



COMUNE DI BOLOGNA

STRADA VICINALE DEL MALPASSO IN LOCALITÀ CASTELL'ARIENTI

LAVORI DI RIPRISTINO DI UN TRATTO DISSESTATO A
SEGUITO DEGLI EVENTI METEORICI DELL'OTTOBRE 2024

PROGETTO ESECUTIVO

Proprietà:

CONSORZIO CASTELL'ARIENTI

Località Castell'Arienti 2-4-7
40141 Bologna

Progettazione e Direzione Lavori:



Via Castiglione, 81 - 40124 Bologna

Titolo elaborato:

Elaborati Descrittivi
RELAZIONE DI CALCOLO

N. elab.:

ED.04

Rev.	Data	Note	Redatto	Verificato	Approvato
A	06/03/2026	EMISSIONE	BOLIS	BOLIS	RANGONI
File 25-L03.PE.ED.04.A0A_Relazione Di Calcolo.pdf			Scala plottaggio	Scala	

1.	ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO	2
1.1.	Descrizione del contesto	2
1.2.	Descrizione generale della struttura	4
1.3.	Normativa di riferimento	6
1.4.	Parametri per la definizione dell'azione sismica	6
1.5.	Caratteristiche dei materiali	7
1.6.	Criteri di progettazione e modellazione	7
1.7.	Combinazioni di carico	7
1.8.	Metodo di analisi	8
1.9.	Criteri di verifica	8
1.10.	Sintesi delle verifiche di sicurezza	9
1.11.	Affidabilità dei calcoli	9
1.12.	Considerazioni geotecniche	10
2.	AZIONI CARATTERISTICHE E COMBINAZIONI DI CARICO	12
2.1.	Carichi permanenti	12
2.2.	Carichi variabili da traffico	12
2.3.	Azione sismica	13
3.	COMBINAZIONI DI CARICO	13
4.	CALCOLO E RIEPILOGO DEI RISULTATI	15
5.	VERIFICHE DI RESISTENZA	16
6.	VERIFICHE GEOTECNICHE	17

ALLEGATO 1: OUTPUT DI CALCOLO GABBIONATA

1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO

1.1. Descrizione del contesto

La strada lungo la quale si prevede di intervenire, denominata Strada del Malpasso, inizia dalla S.P. 85 "Fondovalle Savena e si sviluppa dapprima nel Comune di Pianoro (località Rastignano) e poi nel Comune di Bologna, salendo sulle colline poste in sinistra idraulica del fiume Savena. Essa garantisce l'accesso carrabile a varie abitazioni private e aziende agricole o agrituristiche [figura 1].

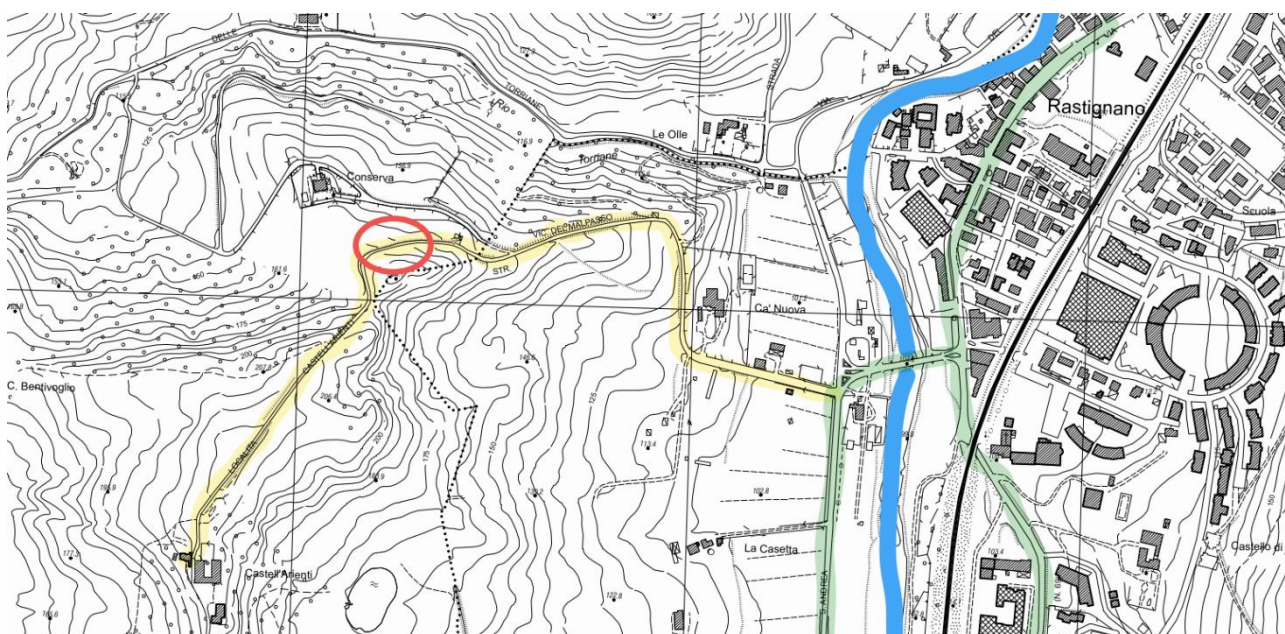


Figura 1

La strada, larga circa 4.50-5.00 m, è asfaltata solo per una fascia centrale di circa 3.50 m e presenta una pendenza media piuttosto accentuata ed un tracciato mediamente tortuoso, fiancheggiato per lo più da una folta vegetazione [figura 2].

Ai margini del nastro stradale pavimentato sono presenti due strette banchine inghiaiate, di cui quella di monte funge anche da fosso di raccolta delle acque meteoriche.

É evidente che la larghezza della parte centrale pavimentata non consente l'incrocio di due veicoli senza che questi transitino sulle banchine laterali non pavimentate. Il transito sulle banchine ne determina la deformazione, specie nei periodi più umidi e specie sul lato di monte dove la banchina funge anche da fosso. Questa deformazione si propaga poi inevitabilmente al di sotto della zona pavimentata, contribuendo alla formazione delle lesioni e delle ormaie di cui si è detto.



La zona in cui si è prodotto il dissesto si trova in un tratto a mezza costa in cui il versante è rivolto verso nord. In concomitanza con le abbondanti e repentine precipitazioni verificatesi nelle giornate del 19 e 20 ottobre del 2024, si è verificato, nella zona sopra detta, uno smottamento della scarpata a valle della strada che ha riguardato un tratto stradale di circa 12 metri. Lo smottamento ha coinvolto una porzione del nastro asfaltato (50 cm circa), tutta la banchina non pavimentata (larga 150 cm circa), la recinzione in rete metallica e tutta la scarpata di valle (8.00 m circa in orizzontale), compresa la vegetazione spontanea che cresceva su di essa [figura 3].

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato EG.03, facente parte del progetto.

Figura 2



Figura 3

1.2. Descrizione generale della struttura

La struttura in progetto consiste in un muro a gravità realizzato mediante gabbioni in rete metallica a doppia torsione riempiti mediante pietrame di adeguata pezzatura, posto in opera lungo la scarpata di valle della strada, con lo scopo di sostenere il terreno e garantire alla scarpata stessa un ingombro complessivo uguale a quello presente prima del dissesto.

Il muro presenta uno sviluppo planimetrico di 16 m perti ed una altezza di 3 m ed è costituito da 3 ordini di gabbioni: il primo di base di larghezza pari a 3 metri, il secondo intermedio di larghezza pari a 2 metri ed il terzo sommitale di larghezza pari a 1 metro. Per seguire la pendenza longitudinale della strada il muro è fondato a quote diverse, su un piano di posa gradonato con alzate pari a 50 cm ciascuna. La gabbionata è gradonata anche anteriormente e posteriormente come evidenziato nelle figure seguenti [figura 4 e figura 5].

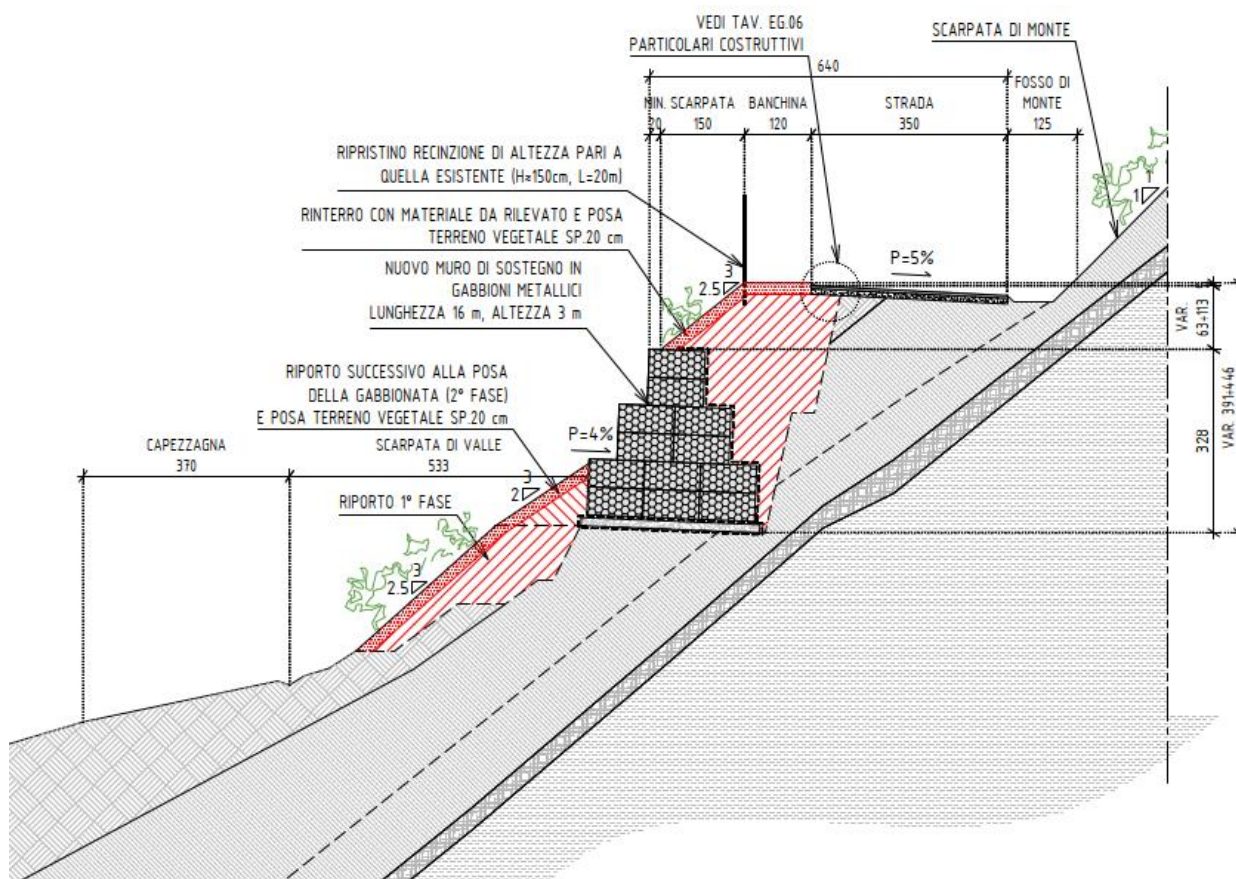


Figura 4

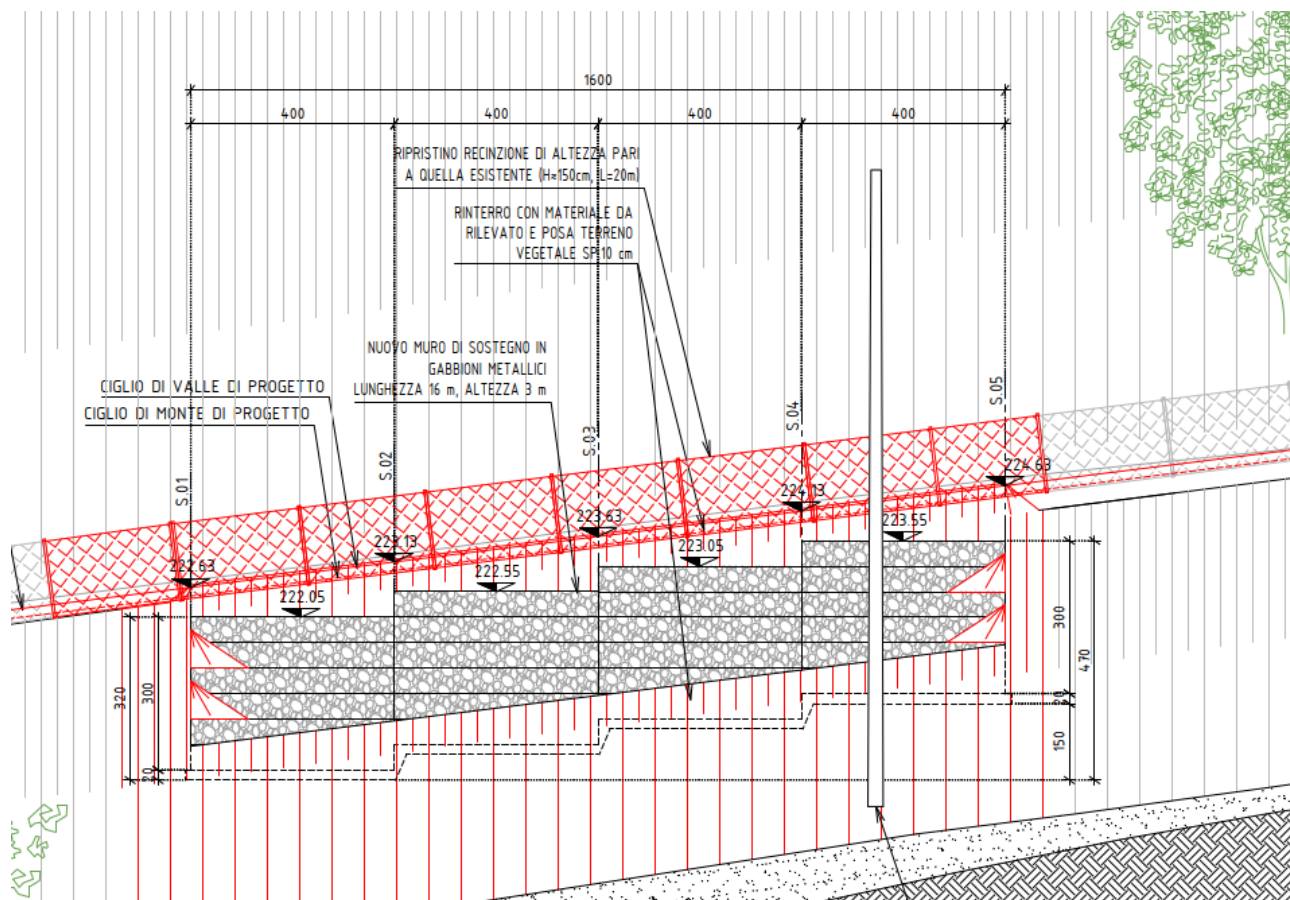


Figura 5

La gabbionata è lievemente inclinata verso monte di circa 2° ed è poggiata su di un materasso in materiale arido, avvolto in un tessuto non tessuto con funzione anti-contaminante, che ha lo scopo di garantire una migliore ripartizione del carico sul terreno, senza tuttavia interrompere la naturale permeabilità del suolo come accadrebbe con uno strato di appoggio in calcestruzzo.

Completa l'opera un geotessuto posto a monte del muro che ha lo scopo di impedire la penetrazione del materiale di riempimento a tergo della struttura attraverso il ciottolame di riempimento dei gabbioni.

Il muro si trova a mezza costa tra il ciglio superiore della scarpata ed il piede della stessa. Il terreno sarà quindi riprofilato come indicato in figura 4 e ricoperto da uno strato di inerbimento atto a contrastare il dilavamento.

