



COMUNE DI COLICO

Provincia di Lecco



OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO LOTTO A

PROGETTO ESECUTIVO

Responsabile Unico del Procedimento
Geom. Bruno Mazzina
Responsabile Ufficio Lavori Pubblici del Comune di Colico

Progettazione



**PROTEA INGEGNERIA
ASSOCIATI**

Via Giacomo Matteotti, 66 - 23824 Dervio (LC)

Telefono e fax 0341/851176

email: info@proteaingegneria.it

progettazione territorio ambiente

Collaboratori:

Dott. Geol. Gabriele Perego

Dott. Ing. Francesco Corti

Dott. Ing. Claudia Anselmini Dott. Geol. Cristian Adamoli

Piazza V Alpini

23823 Colico (LC)

Tel.: 0341/934711

Codice Fiscale: 83006690131

Partita IVA: 00710580135

PEC: colico@cert.legalmail.it

Elaborato

RE.02

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE
STRUTTURE**

Scala

/

Data

Marzo 2020

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

1	<u>PREMESSA</u>	3
1.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
2	<u>GEOMETRIA E CARATTERISTICHE MURO IN PROGETTO</u>	4
2.1	MATERIALI	4
2.2	GEOMETRIA DEL MURO	4
3	<u>STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI</u>	6
4	<u>CONDIZIONI DI CARICO</u>	8
4.1	CARICO DA NEVE	8
4.2	MURO ESISTENTE	8
4.3	DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO	8
5	<u>RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO</u>	12
5.1	RICHIAMI TEORICI	12
5.1.1	CALCOLO DELLA SPINTA SUL MURO	12
5.1.2	VERIFICA A RIBALTAMENTO	14
5.1.3	VERIFICA A SCORRIMENTO	15
5.1.4	VERIFICA AL CARICO LIMITE	16
5.1.5	VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE	17
5.2	OPZIONI DI CALCOLO	18
5.3	RISULTATI PER COMBINAZIONE	19
5.4	DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018	45

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A



1 PREMESSA

Il presente documento riporta le verifiche geotecniche e strutturali del muro in pietrame e calcestruzzo previsto in Zona Molini tra le briglie B33 e B34, al fine di assicurare la stabilità del muro d'argine già esistente ed attualmente soggetto a scalzamento al piede a seguito dell'azione erosiva provocata dal passaggio delle acque del Torrente Inganna.

Le verifiche geotecniche e strutturali sono state eseguite in via cautelativa considerando la sezione del muro in corrispondenza della sua massima altezza.

Il progetto della nuova opera di sostegno è eseguito in accordo con le Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

1.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971: “*Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica*”;
- Legge n. 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 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*”;
- D.M. 17 Gennaio 2018: “*Norme Tecniche per le costruzioni 2018*”.

2 GEOMETRIA E CARATTERISTICHE MURO IN PROGETTO

2.1 MATERIALI

Il muro sarà costituito da una fondazione in cemento armato e da un paramento in pietrame e calcestruzzo.

Cemento armato

Descrizione	C	A	γ	R_{ck}	E	ν	n	ntc
			[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
Cemento armato	C28/35	B450C	24,5170	35000	32587986	0,30	15,00	0,50

Pietrame

Descrizione	γ	σ_{cp}	ϕ	τ_p
	[kN/mc]	[kPa]	[°]	[kPa]
Cls e pietrame	22,5000	20000	45,00	0

Con:

- C classe di resistenza del calcestruzzo;
- A classe di resistenza dell'acciaio;
- γ peso specifico espresso in [kN/m³];
- R_{ck} resistenza caratteristica a compressione espressa in [kPa];
- E modulo elastico espresso in [kPa];
- ν coefficiente di Poisson;
- n coefficiente di omogeneizzazione acciaio/clc;
- ntc coefficiente di omogeneizzazione cls teso/compresso;
- σ_{cp} tensione di compressione, espresso in [kPa];
- ϕ angolo di attrito interno, espresso in [°];
- τ_p resistenza a taglio, espressa in [kPa].

2.2 GEOMETRIA DEL MURO

Paramento

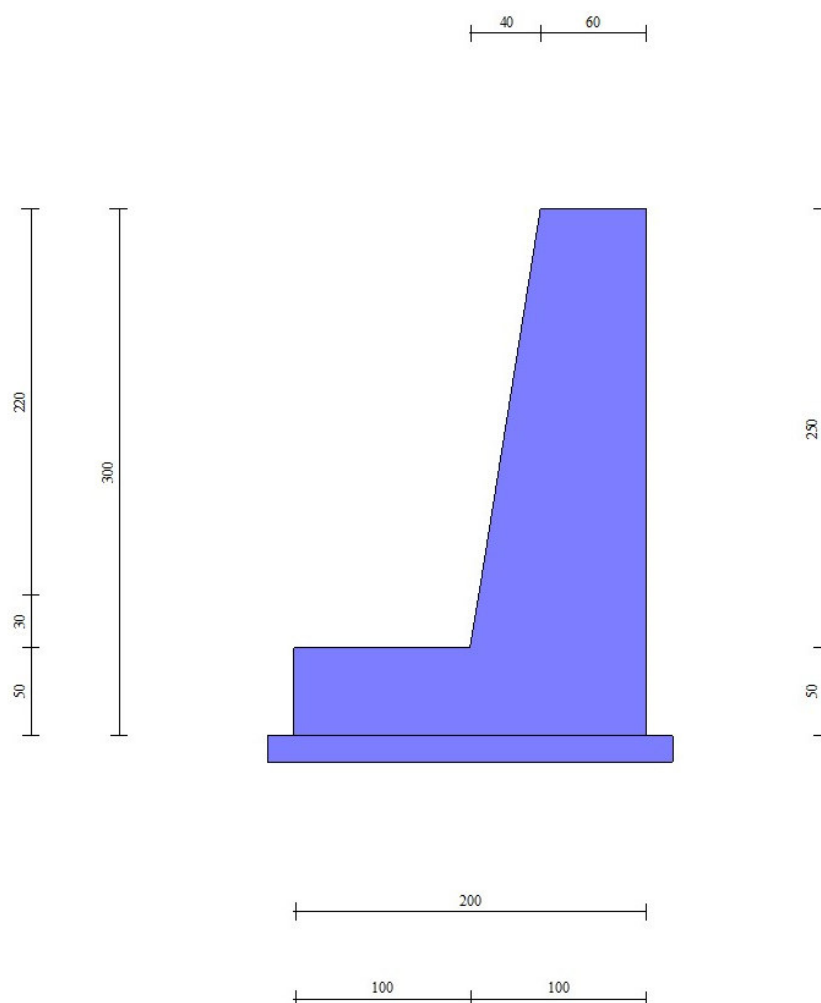
Materiale	Cls e pietrame
Altezza paramento	2,50 [m]
Altezza paramento libero	2,20 [m]
Spessore in sommità	0,60 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,00 [m]
Inclinazione paramento esterno	9,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Fondazione

Materiale	Cemento armato
Lunghezza mensola di valle	1,00 [m]
Lunghezza mensola di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale	2,00 [m]
Inclinazione piano di posa	0,00 [°]
Spessore	0,50 [m]
Spessore magrone	0,15 [m]



3 STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Per le verifiche sono stati considerati due differenti tipologie di terreno:

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	Φ	δ	c
		[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[°]	[kPa]
1	Terreno 1	18,0000	19,9620	36,00	24,00	8,00
2	Terreno 2	19,5000	21,4620	38,00	25,33	8,00

Con:

N° numero d'ordine;

γ peso di volume del terreno espresso in [kN/m³];

γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/m³];

Φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°];

δ angolo d'attrito terreno/muro espresso in [°];

c coesione del terreno espressa in [kPa] e considerata cautelativamente nulla.

La stratigrafia adottata è invece:

N°	Descrizione	H	α	K_{wn}	K_{wt}	K_w	K_s	C_{esp}
		[m]	[°]	[kg/cm ³]	[kg/cm ³]	[kg/cm ³]	[-]	[-]
1	Terreno 2	0,00	0,00	0,00	0,00	8,61	0,50	1,30
2	Terreno 1	10,00	0,00	1,00	0,33	0,00	0,00	1,00

Con:

N° numero d'ordine;

H spessore dello strato espresso in [m];

α inclinazione dello strato espressa in [°];

K_{wn}, K_{wt} costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in kg/cm³;

Per calcolo pali (solo se presenti):

K_w costante di Winkler orizzontale espressa in [kg/cm³];

K_s coefficiente di spinta

C_{esp} coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix).

