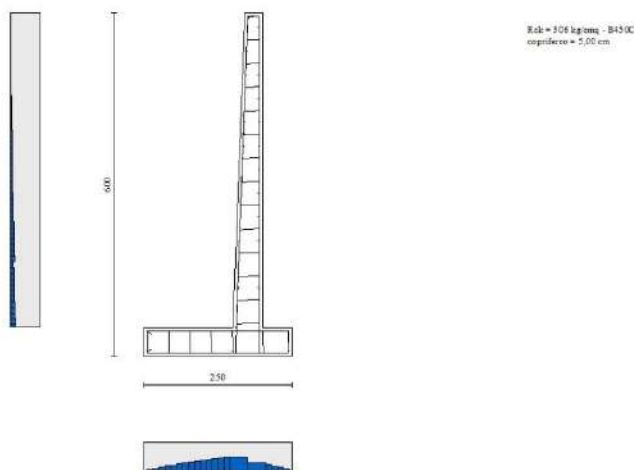


Fig. 12 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σc	tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
σfi	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
σfs	tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

Combinazioni SLER

Paramento

Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	152,34	[kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	3670,92	[kg/cmq]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	0,00	100	30	3,93	10,05	0	0	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	100	30	3,93	10,05	0	75	0,02	0,36	0,34
3	-0,20	100	31	3,93	10,05	0	152	0,05	0,70	0,69
4	-0,30	100	31	3,93	10,05	-1	229	0,07	1,03	1,04
5	-0,40	100	31	3,93	10,05	-1	307	0,09	1,36	1,39
6	-0,50	100	32	3,93	10,05	-2	387	0,12	1,67	1,74
7	-0,60	100	32	3,93	10,05	-3	467	0,14	1,97	2,10
8	-0,70	100	33	3,93	10,05	-4	548	0,17	2,27	2,47
9	-0,80	100	33	3,93	10,05	-4	633	0,19	2,58	2,83
10	-0,90	100	33	3,93	10,05	-4	719	0,21	2,93	3,16
11	-1,00	100	34	3,93	10,05	-3	807	0,23	3,34	3,43
12	-1,10	100	34	3,93	10,05	-1	897	0,26	3,81	3,64
13	-1,20	100	34	3,93	10,05	3	988	0,30	4,34	3,79
14	-1,30	100	35	3,93	10,05	9	1080	0,35	4,95	3,86
15	-1,40	100	35	3,93	10,05	16	1174	0,40	5,63	3,86
16	-1,50	100	36	3,93	10,05	26	1269	0,47	6,39	3,79
17	-1,60	100	36	3,93	10,05	37	1365	0,54	7,23	3,63
18	-1,70	100	36	3,93	10,05	51	1463	0,62	8,16	3,39
19	-1,80	100	37	3,93	10,05	67	1562	0,71	9,17	3,07
20	-1,90	100	37	3,93	10,05	86	1662	0,80	10,27	2,67
21	-2,00	100	37	3,93	10,05	107	1764	0,90	11,45	2,17
22	-2,10	100	38	3,93	10,05	132	1866	1,02	12,75	1,51
23	-2,20	100	38	3,93	10,05	159	1970	1,15	14,21	0,51
24	-2,30	100	38	3,93	10,05	189	2076	1,30	15,85	0,95
25	-2,40	100	39	3,93	10,05	222	2182	1,47	17,69	3,00
26	-2,50	100	39	3,93	10,05	258	2290	1,67	19,73	5,78
27	-2,60	100	40	3,93	10,05	298	2399	1,90	21,95	9,42
28	-2,70	100	40	3,93	10,05	341	2509	2,15	24,36	14,03
29	-2,80	100	40	3,93	10,05	388	2620	2,42	26,92	19,66
30	-2,90	100	41	3,93	10,05	438	2733	2,72	29,62	26,35
31	-3,00	100	41	3,93	10,05	492	2846	3,04	32,45	34,09
32	-3,10	100	41	3,93	10,05	550	2961	3,37	35,38	42,86
33	-3,20	100	42	3,93	10,05	611	3077	3,73	38,42	52,62
34	-3,30	100	42	3,93	10,05	676	3194	4,10	41,54	63,33
35	-3,40	100	43	3,93	10,05	746	3312	4,48	44,76	74,97
36	-3,50	100	43	3,93	10,05	819	3432	4,88	48,07	87,51
37	-3,60	100	43	3,93	10,05	897	3552	5,29	51,47	100,92
38	-3,70	100	44	3,93	10,05	979	3674	5,72	54,95	115,18
39	-3,80	100	44	3,93	10,05	1065	3796	6,15	58,53	130,27
40	-3,90	100	44	3,93	10,05	1155	3920	6,60	62,19	146,16
41	-4,00	100	45	3,93	10,05	1250	4045	7,07	65,94	162,86
42	-4,10	100	45	3,93	10,05	1349	4171	7,54	69,79	180,33
43	-4,20	100	45	3,93	10,05	1453	4298	8,02	73,72	198,57
44	-4,30	100	46	3,93	10,05	1561	4427	8,52	77,74	217,57
45	-4,40	100	46	3,93	22,78	1674	4556	7,22	75,12	118,24
46	-4,50	100	47	3,93	22,78	1792	4686	7,60	78,95	127,87
47	-4,60	100	47	3,93	22,78	1914	4818	7,99	82,85	137,82
48	-4,70	100	47	3,93	22,78	2042	4950	8,39	86,83	148,11
49	-4,80	100	48	3,93	22,78	2174	5082	8,80	90,91	158,78
50	-4,90	100	48	3,93	22,78	2313	5215	9,21	95,09	169,92
51	-5,00	100	48	3,93	22,78	2458	5347	9,64	99,38	181,49
52	-5,10	100	49	3,93	12,72	2608	5480	11,97	110,33	323,36
53	-5,20	100	49	5,65	12,72	2764	5613	12,35	113,10	344,16
54	-5,30	100	50	5,65	12,72	2925	5745	12,90	117,86	365,91
55	-5,40	100	50	5,65	12,72	3090	5878	13,45	122,68	388,13
56	-5,49	100	50	5,65	12,72	3260	6011	14,03	127,66	411,26

Fondazione

Combinazione n° 10 - SLER

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg/cmq]
1	-2,00	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00	0,00	0,00
2	-1,90	100	50	10,05	10,05	16	0	0,07	3,99	0,44
3	-1,80	100	50	10,05	10,05	66	0	0,30	16,05	1,78
4	-1,70	100	50	10,05	10,05	149	0	0,67	36,34	4,03
5	-1,60	100	50	10,05	10,05	266	0	1,21	65,02	7,20
6	-1,50	100	50	10,05	10,05	418	0	1,90	102,22	11,32
7	-1,40	100	50	10,05	10,05	606	0	2,75	148,11	16,40
8	-1,30	100	50	10,05	10,05	830	0	3,77	202,84	22,47
9	-1,20	100	50	10,05	10,05	1091	0	4,95	266,56	29,52
10	-1,10	100	50	10,05	10,05	1389	0	6,30	339,41	37,59
11	-1,00	100	50	10,05	10,05	1725	0	7,83	421,57	46,69
12	-0,90	100	50	10,05	10,05	2100	0	9,53	513,16	56,84
13	-0,80	100	50	10,05	10,05	2514	0	11,41	614,36	68,04
14	-0,70	100	50	10,05	10,05	2968	0	13,47	725,30	80,33
15	-0,60	100	50	10,05	10,05	3462	0	15,71	846,15	93,72
16	-0,50	100	50	10,05	10,05	3998	0	18,14	977,05	108,21
17	0,00	100	50	10,05	10,05	-544	0	2,47	14,73	133,03
18	0,10	100	50	10,05	10,05	-347	0	1,57	9,39	84,76
19	0,20	100	50	10,05	10,05	-194	0	0,88	5,26	47,47
20	0,30	100	50	10,05	10,05	-86	0	0,39	2,33	21,00
21	0,40	100	50	10,05	10,05	-21	0	0,10	0,58	5,23
22	0,50	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00	0,00	0,00

Combinazioni SLEF

Paramento

Fondazione

Combinazioni SLEQ

Paramento

Fondazione

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espressa in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
Mpf	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kgm]
ε	deformazione espressa in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Fondazione

Combinazioni SLEQ

Risultati per inviluppo

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	1789	16,00	1720	493	0,50	-3,41
	Incremento di spinta sismica		686	660	189	0,50	-2,75
	Peso/Inerzia muro			1298	8646/649	-0,40	-3,98
	Peso/Inerzia terrapieno			750	4996/375	0,25	-2,75
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			54	360	-1,25	-5,35
	Spinta falda da monte			3399		0,50	-5,13
	Spinta falda da valle			720		-1,25	-5,60
	Sottospinta della falda				3379	-0,70	-6,00
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				1050	-1,25	-5,60
	Resistenza passiva terreno antistante			-5026			

