

Comune di Stella

Provincia di Savona

**P.D.C. PER REALIZZAZIONE DI NUOVO FABBRICATO AD
USO RESIDENZIALE ED ANNESSI AGRICOLI CONNESSO
ALLA CONDUZIONE DEL FONDO LIMITROFO
AI SENSI ART. 19 N.T.A. DEL P.R.G.**

**VIA ALPICELLA SNC – STELLA (SV) LOC MASSERI
N.C.T. FG. 27 MAPP. LI 53, 57, 52, 262, 86**

ELABORATO: RELAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE: SIG. DELFINO GIOVANNI

DLF GNN 68P30 I480W

Località Teglia 144/2, 17044 Stella (SV)

Emissione	Data	Il tecnico	Timbro e firma
Ed. 01	Ottobre	Dott. Ing.	
Rev. 01	2020	S. De Ambroggi	

SOMMARIO

1. PREMESSE	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E DEL VOLUME INTERESSATO	4
4. RIEPILOGO PARAMETRI DI PROGETTO.....	6
5. VERIFICHE DI SICUREZZA.....	8
5.1 Classificazione sismica del sito e definizione del livello di falda idrica.....	8
5.2 Verifiche di stabilità.....	9
5.3 Verifiche di capacità portante	17
5.4 Verifiche EQU – analisi delle opere di contenimento.....	23
6. INDICAZIONI OPERATIVE.....	28
7. CONCLUSIONI.....	29

ALLEGATI

- a) VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE DEL PENDIO
 - a. Caso 1: configurazione provvisoria;
 - b. Caso 2: configurazione definitiva – di progetto
 - c. Report verifiche di stabilità globale – metodo di calcolo
- b) Allegato 1: tabulato relativo alle verifiche dell'opera di contenimento tipo A "di monte";
- c) Allegato 2: tabulato relativo alle verifiche dell'opera di contenimento tipo A "di valle";
- d) Allegato 3: tabulato relativo alle verifiche di capacità portante della fondazione a platea

1. PREMESSE

In merito al *“Permesso di costruire per la realizzazione di un nuovo fabbricato ad uso residenziale ed annessi agricoli connesso alla conduzione del fondo limitrofo”*, da realizzarsi nel terreno di proprietà della Committenza sito in Via Alpicella snc, nel Comune di Stella, identificato catastalmente al N.C.T. Foglio 27 mappali 53, 57, 52, 262, 86, lo scrivente Dott. Ing. Silvio De Ambroggi, con studio tecnico in Celle Ligure, via SS. Giacomo e Filippo 1/B-4, iscritto all’Ordine degli Ingegneri di Savona con posizione n. 1830, ha ricevuto incarico dal Committente sig. Giovanni Delfino di redigere il presente documento, costituente parte della documentazione tecnica relativa al progetto esecutivo precedentemente citato.

Questo documento costituisce la Relazione Geotecnica individuata come obbligo normativo dal D.M. 17/01/2018 e s.m.i., il quale prevede la caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito in esame e segue la Relazione Geologica prodotta dal Dott. Geol. Francesco Valle di Luglio 2020, i cui risultati saranno utilizzati, nel proseguo, per la caratterizzazione degli orizzonti in quest’ultima identificati col fine ultimo della realizzazione di un modello geotecnico che ricostruisca il più fedelmente possibile il comportamento reale del sito interessato.

Si precisa che tutte le valutazioni di seguito riportate sono state condotte sulla base del progetto architettonico a firma del Geom. Simone Brighenti, documentazione a cui si rimanda per una descrizione più approfondita dell’intervento in esame.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Dal punto di vista delle successive valutazioni tecniche relative all’intervento in oggetto ed alle sue fasi operative, si farà riferimento alle norme di seguito elencate:

- D. M. 17/01/2018 (NTC 2018) – “Norme tecniche per le Costruzioni 2018” e relativi allegati;
- Circolare n°7 del 21/01/2019 - " Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.
- L.R. n°4/99 – relativa alla difesa idrogeologica del territorio regionale.