I dati sismici relativi sono:

Comune	Colico
Provincia	Lecco
Regione	Lombardia
Latitudine	46.135636

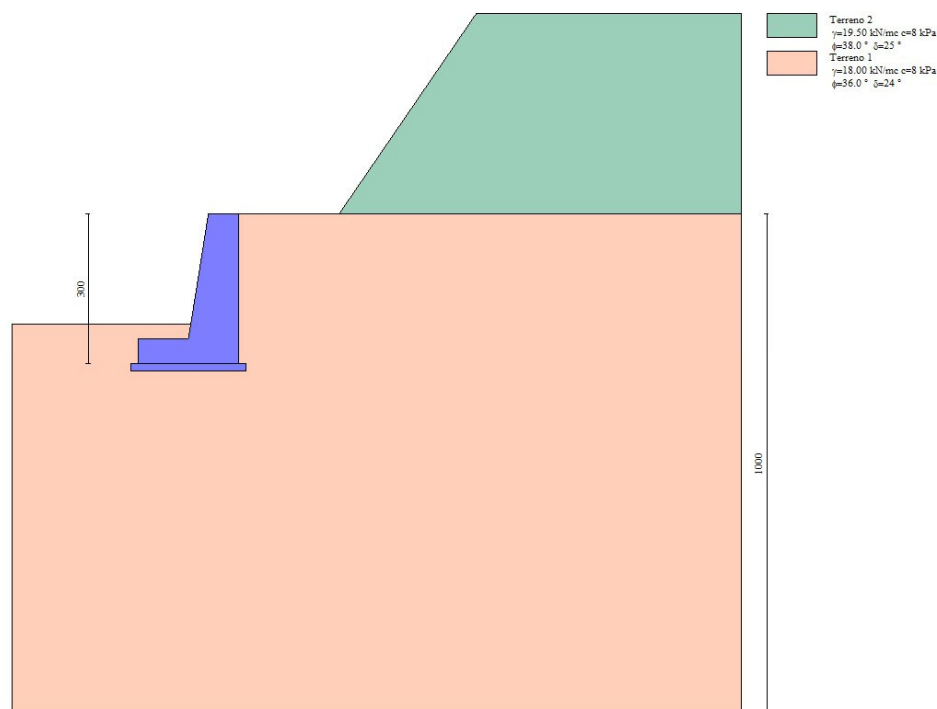
COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Longitudine	9.371293
Indice punti di interpolazione	9378 – 9156 – 9155 - 9377
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	I
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	35 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	m/s ²		0,384	0,181
Accelerazione al suolo	a_g/g	%		0,039	0,018
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2,692	2,630
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T_c^*			0,255	0,160
Tipo di sottosuolo – Coefficiente sismografico	S_s		C	1,500	1,500
Categoria topografica – Coefficiente amplificazione topografica	S_t		T2	1,200	
Coeff. di riduzione	β_m			1,000	1,000
Coeff. di riduzione verifica a ribaltamento	β_m			0,000	0,000
Coeff. di intensità sismica orizzontale	k_h	%		7,040	3,328
Coeff. di intensità sismica verticale	$k_v = 0,50 k_h$	%		3,520	1,664

Forma diagramma incremento sismico: Rettangolare.



4 CONDIZIONI DI CARICO

4.1 CARICO DA NEVE

In accordo la Tabella 3.1.11 “Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d’uso delle costruzioni” delle NTC 2018, è stata considerata la presenza di un carico da neve.

Per la determinazione dello stesso è stata utilizzata la seguente formula:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_t$$

Con:

- μ_i coefficiente di forma della copertura pari a 0,80 per inclinazioni comprese tra 0° e 30°;
- q_{sk} carico della neve al suolo che, per la zona in oggetto (Lecco – Zona I Alpina con altezza pari a 430,00 m s.l.m.), corrisponde a 1,87 [kN/m²];
- C_E coefficiente di esposizione pari a 1,10 (aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti);
- C_t coefficiente termico pari a 1,00.

Il carico da neve inserito nel modello è quindi risultato pari a 1,65 kN/m².

I coefficienti di combinazione per il carico in oggetto sono i seguenti: $\Psi_0 = 0,50$;
 $\Psi_1 = 0,20$;
 $\Psi_2 = 0,00$.

4.2 MURO ESISTENTE

È stato inoltre inserito il carico in testa al muro di progetto dovuto alla presenza del muro esistente, costituente muro d’argine, e realizzato in pietrame e malta, di altezza pari a 4,00 m, paramento esterno con inclinazione di 47° e spessore sommitale di 1,00 m.

Questo carico, considerato come permanente e distribuito su un’ampiezza alla base stimata in 2,00 m, è stato assunto pari a 50,0 kN/m².

4.3 DESCRIZIONE COMBINAZIONI DI CARICO

- γ coefficiente di partecipazione della condizione;
- Ψ coefficiente di combinazione della condizione.

Combinazione n° 1 – STR A1-M1-R3 H + V

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Condizione	γ	ψ	Effetto
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole
Carico Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 – STR A1-M1-R3 H - V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole
Carico Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 – STR A1-M1-R3 H - V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole
Carico Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 – GEO A2-M2-R2 H + V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 7 – GEO A2-M2-R2 H - V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole
Carico Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 – GEO A2-M2-R2 H - V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 – EQU H + V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole
Carico Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 – EQU H + V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 11 – EQU H - V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole
Carico Neve	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 – EQU H - V

Condizione	γ	ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Muro esistente	1.00	--	Sfavorevole

5 RELAZIONE DI CALCOLO MURI DI SOSTEGNO

5.1 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;
- Verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità:

- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione;
- Verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

5.1.1 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 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.

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

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

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

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

dove $\theta = \arctg(C)$ essendo C il coefficiente di intensità sismica.

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.

5.1.2 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.

5.1.3 VERIFICA A SCORRIMENTO

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

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

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

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

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

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, un'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.

5.1.4 VERIFICA AL CARICO LIMITE

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

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_{c i c} + q N_q d_{q i q} + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- 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 vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

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

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

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} K_p^{0.5}$$

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

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} K_p^{0.5} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

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

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\theta$$

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

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

5.1.5 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 o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

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

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

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

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 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

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia e 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 viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

5.2 OPZIONI DI CALCOLO

Spinta

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

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_\gamma$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	SI
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	SI
Calcolo percorso filtrazione nella verifica a sifonamento	Bligh

Spostamenti

Modello a blocchi	
Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti	
Spostamento limite	5.00 [cm]

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

5.3 RISULTATI PER COMBINAZIONE

Spinte e forze

Simbologia adottata

I_c 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]

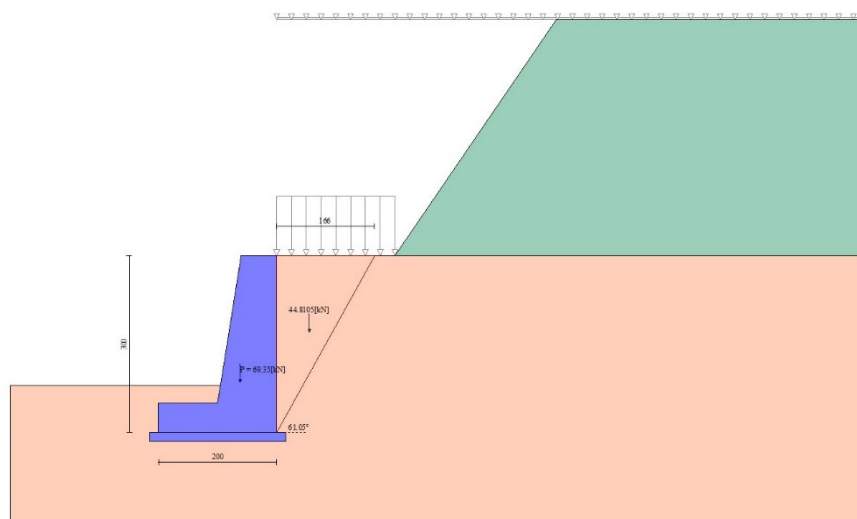
P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V	I	C_x	C_y	P_x	P_y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	33.08	25.33	29.90	14.15	0.00	-1.79
	Incremento di spinta sismica		10.90	9.85	4.66	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/2.44	-0.62	-1.85
2	Spinta statica	31.92	25.33	28.85	13.66	0.00	-1.80
	Incremento di spinta sismica		10.66	9.63	4.56	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/2.44	-0.62	-1.85
3	Spinta statica	33.08	25.33	29.90	14.15	0.00	-1.79
	Incremento di spinta sismica		7.00	6.33	3.00	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/-2.44	-0.62	-1.85
4	Spinta statica	31.92	25.33	28.85	13.66	0.00	-1.80
	Incremento di spinta sismica		6.84	6.18	2.93	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/-2.44	-0.62	-1.85
5	Spinta statica	33.08	25.33	29.90	14.15	0.00	-1.79
	Incremento di spinta sismica		10.90	9.85	4.66	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/2.44	-0.62	-1.85
6	Spinta statica	31.92	25.33	28.85	13.66	0.00	-1.80
	Incremento di spinta sismica		10.66	9.63	4.56	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/2.44	-0.62	-1.85
7	Spinta statica	33.08	25.33	29.90	14.15	0.00	-1.79
	Incremento di spinta sismica		7.00	6.33	3.00	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/-2.44	-0.62	-1.85