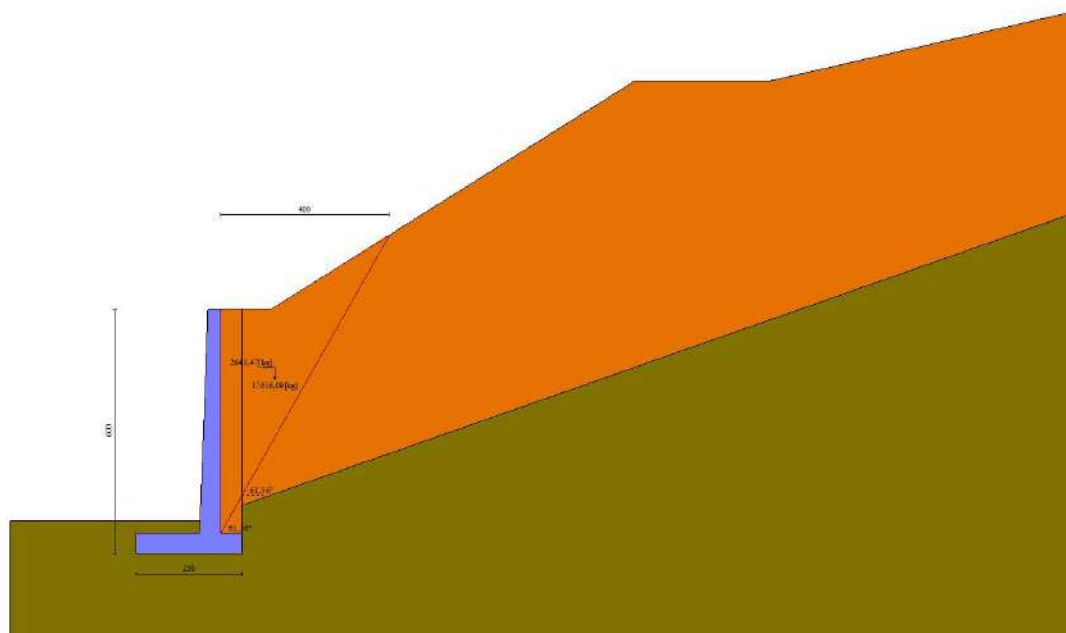


Fig. 13 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

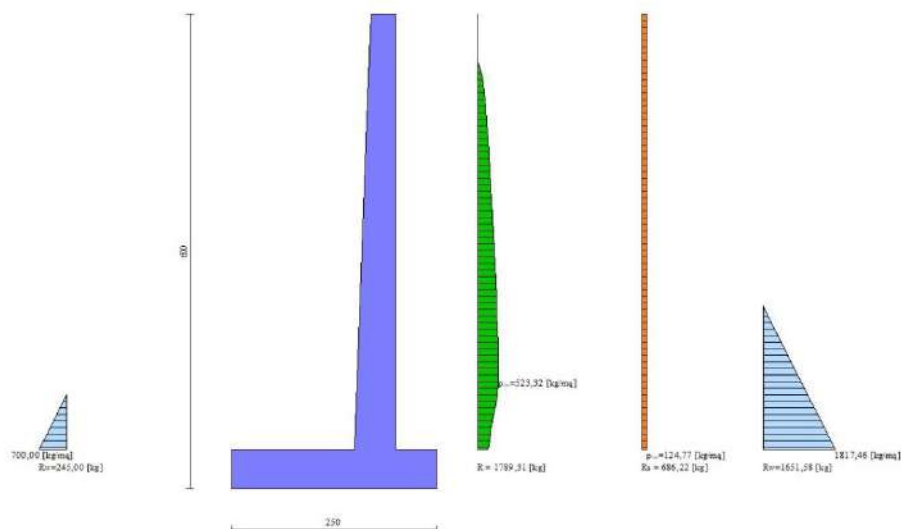


Fig. 14 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

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)		1.981		6.591			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.819		5.611			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.824		6.691			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.582		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.612		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.704		
7 - EQU (A1-M1-R3)			1.747				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		1.039				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		1.279				

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	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	9311	5026	0	--	--	14336	7881	1.819

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]

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Qd Portanza di progetto, espresso in [kg]
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limie e carico agente al piano di posa)

Portanza imposta nota 3,00 [kg/cm²]

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kg]	[kg]	[kg]	
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	13380	75079	62566	5.611

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]	
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	39358	37899	1.039

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]	
4 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 4,50	10,70	1.582

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	Qy	Qf	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kg]	[kg]	[kg]	[m]	[°]	[°]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg]
1	3345	792	0	10,69 - 0,61	79.369	19.605	0,16	0,000	
2	5829	370	0	0,61	66.410	19.605	0,16	0,000	
3	6772	0	0	0,61	59.147	19.605	0,16	0,001	
4	7372	0	0	0,61	53.237	17.912	0,32	0,065	
5	7757	0	0	0,61	48.068	17.912	0,32	0,112	
6	8006	0	0	0,61	43.381	17.912	0,32	0,147	
7	8155	0	0	0,61	39.034	17.912	0,32	0,173	
8	8220	0	0	0,61	34.943	17.912	0,32	0,192	
9	8217	0	0	0,61	31.048	17.912	0,32	0,204	
10	8152	0	0	0,61	27.307	17.912	0,32	0,210	
11	8033	0	0	0,61	23.688	17.912	0,32	0,212	
12	7864	0	0	0,61	20.168	17.912	0,32	0,210	
13	7653	0	0	0,61	16.726	17.912	0,32	0,210	
14	7399	0	0	0,61	13.345	17.912	0,32	0,206	
15	7103	0	0	0,61	10.011	17.912	0,32	0,199	
16	6806	0	0	0,61	6.712	17.912	0,32	0,187	
17	6861	0	0	0,61	3.434	17.912	0,32	0,172	
18	8090	0	0	0,61	0.168	17.912	0,32	0,154	
19	2926	0	122	0,61	-3.098	17.912	0,32	0,138	
20	1232	0	244	0,61	-6.374	17.912	0,32	0,133	
21	1103	0	244	0,61	-9.671	17.912	0,32	0,124	
22	790	0	244	0,61	-13.001	17.912	0,32	0,112	
23	615	0	244	0,61	-16.376	17.912	0,32	0,096	
24	396	0	244	0,61	-19.811	17.912	0,32	0,076	
25	132	0	240	-4,54 - 0,61	-22.442	17.912	0,32	0,053	

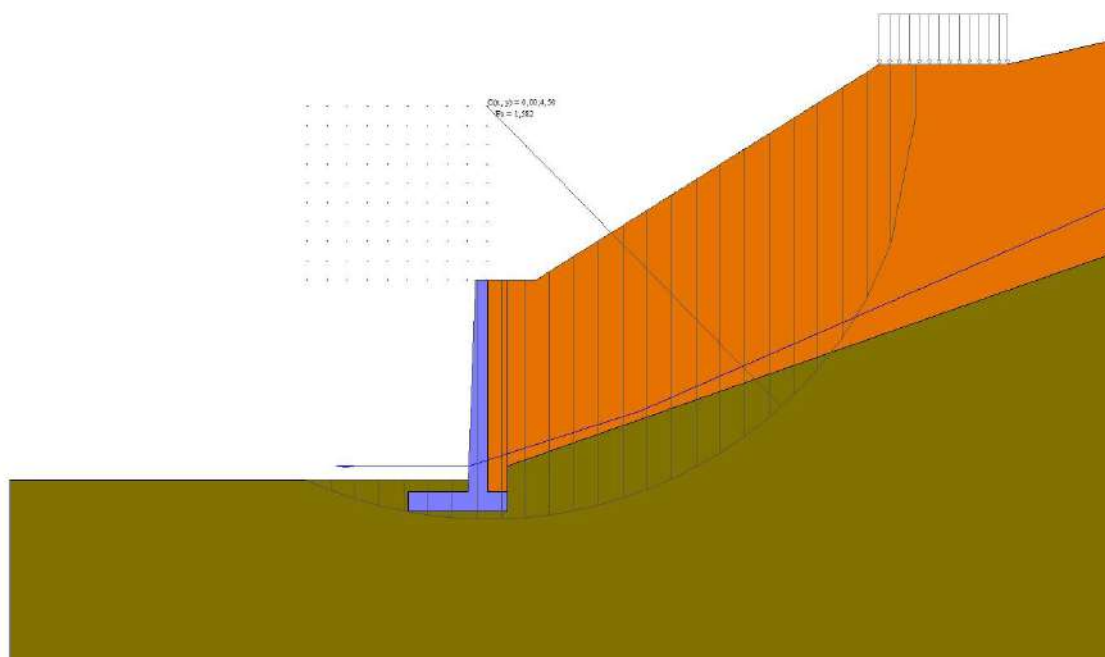


Fig. 15 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

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 fanno 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	75	75	0	0	0	0
3	-0,20	152	152	0	0	0	0
4	-0,30	229	229	0	0	-1	-1
5	-0,40	307	307	0	0	-1	-1
6	-0,50	387	387	0	0	-2	-2
7	-0,60	467	467	0	0	-3	-3
8	-0,70	548	549	3	5	-4	-4
9	-0,80	633	635	12	20	-4	-4
10	-0,90	719	724	25	41	-4	-3
11	-1,00	807	815	40	65	-3	-1
12	-1,10	897	907	57	92	-1	4
13	-1,20	988	1001	75	121	3	12
14	-1,30	1080	1097	95	153	9	22
15	-1,40	1174	1194	117	186	16	35
16	-1,50	1269	1292	140	222	26	51
17	-1,60	1365	1392	165	260	37	71
18	-1,70	1463	1494	191	300	51	94
19	-1,80	1562	1597	218	341	67	121
20	-1,90	1662	1702	247	385	86	152
21	-2,00	1764	1807	277	430	107	187
22	-2,10	1866	1915	308	477	132	227
23	-2,20	1970	2023	340	525	159	270
24	-2,30	2076	2133	373	574	189	319
25	-2,40	2182	2245	408	626	222	372
26	-2,50	2290	2357	443	678	258	430
27	-2,60	2399	2471	479	732	298	493
28	-2,70	2509	2586	516	787	341	561
29	-2,80	2620	2703	555	843	388	634
30	-2,90	2733	2821	594	901	438	713
31	-3,00	2846	2940	634	959	492	797
32	-3,10	2961	3060	674	1019	550	887
33	-3,20	3077	3181	716	1080	611	983
34	-3,30	3194	3304	758	1142	676	1084
35	-3,40	3312	3428	801	1204	746	1192
36	-3,50	3432	3553	845	1268	819	1305
37	-3,60	3552	3679	890	1333	897	1424
38	-3,70	3674	3807	935	1399	979	1550