Si specifica che le verifiche di seguito elencate mirano ad ottemperare a quanto richiesto dall’ Ufficio Tecnico competente del Comune di Stella, e più in generale dalla vigente normativa, relativamente agli interventi ricadenti in zona soggetta a vincolo di tipo idrogeologico, ovvero la definizione di:

- a) un volume di terreno interessato dagli interventi;
- b) un profilo di scavo di progetto, con annesse verifiche di stabilità di tipo provvisoria;
- c) un profilo del versante nelle condizioni definitive, ovvero ad intervento avvenuto;

- d) la definizione ed il predimensionamento di opere di sostegno provvisori/definitive;
- e) la definizione, il predimensionamento e stima dei cedimenti attesi dalle strutture di fondazione.

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E DEL VOLUME INTERESSATO

Come già anticipato in premessa, l'intervento in oggetto riguarda la realizzazione del nuovo edificio a destinazione residenziale, oltre ad annessi agricoli tutti connessi alla conduzione del fondo limitrofo. Nello specifico, il fabbricato a progetto risulta organizzato in:

- Un piano interrato, ospitante il deposito mezzi agricoli, deposito attrezzi, sementi e prodotti agricoli;
- Un piano terra a destinazione residenziale, con tettoia/posto auto esterno;
- Un piano sottotetto non abitabile, costituente il volume tecnico.

Completa l'intervento la realizzazione delle opere di sistemazione esterna del terreno di proprietà, propedeutiche alla realizzazione della viabilità privata di accesso al fabbricato, sia carrabile che pedonale.

In base alla documentazione architettonica ed al rilievo effettuato, il terreno che ospiterà l'edificio proposto a progetto risulta essere un versante naturale, che si sviluppa a monte della viabilità comunale. Lo stesso presenta una lieve acclività, sviluppa da nord a sud, leggermente accentuata verso valle. La zona risulta significativamente urbanizzata: nelle aree immediatamente limitrofe sono infatti presenti altri fabbricati, con relativa viabilità di collegamento, mentre due impluvi-rii minitui delimitano l'area.

In base alle indagini geologiche, risulta presente un orizzonte di riporti di fascia e coltre detritico-eluviale di potenza fino a circa 6.5 m, variabile da poco addensata e media permeabilità fino a moderatamente addensate, costituenti il cappellaggio del substrato; questo copre il substrato roccioso alterato, di condizioni geomeccaniche molto scadenti, le quali migliorano all'aumentare della profondità fino a raggiungere le condizioni buone.

Nella stessa "Relazione geologica" viene sottolineato che l'intervento previsto ricade in un'area a suscettività al dissesto alta di tipo Pg3b: le valutazioni effettuate circa la configurazione attuale dell'area hanno però evidenziato una situazione di accettabile stabilità, così come hanno evidenziato che l'intervento a progetto non comporterà sostanziali modifiche alle condizioni idrogeologiche in atto, ritenendolo di fatto ammissibile e compatibile con la Normativa di Piano di Bacino.

Viste le profondità di posa previsto per le nuove fondazioni dell'edificio, ipotizzato a circa 3-3.5 m dal piano di campagna, sulla base delle sezioni geologiche prodotte è previsto il substrato non sia raggiunto durante le operazioni di scavo.

Nello specifico delle opere strutturali, sono quindi previste le seguenti fasi realizzative delle opere:

- Scotico e pulizia dell'area, saggi localizzati del terreno;
- realizzazione degli scavi fino al raggiungimento della quota di imposta di fondazione per l'edificio e per le opere di sistemazione esterna, mantenendo fronti di scavo con pendenza massima di 40° negli strati più superficiali, pendenza massima di 50° per gli strati più profondi (c.f.r. verifiche di stabilità dei fronti di scavo – configurazione provvisoria);
- Realizzazione del sistema fondazionale, composto interamente da platea di fondazione e che costituisce il prolungamento dei piedi di fondazione delle opere di sostegno perimetrali dell'intercapedine;
- Realizzazione del solaio a contatto con il terreno con vespaio aerato, mediante la posa di casseri a perdere tipo "igloo" da posizionare al di sopra della platea di fondazione, i quali garantiranno la salubrità delle strutture da eventuali risalite capillari di umidità dal terreno;
- realizzazione delle strutture in elevazione, ovvero dei paramenti delle opere di sostegno in c.a. e dei pilastri interni in c.a., i quali saranno collegati al livello del solaio a formare la struttura scatolare;
- posa in opera del solaio di piano terra in lastre "predalles". Le lastre risulteranno in appoggio alle travi interne in c.a. disposte "a coltello", a loro volta sostenute dai muri perimetrali in c.a. e dai pilastri interni in c.a.;
- reinterro a tergo delle opere di sostegno costituenti l'intercapedine e la rampa di accesso al piano interrato, previa realizzazione delle impermeabilizzazioni e posa di materiale drenante, quindi compattazione del terreno e realizzazione dei marciapiedi parzialmente a sbalzo al livello del piano terra;
- realizzazione delle strutture in elevazione ai livelli superiori, ovvero della muratura perimetrale e dei pilastri interni in c.a. a sostegno del solaio di sottotetto e copertura;
- posa del solaio del livello del sottotetto e delle relative travi di sostegno in c.a., quindi realizzazione delle opere di copertura di tipologia lignea;
- Completamento delle opere di sistemazione esterna mediante realizzazione dei muri in c.a. per la formazione della viabilità di accesso definitiva al terreno, loro rivestimento in pietra naturale.

Dal punto di vista geotecnico, nel presente documento saranno prese in esame le opere di sostegno di sezione tipo A-A (muro di sostegno perimetrale, sviluppo fino al piano terra), posizionato a monte ed a valle del fabbricato a progetto, quindi la platea di fondazione generale del fabbricato.

In base ad un'analisi dei carichi, è possibile stimare il carico indotto sulle nuove strutture di sostegno sopra menzionate, sulla base della destinazione d'uso delle aree e dalle sovrastrutture previste. Si stima quindi il modello di calcolo mediante l'utilizzo dei seguenti parametri:

Livello	Tipo di carico	Azione caratteristica
[-]	[-]	[KN/m ²]
Terreno e fondazione	Sovraccarico accidentale per passaggio di mezzi	2.50
Terreno e fondazione	Carico neve al suolo	1.50
Solaio di piano	Peso proprio solaio	4.00
Solaio di piano	Peso portato solaio	4.00
Solaio di piano	Sovraccarico accidentale	2.00
Muratura di tamponamento	Peso portato muratura	3.00
Fondazione	Solaio areato	5.00

Si specifica che, in base alla classificazione del sito (Zona II), alla quota di imposta dell'intervento ($z = 350$ m s.l.m.), alla classe di esposizione ed alla tipologia di copertura è stato definito il sovraccarico dovuto alla neve al suolo cautelativamente pari ad 1.5 KN/m^2 . Vista la distanza delle opere di fondazione dell'edificio dalle strutture attigue, si considerano le loro sollecitazioni ricadenti al di fuori del cono di spinta e quindi trascurabili.

Relativamente al volume interessato dalle successive verifiche di stabilità ed in riferimento alle Norme A.G.I. e le relative Raccomandazioni, è quindi possibile definire la profondità di terreno interessato dalle opere calcolato sulla base della larghezza massima in pianta delle opere di fondazione, cautelativamente posta pari a 12.00 m. Si stima quindi in circa 20.0 m la profondità del terreno interessato, mentre il terreno interessato a tergo risulta essere circa pari a 6.0 m.

4. RIEPILOGO PARAMETRI DI PROGETTO

Si riporta di seguito una schematizzazione geotecnica, con relative tabelle riassuntive dei parametri medi, caratteristici e di progetto, definiti sulla base dei contenuti della "Relazione Geologica" prodotta dal Dott. Geol. Francesco Valle. Si specifica che per i parametri non definiti nella "Relazione Geologica" sono stati utilizzati valori da letteratura.