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Ic	A	V	I	C _x	C _y	P _x	P _y
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
8	Spinta statica	31.92	25.33	28.85	13.66	0.00	-1.80
	Incremento di spinta sismica		6.84	6.18	2.93	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/-2.44	-0.62	-1.85
9	Spinta statica	33.08	25.33	29.90	14.15	0.00	-1.79
	Incremento di spinta sismica		10.90	9.85	4.66	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/2.44	-0.62	-1.85
10	Spinta statica	31.92	25.33	28.85	13.66	0.00	-1.80
	Incremento di spinta sismica		10.66	9.63	4.56	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/2.44	-0.62	-1.85
11	Spinta statica	33.08	25.33	29.90	14.15	0.00	-1.79
	Incremento di spinta sismica		7.00	6.33	3.00	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/-2.44	-0.62	-1.85
12	Spinta statica	31.92	25.33	28.85	13.66	0.00	-1.80
	Incremento di spinta sismica		6.84	6.18	2.93	0.00	-1.50
	Peso/Inerzia muro			4.88	69.35/-2.44	-0.62	-1.85



Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

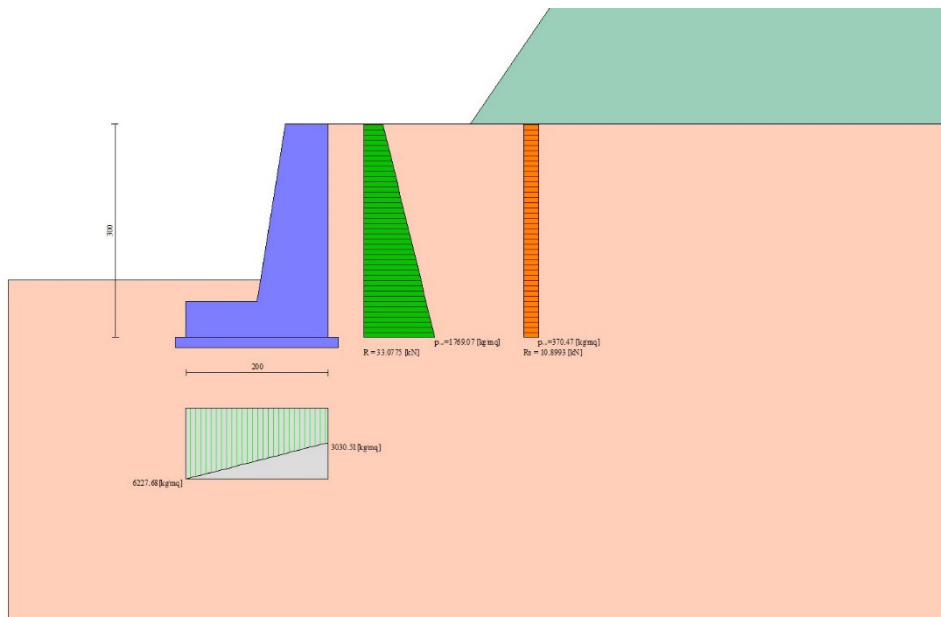
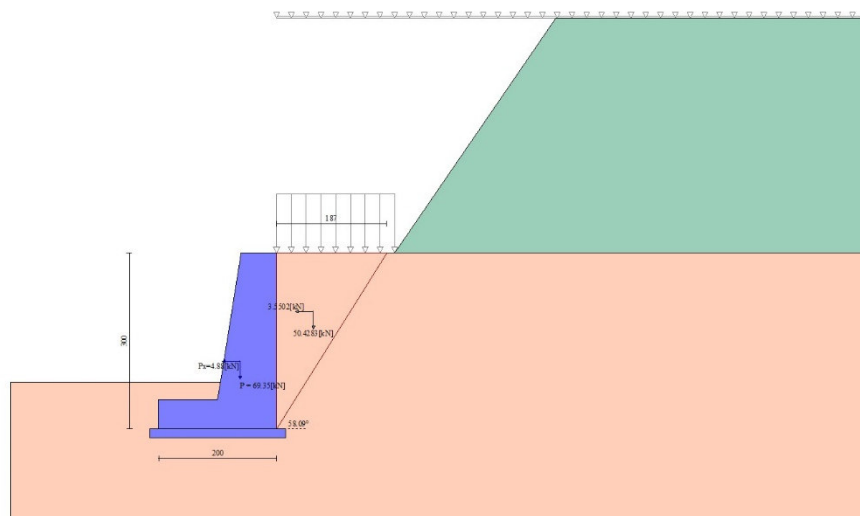


Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)



Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 1)

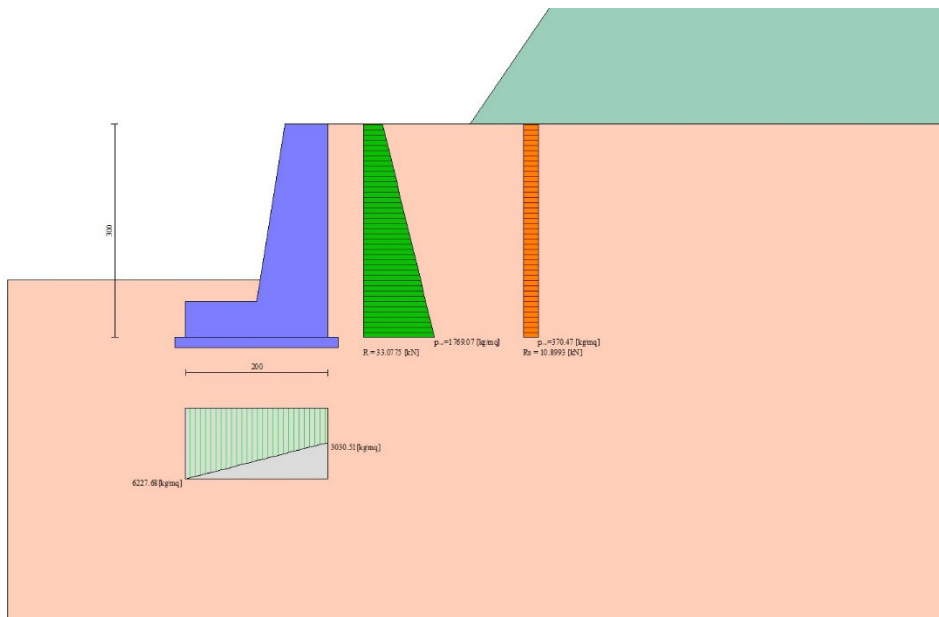


Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

- C_{mb} 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	H + V	1.083		11.554			
2 - STR A1-M1-R3	H + V	1.108		12.110			
3 - STR A1-M1-R3	H - V	1.105		12.724			
4 - STR A1-M1-R3	H - V	1.131		13.346			
5 - GEO A2-M2-R2	H + V				1.928		
6 - GEO A2-M2-R2	H + V				1.947		
7 - GEO A2-M2-R2	H - V				1.942		
8 - GEO A2-M2-R2	H - V				1.961		
9 - EQU	H + V		2.411				
10 - EQU	H + V		2.472				

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
11 - EQU	H - V		2.372				
12 - EQU	H - V		2.431				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
R _{sa}	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
R _{pt}	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
R _{ps}	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
R _p	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
R _t	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di R _{sa} +R _{pt} +R _{ps} +R _p), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	R _{sa}	R _{pt}	R _{ps}	R _p	R _t	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR A1-M1-R3 H + V	48.33	0.00	0.00	--	--	48.33	44.63	1.083
2 - STR A1-M1-R3 H + V	48.06	0.00	0.00	--	--	48.06	43.36	1.108
3 - STR A1-M1-R3 H - V	45.41	0.00	0.00	--	--	45.41	41.11	1.105
4 - STR A1-M1-R3 H - V	45.16	0.00	0.00	--	--	45.16	39.92	1.131

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico verticale totale, espresso in [kN]
Q _u	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Q _d	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra portanza di progetto e carico agente al piano di posa)

n°	N	Q _u	Q _d	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR A1-M1-R3 H + V	90.61	1046.91	872.43	11.554
2 - STR A1-M1-R3 H + V	90.01	1090.05	908.37	12.110
3 - STR A1-M1-R3 H - V	84.06	1069.57	891.31	12.724
4 - STR A1-M1-R3 H - V	83.50	1114.36	928.64	13.346

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N _c , N _q , N _γ	Fattori di capacità portante
i _c , i _q , i _γ	Fattori di inclinazione del carico
d _c , d _q , d _γ	Fattori di profondità del piano di posa
g _c , g _q , g _γ	Fattori di inclinazione del profilo topografico
b _c , b _q , b _γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
s _c , s _q , s _γ	Fattori di forma della fondazione
p _c , p _q , p _γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
r _γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _γ N _γ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
C	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