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	X [m]	Nmin [kg]	Nmax [kg]	Tmin [kg]	Tmax [kg]	Mmin [kgm]	Mmax [kgm]
39	-3,80	3796	3935	981	1465	1065	1682
40	-3,90	3920	4065	1028	1533	1155	1820
41	-4,00	4045	4196	1075	1601	1250	1965
42	-4,10	4171	4328	1123	1670	1349	2116
43	-4,20	4298	4461	1172	1740	1453	2274
44	-4,30	4427	4596	1221	1810	1561	2438
45	-4,40	4556	4731	1271	1882	1674	2609
46	-4,50	4686	4868	1321	1954	1792	2788
47	-4,60	4818	5005	1371	2026	1914	2973
48	-4,70	4950	5144	1423	2100	2042	3165
49	-4,80	5082	5282	1482	2184	2174	3365
50	-4,90	5215	5421	1544	2272	2313	3573
51	-5,00	5347	5559	1603	2356	2458	3790
52	-5,10	5480	5697	1658	2436	2608	4015
53	-5,20	5613	5836	1711	2512	2764	4248
54	-5,30	5745	5973	1760	2584	2925	4488
55	-5,40	5878	6111	1806	2653	3090	4736
56	-5,50	6011	6249	1851	2718	3260	4990

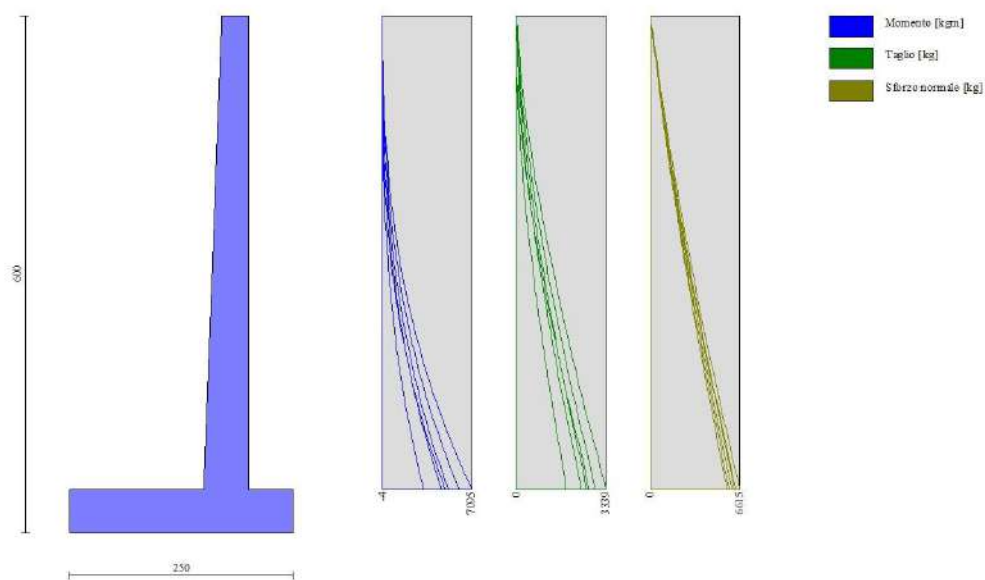


Fig. 16 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kg]	Nmax [kg]	Tmin [kg]	Tmax [kg]	Mmin [kgm]	Mmax [kgm]
1	-2,00	0	0	0	0	0	0
2	-1,90	0	0	327	585	16	29
3	-1,80	0	0	661	1155	66	117
4	-1,70	0	0	1001	1710	149	260
5	-1,60	0	0	1347	2250	266	458
6	-1,50	0	0	1699	2775	418	709
7	-1,40	0	0	2058	3285	606	1013
8	-1,30	0	0	2422	3780	830	1366
9	-1,20	0	0	2793	4260	1091	1768
10	-1,10	0	0	3170	4724	1389	2217
11	-1,00	0	0	3554	5174	1725	2712
12	-0,90	0	0	3943	5609	2100	3252
13	-0,80	0	0	4339	6028	2514	3834
14	-0,70	0	0	4741	6433	2968	4457
15	-0,60	0	0	5150	6823	3462	5120
16	-0,50	0	0	5564	7197	3998	5821
17	0,00	0	0	-4719	-2203	-1195	-544
18	0,10	0	0	-3806	-1751	-769	-347
19	0,20	0	0	-2878	-1304	-435	-194
20	0,30	0	0	-1934	-864	-194	-86
21	0,40	0	0	-975	-429	-49	-21
22	0,50	0	0	0	0	0	0

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

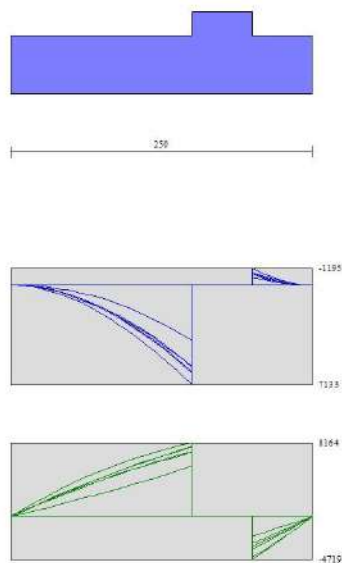


Fig. 17 - Fondazione

Verifiche strutturali

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 espresso 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 [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	100	30	3,93	10,05	0	0	0	0	100000.000
2	100	30	3,93	10,05	0	0	0	0	100000.000
3	100	31	3,93	10,05	3	170	9543	170	2880.360
4	100	31	3,93	10,05	8	257	9695	257	1175.627
5	100	31	3,93	10,05	15	344	9847	344	640.228
6	100	32	3,93	10,05	25	433	9999	433	404.400
7	100	32	3,93	10,05	36	522	10152	522	279.701
8	100	33	3,93	10,05	50	614	10306	614	205.854
9	100	33	3,93	10,05	66	708	10460	708	157.548
10	100	33	3,93	10,05	86	804	10615	804	123.548
11	100	34	3,93	10,05	109	902	10770	902	98.808
12	100	34	3,93	10,05	136	1001	10926	1001	80.429
13	100	34	3,93	10,05	167	1102	11083	1102	66.503
14	100	35	3,93	10,05	202	1204	11240	1204	55.756
15	100	35	3,93	10,05	241	1308	11398	1308	47.324
16	100	36	3,93	10,05	285	1413	11562	1413	40.628
17	100	36	3,93	10,05	333	1519	11727	1519	35.223
18	100	36	3,93	10,05	386	1627	11892	1627	30.799
19	100	37	3,93	10,05	444	1736	12053	1736	27.133
20	100	37	3,93	10,05	507	1847	12215	1847	24.074
21	100	37	3,93	10,05	576	1959	12378	1959	21.496
22	100	38	3,93	10,05	650	2072	12541	2072	19.306
23	100	38	3,93	10,05	729	2187	12705	2187	17.432
24	100	38	3,93	10,05	814	2303	12870	2303	15.816
25	100	39	3,93	10,05	904	2420	13035	2420	14.415
26	100	39	3,93	10,05	1001	2538	13201	2538	13.192
27	100	40	3,93	10,05	1103	2658	13368	2658	12.118
28	100	40	3,93	10,05	1212	2779	13535	2779	11.172
29	100	40	3,93	10,05	1326	2901	13703	2901	10.333
30	100	41	3,93	10,05	1447	3025	13872	3025	9.586

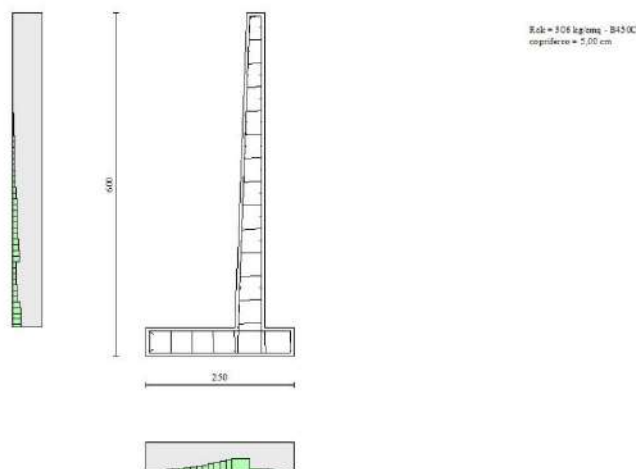
RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
31	100	41	3,93	10,05	1574	3149	14041	3149	8.919
32	100	41	3,93	10,05	1708	3275	14211	3275	8.320
33	100	42	3,93	10,05	1848	3403	14382	3403	7.781
34	100	42	3,93	10,05	1995	3531	14553	3531	7.294
35	100	43	3,93	10,05	2149	3661	14725	3661	6.852
36	100	43	3,93	10,05	2309	3791	14898	3791	6.451
37	100	43	3,93	10,05	2477	3923	15072	3923	6.085
38	100	44	3,93	10,05	2651	4057	15246	4057	5.750
39	100	44	3,93	10,05	2833	4191	15421	4191	5.444
40	100	44	3,93	10,05	3022	4327	15597	4327	5.162
41	100	45	3,93	10,05	3217	4463	15773	4463	4.902
42	100	45	3,93	10,05	3421	4601	15950	4601	4.663
43	100	45	3,93	10,05	3631	4740	16128	4740	4.441
44	100	46	3,93	10,05	3849	4881	16307	4881	4.236
45	100	46	3,93	22,78	4075	5022	34451	5022	8.454
46	100	47	3,93	22,78	4308	5165	34814	5165	8.081
47	100	47	3,93	22,78	4549	5308	35178	5308	7.733
48	100	47	3,93	22,78	4798	5452	35542	5452	7.408
49	100	48	3,93	22,78	5055	5597	35908	5597	7.103
50	100	48	3,93	22,78	5321	5742	36273	5742	6.817
51	100	48	3,93	22,78	5596	5887	36639	5887	6.547
52	100	49	3,93	12,72	5880	6033	21892	6033	3.723
53	100	49	5,65	12,72	6172	6178	22107	6178	3.582
54	100	50	5,65	12,72	6472	6323	22330	6323	3.451
55	100	50	5,65	12,72	6779	6469	22554	6469	3.327
56	100	50	5,65	12,72	7095	6615	22759	6615	3.208