Il tipo di gabbioni è stato scelto, per garantire la massima durabilità della struttura, tra quelli con filo da 3 mm di diametro con doppio rivestimento galvanico + polimerico. La gabbionata dovrà risultare conforme alle vigenti "Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione" emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati EG.04, EG.05 ed EG.06 facenti parte del progetto.

1.3. Normativa di riferimento

Il presente progetto strutturale è stato sviluppato in conformità alle seguenti norme:

- D.M. 17/01/2018 'Norme tecniche per le costruzioni'
- Circolare esplicativa del 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. 'Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni'.
- 'Linee guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione' – edizione 2013 - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

1.4. Parametri per la definizione dell'azione sismica

Per la definizione dell'azione sismica si è fatto riferimento ai seguenti parametri di progetto, come meglio dettagliato nella relazione ED.07 – Relazione sulla modellazione sismica.

Longitudine (ED50)	11.345979°
Latitudine (ED50)	44.442267°
Zona sismica	3
Vita nominale dell'opera V_N	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente d'uso della costruzione C_u	1.0
Periodo di riferimento V_R	50 x 1.0 = 50 anni
Stato limite considerato per le verifiche sismiche	SLV
Categoria del suolo (da prove geotecniche)	C
Categoria topografica	T2
Coeff. β_m (per muri non in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno)	1
Coeff. β_m (per muri liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno)	0.38
a_g	0.168 g
F_0	2.415
T_c^*	0.303 s
S	1.456

1.5. Caratteristiche dei materiali

Per gli interventi in progetto è previsto l'impiego dei materiali di seguito indicati (vedi anche elaborato ED.05 – Relazione sui materiali).

Gabbioni metallici

Riempimento

Pietrame di elevato peso specifico non alterabile dagli agenti atmosferici, non gelivo né friabile, di pezzatura idonea a non fuoriuscire dalle maglie.

Rete metallica

Diametro filo	3,00 mm
Resistenza a trazione	60 kN/m
Rivestimento interno	lega Zinco - Alluminio
Rivestimento esterno	Polimero plastico

Materasso di fondazione

Materiale inerte arido di pezzatura 40/70.

Riempimento tra gabbionata e pendio

Materiale proveniente dagli scavi qualora abbia caratteristiche fisiche e meccaniche idonee o fornitura di materiale arido da rilevato.

1.6. Criteri di progettazione e modellazione

Il modello di calcolo impiegato per la gabbionata è di tipo piano, costituito da un muro di sostegno a gradoni, rappresentativo di una 'fetta' di struttura larga un metro tagliata, secondo la direzione perpendicolare alla strada sovrappassante. Tale struttura risulta appoggiata al terreno presente in loco ed è soggetta al peso proprio e alle diverse azioni agenti verticalmente ed orizzontalmente sul paramento del muro.

1.7. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico cui si è fatto riferimento sono quelle previste al punto 6.2.4 delle NTC 2018. Per maggiori dettagli si faccia riferimento alla pagina 11 del tabulato di output riportato in allegato alla presente relazione.

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico stradale si è ritenuto eccessivo riferirsi al mezzo di carico convenzionale (c.d. 'tandem') previsto per i ponti stradali. Tuttavia si è ipotizzata la possibilità che sulla strada transitino mezzi pesanti quali bilici o mezzi a 4 assi a pieno carico (carico per asse pari a 12.5 t, come da Codice della Strada). Si è inoltre ipotizzato che due mezzi possano trovarsi nella posizione più sfavorevole possibile, con i retrotreni contrapposti uno all'altro. Per la determinazione dei coefficienti parziali si è fatto riferimento al punto 6.2.4.1.1 delle NTC.

1.8. Metodo di analisi

Il progetto della struttura nei confronti delle azioni sismiche è stato effettuato con riferimento al metodo dell'analisi statica lineare, in considerazione della sostanziale regolarità della struttura per entrambe le direzioni longitudinale e trasversale.

Le azioni sismiche sono state calcolate in accordo al punto 7.11.6.2.1 delle NTC2018 riguardante il progetto sismico di opere di sostegno dei terreni, assumendo il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m pari a 0.38 nelle verifiche SLV e pari a 0.47 nelle verifiche SLD, in quanto la struttura è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

1.9. Criteri di verifica

Conformemente al D.M. 17/01/2018, sono state svolte sia le verifiche di tipo geotecnico, sia quelle di equilibrio globale, sia quelle di tipo strutturale.

In particolare, le verifiche geotecniche e di equilibrio hanno riguardato la resistenza allo stato limite ultimo nei confronti del ribaltamento, dello scorrimento, del carico limite e della stabilità globale del complesso gabbionata e terreno.

Le verifiche strutturali hanno riguardato la resistenza allo stato limite ultimo nei confronti dello scorrimento relativo tra due file di gabbioni, sotto l'effetto delle massime sollecitazioni ottenute per le combinazioni di carico fondamentale e sismica.

Sono stati inoltre verificati gli spostamenti allo stato limite di esercizio. Per quanto riguarda la stima dei cedimenti invece le verifiche sono state omesse in considerazione sia delle caratteristiche di compattezza che il terreno di posa della gabbionata dovrebbe presentare in base alle indagini svolte, sia della buona deformabilità della gabbionata, ampiamente in grado di assorbire i lievi assestamenti che potranno prodursi nelle settimane successive all'intervento, per effetto non della cedevolezza del substrato, ma della semplice ridistribuzione e assestamento dei gabbioni.

1.10. Sintesi delle verifiche di sicurezza

Si riporta di seguito un riepilogo delle verifiche strutturali a scorrimento e a ribaltamento che sono state eseguite all'interfaccia tra ciascuna fila di gabbioni e geotecniche eseguite e riportate per esteso nel seguito.

- Interfaccia – 1.00 m:
 - Eccentricità massima 31 cm;
 - Tensione 0.03 MPa;
 - Fattore di sicurezza allo scorrimento 20.3;
 - Fattore di sicurezza al ribaltamento di 6.06.
- interfaccia – 2.00 m:
 - Eccentricità massima 18 cm;
 - Tensione 0.04 MPa;
 - Fattore di sicurezza allo scorrimento 7.4;
 - Fattore di sicurezza al ribaltamento 2.55.

Si riporta inoltre il riepilogo delle verifiche geotecniche:

Verifiche GEO ed EQ

	<u>SLU</u>	<u>SLV</u>
• Coefficiente di sicurezza a ribaltamento (min = 1.00):	6.45	4.13
• Coefficiente di sicurezza a scorrimento (min. 1.10):	2.54	3.03
• Coefficiente di sicurezza a carico limite (min. 1.20):	16.29	17.47
• Coefficiente di sicurezza stabilità globale (min. 1.20):	1.98	2.88

1.11. Affidabilità dei calcoli

L'analisi della struttura, il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche di corpo rigido sono state effettuate mediante il software tecnico MAX 16.0 commercializzato da AZTEC Informatica s.r.l. di Cosenza. Tale programma è specificamente pensato per il calcolo di strutture di sostegno. Si riporta il tabulato di calcolo in allegato alla presente, nel quale sono indicate le caratteristiche del codice di calcolo e l'affidabilità dello stesso.

Tutti i calcoli sono riportati analiticamente nel seguito per poter essere agevolmente verificati.

1.12. Considerazioni geotecniche

Dalle indagini svolte è stato possibile definire, con sufficiente approssimazione, le caratteristiche meccaniche dei terreni presenti, con i relativi spessori e parametri di resistenza meccanica. La situazione è quella osservabile nelle figure 6 e 7 seguenti, nella quale sono state fatte alcune semplificazioni e interpretazioni, dato che si tratta della stratigrafia di un versante e non di un terreno in piano, per di più rimaneggiato dalla costruzione della strada. Per una maggiore leggibilità della sezione si faccia riferimento all'elaborato EG.03 – STATO ATTUALE – PIANTA, PROSPETTO E SEZIONI.

È opportuno specificare che l'andamento dei diversi strati tra le due prove penetrometriche è puramente indicativo e potrebbe risultare localmente differente da quanto ipotizzato. Più in generale, deve essere chiaro che la limitata estensione dell'intervento non avrebbe giustificato indagini geognostiche più approfondite, anche perché su un versante parzialmente antropizzato e rimaneggiato come quello in esame possono esservi situazioni puntuali molto variabili e difficilmente si riesce a conoscere le condizioni esatte del sottosuolo prima dell'intervento.

Occorrerà quindi, in fase esecutiva, realizzare gli scavi con gradualità e attenzione, alla presenza della DL e potrà verificarsi la necessità di adattare leggermente il progetto alla situazione di fatto.

SEZIONE B-B - STATO ATTUALE

Scala 1:200

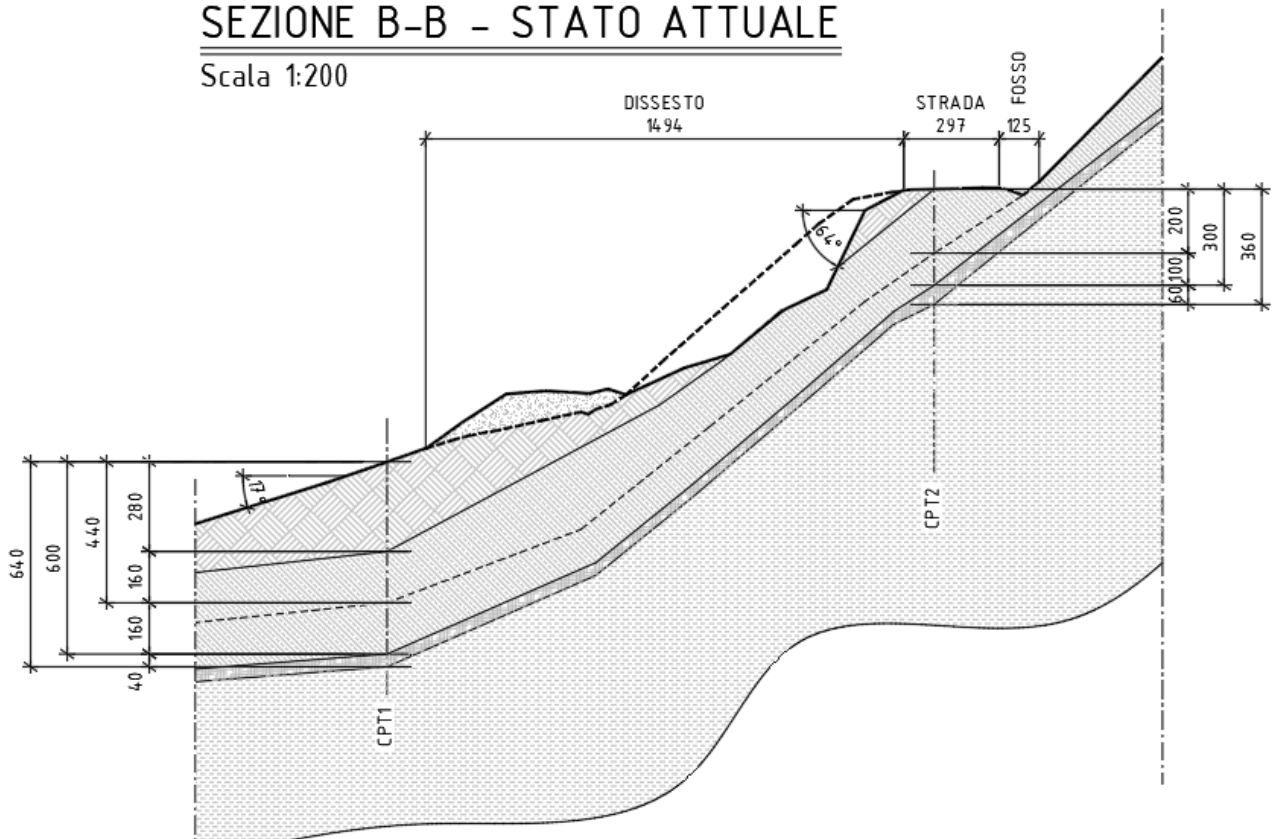


Figura 6

LEGENDA STRATIGRAFIA

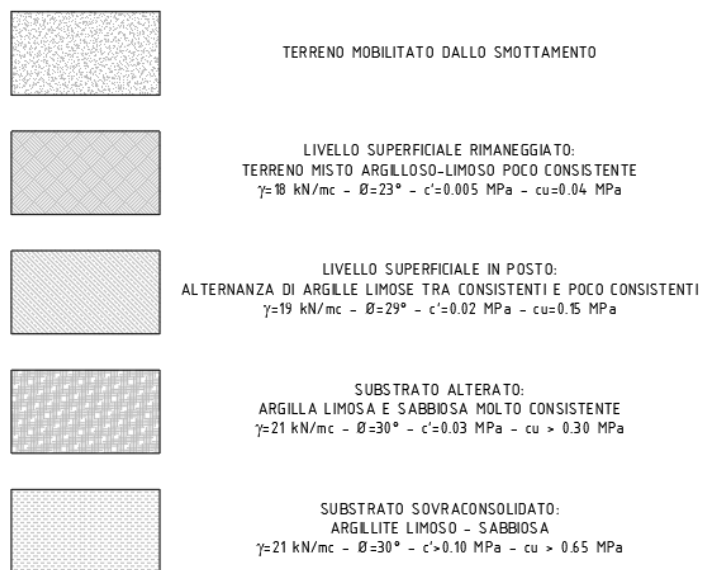


Figura 7

2. AZIONI CARATTERISTICHE E COMBINAZIONI DI CARICO

2.1. Carichi permanenti

Peso proprio

Per la valutazione del peso proprio della struttura, che viene effettuata in automatico dal codice di calcolo, si è fatto riferimento ad un peso specifico del materiale di riempimento pari a 15 kN/mc.

Spinta del terreno di rinfiaccio

Si è fatto riferimento alla spinta attiva, in considerazione della possibilità del muro di spostarsi verso valle sotto l'effetto della spinta stessa. Sono stati considerati diversi terreni, corrispondenti a quelli indicati nella relazione geotecnica ed è stato aggiunto un terreno di riempimento dietro la gabbionata composto da materiale con $\gamma=18.00$ kN/m e angolo di attrito $\phi=35^\circ$.

2.2. Carichi variabili da traffico

Nel calcolo della gabbionata viene assegnato a tergo della parete un carico variabile pari a 37 kN/mq ottenuto considerando la presenza contemporanea dei retrotreni di due automezzi disposti in direzioni opposte lungo la strada sovrappassante. Ogni retrotreno è composto da due assi, ciascuno da 125 kN, tale carico viene ripartito su un'area di influenza pari a:

$$A = i \cdot L = 1.35 \cdot 2.5 = 3.375 \text{ mq}$$

Dove i è l'interasse tra ciascun asse degli automezzi e L è la larghezza dei mezzi.

Si ottiene dunque che il carico distribuito applicato sulla sede stradale è pari a:

$$q = 125 / 3.375 = 37.04 \text{ kN/mq}$$

Il carico è collocato, a favore di sicurezza, a partire dal ciglio di valle della banchina laterale di valle della strada.

2.3. Azione sismica

Considerazioni generali

Il calcolo della spinta è stato eseguito con il metodo di Culmann che tiene automaticamente in conto dell'incremento di spinta inserendo nell'equazione risolutiva la forza di inerzia del cuneo di spinta. È stato considerato un diagramma dell'incremento sismico di forma rettangolare.

Direzioni del sisma

Per il sisma orizzontale si mette in conto la sola componente ortogonale all'opera di sostegno, essendo del tutto ininfluyente quella ad esso parallela.

Parametri di definizione dell'azione sismica

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono quelli riportati al precedente punto 1.4.

3. COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni da combinare opportunamente tra loro sono le seguenti:

Azioni permanenti

- Peso proprio della struttura e peso del terrapieno
- Spinta del terreno di rinfilo

Azioni accidentali

- Carichi da traffico
- Azione sismica

I coefficienti di combinazione e le combinazioni di carico da considerare, per ciascun gruppo di azioni (come da tab. 6.2.I e 6.2.II delle NTC2018), per le combinazioni SLU e SLV sono i seguenti:

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche				Combinazione 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

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

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	M1	M2	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	--

Per quanto riguarda le combinazioni di carico, sono state considerate quelle riportate nella tabella sottostante:

Elenco Combinazioni

Combinazioni generate

N°	Caso	Sisma	Peso muro/terrapieno
1	STR (A1-M1-R3)	Assente	FAV - FAV
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	FAV - FAV
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	SFAV - SFAV
4	GEO (A2-M2-R2)	Assente	SFAV - SFAV
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	SFAV - SFAV
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	SFAV - SFAV
7	EQU (A1-M1-R3)	Assente	FAV - FAV
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	FAV - FAV
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	FAV - FAV
10	SLER	Assente	FAV - FAV
11	SLEF	Assente	FAV - FAV
12	SLEQ	Assente	FAV - FAV
13	SLEQ	H + V	FAV - FAV
14	SLEQ	H - V	FAV - FAV

Elimina combinazione Elimina combinazioni uguali Duplica combinazione

Condizioni della combinazione

N°	Condizione	fav/sfav	Ψ	γ	C.P.
1	Peso proprio	FAV	1,00	1,00	1,00
2	Spinta terreno	SFAV	1,00	1,30	1,30
3	Traffico (Vtf) [D]	SFAV	1,00	1,35	1,35

Elimina condizione Help

Figura 8

4. CALCOLO E RIEPILOGO DEI RISULTATI

Il muro di sostegno è stato modellato con la geometria riportata nella figura seguente. Il terreno è stato modellato secondo la stratigrafia indicata in precedenza e nella relazione geologica.

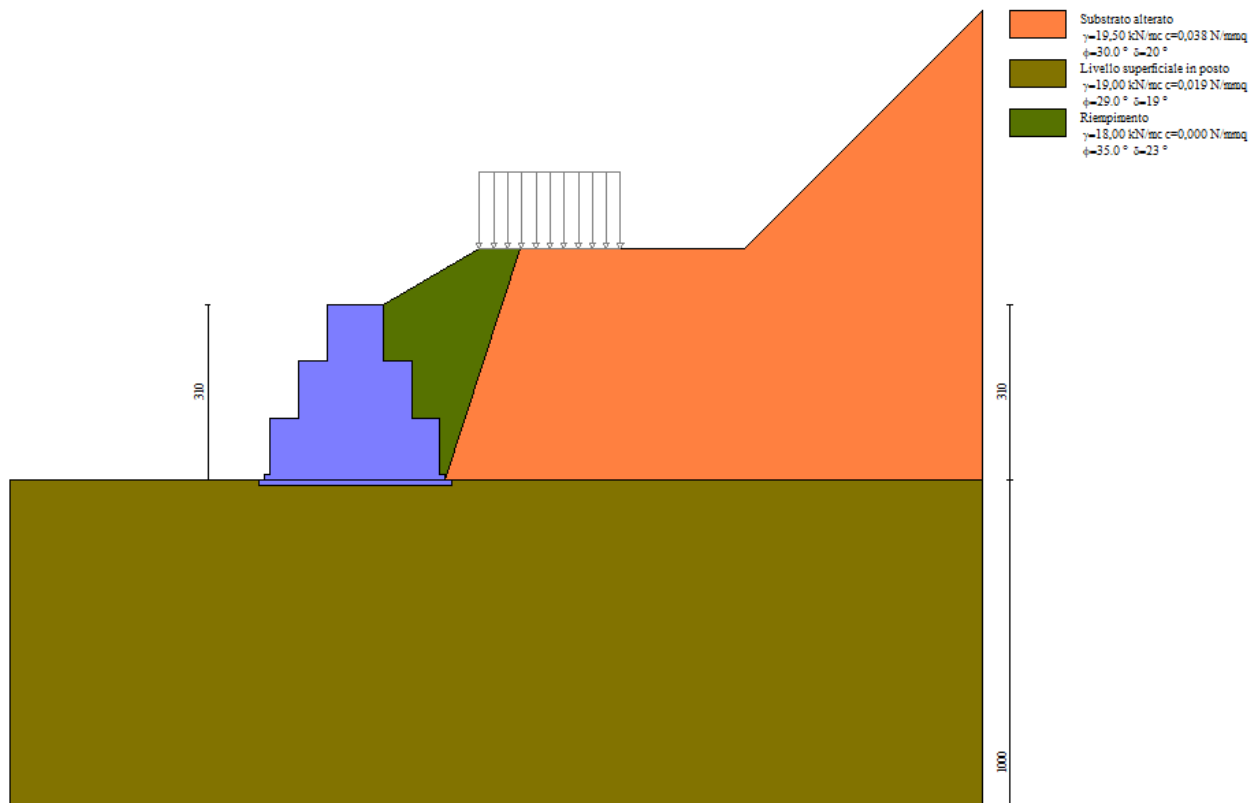


Figura 9

Il programma di calcolo, di cui si riporta in allegato il tabulato, effettua le verifiche strutturali e quelle geotecniche i cui risultati sono riepilogati nei punti seguenti.

5. VERIFICHE DI RESISTENZA

Il software consente di ricavare l'involuppo delle eccentricità, delle tensioni massime, del fattore di sicurezza al ribaltamento e del fattore di sicurezza allo scorrimento in qualsiasi sezione lungo l'altezza del muro.

Come si può vedere nelle figure seguenti (riferite alle sezioni di interfaccia tra i tre ordini di gabbioni), le verifiche tensionali e quelle di ribaltamento o scorrimento per tutte le sezioni interne del muro sono sempre soddisfatte, per tutte le combinazioni di carico.

Per l'interfaccia a - 1.00 m dalla sommità si ha una eccentricità massima di 31 cm, una tensione di 0.03 MPa, un fattore di sicurezza allo scorrimento di 20.3 ed un fattore di sicurezza al ribaltamento di 6.06.

Per l'interfaccia a - 2.00 m dalla sommità si ha una eccentricità massima di 18 cm, una tensione di 0.04 MPa, un fattore di sicurezza allo scorrimento di 7.4 ed un fattore di sicurezza al ribaltamento di 2.55.

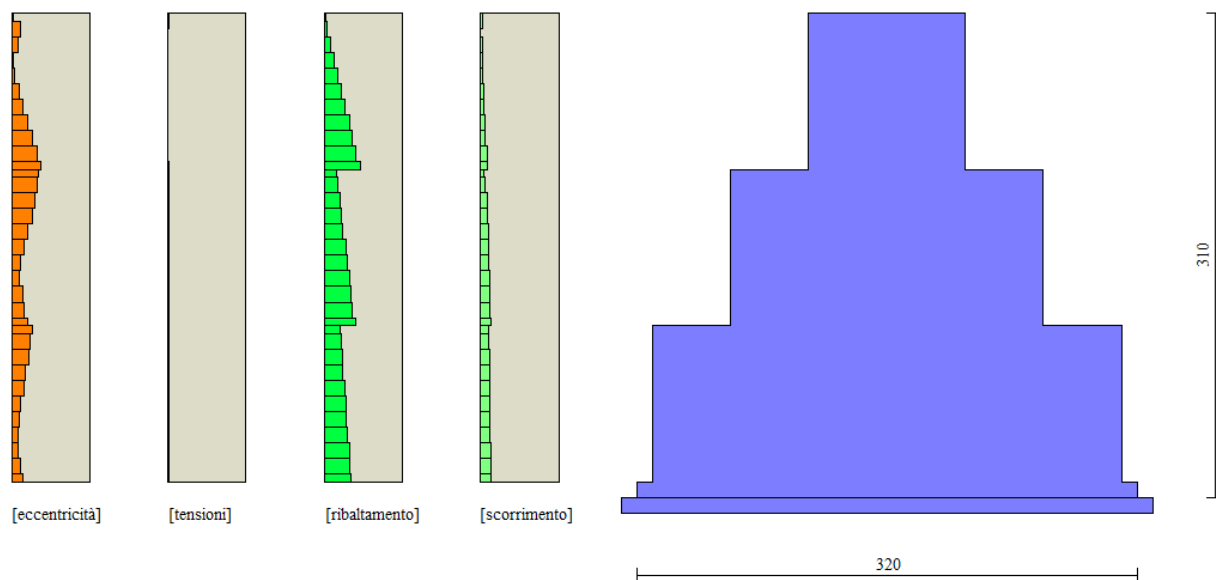


Figura 10

Grandezza	Valore	UM
y	-1,00	m
As	20000,00	cmq
e	-30,65	cm
sg	0,027	N/mm ²
Rt	220,76	kN
Et	10,86	kN
FSsco	20,336	
Ms	41,0784	kNm
Mr	6,7739	kNm
FSrib	6,064	

Figura 12

Grandezza	Valore	UM
y	-2,00	m
As	20000,00	cmq
e	18,42	cm
sg	0,039	N/mm ²
Rt	248,81	kN
Et	33,43	kN
FSsco	7,443	
Ms	85,5738	kNm
Mr	33,4574	kNm
FSrib	2,558	

Figura 11

6. VERIFICHE GEOTECNICHE

Rinviando alla relazione e al tabulato generato dal software di calcolo, riportati in allegato A alla presente relazione, si riepilogano di seguito i principali risultati.

Verifiche GEO ed EQ

	SLU	SLV
• Coefficiente di sicurezza a ribaltamento (min = 1.00):	6.45	4.13
• Coefficiente di sicurezza a scorrimento (min. 1.10):	2.54	3.03
• Coefficiente di sicurezza a carico limite (min. 1.20):	16.29	17.47
• Coefficiente di sicurezza stabilità globale (min. 1.20):	1.98	2.88

Per quanto riguarda la verifica di stabilità globale va specificato che il programma di calcolo non permette di impostare una pendenza del terreno a valle della gabbionata e dunque, nell'individuare la superficie di scorrimento, viene considerata una minima porzione di terreno non presente nella realtà.

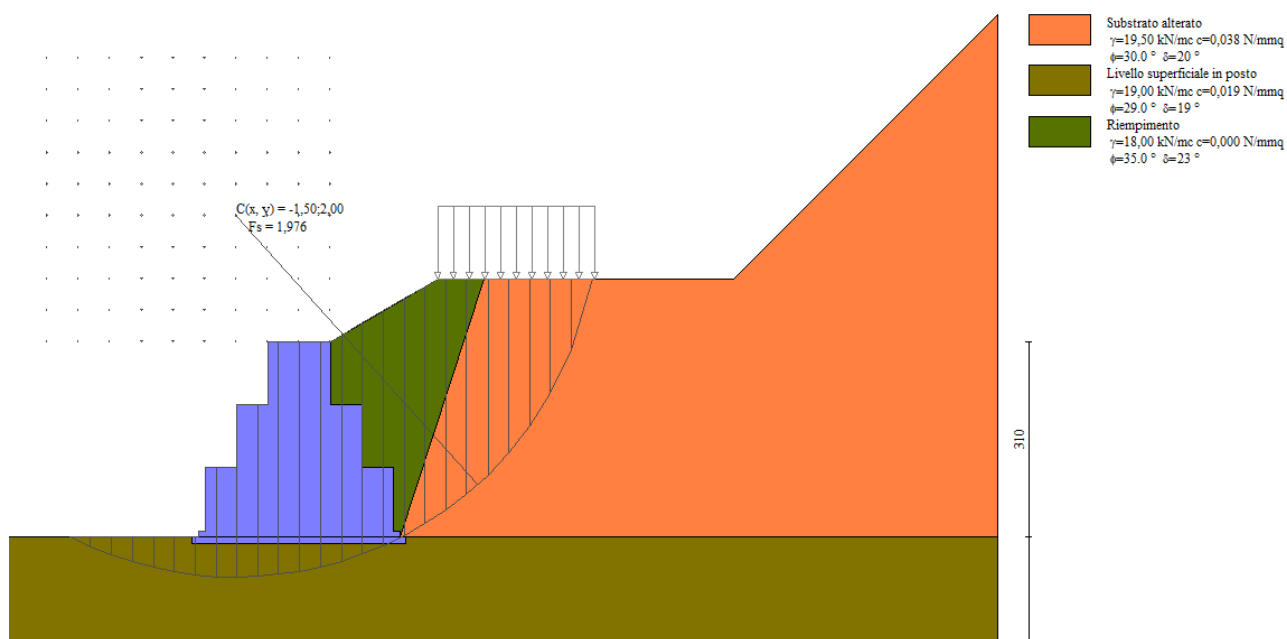


Figura 13

Per tenere conto di tale inesattezza si possono fare le seguenti considerazioni. Il sistema gabbionata + terreno viene suddiviso nel modello di calcolo in 25 strisce di larghezza 33 cm circa ciascuna. Sovrapponendo la superficie di scorrimento trovata al profilo effettivo del terreno che verrà realizzato, si osserva che solamente 2 strisce, ovvero l'8%, non intersecano tale profilo. Si può quindi ridurre dell'8% i fattori di sicurezza precedenti per ottenere quelli effettivi:

	SLU	SLV
• Coefficiente di sicurezza stabilità globale (min. 1.20):	1.82	2.65

Entrambi i valori rimangono ampiamente al di sopra dei valori imposti dalla normativa.

Verifica della stabilità del pendio in fase di costruzione

Tale verifica appare opportuna per valutare le condizioni di sicurezza del fronte di scavo prima della realizzazione della gabbionata. Per tale verifica si può procedere semplicemente calcolando l'altezza critica del fronte di scavo (intesa come l'altezza limite per la quale lo scavo si mantiene in equilibrio con una spinta complessiva pari a 0).

L'espressione algebrica è, come noto, la seguente:

$$H = 4c' / (\gamma \sqrt{\lambda_a}) - 2q / \gamma$$

Nella quale, per il caso specifico, risulta:

H = altezza critica

c' = coesione efficace = 0.02 MPa = 20 kN/mq

γ = peso specifico del terreno = 19 kN/mc

λ_a = coefficiente di spinta attiva = $\text{tg}^2(45 - \phi/2) = \text{tg}^2(45 - 29/2) = 0.589$

q = sovraccarico a monte = 20 kN/mq

Da cui

$$H = 5.04 \text{ m}$$

Se ne conclude che, fatte salve le necessarie verifiche visive preliminari circa la rispondenza del terreno in loco a quanto ipotizzato (argilla limosa mediamente consistente), il controllo periodico dell'assenza di lesioni nel terreno o altri segni di cedimento e la protezione dello scavo dal dilavamento mediante teli in plastica in caso di pioggia, il fronte di scavo risulta stabile senza la necessità di specifiche opere di sostegno.

ALLEGATO 1

OUTPUT DI CALCOLO GABBIONATA

Progetto:
Ditta:
Comune:
Progettista:
Direttore dei Lavori:
Impresa:

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_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.

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:

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

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

Caso generale $\phi > 0$

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

Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

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

I fattori che compaiono in queste espressioni sono espressi da:

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

Fattori di capacità portante		$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$	$N_q = e^{\pi \tan \varphi} K_p$	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \varphi$
Fattori di forma	$\varphi = 0$	$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$		
	$\varphi > 0$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$
Fattori di profondità	$\varphi = 0$	$d_c = 0.4k$		
	$\varphi > 0$	$d_c = 1 + 0.4k$	$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 k$	$d_\gamma = 1$
Fattori di inclinazione del carico	$\varphi = 0$	$i_c = 1 - \frac{mH}{A_f c_a N_c}$		
	$\varphi > 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^m$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \varphi} \right)^{m+1}$
Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)	$\varphi = 0$	$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_q = (1 - \eta \tan \varphi)^2$	$b_\gamma = (1 - \eta \tan \varphi)^2$
Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)	$\varphi = 0$	$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$		
	$\varphi > 0$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_q = (1 - \tan \beta)^2$	$g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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

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

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

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

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_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.