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

n°	N _c	i _c	d _c	g _c	b _c	s _c	p _c	r _γ	D	B'	γ	φ	c
	N _q	i _q	d _q	g _q	b _q	s _q	p _q		[m]	[m]			
	N _γ	i _γ	d _γ	g _γ	b _γ	s _γ	p _γ						
1	50.585	0.502	1.157	--	--	--	--	1.000	0.80	2.00	18.00	36.00	8
	37.752	0.502	1.079	--	--	--	--			1.96			
	44.426	0.074	1.079	--	--	--	--						
2	50.585	0.510	1.157	--	--	--	--	1.000	0.80	2.00	18.00	36.00	8
	37.752	0.510	1.079	--	--	--	--			1.96			
	44.426	0.081	1.079	--	--	--	--						
3	50.585	0.505	1.157	--	--	--	--	1.000	0.80	2.00	18.00	36.00	8
	37.752	0.505	1.079	--	--	--	--			1.96			
	44.426	0.076	1.079	--	--	--	--						
4	50.585	0.513	1.157	--	--	--	--	1.000	0.80	2.00	18.00	36.00	8
	37.752	0.513	1.079	--	--	--	--			1.96			
	44.426	0.084	1.079	--	--	--	--						

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

M_r 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°	M_s	M_r	FS
	[kNm]	[kNm]	
9 - EQU H + V	136.66	56.69	2.411
10 - EQU H + V	135.46	54.79	2.472
11 - EQU H - V	129.96	54.78	2.372
12 - EQU H - V	128.83	52.99	2.431

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

I_c Indice/Tipo combinazione

C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]

R Raggio, espresso in [m]

FS Fattore di sicurezza

I_c	C	R	FS
	[m]	[m]	
5 - GEO A2-M2-R2 H + V	-1.00; 4.50	7.58	1.928
6 - GEO A2-M2-R2 H + V	-1.00; 4.50	7.58	1.947
7 - GEO A2-M2-R2 H - V	-1.00; 4.50	7.58	1.942
8 - GEO A2-M2-R2 H - V	-1.00; 4.50	7.58	1.961

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]

Q_y carico sulla striscia espresso in [kN]

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

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

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

b larghezza della striscia espressa in [m]

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

$T_x; T_y$ Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

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

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	9.05	0.73	6.57 - 0.44	77.959	38.000	8	0.0	
2	22.41	0.73	0.44	65.918	38.000	8	0.0	
3	29.89	0.73	0.44	58.564	38.000	8	0.0	
4	35.48	0.73	0.44	52.568	36.000	8	0.0	
5	37.61	0.73	0.44	47.317	36.000	8	0.0	
6	35.57	0.73	0.44	42.550	36.000	8	0.0	
7	32.94	0.73	0.44	38.127	36.000	8	0.0	
8	29.89	0.73	0.44	33.959	36.000	8	0.0	
9	26.46	0.73	0.44	29.988	36.000	8	0.0	
10	22.71	0.73	0.44	26.171	36.000	8	0.0	
11	20.18	17.12	0.44	22.475	36.000	8	0.0	
12	21.35	22.98	0.44	18.876	36.000	8	0.0	
13	22.44	22.98	0.44	15.353	36.000	8	0.0	
14	23.31	22.98	0.44	11.889	36.000	8	0.0	
15	25.40	17.44	0.44	8.468	36.000	8	0.0	
16	30.38	0.00	0.44	5.078	36.000	8	0.0	
17	19.52	0.00	0.44	1.705	36.000	8	0.0	
18	8.42	0.00	0.44	-1.661	36.000	8	0.0	
19	8.21	0.00	0.44	-5.034	36.000	8	0.0	
20	6.69	0.00	0.44	-8.424	36.000	8	0.0	
21	5.70	0.00	0.44	-11.844	36.000	8	0.0	
22	4.84	0.00	0.44	-15.307	36.000	8	0.0	
23	3.74	0.00	0.44	-18.829	36.000	8	0.0	
24	2.40	0.00	0.44	-22.427	36.000	8	0.0	
25	0.79	0.00	-4.56 - 0.44	-25.055	36.000	8	0.0	

Combinazione n° 6 - GEO A2-M2-R2 H + V

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	9.05	0.00	6.57 - 0.44	77.959	38.000	8	0.0	
2	22.41	0.00	0.44	65.918	38.000	8	0.0	
3	29.89	0.00	0.44	58.564	38.000	8	0.0	
4	35.48	0.00	0.44	52.568	36.000	8	0.0	
5	37.61	0.00	0.44	47.317	36.000	8	0.0	
6	35.57	0.00	0.44	42.550	36.000	8	0.0	

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
7	32.94	0.00	0.44	38.127	36.000	8	0.0	
8	29.89	0.00	0.44	33.959	36.000	8	0.0	
9	26.46	0.00	0.44	29.988	36.000	8	0.0	
10	22.71	0.00	0.44	26.171	36.000	8	0.0	
11	20.18	16.38	0.44	22.475	36.000	8	0.0	
12	21.35	22.25	0.44	18.876	36.000	8	0.0	
13	22.44	22.25	0.44	15.353	36.000	8	0.0	
14	23.31	22.25	0.44	11.889	36.000	8	0.0	
15	25.40	16.88	0.44	8.468	36.000	8	0.0	
16	30.38	0.00	0.44	5.078	36.000	8	0.0	
17	19.52	0.00	0.44	1.705	36.000	8	0.0	
18	8.42	0.00	0.44	-1.661	36.000	8	0.0	
19	8.21	0.00	0.44	-5.034	36.000	8	0.0	
20	6.69	0.00	0.44	-8.424	36.000	8	0.0	
21	5.70	0.00	0.44	-11.844	36.000	8	0.0	
22	4.84	0.00	0.44	-15.307	36.000	8	0.0	
23	3.74	0.00	0.44	-18.829	36.000	8	0.0	
24	2.40	0.00	0.44	-22.427	36.000	8	0.0	
25	0.79	0.00	-4.56 - 0.44	-25.055	36.000	8	0.0	

Combinazione n° 7 - GEO A2-M2-R2 H - V

n°	W	Qy	b	α	φ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	9.05	0.73	6.57 - 0.44	77.959	38.000	8	0.0	
2	22.41	0.73	0.44	65.918	38.000	8	0.0	
3	29.89	0.73	0.44	58.564	38.000	8	0.0	
4	35.48	0.73	0.44	52.568	36.000	8	0.0	
5	37.61	0.73	0.44	47.317	36.000	8	0.0	
6	35.57	0.73	0.44	42.550	36.000	8	0.0	
7	32.94	0.73	0.44	38.127	36.000	8	0.0	
8	29.89	0.73	0.44	33.959	36.000	8	0.0	
9	26.46	0.73	0.44	29.988	36.000	8	0.0	
10	22.71	0.73	0.44	26.171	36.000	8	0.0	
11	20.18	17.12	0.44	22.475	36.000	8	0.0	
12	21.35	22.98	0.44	18.876	36.000	8	0.0	
13	22.44	22.98	0.44	15.353	36.000	8	0.0	
14	23.31	22.98	0.44	11.889	36.000	8	0.0	

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
15	25.40	17.44	0.44	8.468	36.000	8	0.0	
16	30.38	0.00	0.44	5.078	36.000	8	0.0	
17	19.52	0.00	0.44	1.705	36.000	8	0.0	
18	8.42	0.00	0.44	-1.661	36.000	8	0.0	
19	8.21	0.00	0.44	-5.034	36.000	8	0.0	
20	6.69	0.00	0.44	-8.424	36.000	8	0.0	
21	5.70	0.00	0.44	-11.844	36.000	8	0.0	
22	4.84	0.00	0.44	-15.307	36.000	8	0.0	
23	3.74	0.00	0.44	-18.829	36.000	8	0.0	
24	2.40	0.00	0.44	-22.427	36.000	8	0.0	
25	0.79	0.00	-4.56 - 0.44	-25.055	36.000	8	0.0	