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mrd [kgm]	Nrd [kg]	FS
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000
2	100	50	10,05	10,05	40	0	17023	0	424.671
3	100	50	10,05	10,05	158	0	17023	0	107.777
4	100	50	10,05	10,05	350	0	17023	0	48.638
5	100	50	10,05	10,05	613	0	17023	0	27.787
6	100	50	10,05	10,05	942	0	17023	0	18.066
7	100	50	10,05	10,05	1335	0	17023	0	12.748
8	100	50	10,05	10,05	1788	0	17023	0	9.520
9	100	50	10,05	10,05	2297	0	17023	0	7.410
10	100	50	10,05	10,05	2859	0	17023	0	5.954
11	100	50	10,05	10,05	3470	0	17023	0	4.906
12	100	50	10,05	10,05	4126	0	17023	0	4.126
13	100	50	10,05	10,05	4824	0	17023	0	3.529
14	100	50	10,05	10,05	5560	0	17023	0	3.062
15	100	50	10,05	10,05	6331	0	17023	0	2.689
16	100	50	10,05	10,05	7133	0	17023	0	2.386
17	100	50	10,05	10,05	-1195	0	-17023	0	14.240
18	100	50	10,05	10,05	-769	0	-17023	0	22.129
19	100	50	10,05	10,05	-435	0	-17023	0	39.128
20	100	50	10,05	10,05	-194	0	-17023	0	87.565
21	100	50	10,05	10,05	-49	0	-17023	0	348.386
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0	0	100000.000



RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Fig. 18 - Paramento (Involuppo)

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	12581	0	100.000
2	100	30	0,00	--	0	0	12671	23	543.232
3	100	31	0,00	--	0	0	12761	47	272.734
4	100	31	0,00	--	0	0	12851	70	182.559
5	100	31	0,00	--	0	0	12940	94	137.465
6	100	32	0,00	--	0	0	13029	118	110.404
7	100	32	0,00	--	0	0	13118	142	92.359
8	100	33	0,00	--	0	0	13206	169	78.056
9	100	33	0,00	--	0	0	13295	202	65.654
10	100	33	0,00	--	0	0	13383	240	55.784
11	100	34	0,00	--	0	0	13471	279	48.218
12	100	34	0,00	--	0	0	13559	321	42.263
13	100	34	0,00	--	0	0	13647	364	37.477
14	100	35	0,00	--	0	0	13735	409	33.560
15	100	35	0,00	--	0	0	13823	456	30.306
16	100	36	0,00	--	0	0	13910	505	27.568
17	100	36	0,00	--	0	0	13997	555	25.237
18	100	36	0,00	--	0	0	14084	606	23.233
19	100	37	0,00	--	0	0	14171	659	21.496
20	100	37	0,00	--	0	0	14258	714	19.978
21	100	37	0,00	--	0	0	14345	770	18.641
22	100	38	0,00	--	0	0	14431	827	17.458
23	100	38	0,00	--	0	0	14518	885	16.404
24	100	38	0,00	--	0	0	14604	945	15.460
25	100	39	0,00	--	0	0	14691	1006	14.610
26	100	39	0,00	--	0	0	14777	1067	13.843
27	100	40	0,00	--	0	0	14865	1131	13.165
28	100	40	0,00	--	0	0	15006	1195	12.559
29	100	40	0,00	--	0	0	15126	1260	12.005
30	100	41	0,00	--	0	0	15247	1326	11.496
31	100	41	0,00	--	0	0	15368	1394	11.028
32	100	41	0,00	--	0	0	15489	1462	10.596
33	100	42	0,00	--	0	0	15610	1531	10.196
34	100	42	0,00	--	0	0	15731	1601	9.825
35	100	43	0,00	--	0	0	15852	1672	9.480
36	100	43	0,00	--	0	0	15973	1744	9.158
37	100	43	0,00	--	0	0	16094	1817	8.858
38	100	44	0,00	--	0	0	16215	1890	8.577
39	100	44	0,00	--	0	0	16336	1965	8.314
40	100	44	0,00	--	0	0	16457	2040	8.066
41	100	45	0,00	--	0	0	16578	2116	7.834
42	100	45	0,00	--	0	0	16699	2193	7.614
43	100	45	0,00	--	0	0	16820	2271	7.408
44	100	46	0,00	--	0	0	16941	2349	7.212
45	100	46	0,00	--	0	0	21323	2428	8.782
46	100	47	0,00	--	0	0	21427	2507	8.545
47	100	47	0,00	--	0	0	21532	2587	8.322
48	100	47	0,00	--	0	0	21637	2669	8.108
49	100	48	0,00	--	0	0	21741	2758	7.883
50	100	48	0,00	--	0	0	21845	2850	7.666
51	100	48	0,00	--	0	0	21948	2938	7.469
52	100	49	0,00	--	0	0	18305	3024	6.053
53	100	49	0,00	--	0	0	18393	3107	5.920
54	100	50	0,00	--	0	0	18482	3187	5.800
55	100	50	0,00	--	0	0	18570	3264	5.689
56	100	50	0,00	--	0	0	18651	3339	5.586

Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
1	100	50	0,00	--	0	0	17425	0	100.000
2	100	50	0,00	--	0	0	17425	-796	21.898
3	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1555	11.202
4	100	50	0,00	--	0	0	17425	-2279	7.645
5	100	50	0,00	--	0	0	17425	-2967	5.872
6	100	50	0,00	--	0	0	17425	-3619	4.814

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	A _{sw} [cmq]	cotθ	V _{Rcd} [kg]	V _{Rsd} [kg]	V _{Rd} [kg]	T [kg]	FS
7	100	50	0,00	--	0	0	17425	-4235	4.114
8	100	50	0,00	--	0	0	17425	-4816	3.618
9	100	50	0,00	--	0	0	17425	-5360	3.251
10	100	50	0,00	--	0	0	17425	-5868	2.969
11	100	50	0,00	--	0	0	17425	-6341	2.748
12	100	50	0,00	--	0	0	17425	-6777	2.571
13	100	50	0,00	--	0	0	17425	-7178	2.428
14	100	50	0,00	--	0	0	17425	-7542	2.310
15	100	50	0,00	--	0	0	17425	-7871	2.214
16	100	50	0,00	--	0	0	17425	-8164	2.134
17	100	50	0,00	--	0	0	17425	-4719	3.692
18	100	50	0,00	--	0	0	17425	-3806	4.578
19	100	50	0,00	--	0	0	17425	-2878	6.055
20	100	50	0,00	--	0	0	17425	-1934	9.010
21	100	50	0,00	--	0	0	17425	-975	17.876
22	100	50	0,00	--	0	0	17425	0	100.000

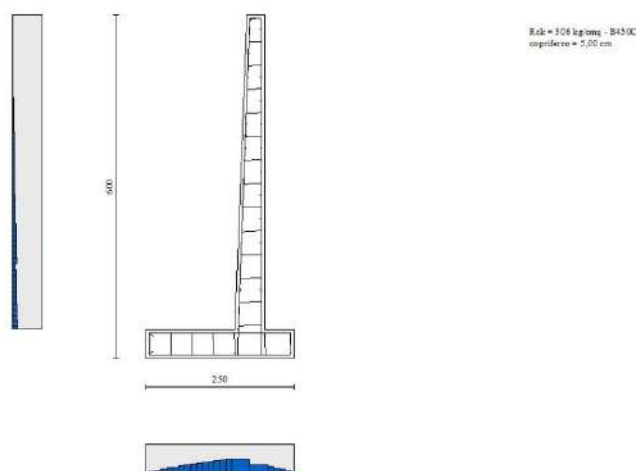


Fig. 19 - Paramento (Inviluppo)

Verifica delle tensioni

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
A _{fi}	area ferri inferiori, espressa in [cmq]
A _{fs}	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kgm]
N	sforzo normale agente, espressa in [kg]
σ _c	tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
σ _{fi}	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
σ _{fs}	tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