Cedimenti della fondazione

Metodo Edometrico

Il metodo edometrico è il classico procedimento per il calcolo dei cedimenti in terreni a grana fina, proposto da Terzaghi negli anni '20. L'ipotesi edometrica è verificata con approssimazione tanto migliore quanto più ridotto è il valore del rapporto tra lo spessore dello strato compressibile e la dimensione in pianta della fondazione.

Tuttavia il metodo risulta dotato di ottima approssimazione anche nei casi di strati deformabili di grande spessore.

L'implementazione del metodo è espressa secondo la seguente espressione:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_i}{E_{ed,i}} \Delta z_i$$

dove:

$\Delta \sigma$ è la tensione indotta nel terreno, alla profondità z , dalla pressione di contatto della fondazione;

E_{ed} è il modulo elastico determinato attraverso la prova edometrica e relativa allo strato i -esimo;

Δz rappresenta lo spessore dello strato i -esimo in cui è stato suddiviso lo strato compressibile e per il quale si conosce il modulo elastico.

Lo spessore dello strato compressibile considerato nell'analisi dei cedimenti è stato determinato in funzione della percentuale della tensione di contatto.

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Pietrame</u>	
γ	Peso di volume, espresso in [kN/mc]
σ_{cp}	Tensione di compressione, espresso in [N/mm ²]
ϕ	Angolo di attrito interno, espresso in [°]
τ_p	Resistenza a taglio, espressa in [N/mm ²]

Pietrame

n°	Descr	γ [kN/mc]	σ_{cp} [N/mm ²]	ϕ [°]	τ_p [N/mm ²]
4	Pietrame	15,0000	2,000	45.00	0,100

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	1,70	1,00	30.466
3	6,40	1,00	0.000
4	10,60	5,20	45.000

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

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

Paramento

Materiale Pietrame
 Altezza paramento 3,00 [m]
 Altezza paramento libero 3,10 [m]

Geometria gradoni

Simbologia adottata

n°	indice gradone (a partire dall'alto)
Bs, Bi	Base superiore ed inferiore del gradone, espressa in [m]
H	altezza del gradone, espressa in [m]
Ae, Ai	inclinazione esterna ed interna del gradone espressa in [°]

n°	X [m]	Bs [m]	Bi [m]	H [m]	Ae [°]	Ai [°]
1	0,00	1,00	1,00	1,00	0.00	0.00
2	0,50	2,00	2,00	1,00	0.00	0.00
3	0,50	3,00	3,00	1,00	0.00	0.00

Fondazione

Materiale Pietrame
 Lunghezza mensola di valle 0,10 [m]
 Lunghezza mensola di monte 0,10 [m]
 Lunghezza totale 3,20 [m]
 Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
 Spessore 0,10 [m]

Spessore magrone

0,10

[m]

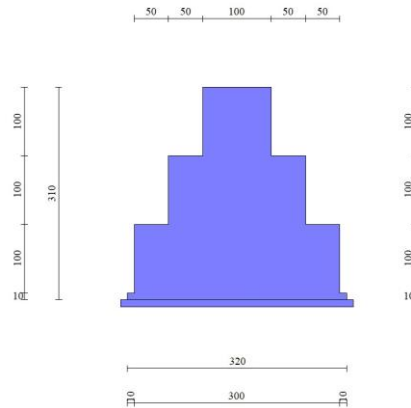


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [N/mm ²]
ca	Adesione terra-muro espressa in [N/mm 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 [N/mm ²]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [N/mm ²]	ca [N/mm ²]	Cesp	τ_l [N/mm ²]
1	Livello superficiale in posto	19,0000	19,0000	29,000	19,330	0,019	0,019	---	---
2	Substrato alterato	19,5000	19,5000	30,000	20,000	0,038	0,019	---	---
3	Strato 4	21,0000	21,0000	30,000	20,000	0,100	0,050	---	---
4	Riempimento	18,0000	18,0000	35,000	23,330	0,000	0,000	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [N/mm ²]
ν	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [N/mm ²]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricomprensione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [N/mm ²]	ν	Ed [N/mm ²]	CR	RR	OCR
1	Livello superficiale in posto	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
2	Substrato alterato	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
3	Strato 4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
4	Riempimento	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

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/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')

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	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:

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

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
Traffico	1.35	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

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

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
Traffico	1.15	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

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

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

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Traffico	1.35	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 10 - SLER

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

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Traffico	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

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

Combinazione n° 14 - 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	
Provincia	
Regione	
Latitudine	44.441336
Longitudine	11.344989
Indice punti di interpolazione	16952 - 17174 - 17175 - 16953
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_0	[m/s ²]	1.654	0.689
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.169	0.070
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.417	2.467
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.303	0.271
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.455
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	11.192	5.596
Ultimo - Ribaltamento	0.570	16.787	8.394
Esercizio	0.470	5.945	2.972

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

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

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

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	50.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	SI
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO
Sezioni verifica muri a gravità	Tutte
Richiesto controllo eccentricità verifiche muro a gravità in cls	

Spostamenti

Metodo di calcolo (per sole combinazioni SLD)	Richards-Elms
Spostamento limite	5,00 [cm]

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
ΔH massimo suddivisione strati	1,00 [m]

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 [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	79,55	50,28	50,84	61,19	1,10	-1,71
	Peso/Inerzia muro			0,00	94,80/0,00	-0,50	-1,89
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	38,81/0,00	0,67	-0,75
	Resistenza passiva terreno antistante			-0,11			
2	Spinta statica	36,73	58,73	19,07	31,39	1,10	-1,78
	Incremento di spinta sismica		14,34	7,45	12,26	1,10	-1,50
	Peso/Inerzia muro			10,61	94,80/5,30	-0,50	-1,89
	Peso/Inerzia terrapieno			4,34	38,81/2,17	0,67	-0,75
3	Spinta statica	36,73	58,73	19,07	31,39	1,10	-1,78
	Incremento di spinta sismica		6,68	3,47	5,71	1,10	-1,50
	Peso/Inerzia muro			10,61	94,80/-5,30	-0,50	-1,89
	Peso/Inerzia terrapieno			4,34	38,81/-2,17	0,67	-0,75
10	Spinta statica	60,28	50,53	38,32	46,53	1,10	-1,71
	Peso/Inerzia muro			0,00	94,80/0,00	-0,50	-1,89
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	38,81/0,00	0,67	-0,75
	Resistenza passiva terreno antistante			-0,11			
11	Spinta statica	54,36	52,23	33,29	42,97	1,10	-1,73
	Peso/Inerzia muro			0,00	94,80/0,00	-0,50	-1,89
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	38,81/0,00	0,67	-0,75
	Resistenza passiva terreno antistante			-0,11			
12	Spinta statica	36,73	58,73	19,07	31,39	1,10	-1,78
	Peso/Inerzia muro			0,00	94,80/0,00	-0,50	-1,89
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	38,81/0,00	0,67	-0,75
	Resistenza passiva terreno antistante			-0,11			

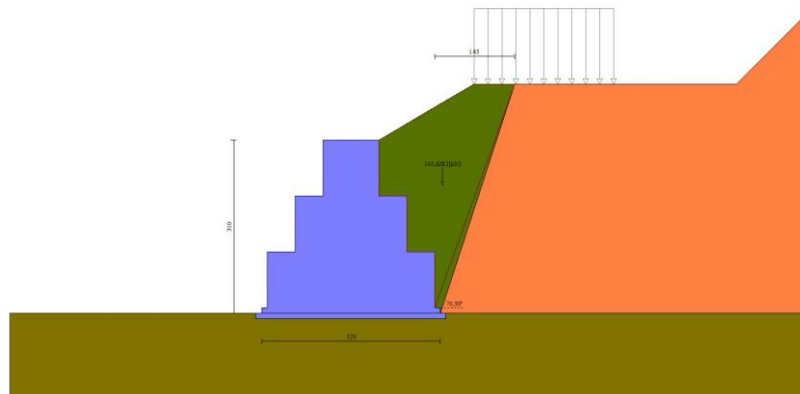


Fig. 4 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

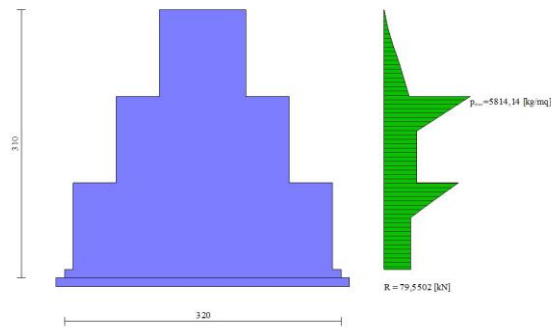


Fig. 5 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

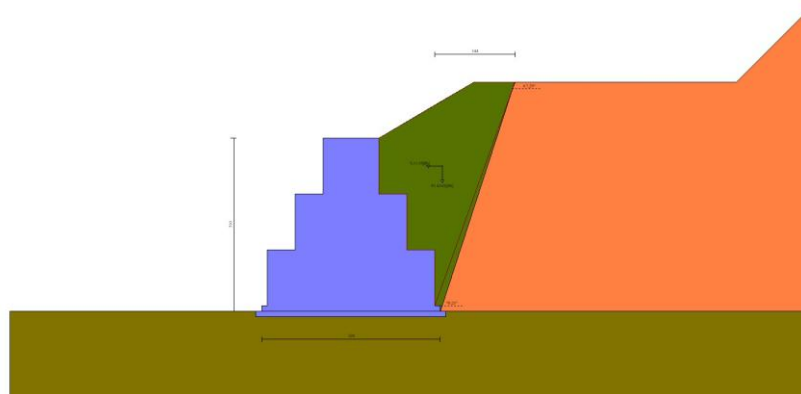


Fig. 6 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

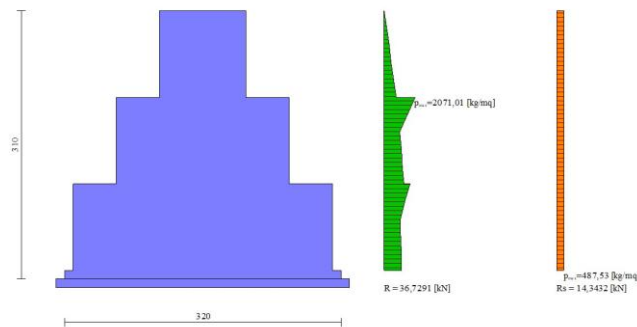


Fig. 7 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

- Cmb Indice/Tipo combinazione
- N Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
- T Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
- M_r Momento ribaltante, espresso in [kNm]
- M_s Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
- ecc Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N	T	M _r	M _s	ecc
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[m]
1 - STR (A1-M1-R3)	194,79	50,84	70,51	455,09	-0,374

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
2 - STR (A1-M1-R3)	184,73	41,46	60,14	390,60	-0,189
3 - STR (A1-M1-R3)	163,23	37,49	68,28	367,15	-0,231
4 - GEO (A2-M2-R2)	184,38	53,61	78,64	421,77	-0,261
5 - GEO (A2-M2-R2)	184,73	41,46	60,14	390,60	-0,189
6 - GEO (A2-M2-R2)	163,23	37,49	68,28	367,15	-0,231
7 - EQU (A1-M1-R3)	194,79	50,84	70,51	455,09	-0,374
8 - EQU (A1-M1-R3)	194,61	52,67	77,59	406,02	-0,088
9 - EQU (A1-M1-R3)	162,31	46,68	89,77	370,84	-0,132
10 - SLER	180,14	38,32	53,09	408,19	-0,371
11 - SLEF	176,58	33,29	45,70	396,80	-0,388
12 - SLEQ	165,00	19,07	25,25	359,75	-0,427
13 - SLEQ	175,44	30,94	43,74	376,14	-0,295
14 - SLEQ	164,00	28,81	48,05	363,68	-0,325

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		2.542		16.289			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	3.032		17.468			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.152		19.893			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.976		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.875		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.026		
7 - EQU (A1-M1-R3)			6.454				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		5.233				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		4.131				

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
1 - STR (A1-M1-R3)	129,13	0,11	0,00	--	--	129,24	50,84	2.542
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	125,60	0,11	0,00	--	--	125,71	41,46	3.032
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	118,06	0,11	0,00	--	--	118,17	37,49	3.152

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
1 - STR (A1-M1-R3)	194,79	3173,04	2266,46	16.289
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	184,73	3227,03	2689,19	17.468
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	163,23	3247,23	2706,02	19.893

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa

gc, gq, g _γ	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b _γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s _γ	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p _γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r _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 [N/mm ²]
σ _v	Pressione terreno valle, espressa in [N/mm ²]
σ _m	Pressione terreno monte, espressa in [N/mm ²]

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

n°	N _c N _q N _γ	i _c i _q i _γ	d _c d _q d _γ	g _c g _q g _γ	b _c b _q b _γ	s _c s _q s _γ	p _c p _q p _γ	Ir	Irc	Re	r _γ
1	27.860	0.927	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.949
	16.443	0.932	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	19.338	0.895	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
2	27.860	0.940	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.949
	16.443	0.944	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	19.338	0.913	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
3	27.860	0.945	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.949
	16.443	0.948	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	
	19.338	0.920	1.000	1.000	1.000	--	--	--	--	--	

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [kN/mc]	φ [°]	c [N/mm ²]
1	0,00	3,20	2,72	19,00	29,00	0,019
2	0,00	3,20	2,72	19,00	29,00	0,019
3	0,00	3,20	2,72	19,00	29,00	0,019

n°	σ _v [N/mm ²]	σ _m [N/mm ²]
1	0,018	0,104
2	0,037	0,078
3	0,029	0,073

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
M _s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
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 [kNm]	M _r [kNm]	FS
7 - EQU (A1-M1-R3)	455,09	70,51	6.454
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	406,02	77,59	5.233
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	370,84	89,77	4.131

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 [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	-1,50; 2,00	5,73	1.976
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1,50; 1,50	5,29	2.875
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1,50; 3,00	6,64	3.026

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]
Q _f	carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm ²]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm ²]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mmq]