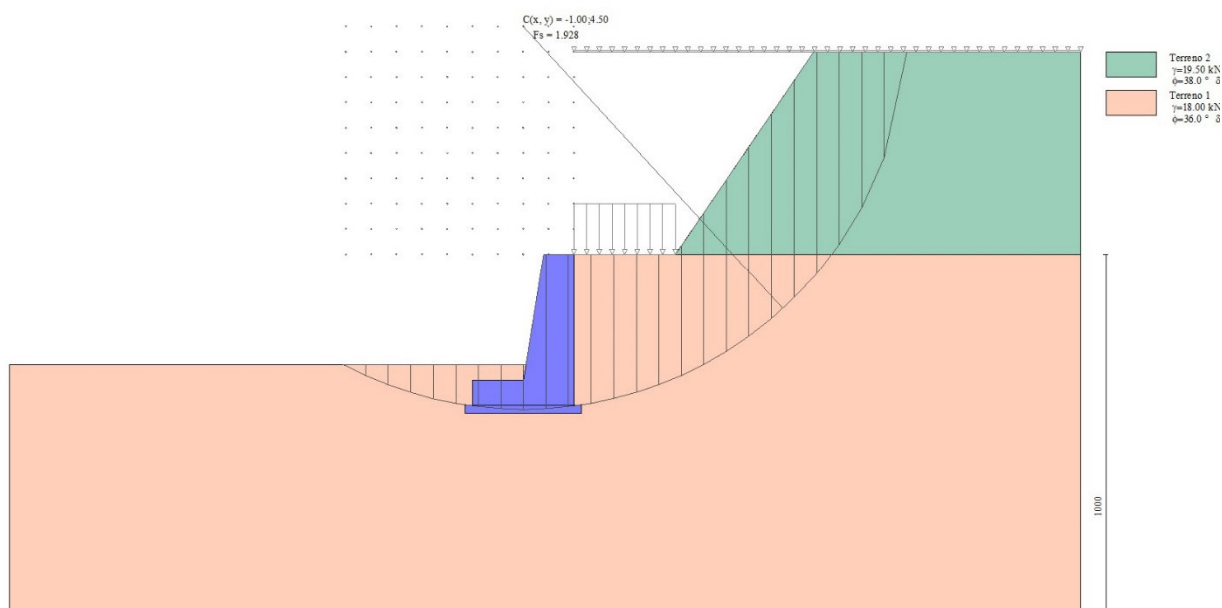
Combinazione n° 8 - GEO A2-M2-R2 H - V

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	9.05	0.00	6.57 - 0.44	77.959	38.000	8	0.0	
2	22.41	0.00	0.44	65.918	38.000	8	0.0	
3	29.89	0.00	0.44	58.564	38.000	8	0.0	
4	35.48	0.00	0.44	52.568	36.000	8	0.0	
5	37.61	0.00	0.44	47.317	36.000	8	0.0	
6	35.57	0.00	0.44	42.550	36.000	8	0.0	
7	32.94	0.00	0.44	38.127	36.000	8	0.0	
8	29.89	0.00	0.44	33.959	36.000	8	0.0	
9	26.46	0.00	0.44	29.988	36.000	8	0.0	
10	22.71	0.00	0.44	26.171	36.000	8	0.0	
11	20.18	16.38	0.44	22.475	36.000	8	0.0	
12	21.35	22.25	0.44	18.876	36.000	8	0.0	
13	22.44	22.25	0.44	15.353	36.000	8	0.0	
14	23.31	22.25	0.44	11.889	36.000	8	0.0	
15	25.40	16.88	0.44	8.468	36.000	8	0.0	
16	30.38	0.00	0.44	5.078	36.000	8	0.0	
17	19.52	0.00	0.44	1.705	36.000	8	0.0	
18	8.42	0.00	0.44	-1.661	36.000	8	0.0	
19	8.21	0.00	0.44	-5.034	36.000	8	0.0	
20	6.69	0.00	0.44	-8.424	36.000	8	0.0	
21	5.70	0.00	0.44	-11.844	36.000	8	0.0	
22	4.84	0.00	0.44	-15.307	36.000	8	0.0	

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	W	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
23	3.74	0.00	0.44	-18.829	36.000	8	0.0	
24	2.40	0.00	0.44	-22.427	36.000	8	0.0	
25	0.79	0.00	-4.56 - 0.44	-25.055	36.000	8	0.0	



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

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

Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3 H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.13	1.72	1.07	0.06
3	-0.25	3.49	2.20	0.24
4	-0.38	5.31	3.40	0.54

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
5	-0.50	7.20	4.65	0.98
6	-0.63	9.13	5.98	1.56
7	-0.75	11.13	7.36	2.30
8	-0.88	13.18	8.81	3.19
9	-1.00	15.28	10.32	4.24
10	-1.13	17.44	11.89	5.47
11	-1.25	19.66	13.53	6.87
12	-1.38	21.93	15.23	8.46
13	-1.50	24.26	17.00	10.25
14	-1.63	26.64	18.83	12.23
15	-1.75	29.08	20.72	14.43
16	-1.88	31.58	22.67	16.84
17	-2.00	34.13	24.69	19.48
18	-2.13	36.73	26.77	22.34
19	-2.25	39.40	28.92	25.44
20	-2.38	42.11	31.13	28.79
21	-2.50	44.89	33.40	32.40

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.13	1.72	1.02	0.05
3	-0.25	3.49	2.10	0.22
4	-0.38	5.31	3.24	0.51
5	-0.50	7.20	4.44	0.93
6	-0.63	9.13	5.71	1.48
7	-0.75	11.13	7.04	2.18
8	-0.88	13.18	8.44	3.03
9	-1.00	15.28	9.90	4.03
10	-1.13	17.44	11.42	5.20
11	-1.25	19.66	13.00	6.54
12	-1.38	21.93	14.65	8.06
13	-1.50	24.26	16.37	9.77
14	-1.63	26.64	18.14	11.68
15	-1.75	29.08	19.98	13.78
16	-1.88	31.58	21.88	16.10

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
17	-2.00	34.13	23.85	18.63
18	-2.13	36.73	25.88	21.39
19	-2.25	39.40	27.97	24.38
20	-2.38	42.11	30.13	27.60
21	-2.50	44.89	32.35	31.08

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.13	1.72	0.93	0.05
3	-0.25	3.49	1.92	0.20
4	-0.38	5.31	2.98	0.46
5	-0.50	7.20	4.10	0.84
6	-0.63	9.13	5.28	1.35
7	-0.75	11.13	6.53	1.99
8	-0.88	13.18	7.84	2.76
9	-1.00	15.28	9.21	3.69
10	-1.13	17.44	10.65	4.77
11	-1.25	19.66	12.15	6.01
12	-1.38	21.93	13.71	7.42
13	-1.50	24.26	15.34	9.00
14	-1.63	26.64	17.03	10.77
15	-1.75	29.08	18.78	12.73
16	-1.88	31.58	20.60	14.90
17	-2.00	34.13	22.48	17.26
18	-2.13	36.73	24.42	19.84
19	-2.25	39.40	26.43	22.64
20	-2.38	42.11	28.50	25.67
21	-2.50	44.89	30.64	28.94

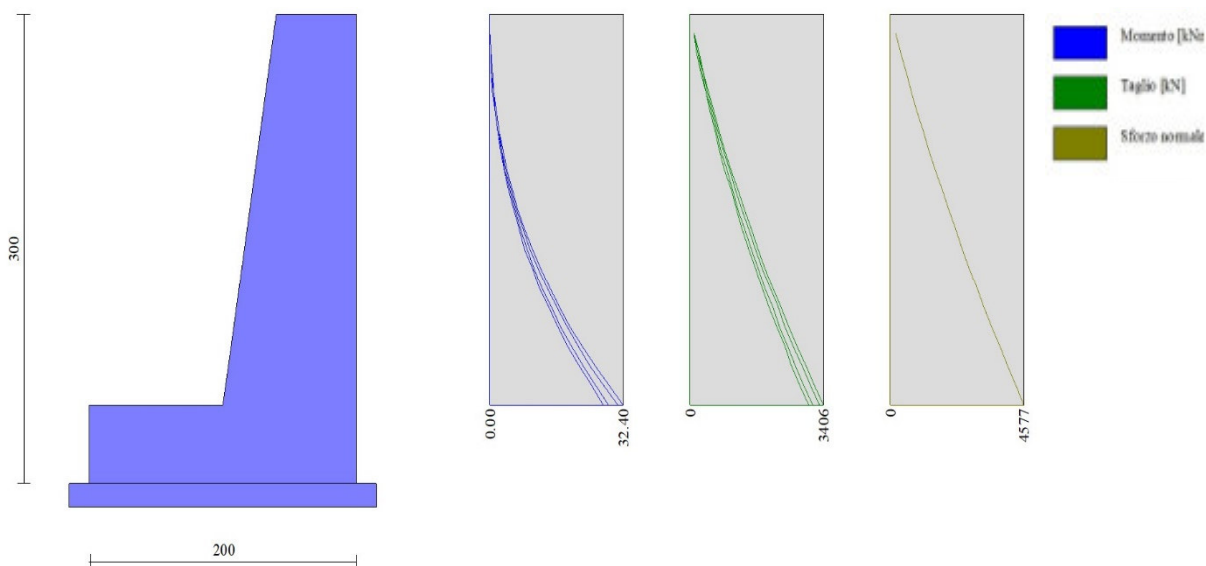
Combinazione n° 4 - STR A1-M1-R3 H - V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.13	1.72	0.88	0.05

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
3	-0.25	3.49	1.82	0.19
4	-0.38	5.31	2.83	0.44
5	-0.50	7.20	3.90	0.79
6	-0.63	9.13	5.04	1.27
7	-0.75	11.13	6.23	1.87
8	-0.88	13.18	7.49	2.61
9	-1.00	15.28	8.81	3.49
10	-1.13	17.44	10.20	4.51
11	-1.25	19.66	11.65	5.70
12	-1.38	21.93	13.16	7.04
13	-1.50	24.26	14.74	8.56
14	-1.63	26.64	16.38	10.25
15	-1.75	29.08	18.09	12.13
16	-1.88	31.58	19.85	14.20
17	-2.00	34.13	21.68	16.47
18	-2.13	36.73	23.58	18.94
19	-2.25	39.40	25.53	21.64
20	-2.38	42.11	27.56	24.55
21	-2.50	44.89	29.64	27.69



Paramento (Inviluppo)

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3 H + V

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	4.80	0.24
3	-1.80	0.00	9.44	0.95
4	-1.70	0.00	13.93	2.12
5	-1.60	0.00	18.26	3.74
6	-1.50	0.00	22.43	5.77
7	-1.40	0.00	26.44	8.22
8	-1.30	0.00	30.30	11.05
9	-1.20	0.00	34.00	14.27
10	-1.10	0.00	37.55	17.85
11	-1.00	0.00	40.93	21.77