Combinazioni SLER

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	152,34	[kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	3670,92	[kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	A _{fi} [cmq]	A _{fs} [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σ _c [kg/cmq]	σ _{fi} [kg/cmq]	σ _{fs} [kg/cmq]
1	100	30	3,93	10,05	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)
2	100	30	3,93	10,05	0	75	0,02 (10)	0,34 (10)	0,36 (10)
3	100	31	3,93	10,05	0	152	0,05 (10)	0,69 (10)	0,70 (10)
4	100	31	3,93	10,05	-1	229	0,07 (10)	1,04 (10)	1,03 (10)
5	100	31	3,93	10,05	-1	307	0,09 (10)	1,39 (10)	1,36 (10)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
6	100	32	3,93	10,05	-2	387	0,12 (10)	1,74 (10)	1,67 (10)
7	100	32	3,93	10,05	-3	467	0,14 (10)	2,10 (10)	1,97 (10)
8	100	33	3,93	10,05	-4	548	0,17 (10)	2,47 (10)	2,27 (10)
9	100	33	3,93	10,05	-4	633	0,19 (10)	2,83 (10)	2,58 (10)
10	100	33	3,93	10,05	-4	719	0,21 (10)	3,16 (10)	2,93 (10)
11	100	34	3,93	10,05	-3	807	0,23 (10)	3,43 (10)	3,34 (10)
12	100	34	3,93	10,05	-1	897	0,26 (10)	3,64 (10)	3,81 (10)
13	100	34	3,93	10,05	3	988	0,30 (10)	3,79 (10)	4,34 (10)
14	100	35	3,93	10,05	9	1080	0,35 (10)	3,86 (10)	4,95 (10)
15	100	35	3,93	10,05	16	1174	0,40 (10)	3,86 (10)	5,63 (10)
16	100	36	3,93	10,05	26	1269	0,47 (10)	3,79 (10)	6,39 (10)
17	100	36	3,93	10,05	37	1365	0,54 (10)	3,63 (10)	7,23 (10)
18	100	36	3,93	10,05	51	1463	0,62 (10)	3,39 (10)	8,16 (10)
19	100	37	3,93	10,05	67	1562	0,71 (10)	3,07 (10)	9,17 (10)
20	100	37	3,93	10,05	86	1662	0,80 (10)	2,67 (10)	10,27 (10)
21	100	37	3,93	10,05	107	1764	0,90 (10)	2,17 (10)	11,45 (10)
22	100	38	3,93	10,05	132	1866	1,02 (10)	1,51 (10)	12,75 (10)
23	100	38	3,93	10,05	159	1970	1,15 (10)	0,51 (10)	14,21 (10)
24	100	38	3,93	10,05	189	2076	1,30 (10)	0,95 (10)	15,85 (10)
25	100	39	3,93	10,05	222	2182	1,47 (10)	3,00 (10)	17,69 (10)
26	100	39	3,93	10,05	258	2290	1,67 (10)	5,78 (10)	19,73 (10)
27	100	40	3,93	10,05	298	2399	1,90 (10)	9,42 (10)	21,95 (10)
28	100	40	3,93	10,05	341	2509	2,15 (10)	14,03 (10)	24,36 (10)
29	100	40	3,93	10,05	388	2620	2,42 (10)	19,66 (10)	26,92 (10)
30	100	41	3,93	10,05	438	2733	2,72 (10)	26,35 (10)	29,62 (10)
31	100	41	3,93	10,05	492	2846	3,04 (10)	34,09 (10)	32,45 (10)
32	100	41	3,93	10,05	550	2961	3,37 (10)	42,86 (10)	35,38 (10)
33	100	42	3,93	10,05	611	3077	3,73 (10)	52,62 (10)	38,42 (10)
34	100	42	3,93	10,05	676	3194	4,10 (10)	63,33 (10)	41,54 (10)
35	100	43	3,93	10,05	746	3312	4,48 (10)	74,97 (10)	44,76 (10)
36	100	43	3,93	10,05	819	3432	4,88 (10)	87,51 (10)	48,07 (10)
37	100	43	3,93	10,05	897	3552	5,29 (10)	100,92 (10)	51,47 (10)
38	100	44	3,93	10,05	979	3674	5,72 (10)	115,18 (10)	54,95 (10)
39	100	44	3,93	10,05	1065	3796	6,15 (10)	130,27 (10)	58,53 (10)
40	100	44	3,93	10,05	1155	3920	6,60 (10)	146,16 (10)	62,19 (10)
41	100	45	3,93	10,05	1250	4045	7,07 (10)	162,86 (10)	65,94 (10)
42	100	45	3,93	10,05	1349	4171	7,54 (10)	180,33 (10)	69,79 (10)
43	100	45	3,93	10,05	1453	4298	8,02 (10)	198,57 (10)	73,72 (10)
44	100	46	3,93	10,05	1561	4427	8,52 (10)	217,57 (10)	77,74 (10)
45	100	46	3,93	22,78	1674	4556	7,22 (10)	118,24 (10)	75,12 (10)
46	100	47	3,93	22,78	1792	4686	7,60 (10)	127,87 (10)	78,95 (10)
47	100	47	3,93	22,78	1914	4818	7,99 (10)	137,82 (10)	82,85 (10)
48	100	47	3,93	22,78	2042	4950	8,39 (10)	148,11 (10)	86,83 (10)
49	100	48	3,93	22,78	2174	5082	8,80 (10)	158,78 (10)	90,91 (10)
50	100	48	3,93	22,78	2313	5215	9,21 (10)	169,92 (10)	95,09 (10)
51	100	48	3,93	22,78	2458	5347	9,64 (10)	181,49 (10)	99,38 (10)
52	100	49	3,93	12,72	2608	5480	11,97 (10)	323,36 (10)	110,33 (10)
53	100	49	5,65	12,72	2764	5613	12,35 (10)	344,16 (10)	113,10 (10)
54	100	50	5,65	12,72	2925	5745	12,90 (10)	365,91 (10)	117,86 (10)
55	100	50	5,65	12,72	3090	5878	13,45 (10)	388,13 (10)	122,68 (10)
56	100	50	5,65	12,72	3260	6011	14,03 (10)	411,26 (10)	127,66 (10)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 152,34 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 3670,92 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)
2	100	50	10,05	10,05	16	0	0,07 (10)	3,99 (10)	0,44 (10)
3	100	50	10,05	10,05	66	0	0,30 (10)	16,05 (10)	1,78 (10)
4	100	50	10,05	10,05	149	0	0,67 (10)	36,34 (10)	4,03 (10)
5	100	50	10,05	10,05	266	0	1,21 (10)	65,02 (10)	7,20 (10)
6	100	50	10,05	10,05	418	0	1,90 (10)	102,22 (10)	11,32 (10)
7	100	50	10,05	10,05	606	0	2,75 (10)	148,11 (10)	16,40 (10)
8	100	50	10,05	10,05	830	0	3,77 (10)	202,84 (10)	22,47 (10)
9	100	50	10,05	10,05	1091	0	4,95 (10)	266,56 (10)	29,52 (10)
10	100	50	10,05	10,05	1389	0	6,30 (10)	339,41 (10)	37,59 (10)
11	100	50	10,05	10,05	1725	0	7,83 (10)	421,57 (10)	46,69 (10)
12	100	50	10,05	10,05	2100	0	9,53 (10)	513,16 (10)	56,84 (10)
13	100	50	10,05	10,05	2514	0	11,41 (10)	614,36 (10)	68,04 (10)
14	100	50	10,05	10,05	2968	0	13,47 (10)	725,30 (10)	80,33 (10)
15	100	50	10,05	10,05	3462	0	15,71 (10)	846,15 (10)	93,72 (10)
16	100	50	10,05	10,05	3998	0	18,14 (10)	977,05 (10)	108,21 (10)
17	100	50	10,05	10,05	-544	0	2,47 (10)	14,73 (10)	133,03 (10)
18	100	50	10,05	10,05	-347	0	1,57 (10)	9,39 (10)	84,76 (10)
19	100	50	10,05	10,05	-194	0	0,88 (10)	5,26 (10)	47,47 (10)
20	100	50	10,05	10,05	-86	0	0,39 (10)	2,33 (10)	21,00 (10)
21	100	50	10,05	10,05	-21	0	0,10 (10)	0,58 (10)	5,23 (10)
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (10)	0,00 (10)	0,00 (10)