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mmq]	u [N/mmq]	Tx; Ty [kN]
1	3,66	14,14	0,00	4,16 - 0,33	73.605	24.791	0,030	0,0000	
2	9,56	14,14	0,00	0,33	64.364	24.791	0,030	0,0000	
3	13,49	14,14	0,00	0,33	57.439	24.791	0,030	0,0000	
4	16,53	14,14	0,00	0,33	51.676	24.791	0,030	0,0000	
5	19,03	14,14	0,00	0,33	46.583	24.791	0,030	0,0000	
6	20,97	14,14	0,00	0,33	41.935	24.791	0,030	0,0000	
7	22,27	14,14	0,00	0,33	37.608	24.791	0,030	0,0000	
8	23,09	5,58	0,00	0,33	33.521	24.791	0,030	0,0000	
9	22,82	0,00	0,00	0,33	29.620	24.791	0,030	0,0000	
10	23,37	0,00	0,00	0,33	25.865	23.915	0,015	0,0000	
11	21,02	0,00	0,00	0,33	22.227	23.915	0,015	0,0000	
12	19,61	0,00	0,00	0,33	18.681	23.915	0,015	0,0000	
13	18,83	0,00	0,00	0,33	15.208	23.915	0,015	0,0000	
14	18,68	0,00	0,00	0,33	11.792	23.915	0,015	0,0000	
15	19,05	0,00	0,00	0,33	8.418	23.915	0,015	0,0000	
16	16,91	0,00	0,00	0,33	5.073	23.915	0,015	0,0000	
17	14,44	0,00	0,00	0,33	1.746	23.915	0,015	0,0000	
18	9,59	0,00	0,00	0,33	-1.576	23.915	0,015	0,0000	
19	6,92	0,00	0,00	0,33	-4.903	23.915	0,015	0,0000	
20	3,64	0,00	0,00	0,33	-8.246	23.915	0,015	0,0000	
21	3,27	0,00	0,00	0,33	-11.618	23.915	0,015	0,0000	
22	2,77	0,00	0,00	0,33	-15.032	23.915	0,015	0,0000	
23	2,14	0,00	0,00	0,33	-18.501	23.915	0,015	0,0000	
24	1,36	0,00	0,00	0,33	-22.043	23.915	0,015	0,0000	
25	0,44	0,00	0,00	-4,15 - 0,33	-24.148	23.915	0,015	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mmq]	u [N/mmq]	Tx; Ty [kN]
1	4,15	0,00	0,00	3,78 - 0,32	76.706	30.000	0,038	0,0000	
2	10,44	0,00	0,00	0,32	65.504	30.000	0,038	0,0000	
3	14,17	0,00	0,00	0,32	58.115	30.000	0,038	0,0000	
4	17,00	0,00	0,00	0,32	52.074	30.000	0,038	0,0000	
5	19,17	0,00	0,00	0,32	46.777	30.000	0,038	0,0000	
6	20,64	0,00	0,00	0,32	41.964	30.000	0,038	0,0000	
7	21,71	0,00	0,00	0,32	37.494	30.000	0,038	0,0000	
8	21,74	0,00	0,00	0,32	33.279	30.000	0,038	0,0000	
9	22,79	0,00	0,00	0,32	29.261	29.000	0,019	0,0000	
10	20,25	0,00	0,00	0,32	25.395	29.000	0,019	0,0000	
11	19,35	0,00	0,00	0,32	21.650	29.000	0,019	0,0000	
12	18,68	0,00	0,00	0,32	18.001	29.000	0,019	0,0000	
13	17,90	0,00	0,00	0,32	14.425	29.000	0,019	0,0000	
14	18,33	0,00	0,00	0,32	10.907	29.000	0,019	0,0000	
15	18,64	0,00	0,00	0,32	7.430	29.000	0,019	0,0000	
16	14,46	0,00	0,00	0,32	3.980	29.000	0,019	0,0000	
17	12,53	0,00	0,00	0,32	0.545	29.000	0,019	0,0000	
18	9,35	0,00	0,00	0,32	-2.889	29.000	0,019	0,0000	
19	5,36	0,00	0,00	0,32	-6.332	29.000	0,019	0,0000	
20	3,72	0,00	0,00	0,32	-9.799	29.000	0,019	0,0000	
21	3,33	0,00	0,00	0,32	-13.303	29.000	0,019	0,0000	
22	2,82	0,00	0,00	0,32	-16.859	29.000	0,019	0,0000	
23	2,17	0,00	0,00	0,32	-20.482	29.000	0,019	0,0000	
24	1,38	0,00	0,00	0,32	-24.195	29.000	0,019	0,0000	
25	0,45	0,00	0,00	-4,14 - 0,32	-26.581	29.000	0,019	0,0000	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mmq]	u [N/mmq]	Tx; Ty [kN]
1	3,09	0,00	0,00	4,84 - 0,36	67.791	30.000	0,038	0,0000	
2	8,47	0,00	0,00	0,36	61.071	30.000	0,038	0,0000	
3	12,57	0,00	0,00	0,36	55.142	30.000	0,038	0,0000	
4	15,89	0,00	0,00	0,36	50.007	30.000	0,038	0,0000	
5	18,68	0,00	0,00	0,36	45.379	30.000	0,038	0,0000	
6	21,06	0,00	0,00	0,36	41.106	30.000	0,038	0,0000	
7	23,09	0,00	0,00	0,36	37.098	30.000	0,038	0,0000	
8	24,43	0,00	0,00	0,36	33.293	30.000	0,038	0,0000	
9	25,33	0,00	0,00	0,36	29.647	30.000	0,038	0,0000	
10	25,06	0,00	0,00	0,36	26.131	30.000	0,038	0,0000	
11	25,67	0,00	0,00	0,36	22.717	29.000	0,019	0,0000	
12	22,63	0,00	0,00	0,36	19.387	29.000	0,019	0,0000	
13	20,99	0,00	0,00	0,36	16.124	29.000	0,019	0,0000	
14	19,90	0,00	0,00	0,36	12.914	29.000	0,019	0,0000	
15	19,77	0,00	0,00	0,36	9.745	29.000	0,019	0,0000	
16	20,12	0,00	0,00	0,36	6.606	29.000	0,019	0,0000	
17	16,19	0,00	0,00	0,36	3.487	29.000	0,019	0,0000	
18	12,98	0,00	0,00	0,36	0.378	29.000	0,019	0,0000	
19	9,57	0,00	0,00	0,36	-2.730	29.000	0,019	0,0000	
20	3,73	0,00	0,00	0,36	-5.846	29.000	0,019	0,0000	
21	3,15	0,00	0,00	0,36	-8.979	29.000	0,019	0,0000	
22	2,69	0,00	0,00	0,36	-12.140	29.000	0,019	0,0000	
23	2,09	0,00	0,00	0,36	-15.339	29.000	0,019	0,0000	
24	1,34	0,00	0,00	0,36	-18.588	29.000	0,019	0,0000	
25	0,43	0,00	0,00	-4,16 - 0,36	-20.550	29.000	0,019	0,0000	

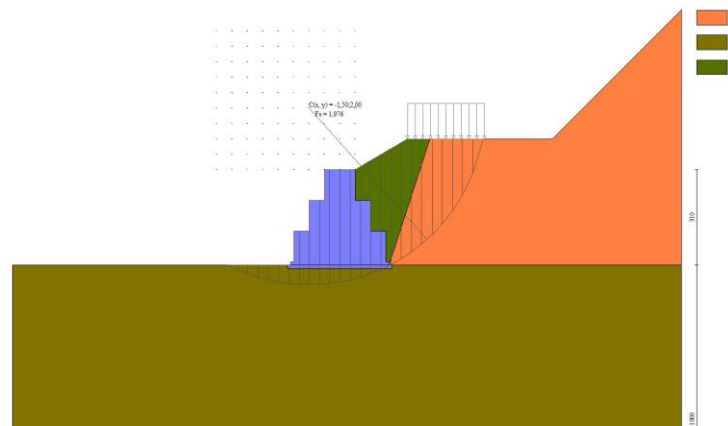


Fig. 8 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Cedimenti

Simbologia adottata

Ic	Indice combinazione
X, Y	Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
w	Cedimento, espressa in [cm]
dw	Cedimento differenziale, espressa in [cm]

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
10	-2,10; -3,10	0,000	0,000
10	-0,50; -3,10	0,000	0,000
10	1,10; -3,10	0,000	0,000
11	-2,10; -3,10	0,000	0,000
11	-0,50; -3,10	0,000	0,000
11	1,10; -3,10	0,000	0,000
12	-2,10; -3,10	0,000	0,000
12	-0,50; -3,10	0,000	0,000
12	1,10; -3,10	0,000	0,000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n°	Indice della sezione
X	Posizione della sezione, espresso in [m]
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)

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 [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,52	0,05	-0,01
3	-0,20	3,08	0,19	-0,03
4	-0,30	4,69	0,46	-0,06
5	-0,40	6,38	0,88	-0,08
6	-0,50	8,13	1,49	-0,09
7	-0,60	9,97	2,28	-0,08
8	-0,70	11,89	3,25	-0,01
9	-0,80	13,87	4,37	0,13
10	-0,90	15,92	5,64	0,35
11	-1,00	18,03	7,06	0,68
12	-1,00	28,43	7,12	-8,71
13	-1,10	33,49	11,93	-9,83
14	-1,20	38,21	15,92	-10,15
15	-1,30	42,57	19,10	-9,77
16	-1,40	46,60	21,49	-8,77
17	-1,50	50,45	23,48	-7,38
18	-1,60	54,30	25,47	-5,80
19	-1,70	58,15	27,45	-4,01
20	-1,80	62,00	29,44	-2,03
21	-1,90	65,86	31,44	0,15
22	-2,00	69,71	33,43	2,52

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
23	-2,00	91,78	33,49	-32,23
24	-2,10	98,06	37,62	-31,35
25	-2,20	104,03	41,03	-29,62
26	-2,30	109,69	43,73	-27,12
27	-2,40	115,04	45,72	-23,94
28	-2,50	120,24	47,36	-20,35
29	-2,60	125,45	49,00	-16,60
30	-2,70	130,64	50,63	-12,67
31	-2,80	135,84	52,25	-8,59
32	-2,90	141,03	53,87	-4,33
33	-3,00	146,22	55,48	0,09

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,79	0,64	-0,07
3	-0,20	3,61	1,36	-0,09
4	-0,30	5,46	2,15	-0,05
5	-0,40	7,34	3,01	0,06
6	-0,50	9,25	3,94	0,24
7	-0,60	11,19	4,94	0,50
8	-0,70	13,17	6,02	0,85
9	-0,80	15,17	7,16	1,30
10	-0,90	17,20	8,38	1,85
11	-1,00	19,27	9,66	2,51
12	-1,00	29,65	10,86	-6,39
13	-1,10	33,76	13,37	-6,12
14	-1,20	37,76	15,66	-5,51
15	-1,30	41,66	17,72	-4,59
16	-1,40	45,47	19,55	-3,37
17	-1,50	49,24	21,30	-1,94
18	-1,60	53,03	23,08	-0,36
19	-1,70	56,83	24,91	1,40
20	-1,80	60,65	26,78	3,31
21	-1,90	64,49	28,68	5,40
22	-2,00	68,35	30,63	7,67
23	-2,00	90,42	33,13	-22,13
24	-2,10	95,99	35,56	-19,95
25	-2,20	101,51	37,85	-17,43
26	-2,30	106,97	40,01	-14,61
27	-2,40	112,37	42,02	-11,49
28	-2,50	117,74	43,98	-8,13
29	-2,60	123,12	45,93	-4,58
30	-2,70	128,49	47,89	-0,84
31	-2,80	133,87	49,86	3,10
32	-2,90	139,25	51,83	7,23
33	-3,00	144,63	53,80	11,55

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,52	0,41	-0,03
3	-0,20	3,07	0,89	-0,04
4	-0,30	4,65	1,44	0,00
5	-0,40	6,26	2,07	0,07
6	-0,50	7,91	2,77	0,20
7	-0,60	9,58	3,54	0,38
8	-0,70	11,28	4,38	0,63
9	-0,80	13,02	5,29	0,96
10	-0,90	14,78	6,27	1,36
11	-1,00	16,58	7,32	1,85
12	-1,00	26,96	8,51	-6,55
13	-1,10	30,62	10,79	-6,43
14	-1,20	34,19	12,84	-5,99
15	-1,30	37,66	14,67	-5,26
16	-1,40	41,03	16,27	-4,26
17	-1,50	44,37	17,78	-3,06
18	-1,60	47,72	19,33	-1,74
19	-1,70	51,09	20,92	-0,27
20	-1,80	54,47	22,56	1,34
21	-1,90	57,88	24,23	3,09
22	-2,00	61,30	25,94	5,00
23	-2,00	83,35	28,44	-23,79
24	-2,10	88,33	30,64	-21,93
25	-2,20	93,24	32,69	-19,77
26	-2,30	98,09	34,61	-17,33
27	-2,40	102,89	36,40	-14,61
28	-2,50	107,66	38,11	-11,67
29	-2,60	112,43	39,84	-8,57
30	-2,70	117,20	41,56	-5,29
31	-2,80	121,97	43,29	-1,85
32	-2,90	126,75	45,03	1,77
33	-3,00	131,52	46,77	5,55

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,51	0,04	-0,01
3	-0,20	3,06	0,15	-0,02
4	-0,30	4,65	0,35	-0,04
5	-0,40	6,28	0,67	-0,06
6	-0,50	7,98	1,13	-0,07
7	-0,60	9,74	1,73	-0,06
8	-0,70	11,55	2,46	-0,01
9	-0,80	13,42	3,31	0,10
10	-0,90	15,33	4,27	0,27
11	-1,00	17,29	5,35	0,51
12	-1,00	27,68	5,40	-8,50
13	-1,10	32,24	9,02	-9,34
14	-1,20	36,53	12,04	-9,59
15	-1,30	40,56	14,44	-9,30
16	-1,40	44,34	16,25	-8,54
17	-1,50	47,98	17,76	-7,50
18	-1,60	51,63	19,28	-6,30
19	-1,70	55,28	20,79	-4,95
20	-1,80	58,93	22,31	-3,46
21	-1,90	62,57	23,82	-1,81
22	-2,00	66,22	25,34	-0,01
23	-2,00	88,29	25,39	-33,03
24	-2,10	94,13	28,51	-32,35
25	-2,20	99,73	31,08	-31,03
26	-2,30	105,11	33,12	-29,14
27	-2,40	110,26	34,64	-26,73
28	-2,50	115,30	35,89	-24,02
29	-2,60	120,33	37,14	-21,18
30	-2,70	125,36	38,39	-18,22
31	-2,80	130,39	39,63	-15,12
32	-2,90	135,42	40,86	-11,90
33	-3,00	140,45	42,10	-8,55

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,51	0,04	-0,01
3	-0,20	3,06	0,15	-0,02
4	-0,30	4,64	0,34	-0,04
5	-0,40	6,27	0,64	-0,06
6	-0,50	7,94	1,04	-0,06
7	-0,60	9,67	1,58	-0,05
8	-0,70	11,45	2,23	0,00
9	-0,80	13,28	2,99	0,10
10	-0,90	15,15	3,86	0,25
11	-1,00	17,07	4,83	0,48
12	-1,00	27,46	4,88	-8,43
13	-1,10	31,81	8,03	-9,14
14	-1,20	35,95	10,67	-9,34
15	-1,30	39,86	12,81	-9,09
16	-1,40	43,56	14,45	-8,43
17	-1,50	47,16	15,84	-7,52
18	-1,60	50,75	17,24	-6,47
19	-1,70	54,36	18,66	-5,29
20	-1,80	57,96	20,07	-3,97
21	-1,90	61,57	21,50	-2,51
22	-2,00	65,18	22,93	-0,91
23	-2,00	87,25	22,97	-33,41
24	-2,10	92,91	25,67	-32,72
25	-2,20	98,38	27,94	-31,51
26	-2,30	103,66	29,77	-29,81
27	-2,40	108,77	31,17	-27,67
28	-2,50	113,78	32,37	-25,27
29	-2,60	118,79	33,56	-22,75
30	-2,70	123,80	34,75	-20,10
31	-2,80	128,80	35,94	-17,34
32	-2,90	133,81	37,12	-14,46
33	-3,00	138,82	38,31	-11,46

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,51	0,04	-0,01
3	-0,20	3,06	0,15	-0,02
4	-0,30	4,64	0,33	-0,04
5	-0,40	6,24	0,58	-0,05
6	-0,50	7,88	0,91	-0,04
7	-0,60	9,55	1,30	-0,02
8	-0,70	11,25	1,77	0,03
9	-0,80	12,98	2,31	0,12
10	-0,90	14,75	2,92	0,25
11	-1,00	16,54	3,60	0,43
12	-1,00	26,92	3,62	-8,21
13	-1,10	30,66	5,37	-8,51
14	-1,20	34,31	6,88	-8,55
15	-1,30	37,86	8,17	-8,35