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	4.58	0.23
3	-1.80	0.00	9.03	0.91
4	-1.70	0.00	13.34	2.03
5	-1.60	0.00	17.51	3.58
6	-1.50	0.00	21.55	5.53
7	-1.40	0.00	25.44	7.88
8	-1.30	0.00	29.20	10.61
9	-1.20	0.00	32.83	13.72
10	-1.10	0.00	36.31	17.18
11	-1.00	0.00	39.66	20.97

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	4.22	0.21
3	-1.80	0.00	8.31	0.84

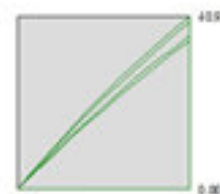
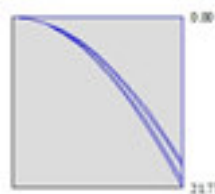
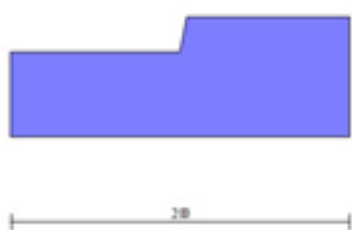
COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
4	-1.70	0.00	12.28	1.87
5	-1.60	0.00	16.11	3.29
6	-1.50	0.00	19.81	5.09
7	-1.40	0.00	23.37	7.25
8	-1.30	0.00	26.81	9.76
9	-1.20	0.00	30.12	12.61
10	-1.10	0.00	33.30	15.78
11	-1.00	0.00	36.34	19.26

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

n°	X	N	T	M
	[m]	[kN]	[kN]	[kNm]
1	-2.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.90	0.00	4.02	0.20
3	-1.80	0.00	7.93	0.80
4	-1.70	0.00	11.72	1.78
5	-1.60	0.00	15.40	3.14
6	-1.50	0.00	18.98	4.86
7	-1.40	0.00	22.43	6.93
8	-1.30	0.00	25.78	9.34
9	-1.20	0.00	29.01	12.08
10	-1.10	0.00	32.13	15.14
11	-1.00	0.00	35.14	18.51



Fondazione (Inviluppo)

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Verifiche strutturali

Verifiche a flessione

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espresso in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area ferri inferiori espresso in [cmq]
A _{fs}	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
M _u	momento ultimi espresso in [kNm]
N _u	sforzo normale ultimo espressa in [kN]
FS	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

Paramento

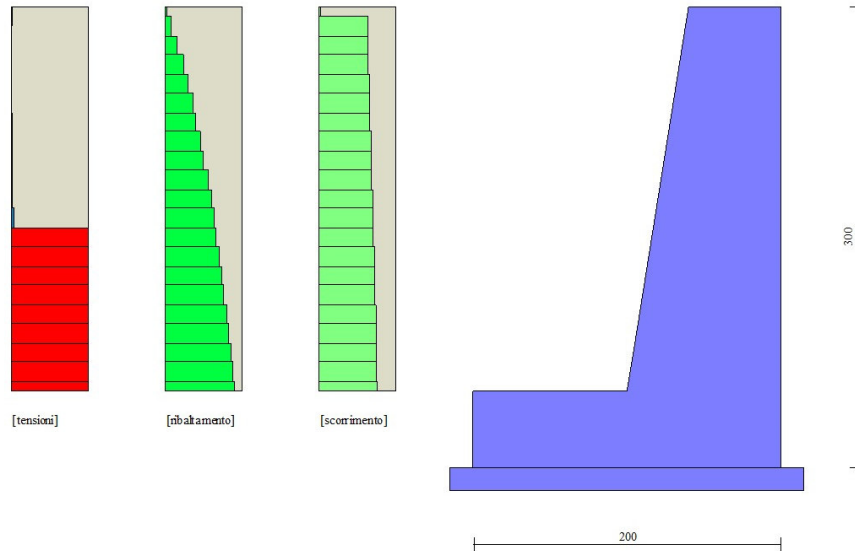
Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3 H + V

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0.00	60	60	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.13	62	62	3.36	4	1.7153	1.0686	1.605	0.8181	0.0661	12.373
3	-0.25	64	64	6.76	9	3.4864	2.2010	1.584	1.7411	0.2698	6.453
4	-0.38	66	66	10.19	16	5.3131	3.3961	1.564	2.7726	0.6190	4.479
5	-0.50	68	68	13.65	24	7.1955	4.6540	1.546	3.9164	1.1214	3.492
6	-0.63	70	70	17.13	34	9.1335	5.9752	1.529	5.1766	1.7851	2.900
7	-0.75	72	72	20.65	49	11.1273	7.3598	1.512	6.5571	2.6179	2.505
8	-0.88	74	74	24.19	69	13.1767	8.8078	1.496	8.0617	3.6277	2.222
9	-1.00	76	76	27.75	100	15.2818	10.3191	1.481	9.6944	4.8225	2.010
10	-1.13	78	78	31.34	154	17.4426	11.8938	1.467	11.4590	6.2101	1.845
11	-1.25	80	80	34.95	265	19.6591	13.5319	1.453	13.3593	7.7986	1.713
12	-1.38	82	82	38.59	635	21.9313	15.2334	1.440	15.3994	9.5957	1.605
13	-1.50	84	84	42.24	NV	24.2591	16.9984	1.427	17.5830	11.6096	1.515
14	-1.63	86	86	45.92	NV	26.6426	18.8268	1.415	19.9140	13.8480	1.438
15	-1.75	88	88	49.62	NV	29.0818	20.7186	1.404	22.3963	16.3189	1.372
16	-1.88	90	90	53.33	NV	31.5767	22.6739	1.393	25.0339	19.0303	1.315
17	-2.00	92	92	57.07	NV	34.1273	24.6926	1.382	27.8305	21.9900	1.266
18	-2.13	94	94	60.82	NV	36.7336	26.7748	1.372	30.7901	25.2061	1.222
19	-2.25	96	96	64.59	NV	39.3955	28.9205	1.362	33.9165	28.6864	1.182

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
20	-2.38	98	98	68.37	NV	42.1131	31.1297	1.353	37.2137	32.4389	1.147
21	-2.50	100	100	72.17	NV	44.8864	33.4024	1.344	40.6855	36.4715	1.116



Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 1)

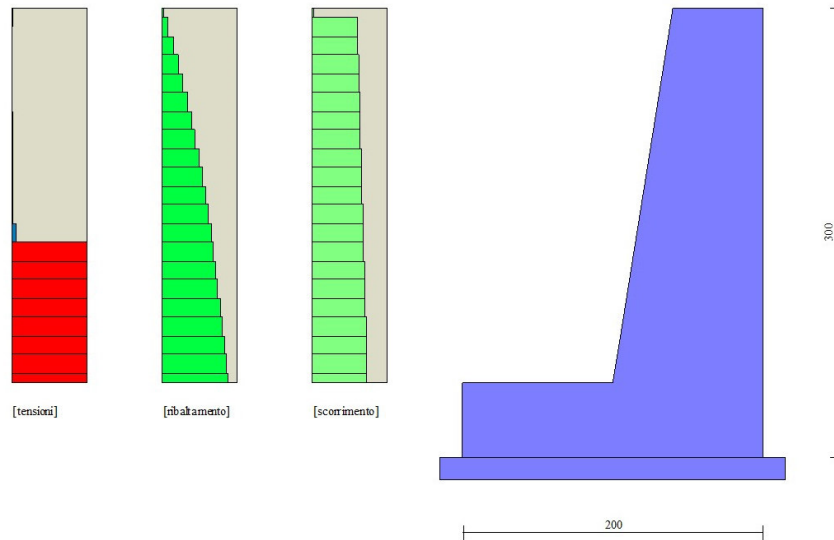
Combinazione n° 2 - STR A1-M1-R3 H + V

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0.00	60	60	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.13	62	62	3.17	4	1.7153	1.0159	1.689	0.8026	0.0628	12.776
3	-0.25	64	64	6.38	9	3.4864	2.0956	1.664	1.7092	0.2566	6.660
4	-0.38	66	66	9.63	15	5.3131	3.2380	1.641	2.7232	0.5893	4.621
5	-0.50	68	68	12.91	23	7.1955	4.4432	1.619	3.8486	1.0687	3.601
6	-0.63	70	70	16.23	33	9.1335	5.7116	1.599	5.0894	1.7028	2.989
7	-0.75	72	72	19.58	45	11.1273	7.0435	1.580	6.4495	2.4993	2.581
8	-0.88	74	74	22.96	63	13.1767	8.4386	1.561	7.9327	3.4663	2.289
9	-1.00	76	76	26.37	88	15.2818	9.8972	1.544	9.5429	4.6116	2.069
10	-1.13	78	78	29.81	128	17.4426	11.4191	1.527	11.2841	5.9432	1.899
11	-1.25	80	80	33.28	198	19.6591	13.0044	1.512	13.1601	7.4690	1.762
12	-1.38	82	82	36.77	355	21.9313	14.6531	1.497	15.1747	9.1969	1.650
13	-1.50	84	84	40.29	1016	24.2591	16.3652	1.482	17.3319	11.1349	1.557
14	-1.63	86	86	43.83	NV	26.6426	18.1407	1.469	19.6355	13.2909	1.477
15	-1.75	88	88	47.40	NV	29.0818	19.9797	1.456	22.0895	15.6727	1.409