Combinazioni SLEF

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA
INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI
MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 253,91 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	30	3,93	10,05	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)
2	100	30	3,93	10,05	0	75	0,02 (11)	0,34 (11)	0,36 (11)
3	100	31	3,93	10,05	0	152	0,05 (11)	0,69 (11)	0,70 (11)
4	100	31	3,93	10,05	-1	229	0,07 (11)	1,04 (11)	1,03 (11)
5	100	31	3,93	10,05	-1	307	0,09 (11)	1,39 (11)	1,36 (11)
6	100	32	3,93	10,05	-2	387	0,12 (11)	1,74 (11)	1,67 (11)
7	100	32	3,93	10,05	-3	467	0,14 (11)	2,10 (11)	1,97 (11)
8	100	33	3,93	10,05	-4	548	0,17 (11)	2,47 (11)	2,27 (11)
9	100	33	3,93	10,05	-4	633	0,19 (11)	2,83 (11)	2,58 (11)
10	100	33	3,93	10,05	-4	719	0,21 (11)	3,16 (11)	2,93 (11)
11	100	34	3,93	10,05	-3	807	0,23 (11)	3,43 (11)	3,34 (11)
12	100	34	3,93	10,05	-1	897	0,26 (11)	3,64 (11)	3,81 (11)
13	100	34	3,93	10,05	3	988	0,30 (11)	3,79 (11)	4,34 (11)
14	100	35	3,93	10,05	9	1080	0,35 (11)	3,86 (11)	4,95 (11)
15	100	35	3,93	10,05	16	1174	0,40 (11)	3,86 (11)	5,63 (11)
16	100	36	3,93	10,05	26	1269	0,47 (11)	3,79 (11)	6,39 (11)
17	100	36	3,93	10,05	37	1365	0,54 (11)	3,63 (11)	7,23 (11)
18	100	36	3,93	10,05	51	1463	0,62 (11)	3,39 (11)	8,16 (11)
19	100	37	3,93	10,05	67	1562	0,71 (11)	3,07 (11)	9,17 (11)
20	100	37	3,93	10,05	86	1662	0,80 (11)	2,67 (11)	10,27 (11)
21	100	37	3,93	10,05	107	1764	0,90 (11)	2,17 (11)	11,45 (11)
22	100	38	3,93	10,05	132	1866	1,02 (11)	1,51 (11)	12,75 (11)
23	100	38	3,93	10,05	159	1970	1,15 (11)	0,51 (11)	14,21 (11)
24	100	38	3,93	10,05	189	2076	1,30 (11)	0,95 (11)	15,85 (11)
25	100	39	3,93	10,05	222	2182	1,47 (11)	3,00 (11)	17,69 (11)
26	100	39	3,93	10,05	258	2290	1,67 (11)	5,78 (11)	19,73 (11)
27	100	40	3,93	10,05	298	2399	1,90 (11)	9,42 (11)	21,95 (11)
28	100	40	3,93	10,05	341	2509	2,15 (11)	14,03 (11)	24,36 (11)
29	100	40	3,93	10,05	388	2620	2,42 (11)	19,66 (11)	26,92 (11)
30	100	41	3,93	10,05	438	2733	2,72 (11)	26,35 (11)	29,62 (11)
31	100	41	3,93	10,05	492	2846	3,04 (11)	34,09 (11)	32,45 (11)
32	100	41	3,93	10,05	550	2961	3,37 (11)	42,86 (11)	35,38 (11)
33	100	42	3,93	10,05	611	3077	3,73 (11)	52,62 (11)	38,42 (11)
34	100	42	3,93	10,05	676	3194	4,10 (11)	63,33 (11)	41,54 (11)
35	100	43	3,93	10,05	746	3312	4,48 (11)	74,97 (11)	44,76 (11)
36	100	43	3,93	10,05	819	3432	4,88 (11)	87,51 (11)	48,07 (11)
37	100	43	3,93	10,05	897	3552	5,29 (11)	100,92 (11)	51,47 (11)
38	100	44	3,93	10,05	979	3674	5,72 (11)	115,18 (11)	54,95 (11)
39	100	44	3,93	10,05	1065	3796	6,15 (11)	130,27 (11)	58,53 (11)
40	100	44	3,93	10,05	1155	3920	6,60 (11)	146,16 (11)	62,19 (11)
41	100	45	3,93	10,05	1250	4045	7,07 (11)	162,86 (11)	65,94 (11)
42	100	45	3,93	10,05	1349	4171	7,54 (11)	180,33 (11)	69,79 (11)
43	100	45	3,93	10,05	1453	4298	8,02 (11)	198,57 (11)	73,72 (11)
44	100	46	3,93	10,05	1561	4427	8,52 (11)	217,57 (11)	77,74 (11)
45	100	46	3,93	22,78	1674	4556	7,22 (11)	118,24 (11)	75,12 (11)
46	100	47	3,93	22,78	1792	4686	7,60 (11)	127,87 (11)	78,95 (11)
47	100	47	3,93	22,78	1914	4818	7,99 (11)	137,82 (11)	82,85 (11)
48	100	47	3,93	22,78	2042	4950	8,39 (11)	148,11 (11)	86,83 (11)
49	100	48	3,93	22,78	2174	5082	8,80 (11)	158,78 (11)	90,91 (11)
50	100	48	3,93	22,78	2313	5215	9,21 (11)	169,92 (11)	95,09 (11)
51	100	48	3,93	22,78	2458	5347	9,64 (11)	181,49 (11)	99,38 (11)
52	100	49	3,93	12,72	2608	5480	11,97 (11)	323,36 (11)	110,33 (11)
53	100	49	5,65	12,72	2764	5613	12,35 (11)	344,16 (11)	113,10 (11)
54	100	50	5,65	12,72	2925	5745	12,90 (11)	365,91 (11)	117,86 (11)
55	100	50	5,65	12,72	3090	5878	13,45 (11)	388,13 (11)	122,68 (11)
56	100	50	5,65	12,72	3260	6011	14,03 (11)	411,26 (11)	127,66 (11)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 253,91 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)
2	100	50	10,05	10,05	16	0	0,07 (11)	3,99 (11)	0,44 (11)
3	100	50	10,05	10,05	66	0	0,30 (11)	16,05 (11)	1,78 (11)
4	100	50	10,05	10,05	149	0	0,67 (11)	36,34 (11)	4,03 (11)
5	100	50	10,05	10,05	266	0	1,21 (11)	65,02 (11)	7,20 (11)
6	100	50	10,05	10,05	418	0	1,90 (11)	102,22 (11)	11,32 (11)
7	100	50	10,05	10,05	606	0	2,75 (11)	148,11 (11)	16,40 (11)
8	100	50	10,05	10,05	830	0	3,77 (11)	202,84 (11)	22,47 (11)
9	100	50	10,05	10,05	1091	0	4,95 (11)	266,56 (11)	29,52 (11)
10	100	50	10,05	10,05	1389	0	6,30 (11)	339,41 (11)	37,59 (11)
11	100	50	10,05	10,05	1725	0	7,83 (11)	421,57 (11)	46,69 (11)
12	100	50	10,05	10,05	2100	0	9,53 (11)	513,16 (11)	56,84 (11)
13	100	50	10,05	10,05	2514	0	11,41 (11)	614,36 (11)	68,04 (11)
14	100	50	10,05	10,05	2968	0	13,47 (11)	725,30 (11)	80,33 (11)
15	100	50	10,05	10,05	3462	0	15,71 (11)	846,15 (11)	93,72 (11)
16	100	50	10,05	10,05	3998	0	18,14 (11)	977,05 (11)	108,21 (11)
17	100	50	10,05	10,05	-544	0	2,47 (11)	14,73 (11)	133,03 (11)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
18	100	50	10,05	10,05	-347	0	1,57 (11)	9,39 (11)	84,76 (11)
19	100	50	10,05	10,05	-194	0	0,88 (11)	5,26 (11)	47,47 (11)
20	100	50	10,05	10,05	-86	0	0,39 (11)	2,33 (11)	21,00 (11)
21	100	50	10,05	10,05	-21	0	0,10 (11)	0,58 (11)	5,23 (11)
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (11)	0,00 (11)	0,00 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 114,26 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	30	3,93	10,05	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)
2	100	30	3,93	10,05	0	75	0,02 (12)	0,34 (12)	0,36 (12)
3	100	31	3,93	10,05	0	152	0,05 (12)	0,69 (12)	0,70 (12)
4	100	31	3,93	10,05	-1	229	0,07 (12)	1,04 (12)	1,03 (12)
5	100	31	3,93	10,05	-1	307	0,09 (12)	1,39 (12)	1,36 (12)
6	100	32	3,93	10,05	-2	387	0,12 (12)	1,74 (12)	1,67 (12)
7	100	32	3,93	10,05	-3	467	0,14 (12)	2,10 (12)	1,97 (12)
8	100	33	3,93	10,05	-4	548	0,17 (12)	2,47 (12)	2,27 (12)
9	100	33	3,93	10,05	-4	633	0,19 (12)	2,83 (12)	2,58 (12)
10	100	33	3,93	10,05	-4	719	0,21 (12)	3,16 (12)	2,93 (12)
11	100	34	3,93	10,05	-3	807	0,23 (12)	3,43 (12)	3,34 (12)
12	100	34	3,93	10,05	-1	897	0,26 (12)	3,64 (12)	3,81 (12)
13	100	34	3,93	10,05	3	988	0,30 (12)	3,79 (12)	4,34 (12)
14	100	35	3,93	10,05	9	1080	0,35 (12)	3,86 (12)	4,95 (12)
15	100	35	3,93	10,05	16	1174	0,40 (12)	3,86 (12)	5,63 (12)
16	100	36	3,93	10,05	26	1269	0,47 (12)	3,79 (12)	6,39 (12)
17	100	36	3,93	10,05	37	1365	0,54 (12)	3,63 (12)	7,23 (12)
18	100	36	3,93	10,05	51	1463	0,62 (12)	3,39 (12)	8,16 (12)
19	100	37	3,93	10,05	67	1562	0,71 (12)	3,07 (12)	9,17 (12)
20	100	37	3,93	10,05	86	1662	0,80 (12)	2,67 (12)	10,27 (12)
21	100	37	3,93	10,05	107	1764	0,90 (12)	2,17 (12)	11,45 (12)
22	100	38	3,93	10,05	132	1866	1,02 (12)	1,51 (12)	12,75 (12)
23	100	38	3,93	10,05	159	1970	1,15 (12)	0,51 (12)	14,21 (12)
24	100	38	3,93	10,05	189	2076	1,30 (12)	0,95 (12)	15,85 (12)
25	100	39	3,93	10,05	222	2182	1,47 (12)	3,00 (12)	17,69 (12)
26	100	39	3,93	10,05	258	2290	1,67 (12)	5,78 (12)	19,73 (12)
27	100	40	3,93	10,05	298	2399	1,90 (12)	9,42 (12)	21,95 (12)
28	100	40	3,93	10,05	341	2509	2,15 (12)	14,03 (12)	24,36 (12)
29	100	40	3,93	10,05	388	2620	2,42 (12)	19,66 (12)	26,92 (12)
30	100	41	3,93	10,05	438	2733	2,72 (12)	26,35 (12)	29,62 (12)
31	100	41	3,93	10,05	492	2846	3,04 (12)	34,09 (12)	32,45 (12)
32	100	41	3,93	10,05	550	2961	3,37 (12)	42,86 (12)	35,38 (12)
33	100	42	3,93	10,05	611	3077	3,73 (12)	52,62 (12)	38,42 (12)
34	100	42	3,93	10,05	676	3194	4,10 (12)	63,33 (12)	41,54 (12)
35	100	43	3,93	10,05	746	3312	4,48 (12)	74,97 (12)	44,76 (12)
36	100	43	3,93	10,05	819	3432	4,88 (12)	87,51 (12)	48,07 (12)
37	100	43	3,93	10,05	897	3552	5,29 (12)	100,92 (12)	51,47 (12)
38	100	44	3,93	10,05	979	3674	5,72 (12)	115,18 (12)	54,95 (12)
39	100	44	3,93	10,05	1065	3796	6,15 (12)	130,27 (12)	58,53 (12)
40	100	44	3,93	10,05	1155	3920	6,60 (12)	146,16 (12)	62,19 (12)
41	100	45	3,93	10,05	1250	4045	7,07 (12)	162,86 (12)	65,94 (12)
42	100	45	3,93	10,05	1349	4171	7,54 (12)	180,33 (12)	69,79 (12)
43	100	45	3,93	10,05	1453	4298	8,02 (12)	198,57 (12)	73,72 (12)
44	100	46	3,93	10,05	1561	4427	8,52 (12)	217,57 (12)	77,74 (12)
45	100	46	3,93	22,78	1674	4556	7,22 (12)	118,24 (12)	75,12 (12)
46	100	47	3,93	22,78	1792	4686	7,60 (12)	127,87 (12)	78,95 (12)
47	100	47	3,93	22,78	1914	4818	7,99 (12)	137,82 (12)	82,85 (12)
48	100	47	3,93	22,78	2042	4950	8,39 (12)	148,11 (12)	86,83 (12)
49	100	48	3,93	22,78	2174	5082	8,80 (12)	158,78 (12)	90,91 (12)
50	100	48	3,93	22,78	2313	5215	9,21 (12)	169,92 (12)	95,09 (12)
51	100	48	3,93	22,78	2458	5347	9,64 (12)	181,49 (12)	99,38 (12)
52	100	49	3,93	12,72	2608	5480	11,97 (12)	323,36 (12)	110,33 (12)
53	100	49	5,65	12,72	2764	5613	12,35 (12)	344,16 (12)	113,10 (12)
54	100	50	5,65	12,72	2925	5745	12,90 (12)	365,91 (12)	117,86 (12)
55	100	50	5,65	12,72	3090	5878	13,45 (12)	388,13 (12)	122,68 (12)
56	100	50	5,65	12,72	3260	6011	14,03 (12)	411,26 (12)	127,66 (12)