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
16	-1,40	41,31	9,23	-7,94
17	-1,50	44,72	10,20	-7,39
18	-1,60	48,15	11,21	-6,75
19	-1,70	51,60	12,26	-6,04
20	-1,80	55,07	13,36	-5,23
21	-1,90	58,55	14,49	-4,33
22	-2,00	62,05	15,66	-3,33
23	-2,00	84,11	15,69	-34,27
24	-2,10	89,24	17,18	-33,59
25	-2,20	94,32	18,53	-32,68
26	-2,30	99,34	19,74	-31,55
27	-2,40	104,30	20,82	-30,22
28	-2,50	109,23	21,83	-28,74
29	-2,60	114,16	22,84	-27,17
30	-2,70	119,10	23,86	-25,49
31	-2,80	124,04	24,88	-23,72
32	-2,90	128,97	25,91	-21,85
33	-3,00	133,91	26,94	-19,87

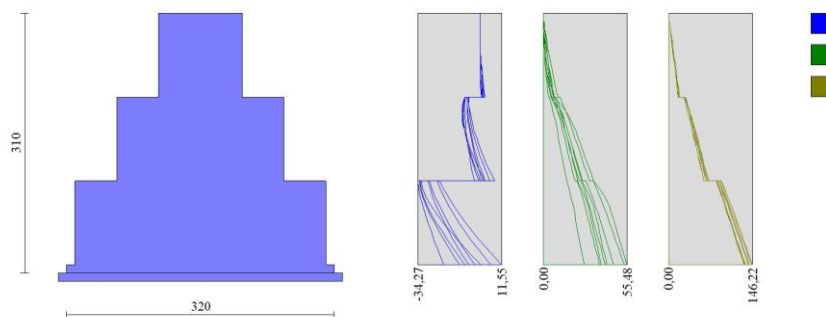


Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,10	0,00	0,00	0,00
2	-2,05	0,00	0,87	0,02
3	-2,00	0,00	1,80	0,09
4	1,00	0,00	1,61	0,08
5	1,05	0,00	0,82	0,02
6	1,10	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,10	0,00	0,00	0,00
2	-2,05	0,00	1,81	0,05
3	-2,00	0,00	3,64	0,18
4	1,00	0,00	1,09	0,05
5	1,05	0,00	0,55	0,01
6	1,10	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,10	0,00	0,00	0,00
2	-2,05	0,00	1,39	0,03
3	-2,00	0,00	2,81	0,14
4	1,00	0,00	0,58	0,03
5	1,05	0,00	0,29	0,01
6	1,10	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,10	0,00	0,00	0,00
2	-2,05	0,00	0,81	0,02

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
3	-2,00	0,00	1,68	0,08
4	1,00	0,00	2,76	0,14
5	1,05	0,00	1,40	0,04
6	1,10	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,10	0,00	0,00	0,00
2	-2,05	0,00	0,71	0,02
3	-2,00	0,00	1,48	0,07
4	1,00	0,00	2,75	0,14
5	1,05	0,00	1,39	0,03
6	1,10	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-2,10	0,00	0,00	0,00
2	-2,05	0,00	0,47	0,01
3	-2,00	0,00	1,00	0,05
4	1,00	0,00	2,50	0,13
5	1,05	0,00	1,27	0,03
6	1,10	0,00	0,00	0,00

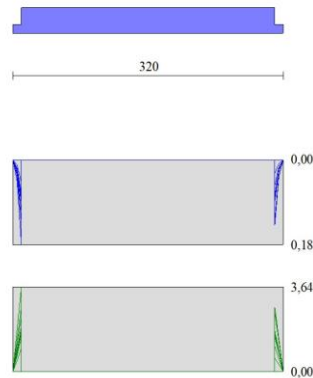


Fig. 10 - Fondazione (Involuppo)

Verifiche strutturali*Paramento in pietrame*

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
As	area sezione reagente espresso in [cmq]
e	eccentricità espresso in [cm]
σ	tensione espressa in [N/mm ²]
Rt	resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kN]
Et	Azione orizzontale espressa in [kN]
FSsco	fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
Ms	momento stabilizzante espresso in [kNm]
Mr	momento ribaltante espresso in [kNm]
FSrib	fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [N/mm ²]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0,00	10000	0,00	0,000	100,0000	0,0000	100,000	0,0000	0,0000	100,000
2	-0,10	10000	-0,57	0,002	101,5190	0,0476	2134,735	0,7698	0,0016	486,080
3	-0,20	10000	-0,92	0,003	103,0790	0,1902	541,885	1,5805	0,0127	124,758
4	-0,30	10000	-1,17	0,005	104,6934	0,4587	228,217	2,4456	0,0438	55,862
5	-0,40	10000	-1,27	0,007	106,3753	0,8841	120,319	3,3783	0,1095	30,838
6	-0,50	10000	-1,16	0,009	108,1330	1,4851	72,814	4,3867	0,2263	19,387
7	-0,60	10000	-0,79	0,010	109,9746	2,2806	48,221	5,4791	0,4127	13,275
8	-0,70	10000	-0,11	0,012	111,8907	3,2489	34,440	6,6460	0,6877	9,664
9	-0,80	10000	0,90	0,015	113,8716	4,3674	26,073	7,8776	1,0669	7,384
10	-0,90	10000	2,20	0,018	115,9173	5,6361	20,567	9,1740	1,5653	5,861
11	-1,00	10000	3,75	0,022	118,0278	7,0550	16,730	10,5353	2,1980	4,793

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [N/mmq]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
12	-1,00	20000	-30,65	0,027	228,4253	7,1223	32,072	37,8141	2,2121	17,094
13	-1,10	20000	-29,35	0,031	233,4930	11,9303	19,571	43,9186	3,1697	13,856
14	-1,20	20000	-26,57	0,034	238,2078	15,9205	14,962	49,4939	4,5662	10,839
15	-1,30	20000	-22,95	0,036	242,5745	19,1030	12,698	54,5469	6,3205	8,630
16	-1,40	20000	-18,82	0,036	246,5971	21,4881	11,476	59,0839	8,3526	7,074
17	-1,50	20000	-14,63	0,036	250,4487	23,4764	10,668	63,3642	10,5964	5,980
18	-1,60	20000	-10,68	0,036	254,3004	25,4653	9,986	67,6448	13,0386	5,188
19	-1,70	20000	-6,90	0,035	258,1524	27,4547	9,403	71,9258	15,6793	4,587
20	-1,80	20000	-3,28	0,034	262,0047	29,4448	8,898	76,2073	18,5185	4,115
21	-1,90	20000	0,22	0,033	265,8573	31,4355	8,457	80,4892	21,5565	3,734
22	-2,00	20000	3,62	0,039	269,7102	33,4269	8,069	84,7714	24,7931	3,419
23	-2,00	30000	-35,12	0,052	391,7838	33,4919	11,698	180,3245	24,8600	7,254
24	-2,10	30000	-31,97	0,054	398,0610	37,6230	10,580	190,6312	28,4182	6,708
25	-2,20	30000	-28,47	0,054	404,0269	41,0324	9,847	200,3153	32,3531	6,192
26	-2,30	30000	-24,73	0,055	409,6855	43,7291	9,369	209,3846	36,5927	5,722
27	-2,40	30000	-20,81	0,054	415,0405	45,7220	9,077	217,8469	41,0667	5,305
28	-2,50	30000	-16,93	0,054	420,2443	47,3643	8,873	226,0068	45,7164	4,944
29	-2,60	30000	-13,23	0,053	425,4457	49,0009	8,682	234,1618	50,5299	4,634
30	-2,70	30000	-9,70	0,052	430,6443	50,6313	8,505	242,3113	55,5066	4,365
31	-2,80	30000	-6,32	0,051	435,8401	52,2548	8,341	250,4550	60,6458	4,130
32	-2,90	30000	-3,07	0,050	441,0328	53,8716	8,187	258,5928	65,9469	3,921
33	-3,00	30000	0,06	0,049	446,2227	55,4815	8,043	266,7248	71,4091	3,735

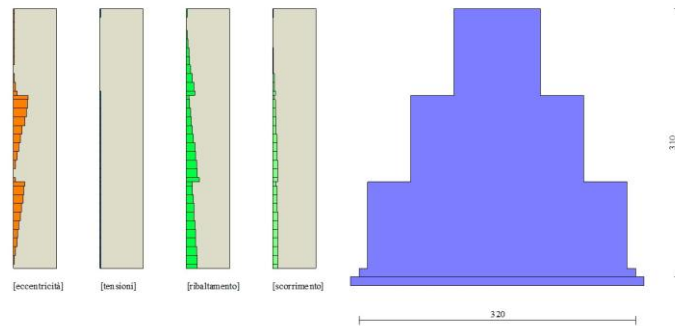


Fig. 11 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 1)

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

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [N/mmq]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0,00	10000	0,00	0,000	100,0000	0,0000	100,000	0,0000	0,0000	100,000
2	-0,10	10000	-3,97	0,002	101,7873	0,6429	158,334	0,9961	0,0315	31,620
3	-0,20	10000	-2,49	0,004	103,6061	1,3589	76,243	2,0238	0,1309	15,463
4	-0,30	10000	-0,90	0,006	105,4561	2,1472	49,114	3,0826	0,3054	10,093
5	-0,40	10000	0,80	0,008	107,3369	3,0068	35,698	4,1722	0,5623	7,420
6	-0,50	10000	2,60	0,011	109,2487	3,9383	27,740	5,2928	0,9086	5,825
7	-0,60	10000	4,49	0,014	111,1916	4,9420	22,499	6,4445	1,3515	4,768
8	-0,70	10000	6,49	0,018	113,1651	6,0168	18,808	7,6269	1,8984	4,018
9	-0,80	10000	8,58	0,023	115,1689	7,1615	16,082	8,8395	2,5560	3,458
10	-0,90	10000	10,76	0,028	117,2028	8,3762	13,992	10,0822	3,3316	3,026
11	-1,00	10000	13,03	0,034	119,2668	9,6608	12,345	11,3550	4,2319	2,683
12	-1,00	20000	-21,56	0,024	229,6528	10,8557	21,155	39,2348	4,9187	7,977
13	-1,10	20000	-18,14	0,026	233,7553	13,3727	17,480	43,8078	6,1296	7,147
14	-1,20	20000	-14,60	0,027	237,7585	15,6592	15,183	48,2318	7,5802	6,363
15	-1,30	20000	-11,02	0,028	241,6635	17,7181	13,639	52,5086	9,2476	5,678
16	-1,40	20000	-7,42	0,028	245,4717	19,5525	12,555	56,6401	11,1093	5,098
17	-1,50	20000	-3,95	0,028	249,2407	21,2961	11,704	60,7128	13,1473	4,618
18	-1,60	20000	-0,67	0,027	253,0279	23,0818	10,962	64,8128	15,3614	4,219
19	-1,70	20000	2,46	0,031	256,8327	24,9085	10,311	68,9393	17,7558	3,883
20	-1,80	20000	5,46	0,035	260,6548	26,7750	9,735	73,0917	20,3344	3,594
21	-1,90	20000	8,38	0,040	264,4940	28,6815	9,222	77,2698	23,1014	3,345
22	-2,00	20000	11,22	0,046	268,3505	30,6278	8,762	81,4737	26,0606	3,126
23	-2,00	30000	-24,48	0,045	390,4160	33,1315	11,784	176,3285	29,1292	6,053
24	-2,10	30000	-20,78	0,045	395,9944	35,5623	11,135	185,1119	32,5617	5,685
25	-2,20	30000	-17,17	0,045	401,5127	37,8535	10,607	193,7749	36,2299	5,348
26	-2,30	30000	-13,66	0,045	406,9715	40,0069	10,173	202,3189	40,1202	5,043
27	-2,40	30000	-10,23	0,045	412,3715	42,0241	9,813	210,7456	44,2188	4,766
28	-2,50	30000	-6,91	0,045	417,7435	43,9762	9,499	219,1160	48,5145	4,517
29	-2,60	30000	-3,72	0,044	423,1173	45,9325	9,212	227,4900	53,0054	4,292
30	-2,70	30000	-0,65	0,043	428,4929	47,8929	8,947	235,8677	57,6919	4,088
31	-2,80	30000	2,31	0,047	433,8703	49,8575	8,702	244,2489	62,5745	3,903
32	-2,90	30000	5,19	0,051	439,2494	51,8262	8,475	252,6337	67,6536	3,734
33	-3,00	30000	7,99	0,056	444,6304	53,7991	8,265	261,0221	72,9295	3,579

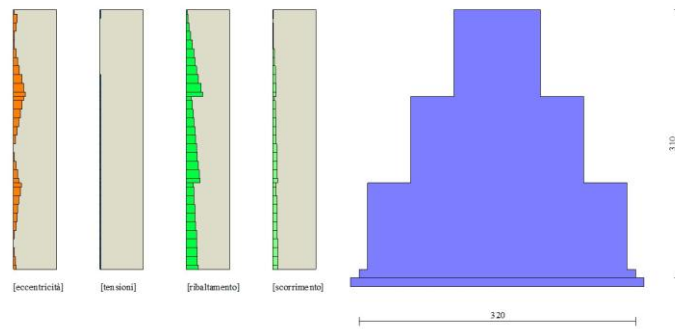


Fig. 12 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 2)

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

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [N/mmq]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0,00	10000	0,00	0,000	100,0000	0,0000	100,000	0,0000	0,0000	100,000
2	-0,10	10000	-2,12	0,002	101,5186	0,4086	248,433	0,8112	0,0198	40,967
3	-0,20	10000	-1,16	0,003	103,0687	0,8904	115,751	1,6540	0,0841	19,672
4	-0,30	10000	-0,06	0,005	104,6499	1,4445	72,447	2,5280	0,2001	12,632
5	-0,40	10000	1,17	0,007	106,2620	2,0699	51,336	3,4327	0,3751	9,152
6	-0,50	10000	2,53	0,009	107,9050	2,7671	38,995	4,3684	0,6161	7,091
7	-0,60	10000	4,02	0,012	109,5792	3,5366	30,984	5,3353	0,9303	5,735
8	-0,70	10000	5,62	0,015	111,2841	4,3772	25,424	6,3328	1,3251	4,779
9	-0,80	10000	7,35	0,019	113,0191	5,2877	21,374	7,3605	1,8072	4,073
10	-0,90	10000	9,18	0,023	114,7842	6,2681	18,312	8,4183	2,3839	3,531
11	-1,00	10000	11,13	0,028	116,5795	7,3185	15,929	9,5063	3,0619	3,105
12	-1,00	20000	-24,31	0,023	226,9584	8,5088	26,674	36,0344	3,7440	9,624
13	-1,10	20000	-21,00	0,025	230,6250	10,7917	21,371	40,1209	4,7090	8,520
14	-1,20	20000	-17,52	0,026	234,1921	12,8442	18,233	44,0585	5,8904	7,480
15	-1,30	20000	-13,96	0,027	237,6612	14,6692	16,201	47,8488	7,2652	6,586
16	-1,40	20000	-10,37	0,027	241,0333	16,2695	14,815	51,4938	8,8109	5,844
17	-1,50	20000	-6,91	0,027	244,3664	17,7791	13,745	55,0801	10,5096	5,241
18	-1,60	20000	-3,64	0,026	247,7175	19,3308	12,815	58,6936	12,3610	4,748
19	-1,70	20000	-0,53	0,026	251,0864	20,9235	12,000	62,3337	14,3693	4,338
20	-1,80	20000	2,46	0,029	254,4725	22,5561	11,282	65,9995	16,5386	3,991
21	-1,90	20000	5,35	0,034	257,8757	24,2285	10,643	69,6912	18,8729	3,693
22	-2,00	20000	8,16	0,038	261,2962	25,9409	10,073	73,4087	21,3760	3,434
23	-2,00	30000	-28,54	0,044	383,3512	28,4398	13,479	164,7197	24,4353	6,741
24	-2,10	30000	-24,83	0,044	388,3256	30,6364	12,675	172,5464	27,3873	6,300
25	-2,20	30000	-21,21	0,044	393,2397	32,6934	12,028	180,2526	30,5518	5,900
26	-2,30	30000	-17,66	0,044	398,0943	34,6126	11,501	187,8399	33,9148	5,539
27	-2,40	30000	-14,20	0,044	402,8902	36,3956	11,070	195,3098	37,4628	5,213
28	-2,50	30000	-10,84	0,044	407,6581	38,1134	10,696	202,7236	41,1845	4,922
29	-2,60	30000	-7,62	0,043	412,4277	39,8354	10,353	210,1409	45,0780	4,662
30	-2,70	30000	-4,52	0,043	417,1992	41,5616	10,038	217,5618	49,1438	4,427
31	-2,80	30000	-1,52	0,042	421,9724	43,2920	9,747	224,9863	53,3822	4,215
32	-2,90	30000	1,39	0,043	426,7474	45,0265	9,478	232,4144	57,7937	4,021
33	-3,00	30000	4,22	0,048	431,5243	46,7652	9,227	239,8460	62,3786	3,845