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
16	-1.88	90	90	50.98	NV	31.5767	21.8821	1.443	24.6977	18.2884	1.350
17	-2.00	92	92	54.59	NV	34.1273	23.8479	1.431	27.4639	21.1459	1.299
18	-2.13	94	94	58.22	NV	36.7336	25.8773	1.420	30.3922	24.2530	1.253
19	-2.25	96	96	61.87	NV	39.3955	27.9701	1.408	33.4863	27.6178	1.212
20	-2.38	98	98	65.54	NV	42.1131	30.1264	1.398	36.7501	31.2482	1.176
21	-2.50	100	100	69.23	NV	44.8864	32.3461	1.388	40.1875	35.1521	1.143



Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 2)

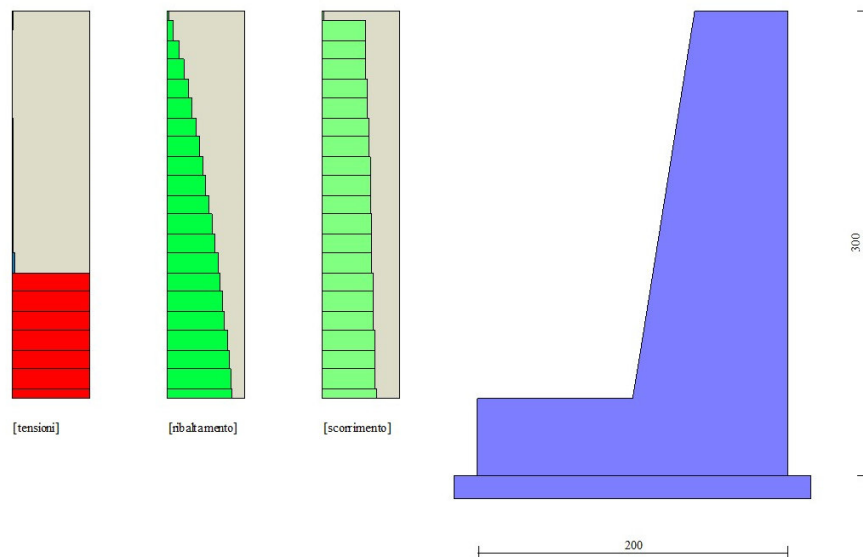
Combinazione n° 3 - STR A1-M1-R3 H - V

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0.00	60	60	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.13	62	62	2.86	4	1.7153	0.9302	1.844	0.7775	0.0575	13.529
3	-0.25	64	64	5.77	8	3.4864	1.9243	1.812	1.6573	0.2352	7.046
4	-0.38	66	66	8.72	14	5.3131	2.9810	1.782	2.6430	0.5411	4.884
5	-0.50	68	68	11.72	22	7.1955	4.1006	1.755	3.7385	0.9831	3.803
6	-0.63	70	70	14.77	30	9.1335	5.2835	1.729	4.9477	1.5689	3.154
7	-0.75	72	72	17.85	41	11.1273	6.5297	1.704	6.2747	2.3066	2.720
8	-0.88	74	74	20.97	55	13.1767	7.8393	1.681	7.7232	3.2040	2.410
9	-1.00	76	76	24.13	74	15.2818	9.2122	1.659	9.2971	4.2690	2.178
10	-1.13	78	78	27.32	100	17.4426	10.6486	1.638	11.0003	5.5097	1.997
11	-1.25	80	80	30.55	140	19.6591	12.1484	1.618	12.8367	6.9338	1.851

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
12	-1.38	82	82	33.82	207	21.9313	13.7115	1.599	14.8103	8.5494	1.732
13	-1.50	84	84	37.11	339	24.2591	15.3381	1.582	16.9247	10.3644	1.633
14	-1.63	86	86	40.44	730	26.6426	17.0281	1.565	19.1840	12.3866	1.549
15	-1.75	88	88	43.79	NV	29.0818	18.7816	1.548	21.5921	14.6240	1.476
16	-1.88	90	90	47.17	NV	31.5767	20.5985	1.533	24.1527	17.0846	1.414
17	-2.00	92	92	50.58	NV	34.1273	22.4789	1.518	26.8699	19.7763	1.359
18	-2.13	94	94	54.02	NV	36.7336	24.4228	1.504	29.7474	22.7070	1.310
19	-2.25	96	96	57.48	NV	39.3955	26.4301	1.491	32.7891	25.8847	1.267
20	-2.38	98	98	60.96	NV	42.1131	28.5009	1.478	35.9990	29.3172	1.228
21	-2.50	100	100	64.47	NV	44.8864	30.6352	1.465	39.3810	33.0125	1.193



Verifiche paramento pietra (Combinazione n° 3)

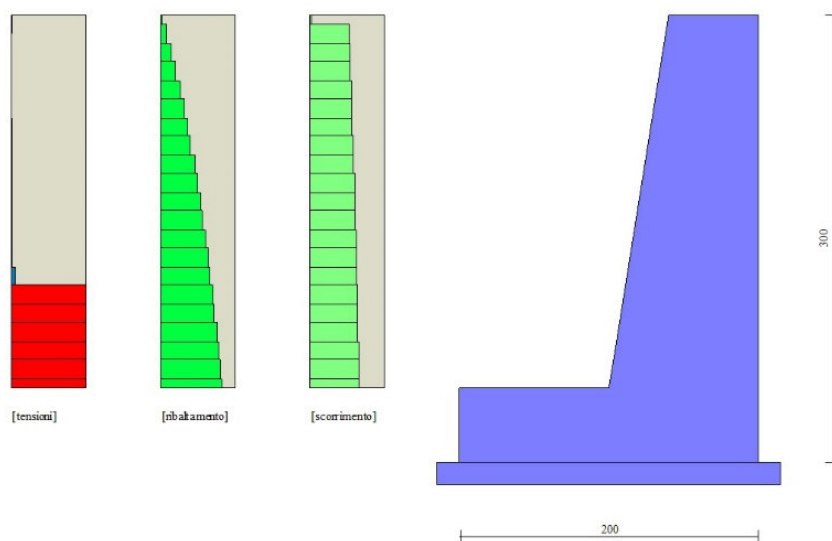
Combinazione n° 4 - STR A1-M1-R3 H - V

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
1	0.00	60	60	0.00	0	0.0000	0.0000	100.000	0.0000	0.0000	100.000
2	-0.13	62	62	2.68	3	1.7153	0.8806	1.948	0.7629	0.0544	14.032
3	-0.25	64	64	5.41	8	3.4864	1.8250	1.910	1.6273	0.2228	7.303
4	-0.38	66	66	8.20	14	5.3131	2.8321	1.876	2.5965	0.5132	5.059
5	-0.50	68	68	11.03	21	7.1955	3.9020	1.844	3.6746	0.9334	3.937
6	-0.63	70	70	13.92	29	9.1335	5.0352	1.814	4.8656	1.4914	3.263
7	-0.75	72	72	16.84	39	11.1273	6.2317	1.786	6.1733	2.1949	2.813

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	Y	B	H	e	σ	Rt	Et	FSsco	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	
8	-0.88	74	74	19.82	51	13.1767	7.4916	1.759	7.6016	3.0519	2.491
9	-1.00	76	76	22.83	68	15.2818	8.8148	1.734	9.1544	4.0704	2.249
10	-1.13	78	78	25.88	89	17.4426	10.2014	1.710	10.8356	5.2583	2.061
11	-1.25	80	80	28.98	120	19.6591	11.6514	1.687	12.6490	6.6234	1.910
12	-1.38	82	82	32.10	166	21.9313	13.1648	1.666	14.5986	8.1738	1.786
13	-1.50	84	84	35.27	245	24.2591	14.7416	1.646	16.6882	9.9172	1.683
14	-1.63	86	86	38.47	403	26.6426	16.3819	1.626	18.9218	11.8618	1.595
15	-1.75	88	88	41.70	897	29.0818	18.0855	1.608	21.3031	14.0153	1.520
16	-1.88	90	90	44.96	NV	31.5767	19.8526	1.591	23.8360	16.3858	1.455
17	-2.00	92	92	48.25	NV	34.1273	21.6832	1.574	26.5246	18.9812	1.397
18	-2.13	94	94	51.57	NV	36.7336	23.5773	1.558	29.3726	21.8093	1.347
19	-2.25	96	96	54.92	NV	39.3955	25.5348	1.543	32.3838	24.8781	1.302
20	-2.38	98	98	58.30	NV	42.1131	27.5558	1.528	35.5623	28.1956	1.261
21	-2.50	100	100	61.70	NV	44.8864	29.6402	1.514	38.9119	31.7697	1.225



Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 4)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3 H + V