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 114,26 [kg/cmq]
Tensione massima di trazione dell'acciaio 4588,65 [kg/cmq]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
1	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)
2	100	50	10,05	10,05	16	0	0,07 (12)	3,99 (12)	0,44 (12)
3	100	50	10,05	10,05	66	0	0,30 (12)	16,05 (12)	1,78 (12)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	σc [kg/cmq]	σfi [kg/cmq]	σfs [kg/cmq]
4	100	50	10,05	10,05	149	0	0,67 (12)	36,34 (12)	4,03 (12)
5	100	50	10,05	10,05	266	0	1,21 (12)	65,02 (12)	7,20 (12)
6	100	50	10,05	10,05	418	0	1,90 (12)	102,22 (12)	11,32 (12)
7	100	50	10,05	10,05	606	0	2,75 (12)	148,11 (12)	16,40 (12)
8	100	50	10,05	10,05	830	0	3,77 (12)	202,84 (12)	22,47 (12)
9	100	50	10,05	10,05	1091	0	4,95 (12)	266,56 (12)	29,52 (12)
10	100	50	10,05	10,05	1389	0	6,30 (12)	339,41 (12)	37,59 (12)
11	100	50	10,05	10,05	1725	0	7,83 (12)	421,57 (12)	46,69 (12)
12	100	50	10,05	10,05	2100	0	9,53 (12)	513,16 (12)	56,84 (12)
13	100	50	10,05	10,05	2514	0	11,41 (12)	614,36 (12)	68,04 (12)
14	100	50	10,05	10,05	2968	0	13,47 (12)	725,30 (12)	80,33 (12)
15	100	50	10,05	10,05	3462	0	15,71 (12)	846,15 (12)	93,72 (12)
16	100	50	10,05	10,05	3998	0	18,14 (12)	977,05 (12)	108,21 (12)
17	100	50	10,05	10,05	-544	0	2,47 (12)	14,73 (12)	133,03 (12)
18	100	50	10,05	10,05	-347	0	1,57 (12)	9,39 (12)	84,76 (12)
19	100	50	10,05	10,05	-194	0	0,88 (12)	5,26 (12)	47,47 (12)
20	100	50	10,05	10,05	-86	0	0,39 (12)	2,33 (12)	21,00 (12)
21	100	50	10,05	10,05	-21	0	0,10 (12)	0,58 (12)	5,23 (12)
22	100	50	10,05	10,05	0	0	0,00 (12)	0,00 (12)	0,00 (12)

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Af	area ferri zona tesa espresso in [cmq]
Aeff	area efficace espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kgm]
Mpf	momento di formazione/apertura fessure espressa in [kgm]
ε	deformazione espresso in %
Sm	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w	apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (11)
2	100	30	3,93	843,51	0	-5111	0,000000	0,00	0,000 (11)
3	100	31	3,93	854,59	0	-5241	0,000000	0,00	0,000 (11)
4	100	31	3,93	865,67	-1	-5373	0,000000	0,00	0,000 (11)
5	100	31	3,93	876,75	-1	-5506	0,000000	0,00	0,000 (11)
6	100	32	3,93	887,83	-2	-5641	0,000000	0,00	0,000 (11)
7	100	32	3,93	898,91	-3	-5777	0,000000	0,00	0,000 (11)
8	100	33	3,93	909,99	-4	-5916	0,000000	0,00	0,000 (11)
9	100	33	3,93	921,07	-4	-6056	0,000000	0,00	0,000 (11)
10	100	33	3,93	932,15	-4	-6197	0,000000	0,00	0,000 (11)
11	100	34	3,93	943,22	-3	-6340	0,000000	0,00	0,000 (11)
12	100	34	3,93	954,29	-1	-6485	0,000000	0,00	0,000 (11)
13	100	34	10,05	884,64	3	6847	0,000000	0,00	0,000 (11)
14	100	35	10,05	894,67	9	6999	0,000000	0,00	0,000 (11)
15	100	35	10,05	904,70	16	7152	0,000000	0,00	0,000 (11)
16	100	36	10,05	914,74	26	7307	0,000000	0,00	0,000 (11)
17	100	36	10,05	924,78	37	7463	0,000000	0,00	0,000 (11)
18	100	36	10,05	934,82	51	7621	0,000000	0,00	0,000 (11)
19	100	37	10,05	944,87	67	7781	0,000000	0,00	0,000 (11)
20	100	37	10,05	954,92	86	7942	0,000000	0,00	0,000 (11)
21	100	37	10,05	964,98	107	8105	0,000000	0,00	0,000 (11)
22	100	38	10,05	975,04	132	8270	0,000000	0,00	0,000 (11)
23	100	38	10,05	985,11	159	8437	0,000000	0,00	0,000 (11)
24	100	38	10,05	995,18	189	8605	0,000000	0,00	0,000 (11)
25	100	39	10,05	1005,25	222	8774	0,000000	0,00	0,000 (11)
26	100	39	10,05	1015,33	258	8946	0,000000	0,00	0,000 (11)
27	100	40	10,05	1025,41	298	9118	0,000000	0,00	0,000 (11)
28	100	40	10,05	1035,49	341	9293	0,000000	0,00	0,000 (11)
29	100	40	10,05	1045,58	388	9469	0,000000	0,00	0,000 (11)
30	100	41	10,05	1055,67	438	9648	0,000000	0,00	0,000 (11)
31	100	41	10,05	1065,76	492	9827	0,000000	0,00	0,000 (11)
32	100	41	10,05	1075,86	550	10009	0,000000	0,00	0,000 (11)
33	100	42	10,05	1085,96	611	10191	0,000000	0,00	0,000 (11)
34	100	42	10,05	1096,07	676	10376	0,000000	0,00	0,000 (11)
35	100	43	10,05	1106,18	746	10562	0,000000	0,00	0,000 (11)
36	100	43	10,05	1116,29	819	10750	0,000000	0,00	0,000 (11)
37	100	43	10,05	1126,40	897	10940	0,000000	0,00	0,000 (11)
38	100	44	10,05	1136,52	979	11131	0,000000	0,00	0,000 (11)
39	100	44	10,05	1146,64	1065	11323	0,000000	0,00	0,000 (11)
40	100	44	10,05	1156,76	1155	11518	0,000000	0,00	0,000 (11)
41	100	45	10,05	1166,89	1250	11714	0,000000	0,00	0,000 (11)
42	100	45	10,05	1177,02	1349	11912	0,000000	0,00	0,000 (11)
43	100	45	10,05	1187,15	1453	12112	0,000000	0,00	0,000 (11)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
44	100	46	10,05	1197,29	1561	12313	0,000000	0,00	0,000 (11)
45	100	46	22,78	1019,02	1674	13474	0,000000	0,00	0,000 (11)
46	100	47	22,78	1027,93	1792	13691	0,000000	0,00	0,000 (11)
47	100	47	22,78	1036,84	1914	13911	0,000000	0,00	0,000 (11)
48	100	47	22,78	1045,77	2042	14131	0,000000	0,00	0,000 (11)
49	100	48	22,78	1054,70	2174	14353	0,000000	0,00	0,000 (11)
50	100	48	22,78	1063,65	2313	14577	0,000000	0,00	0,000 (11)
51	100	48	22,78	1072,60	2458	14803	0,000000	0,00	0,000 (11)
52	100	49	12,72	1242,96	2608	14223	0,000000	0,00	0,000 (11)
53	100	49	12,72	1256,44	2764	14514	0,000000	0,00	0,000 (11)
54	100	50	12,72	1266,41	2925	14735	0,000000	0,00	0,000 (11)
55	100	50	12,72	1276,40	3090	14959	0,000000	0,00	0,000 (11)
56	100	50	12,72	1285,33	3260	15162	0,000000	0,00	0,000 (11)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.40$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (11)
2	100	50	10,05	1345,70	16	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
3	100	50	10,05	1345,70	66	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
4	100	50	10,05	1345,70	149	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
5	100	50	10,05	1345,70	266	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
6	100	50	10,05	1345,70	418	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
7	100	50	10,05	1345,70	606	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
8	100	50	10,05	1345,70	830	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
9	100	50	10,05	1345,70	1091	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
10	100	50	10,05	1345,70	1389	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
11	100	50	10,05	1345,70	1725	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
12	100	50	10,05	1345,70	2100	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
13	100	50	10,05	1345,70	2514	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
14	100	50	10,05	1345,70	2968	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
15	100	50	10,05	1345,70	3462	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
16	100	50	10,05	1345,70	3998	14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
17	100	50	10,05	1345,70	-544	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
18	100	50	10,05	1345,70	-347	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
19	100	50	10,05	1345,70	-194	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
20	100	50	10,05	1345,70	-86	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
21	100	50	10,05	1345,70	-21	-14434	0,000000	0,00	0,000 (11)
22	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (11)