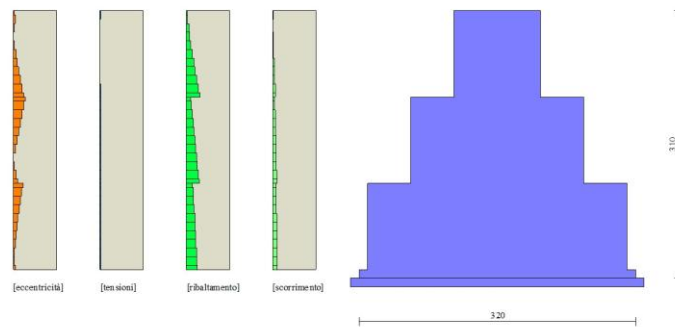


Fig. 13 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 3)

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

n°	Y	As	e	σ	Ms	Mr	FSrib
----	---	----	---	---	----	----	-------

	[m]	[cmq]	[cm]	[N/mmqa]	[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0,000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	-0,57	0,002	0,7698	0,0016	486.080
3	-0,20	10000	-0,92	0,003	1,5805	0,0127	124.758
4	-0,30	10000	-1,17	0,005	2,4456	0,0438	55.862
5	-0,40	10000	-1,27	0,007	3,3783	0,1095	30.838
6	-0,50	10000	-1,16	0,009	4,3867	0,2263	19.387
7	-0,60	10000	-0,79	0,010	5,4791	0,4127	13.275
8	-0,70	10000	-0,11	0,012	6,6460	0,6877	9.664
9	-0,80	10000	0,90	0,015	7,8776	1,0669	7.384
10	-0,90	10000	2,20	0,018	9,1740	1,5653	5.861
11	-1,00	10000	3,75	0,022	10,5353	2,1980	4.793
12	-1,00	20000	-30,65	0,027	37,8141	2,2121	17.094
13	-1,10	20000	-29,35	0,031	43,9186	3,1697	13.856
14	-1,20	20000	-26,57	0,034	49,4939	4,5662	10.839
15	-1,30	20000	-22,95	0,036	54,5469	6,3205	8.630
16	-1,40	20000	-18,82	0,036	59,0839	8,3526	7.074
17	-1,50	20000	-14,63	0,036	63,3642	10,5964	5.980
18	-1,60	20000	-10,68	0,036	67,6448	13,0386	5.188
19	-1,70	20000	-6,90	0,035	71,9258	15,6793	4.587
20	-1,80	20000	-3,28	0,034	76,2073	18,5185	4.115
21	-1,90	20000	0,22	0,033	80,4892	21,5565	3.734
22	-2,00	20000	3,62	0,039	84,7714	24,7931	3.419
23	-2,00	30000	-35,12	0,052	180,3245	24,8600	7.254
24	-2,10	30000	-31,97	0,054	190,6312	28,4182	6.708
25	-2,20	30000	-28,47	0,054	200,3153	32,3531	6.192
26	-2,30	30000	-24,73	0,055	209,3846	36,5927	5.722
27	-2,40	30000	-20,81	0,054	217,8469	41,0667	5.305
28	-2,50	30000	-16,93	0,054	226,0068	45,7164	4.944
29	-2,60	30000	-13,23	0,053	234,1618	50,5299	4.634
30	-2,70	30000	-9,70	0,052	242,3113	55,5066	4.365
31	-2,80	30000	-6,32	0,051	250,4550	60,6458	4.130
32	-2,90	30000	-3,07	0,050	258,5928	65,9469	3.921
33	-3,00	30000	0,06	0,049	266,7248	71,4091	3.735

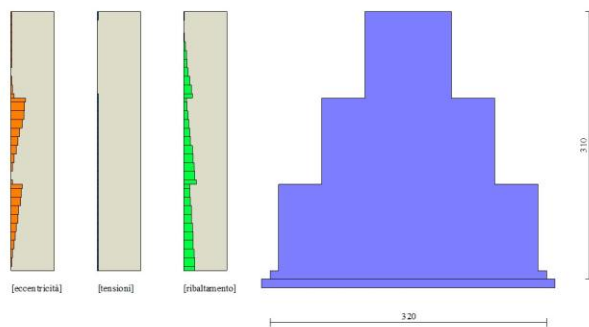


Fig. 14 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 7)

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

n°	Y	As	e	σ	Ms	Mr	FSrib
	[m]	[cmq]	[cm]	[N/mmqa]	[kNm]	[kNm]	
1	0,00	10000	0,00	0,000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	-5,36	0,003	1,1118	0,0467	23.829
3	-0,20	10000	-3,19	0,005	2,2551	0,1915	11.776
4	-0,30	10000	-0,93	0,006	3,4295	0,4418	7.763
5	-0,40	10000	1,42	0,009	4,6348	0,8047	5.759
6	-0,50	10000	3,85	0,012	5,8710	1,2874	4.560
7	-0,60	10000	6,36	0,017	7,1384	1,8971	3.763
8	-0,70	10000	8,96	0,022	8,4364	2,6409	3.195
9	-0,80	10000	11,64	0,028	9,7646	3,5259	2.769
10	-0,90	10000	14,39	0,034	11,1230	4,5591	2.440
11	-1,00	9835	17,22	0,042	12,5115	5,7473	2.177
12	-1,00	20000	-17,68	0,024	41,0784	6,7739	6.064
13	-1,10	20000	-13,97	0,025	45,8771	8,3653	5.484
14	-1,20	20000	-10,12	0,026	50,5267	10,2349	4.937
15	-1,30	20000	-6,22	0,026	55,0292	12,3599	4.452
16	-1,40	20000	-2,30	0,025	59,3863	14,7179	4.035
17	-1,50	20000	1,51	0,027	63,6847	17,2907	3.683
18	-1,60	20000	5,13	0,032	68,0103	20,0783	3.387
19	-1,70	20000	8,60	0,037	72,3625	23,0847	3.135
20	-1,80	20000	11,96	0,043	76,7405	26,3141	2.916
21	-1,90	20000	15,22	0,049	81,1443	29,7703	2.726
22	-2,00	20000	18,42	0,056	85,5738	33,4574	2.558
23	-2,00	30000	-17,16	0,042	182,0120	38,0448	4.784
24	-2,10	30000	-13,21	0,042	191,1734	42,3723	4.512
25	-2,20	30000	-9,33	0,042	200,2144	46,9829	4.261
26	-2,30	30000	-5,54	0,041	209,1365	51,8624	4.033
27	-2,40	30000	-1,83	0,040	217,9412	56,9973	3.824
28	-2,50	30000	1,78	0,042	226,6897	62,3764	3.634

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [N/mmq]	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
29	-2,60	30000	5,26	0,047	235,4417	67,9978	3.462
30	-2,70	30000	8,63	0,052	244,1974	73,8619	3.306
31	-2,80	30000	11,90	0,057	252,9566	79,9691	3.163
32	-2,90	30000	15,08	0,063	261,7195	86,3198	3.032
33	-3,00	30000	18,18	0,068	270,4859	92,9145	2.911

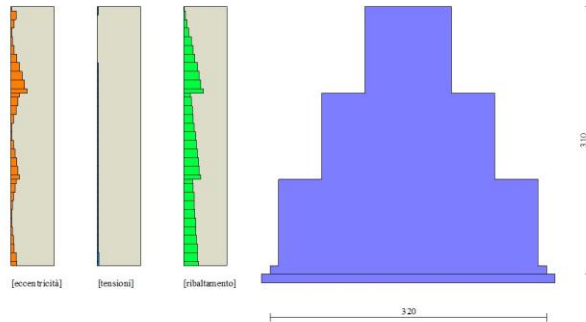


Fig. 15 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 8)

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

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [N/mmq]	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0,00	10000	0,00	0,000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	-2,94	0,002	0,8338	0,0290	28.724
3	-0,20	10000	-1,37	0,003	1,6991	0,1210	14.044
4	-0,30	10000	0,32	0,005	2,5955	0,2831	9.167
5	-0,40	10000	2,14	0,007	3,5228	0,5227	6.740
6	-0,50	10000	4,07	0,010	4,4810	0,8467	5.292
7	-0,60	10000	6,11	0,013	5,4704	1,2624	4.333
8	-0,70	10000	8,27	0,017	6,4904	1,7771	3.652
9	-0,80	10000	10,53	0,021	7,5406	2,3976	3.145
10	-0,90	10000	12,90	0,026	8,6210	3,1311	2.753
11	-1,00	10000	15,37	0,032	9,7315	3,9844	2.442
12	-1,00	20000	-21,25	0,022	36,2674	5,0039	7.248
13	-1,10	20000	-17,63	0,023	40,3353	6,2247	6.480
14	-1,20	20000	-13,81	0,024	44,2543	7,6886	5.756
15	-1,30	20000	-9,89	0,024	48,0260	9,3727	5.124
16	-1,40	20000	-5,93	0,024	51,6524	11,2546	4.589
17	-1,50	20000	-2,06	0,023	55,2200	13,3161	4.147
18	-1,60	20000	1,60	0,025	58,8150	15,5572	3.781
19	-1,70	20000	5,12	0,029	62,4364	17,9820	3.472
20	-1,80	20000	8,51	0,034	66,0837	20,5945	3.209
21	-1,90	20000	11,81	0,039	69,7567	23,3987	2.981
22	-2,00	20000	15,03	0,044	73,4556	26,3986	2.783
23	-2,00	30000	-22,37	0,040	164,5711	30,9717	5.314
24	-2,10	30000	-18,35	0,040	172,2961	34,5755	4.983
25	-2,20	30000	-14,39	0,040	179,9006	38,4268	4.682
26	-2,30	30000	-10,50	0,039	187,3863	42,5120	4.408
27	-2,40	30000	-6,68	0,039	194,7545	46,8173	4.160
28	-2,50	30000	-2,95	0,038	202,0665	51,3315	3.937
29	-2,60	30000	0,64	0,038	209,3821	56,0527	3.735
30	-2,70	30000	4,11	0,042	216,7013	60,9813	3.554
31	-2,80	30000	7,49	0,046	224,0241	66,1178	3.388
32	-2,90	30000	10,78	0,051	231,3505	71,4626	3.237
33	-3,00	30000	13,99	0,056	238,6804	77,0161	3.099

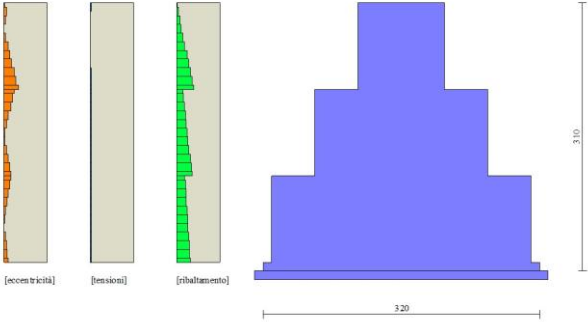


Fig. 16 - Verifiche paramento pietrame (Combinazione n° 9)

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 [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	79,55	50,28	50,84	61,19	1,10	-1,71
	Peso/Inerzia muro			0,00	94,80/0,00	-0,50	-1,89
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	38,81/0,00	0,67	-0,75
	Resistenza passiva terreno antistante			-0,11			

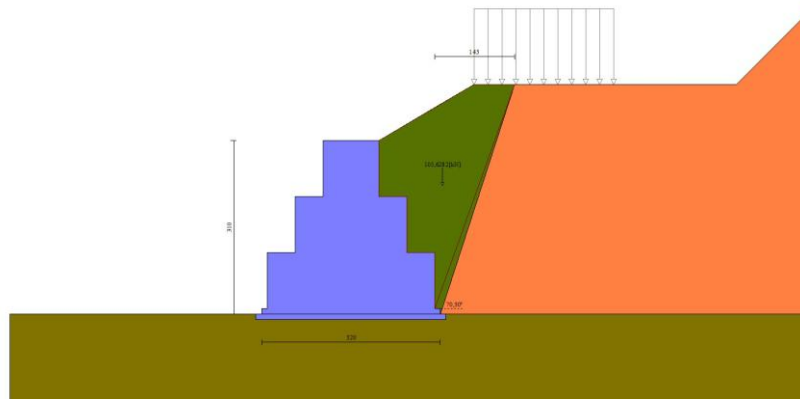


Fig. 17 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

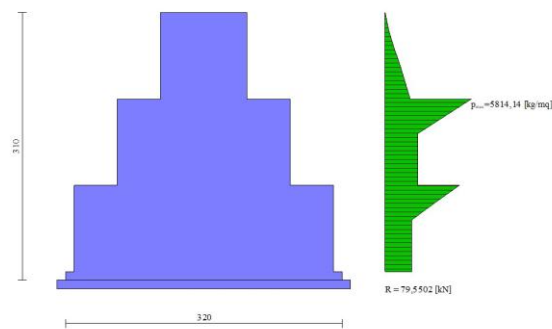


Fig. 18 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Risultanti globali

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
Mr	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
Ms	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	194,79	50,84	70,51	455,09	-0,374
2 - STR (A1-M1-R3)	184,73	41,46	60,14	390,60	-0,189
3 - STR (A1-M1-R3)	163,23	37,49	68,28	367,15	-0,231

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	Ms [kNm]	ecc [m]
4 - GEO (A2-M2-R2)	184,38	53,61	78,64	421,77	-0,261
5 - GEO (A2-M2-R2)	184,73	41,46	60,14	390,60	-0,189
6 - GEO (A2-M2-R2)	163,23	37,49	68,28	367,15	-0,231
7 - EQU (A1-M1-R3)	194,79	50,84	70,51	455,09	-0,374
8 - EQU (A1-M1-R3)	194,61	52,67	77,59	406,02	-0,088
9 - EQU (A1-M1-R3)	162,31	46,68	89,77	370,84	-0,132
10 - SLEF	180,14	38,32	53,09	408,19	-0,371
11 - SLEF	176,58	33,29	45,70	396,80	-0,388
12 - SLEQ	165,00	19,07	25,25	359,75	-0,427
13 - SLEQ	175,44	30,94	43,74	376,14	-0,295
14 - SLEQ	164,00	28,81	48,05	363,68	-0,325

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)		2.542		16.289			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	3.032		17.468			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	3.152		19.893			
4 - GEO (A2-M2-R2)					1.976		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				2.875		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.026		
7 - EQU (A1-M1-R3)			6.454				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		5.233				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		4.131				

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
1 - STR (A1-M1-R3)	129,13	0,11	0,00	--	--	129,24	50,84	2.542

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
1 - STR (A1-M1-R3)	194,79	3173,04	2266,46	16.289

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic

r_γ Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B_\gamma N_\gamma$ viene moltiplicato per questo fattore

D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]

H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]

γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]

ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]

c Coesione del terreno medio, espresso in [N/mm²]

σ_v Pressione terreno valle, espressa in [N/mm²]

σ_m Pressione terreno monte, espressa in [N/mm²]

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	r_γ
1	27.860 16.443 19.338	0.927 0.932 0.895	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	-- -- --	-- -- --	--	--	--	0.949