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-2.00	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	-1.90	100	50	10.05	10.05	0.24	0.00	177.66	0.00	736.243

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3	-1.80	100	50	10.05	10.05	0.95	0.00	177.66	0.00	186.080
4	-1.70	100	50	10.05	10.05	2.12	0.00	177.66	0.00	83.619
5	-1.60	100	50	10.05	10.05	3.74	0.00	177.66	0.00	47.563
6	-1.50	100	50	10.05	10.05	5.77	0.00	177.66	0.00	30.786
7	-1.40	100	50	10.05	10.05	8.22	0.00	177.66	0.00	21.624
8	-1.30	100	50	10.05	10.05	11.05	0.00	177.66	0.00	16.072
9	-1.20	100	50	10.05	10.05	14.27	0.00	177.66	0.00	12.449
10	-1.10	100	50	10.05	10.05	17.85	0.00	177.66	0.00	9.953
11	-1.00	100	50	10.05	10.05	21.77	0.00	177.66	0.00	8.159

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

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-2.00	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	-1.90	100	50	10.05	10.05	0.23	0.00	177.66	0.00	771.177
3	-1.80	100	50	10.05	10.05	0.91	0.00	177.66	0.00	194.732
4	-1.70	100	50	10.05	10.05	2.03	0.00	177.66	0.00	87.426
5	-1.60	100	50	10.05	10.05	3.58	0.00	177.66	0.00	49.682
6	-1.50	100	50	10.05	10.05	5.53	0.00	177.66	0.00	32.126
7	-1.40	100	50	10.05	10.05	7.88	0.00	177.66	0.00	22.543
8	-1.30	100	50	10.05	10.05	10.61	0.00	177.66	0.00	16.738
9	-1.20	100	50	10.05	10.05	13.72	0.00	177.66	0.00	12.952
10	-1.10	100	50	10.05	10.05	17.18	0.00	177.66	0.00	10.344
11	-1.00	100	50	10.05	10.05	20.97	0.00	177.66	0.00	8.470

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

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-2.00	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	-1.90	100	50	10.05	10.05	0.21	0.00	177.66	0.00	837.153
3	-1.80	100	50	10.05	10.05	0.84	0.00	177.66	0.00	211.460
4	-1.70	100	50	10.05	10.05	1.87	0.00	177.66	0.00	94.968
5	-1.60	100	50	10.05	10.05	3.29	0.00	177.66	0.00	53.986
6	-1.50	100	50	10.05	10.05	5.09	0.00	177.66	0.00	34.921
7	-1.40	100	50	10.05	10.05	7.25	0.00	177.66	0.00	24.513
8	-1.30	100	50	10.05	10.05	9.76	0.00	177.66	0.00	18.207

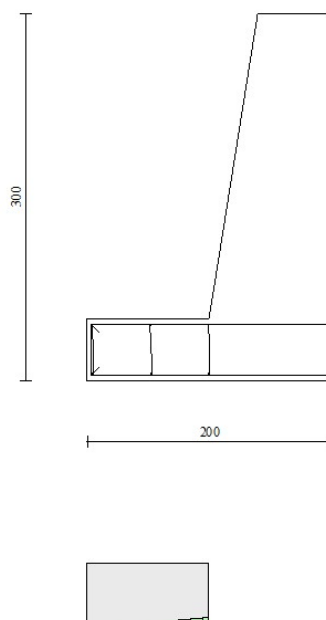
COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
9	-1.20	100	50	10.05	10.05	12.61	0.00	177.66	0.00	14.094
10	-1.10	100	50	10.05	10.05	15.78	0.00	177.66	0.00	11.261
11	-1.00	100	50	10.05	10.05	19.26	0.00	177.66	0.00	9.224

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

n°	Y	B	H	Afi	Afs	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
1	-2.00	100	50	10.05	10.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1000.000
2	-1.90	100	50	10.05	10.05	0.20	0.00	177.66	0.00	879.846
3	-1.80	100	50	10.05	10.05	0.80	0.00	177.66	0.00	222.021
4	-1.70	100	50	10.05	10.05	1.78	0.00	177.66	0.00	99.609
5	-1.60	100	50	10.05	10.05	3.14	0.00	177.66	0.00	56.564
6	-1.50	100	50	10.05	10.05	4.86	0.00	177.66	0.00	36.550
7	-1.40	100	50	10.05	10.05	6.93	0.00	177.66	0.00	25.629
8	-1.30	100	50	10.05	10.05	9.34	0.00	177.66	0.00	19.014
9	-1.20	100	50	10.05	10.05	12.08	0.00	177.66	0.00	14.702
10	-1.10	100	50	10.05	10.05	15.14	0.00	177.66	0.00	11.733
11	-1.00	100	50	10.05	10.05	18.51	0.00	177.66	0.00	9.600



Verifiche a flessione (Inviluppo)

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

Verifiche a taglio

Simbologia adottata

- In indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- A_{fw} area ferri a taglio espresso in [cmq]
- cotθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- VR_{cd} resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
- VR_{sd} resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
- VR_d resistenza di progetto a taglio (min(VR_{cd}, VR_{sd})) espresso in [kN]
- T taglio agente espressa in [kN]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR A1-M1-R3 H + V

n°	Y	B	H	A _{fw}	cotθ	VR _{cd}	VR _{sd}	VR _d	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-2.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	0.00	100.000
2	-1.90	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	4.80	45.295
3	-1.80	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	9.44	23.024
4	-1.70	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	13.93	15.609
5	-1.60	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	18.26	11.908
6	-1.50	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	22.43	9.693
7	-1.40	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	26.44	8.222
8	-1.30	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	30.30	7.175
9	-1.20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	34.00	6.394
10	-1.10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	37.55	5.791
11	-1.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	40.93	5.312

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

n°	Y	B	H	A _{fw}	cotθ	VR _{cd}	VR _{sd}	VR _d	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-2.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	0.00	100.000
2	-1.90	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	4.58	47.423
3	-1.80	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	9.03	24.072
4	-1.70	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	13.34	16.296
5	-1.60	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	17.51	12.414
6	-1.50	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	21.55	10.090

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

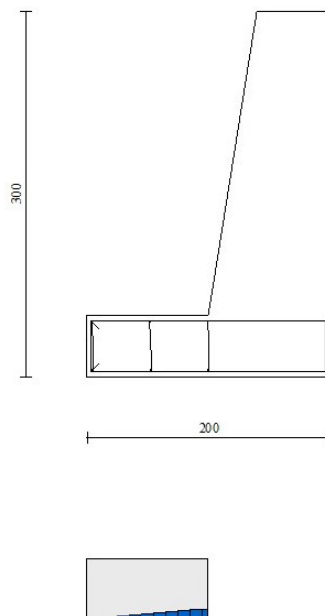
n°	Y	B	H	Afw	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
7	-1.40	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	25.44	8.545
8	-1.30	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	29.20	7.445
9	-1.20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	32.83	6.623
10	-1.10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	36.31	5.988
11	-1.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	39.66	5.482

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

n°	Y	B	H	Afw	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-2.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	0.00	100.000
2	-1.90	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	4.22	51.488
3	-1.80	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	8.31	26.149
4	-1.70	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	12.28	17.711
5	-1.60	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	16.11	13.499
6	-1.50	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	19.81	10.978
7	-1.40	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	23.37	9.302
8	-1.30	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	26.81	8.109
9	-1.20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	30.12	7.219
10	-1.10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	33.30	6.530
11	-1.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	36.34	5.983

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

n°	Y	B	H	Afw	cotθ	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	T	FS
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1	-2.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	0.00	100.000
2	-1.90	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	4.02	54.087
3	-1.80	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	7.93	27.427
4	-1.70	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	11.72	18.548
5	-1.60	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	15.40	14.114
6	-1.50	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	18.98	11.458
7	-1.40	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	22.43	9.692
8	-1.30	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	25.78	8.434
9	-1.20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	29.01	7.494
10	-1.10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	32.13	6.766
11	-1.00	100	50	0.00	--	0.00	0.00	217.42	35.14	6.187



Verifiche a taglio (Involuppo)

Verifiche 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]
- A_f area ferri zona tesa espresso in [cmq]
- A_{eff} area efficace espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kNm]
- M_{pf} momento di prima fessurazione espressa in [kNm]
- ε deformazione espresso in %
- S_m spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
- w apertura delle fessure espressa in [mm]

Fondazione

n°	Y	B	H	A _f	A _{eff}	M	M _{pf}	ε	S _m	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
1	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
2	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
3	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
4	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)

COMUNE DI COLICO (LC)

OPERE IDRAULICHE DEL TORRENTE INGANNA A DIFESA DELLE FRAZIONI DI COLICO - LOTTO A

n°	Y	B	H	Af	Aeff	M	Mpf	ε	Sm	w
	[m]	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kNm]	[%]	[mm]	[mm]
5	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
6	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
7	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
8	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
9	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
10	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)
11	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.000 (1)

5.4 DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018

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

Gli scriventi, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiarano 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. 17/07/2018.

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	15.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Studio Associato Protea
Licenza	AIU37712D

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 S.r.l. 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.