Combinazioni SLEQ

Paramento

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	30	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)
2	100	30	3,93	843,51	0	-5111	0,000000	0,00	0,000 (12)
3	100	31	3,93	854,59	0	-5241	0,000000	0,00	0,000 (12)
4	100	31	3,93	865,67	-1	-5373	0,000000	0,00	0,000 (12)
5	100	31	3,93	876,75	-1	-5506	0,000000	0,00	0,000 (12)
6	100	32	3,93	887,83	-2	-5641	0,000000	0,00	0,000 (12)
7	100	32	3,93	898,91	-3	-5777	0,000000	0,00	0,000 (12)
8	100	33	3,93	909,99	-4	-5916	0,000000	0,00	0,000 (12)
9	100	33	3,93	921,07	-4	-6056	0,000000	0,00	0,000 (12)
10	100	33	3,93	932,15	-4	-6197	0,000000	0,00	0,000 (12)
11	100	34	3,93	943,22	-3	-6340	0,000000	0,00	0,000 (12)
12	100	34	3,93	954,29	-1	-6485	0,000000	0,00	0,000 (12)
13	100	34	10,05	884,64	3	6847	0,000000	0,00	0,000 (12)
14	100	35	10,05	894,67	9	6999	0,000000	0,00	0,000 (12)
15	100	35	10,05	904,70	16	7152	0,000000	0,00	0,000 (12)
16	100	36	10,05	914,74	26	7307	0,000000	0,00	0,000 (12)
17	100	36	10,05	924,78	37	7463	0,000000	0,00	0,000 (12)
18	100	36	10,05	934,82	51	7621	0,000000	0,00	0,000 (12)
19	100	37	10,05	944,87	67	7781	0,000000	0,00	0,000 (12)
20	100	37	10,05	954,92	86	7942	0,000000	0,00	0,000 (12)
21	100	37	10,05	964,98	107	8105	0,000000	0,00	0,000 (12)
22	100	38	10,05	975,04	132	8270	0,000000	0,00	0,000 (12)
23	100	38	10,05	985,11	159	8437	0,000000	0,00	0,000 (12)
24	100	38	10,05	995,18	189	8605	0,000000	0,00	0,000 (12)
25	100	39	10,05	1005,25	222	8774	0,000000	0,00	0,000 (12)
26	100	39	10,05	1015,33	258	8946	0,000000	0,00	0,000 (12)
27	100	40	10,05	1025,41	298	9118	0,000000	0,00	0,000 (12)
28	100	40	10,05	1035,49	341	9293	0,000000	0,00	0,000 (12)
29	100	40	10,05	1045,58	388	9469	0,000000	0,00	0,000 (12)
30	100	41	10,05	1055,67	438	9648	0,000000	0,00	0,000 (12)
31	100	41	10,05	1065,76	492	9827	0,000000	0,00	0,000 (12)
32	100	41	10,05	1075,86	550	10009	0,000000	0,00	0,000 (12)
33	100	42	10,05	1085,96	611	10191	0,000000	0,00	0,000 (12)
34	100	42	10,05	1096,07	676	10376	0,000000	0,00	0,000 (12)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-POIS, III STRALCIO
 PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
35	100	43	10,05	1106,18	746	10562	0,000000	0,00	0,000 (12)
36	100	43	10,05	1116,29	819	10750	0,000000	0,00	0,000 (12)
37	100	43	10,05	1126,40	897	10940	0,000000	0,00	0,000 (12)
38	100	44	10,05	1136,52	979	11131	0,000000	0,00	0,000 (12)
39	100	44	10,05	1146,64	1065	11323	0,000000	0,00	0,000 (12)
40	100	44	10,05	1156,76	1155	11518	0,000000	0,00	0,000 (12)
41	100	45	10,05	1166,89	1250	11714	0,000000	0,00	0,000 (12)
42	100	45	10,05	1177,02	1349	11912	0,000000	0,00	0,000 (12)
43	100	45	10,05	1187,15	1453	12112	0,000000	0,00	0,000 (12)
44	100	46	10,05	1197,29	1561	12313	0,000000	0,00	0,000 (12)
45	100	46	22,78	1019,02	1674	13474	0,000000	0,00	0,000 (12)
46	100	47	22,78	1027,93	1792	13691	0,000000	0,00	0,000 (12)
47	100	47	22,78	1036,84	1914	13911	0,000000	0,00	0,000 (12)
48	100	47	22,78	1045,77	2042	14131	0,000000	0,00	0,000 (12)
49	100	48	22,78	1054,70	2174	14353	0,000000	0,00	0,000 (12)
50	100	48	22,78	1063,65	2313	14577	0,000000	0,00	0,000 (12)
51	100	48	22,78	1072,60	2458	14803	0,000000	0,00	0,000 (12)
52	100	49	12,72	1242,96	2608	14223	0,000000	0,00	0,000 (12)
53	100	49	12,72	1256,44	2764	14514	0,000000	0,00	0,000 (12)
54	100	50	12,72	1266,41	2925	14735	0,000000	0,00	0,000 (12)
55	100	50	12,72	1276,40	3090	14959	0,000000	0,00	0,000 (12)
56	100	50	12,72	1285,33	3260	15162	0,000000	0,00	0,000 (12)

Fondazione

Apertura limite fessure $w_{lim}=0.30$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)
2	100	50	10,05	1345,70	16	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
3	100	50	10,05	1345,70	66	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
4	100	50	10,05	1345,70	149	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
5	100	50	10,05	1345,70	266	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
6	100	50	10,05	1345,70	418	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
7	100	50	10,05	1345,70	606	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
8	100	50	10,05	1345,70	830	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
9	100	50	10,05	1345,70	1091	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
10	100	50	10,05	1345,70	1389	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
11	100	50	10,05	1345,70	1725	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
12	100	50	10,05	1345,70	2100	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
13	100	50	10,05	1345,70	2514	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
14	100	50	10,05	1345,70	2968	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
15	100	50	10,05	1345,70	3462	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
16	100	50	10,05	1345,70	3998	14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
17	100	50	10,05	1345,70	-544	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
18	100	50	10,05	1345,70	-347	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
19	100	50	10,05	1345,70	-194	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
20	100	50	10,05	1345,70	-86	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
21	100	50	10,05	1345,70	-21	-14434	0,000000	0,00	0,000 (12)
22	100	50	0,00	0,00	0	0	---	---	0,000 (12)

RELAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

INTERVENTI DI VALORIZZAZIONE E PROMOZIONE DEL COMUNE DI ALPAGO: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO DELLA VIABILITÀ COMUNALE ED INTERCOMUNALE PIEVE-PLOIS, III STRALCIO
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

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 [mm]	L [m]	P _f [kg]	P _{gf} [kg]	V _{cls} [mc]
1	Dritto inferiore	5	10,00	5,81	3,58	17,90	
2	Dritto superiore	5	18,00	2,32	4,63	23,15	
3	Dritto superiore	5	16,00	5,92	9,35	46,73	
4	Dritto inferiore	5	12,00	1,16	1,03	5,17	
5	Ripartitore	54	10,00	1,00	0,62	33,29	
6	Gancio	34	10,00	0,39	0,24	8,10	
Totale al metro						134,35	2,21
Totale						1343,53	22,07

Fondazione

n°	Tipo	nf	D [mm]	L [m]	P _f [kg]	P _{gf} [kg]	V _{cls} [mc]
1	Staffone	5	16,00	6,13	9,67	48,34	
2	Ripartitore	14	10,00	1,00	0,62	8,63	
3	Gancio	14	10,00	0,57	0,35	4,90	
Totale al metro						61,87	1,25
Totale						551,06	12,51

Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	22,07	72.30	1595.84
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	12,51	61.97	775.44
Acciaio per armatura	[kg]	1894,59	0.90	1705.13
Casseformi	[mq]	110.04	13.94	1533.92
Scavo a sezione obbligata	[mc]	20,02	9.30	186.20
Totale muro				5796,53
Totale				5796,53

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

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

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

Tipo di analisi svolta

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

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

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

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

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	16.40 B
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Ing. Cargnel Leo
Licenza	AIU52627S

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Il progettista strutturale
(Ing. Leo Cargnel)