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [kN/mc]	ϕ [°]	c [N/mm ²]
1	0,00	3,20	2,72	19,00	29,00	0,019

n°	σ_v [N/mm ²]	σ_m [N/mm ²]
1	0,018	0,104

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione

Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]

Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]

FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	370,84	89,77	4.131

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)	-1,50; 2,00	5,73	1.976

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]

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

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

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mm²]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	3,66	14,14	0,00	4,16 - 0,33	73,605	24,791	0,030	0,0000	
2	9,56	14,14	0,00	0,33	64,364	24,791	0,030	0,0000	
3	13,49	14,14	0,00	0,33	57,439	24,791	0,030	0,0000	
4	16,53	14,14	0,00	0,33	51,676	24,791	0,030	0,0000	
5	19,03	14,14	0,00	0,33	46,583	24,791	0,030	0,0000	
6	20,97	14,14	0,00	0,33	41,935	24,791	0,030	0,0000	
7	22,27	14,14	0,00	0,33	37,608	24,791	0,030	0,0000	
8	23,09	5,58	0,00	0,33	33,521	24,791	0,030	0,0000	
9	22,82	0,00	0,00	0,33	29,620	24,791	0,030	0,0000	
10	23,37	0,00	0,00	0,33	25,865	23,915	0,015	0,0000	
11	21,02	0,00	0,00	0,33	22,227	23,915	0,015	0,0000	
12	19,61	0,00	0,00	0,33	18,681	23,915	0,015	0,0000	
13	18,83	0,00	0,00	0,33	15,208	23,915	0,015	0,0000	
14	18,68	0,00	0,00	0,33	11,792	23,915	0,015	0,0000	
15	19,05	0,00	0,00	0,33	8,418	23,915	0,015	0,0000	
16	16,91	0,00	0,00	0,33	5,073	23,915	0,015	0,0000	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mm²]	u [N/mm²]	Tx; Ty [kN]
17	14,44	0,00	0,00	0,33	1.746	23.915	0,015	0,0000	
18	9,59	0,00	0,00	0,33	-1.576	23.915	0,015	0,0000	
19	6,92	0,00	0,00	0,33	-4.903	23.915	0,015	0,0000	
20	3,64	0,00	0,00	0,33	-8.246	23.915	0,015	0,0000	
21	3,27	0,00	0,00	0,33	-11.618	23.915	0,015	0,0000	
22	2,77	0,00	0,00	0,33	-15.032	23.915	0,015	0,0000	
23	2,14	0,00	0,00	0,33	-18.501	23.915	0,015	0,0000	
24	1,36	0,00	0,00	0,33	-22.043	23.915	0,015	0,0000	
25	0,44	0,00	0,00	-4,15 - 0,33	-24.148	23.915	0,015	0,0000	

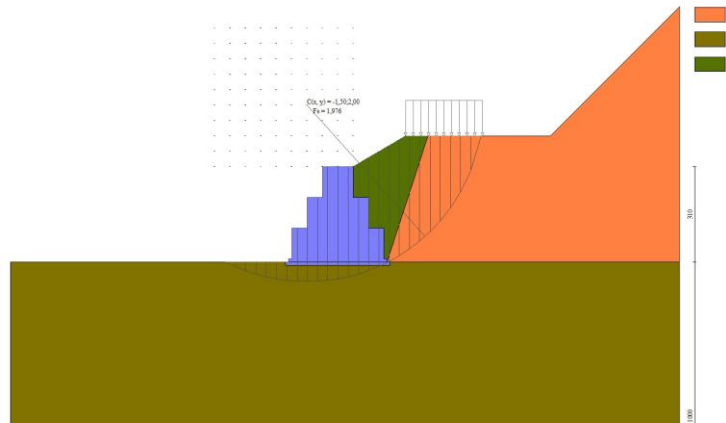


Fig. 19 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Cedimenti

Simbologia adottata

- Ic Indice combinazione
- X, Y Punto di calcolo del cedimento, espressa in [m]
- w Cedimento, espressa in [cm]
- dw Cedimento differenziale, espressa in [cm]

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
1	-2,10; -3,10	0,000	0,000
1	-0,50; -3,10	0,000	0,000
1	1,10; -3,10	0,000	0,000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- n° Indice della sezione
 - X Posizione della sezione, espresso in [m]
 - 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)
- 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 [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,51	1,79	0,04	0,64	-0,07	-0,01
3	-0,20	3,06	3,61	0,15	1,36	-0,09	-0,02
4	-0,30	4,64	5,46	0,33	2,15	-0,06	0,00
5	-0,40	6,24	7,34	0,58	3,01	-0,08	0,07
6	-0,50	7,88	9,25	0,91	3,94	-0,09	0,24
7	-0,60	9,55	11,19	1,30	4,94	-0,08	0,50
8	-0,70	11,25	13,17	1,77	6,02	-0,01	0,85
9	-0,80	12,98	15,17	2,31	7,16	0,10	1,30
10	-0,90	14,75	17,20	2,92	8,38	0,25	1,85
11	-1,00	16,54	19,27	3,60	9,66	0,43	2,51
12	-1,00	26,92	29,65	3,62	10,86	-8,71	-6,39
13	-1,10	30,62	33,76	5,37	13,37	-9,83	-6,12
14	-1,20	34,19	38,21	6,88	15,92	-10,15	-5,51
15	-1,30	37,66	42,57	8,17	19,10	-9,77	-4,59
16	-1,40	41,03	46,60	9,23	21,49	-8,77	-3,37
17	-1,50	44,37	50,45	10,20	23,48	-7,52	-1,94
18	-1,60	47,72	54,30	11,21	25,47	-6,75	-0,36

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
19	-1,70	51,09	58,15	12,26	27,45	-6,04	1,40
20	-1,80	54,47	62,00	13,36	29,44	-5,23	3,31
21	-1,90	57,88	65,86	14,49	31,44	-4,33	5,40
22	-2,00	61,30	69,71	15,66	33,43	-3,33	7,67
23	-2,00	83,35	91,78	15,69	33,49	-34,27	-22,13
24	-2,10	88,33	98,06	17,18	37,62	-33,59	-19,95
25	-2,20	93,24	104,03	18,53	41,03	-32,68	-17,43
26	-2,30	98,09	109,69	19,74	43,73	-31,55	-14,61
27	-2,40	102,89	115,04	20,82	45,72	-30,22	-11,49
28	-2,50	107,66	120,24	21,83	47,36	-28,74	-8,13
29	-2,60	112,43	125,45	22,84	49,00	-27,17	-4,58
30	-2,70	117,20	130,64	23,86	50,63	-25,49	-0,84
31	-2,80	121,97	135,84	24,88	52,25	-23,72	3,10
32	-2,90	126,75	141,03	25,91	53,87	-21,85	7,23
33	-3,00	131,52	146,22	26,94	55,48	-19,87	11,55

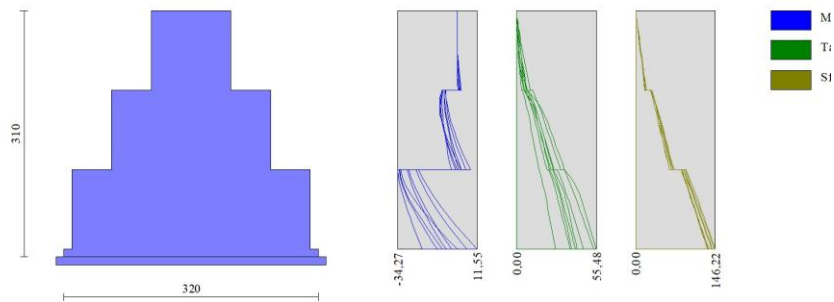


Fig. 20 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-2,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-2,05	0,00	0,00	0,47	1,81	0,01	0,05
3	-2,00	0,00	0,00	1,00	3,64	0,05	0,18
4	1,00	0,00	0,00	0,58	2,76	0,03	0,14
5	1,05	0,00	0,00	0,29	1,40	0,01	0,04
6	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

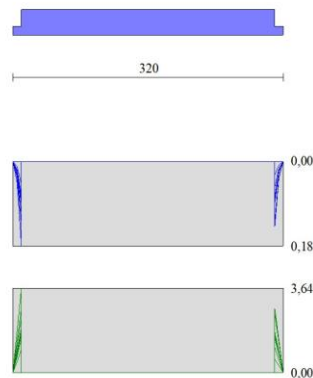


Fig. 21 - Fondazione

Verifiche strutturali

Paramento in pietrame

Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
As	area sezione reagente espresso in [cmq]
e	eccentricità espresso in [cm]
σ	tensione espressa in [N/mm ²]
Rt	resistenza ai carichi orizzontali espressa in [kN]
Et	Azione orizzontale espressa in [kN]
FSsco	fattore di sicurezza allo scorrimento (Rt/Et)
Ms	momento stabilizzante espresso in [kNm]
Mr	momento ribaltante espresso in [kNm]
FSrib	fattore di sicurezza a ribaltamento (Ms/Mr)

n°	Y [m]	As [cmq]	e [cm]	σ [N/mm ²]	Rt [kN]	Et [kN]	FSsco	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FSrib
1	0,00	10000	0,00	0,000	100,0000	0,0000	100.000	0,0000	0,0000	100.000
2	-0,10	10000	-5,36	0,002	101,5201	0,5933	171.108	1,1118	0,0467	23.829
3	-0,20	10000	-3,19	0,003	103,6061	1,3589	76.243	2,2551	0,1915	11.776
4	-0,30	10000	-1,17	0,005	105,4561	2,1472	49.114	3,4295	0,4418	7.763
5	-0,40	10000	2,14	0,007	107,3369	3,0068	35.698	4,6348	0,8047	5.759
6	-0,50	10000	4,07	0,009	109,2487	3,9383	27.740	5,8710	1,2874	4.560
7	-0,60	10000	6,36	0,010	111,1916	4,9420	22.499	7,1384	1,8971	3.763
8	-0,70	10000	8,96	0,012	113,1651	6,0168	18.808	8,4364	2,6409	3.195
9	-0,80	10000	11,64	0,015	115,1689	7,1615	16.082	9,7646	3,5259	2.769
10	-0,90	10000	14,39	0,018	117,2028	8,3762	13.992	11,1230	4,5591	2.440
11	-1,00	10000	17,22	0,022	119,2668	9,6608	12.345	12,5115	5,7473	2.177
12	-1,00	20000	-30,65	0,027	229,6528	10,8557	21.155	41,0784	6,7739	6.064
13	-1,10	20000	-29,35	0,031	233,7553	13,3727	17.480	45,8771	8,3653	5.484
14	-1,20	20000	-26,57	0,034	238,2078	15,9205	14.962	50,5267	10,2349	4.937
15	-1,30	20000	-22,95	0,036	242,5745	19,1030	12.698	55,0292	12,3599	4.452
16	-1,40	20000	-18,82	0,036	246,5971	21,4881	11.476	59,3863	14,7179	4.035
17	-1,50	20000	-14,63	0,036	250,4487	23,4764	10.668	63,6847	17,2907	3.683
18	-1,60	20000	-10,68	0,036	254,3004	25,4653	9.986	68,0103	20,0783	3.387
19	-1,70	20000	8,60	0,035	258,1524	27,4547	9.403	72,3625	23,0847	3.135
20	-1,80	20000	11,96	0,034	262,0047	29,4448	8.898	76,7405	26,3141	2.916
21	-1,90	20000	15,22	0,033	265,8573	31,4355	8.457	81,1443	29,7703	2.726
22	-2,00	20000	18,42	0,039	269,7102	33,4269	8.069	85,5738	33,4574	2.558
23	-2,00	30000	-35,12	0,052	391,7838	33,4919	11.698	182,0120	38,0448	4.784
24	-2,10	30000	-31,97	0,054	398,0610	37,6230	10.580	191,1734	42,3723	4.512
25	-2,20	30000	-28,47	0,054	404,0269	41,0324	9.847	200,2144	46,9829	4.261
26	-2,30	30000	-24,73	0,055	409,6855	43,7291	9.369	209,1365	51,8624	4.033
27	-2,40	30000	-20,81	0,054	415,0405	45,7220	9.077	217,9412	56,9973	3.824
28	-2,50	30000	-16,93	0,054	420,2443	47,3643	8.873	226,6897	62,3764	3.634
29	-2,60	30000	-13,23	0,053	425,4457	49,0009	8.682	235,4417	67,9978	3.462
30	-2,70	30000	-9,70	0,052	430,6443	50,6313	8.505	244,1974	73,8619	3.306
31	-2,80	30000	11,90	0,051	435,8401	52,2548	8.341	252,9566	79,9691	3.163
32	-2,90	30000	15,08	0,050	441,0328	53,8716	8.187	261,7195	86,3198	3.032
33	-3,00	30000	18,18	0,049	446,2227	55,4815	8.043	270,4859	92,9145	2.911

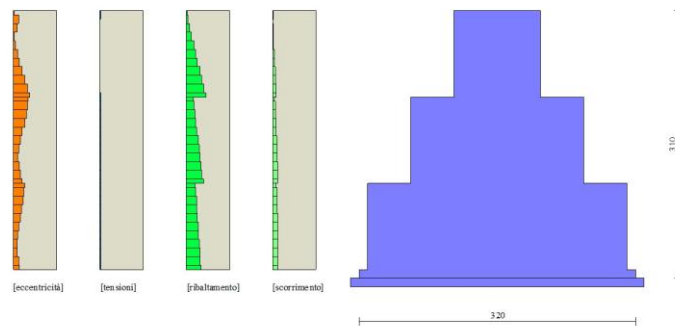


Fig. 22 - Verifiche paramento pietrame (Inviluppo)

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 [kN]

Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo magro	[mc]	3,40	46,48	158.03
Casseformi	[mq]	60.00	13.94	836.40
Scavo a sezione obbligata	[mc]	0,11	9.30	1.04
Pietrame riempimento	[mc]	63,20	20.00	1264.00
Totale muro				2259,47
Totale				2259,47

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	16.20 D
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	2Pigreco S.r.l.
Licenza	AIU5084U5

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Luogo e data

Il progettista
()

Indice

Normative di riferimento	2
Richiami teorici	3
Calcolo della spinta sul muro	3
Valori caratteristici e valori di calcolo	3
Metodo di Culmann	3
Spinta in presenza di falda	3
Spinta in presenza di sisma	3
Verifica a ribaltamento	4
Verifica a scorrimento	4
Verifica al carico limite	5
Verifica alla stabilità globale	6
Cedimenti della fondazione	6
Dati	7
Materiali	7
Pietrame	7
Geometria profilo terreno a monte del muro	7
Geometria muro	7
Geometria paramento e fondazione	7
Geometria gradoni	7
Descrizione terreni	8
Stratigrafia	8
Condizioni di carico	9
Normativa	9
Descrizione combinazioni di carico	10
Dati sismici	12
Opzioni di calcolo	13
Risultati per combinazione	14
Spinta e forze	14
Risultanti globali	15
Verifiche geotecniche	16
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	16
Verifica a scorrimento fondazione	16
Verifica a carico limite	16
Dettagli calcolo portanza	16
Verifica a ribaltamento	17
Verifica stabilità globale muro + terreno	17
Dettagli strisce verifiche stabilità	17
Cedimenti	19
Sollecitazioni	19
Paramento	19
Fondazione	22
Verifiche strutturali	23
Paramento in pietrame	23
Risultati per inviluppo	29
Spinta e forze	29
Risultanti globali	29
Verifiche geotecniche	30

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	30
Verifica a scorrimento fondazione	30
Verifica a carico limite	30
Dettagli calcolo portanza	30
Verifica a ribaltamento	31
Verifica stabilità globale muro + terreno	31
Dettagli strisce verifiche stabilità	31
Cedimenti	32
Sollecitazioni	32
Paramento	32
Fondazione	33
Verifiche strutturali	33
Paramento in pietrame	33
Elenco ferri	35
Computo metrico	35
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)	36