Lo schema geotecnico adottato, riferito ai valori medi, risulta essere il seguente:

Livello	Descrizione	Z iniz	Z finale	γ_N	c'	φ'
[-]	[-]	[m]	[m]	[KN/m ³]	[KPa]	[°]
1	Coltre, riporti naturali	0	2.50	17.50	5.00	24.0
2	Orizzonte eluviale poco addensato	2.50	4.50	18.50	7.50	26.0
3	Orizzonte eluviale addensato	4.50	6.80	19.00	10.00	28.0
4	Substrato in condizioni scadenti	6.80	10.00	23.50	90.00	40.0
5	Substrato in condizioni buone	10.00	fine	24.50	150.00	46.0

In riferimento alle valutazioni sopra elencate, si riportano di seguito le tabelle esemplificative relative ai valori caratteristici ed ai valori di progetto assunti dai parametri geotecnici sopra elencati.

1) SCHEMA PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI SCIOLTI – coltre naturale									
	Unità	Metodo	Valore MEDIO	Metodo	Valore CARATTERISTICO	Coeff. Sicurezza		Valori di progetto	
						DA1	DA2	DA1	DA2
Angolo attrito (φ')	gradi	misure in sito	24.00	statistica della varianza nota COV	22.8	1.25	1	18.2	22.8
Coesione efficace (c')	KPa	misure in sito	5.00	statistica della varianza	4.25	1.25	1	3.4	4.3
	Kg/cmq		0.05	nota COV	0.0425			0.0	0.0
Peso di Volume (γ)	KN/mc	Valori di archivio	17.50	statistica della varianza	17.06	1		17.10	
	t/mc		1.75	nota COV	1.706			1.71	

2) SCHEMA PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI SCIOLTI – orizzonte poco addensato									
	Unità	Metodo	Valore MEDIO	Metodo	Valore CARATTERISTICO	Coeff. Sicurezza		Valori di progetto	
						DA1	DA2	DA1	DA2
Angolo attrito (φ)	gradi	misure in sito	26.0	statistica della varianza nota COV	24.7	1.25	1	19.8	24.7
Coesione efficace (C)	KPa	misure in sito	7.50	statistica della varianza	7.13	1.25	1	5.7	7.1
	Kg/cmq		0.075	nota COV	0.07			0.1	0.1
Peso di Volume (γ)	KN/mc	Valori di archivio	18.5	statistica della varianza	18.04	1		18.00	
	t/mc		1.85	nota COV	1.80			1.80	

3) SCHEMA PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI SCIOLTI – orizzonte addensato									
	Unità	Metodo	Valore MEDIO	Metodo	Valore CARATTERISTICO	Coeff. Sicurezza		Valori di progetto	
						DA1	DA2	DA1	DA2
Angolo attrito (φ)	gradi	misure in sito	28.0	statistica della varianza nota COV	26.60	1.25	1	21.3	26.6
Coesione efficace (C)	KPa	misure in sito	10.0	statistica della varianza	9.50	1.25	1	7.6	9.5
	Kg/cmq		0.1	nota COV	0.10			0.1	0.1
Peso di Volume (γ)	KN/mc	Valori di archivio	19.0	statistica della varianza	18.53	1		18.50	
	t/mc		1.90	nota COV	1.85			1.90	

4) SCHEMA PARAMETRI GEOTECNICI ORIZZONTI LAPIDEI – substrato condizioni scadenti									
	Unità	Metodo	Valore MEDIO	Metodo	Valore CARATTERISTICO	Coeff. Sicurezza		Valori di progetto	
						DA1	DA2	DA1	DA2
Angolo attrito (φ)	gradi	misure in sito	40.0	statistica della varianza nota COV	38.00	1.25	1	30.4	38.0
Coesione efficace (C)	KPa	misure in sito	90.0	statistica della varianza	85.50	1.25	1	68.4	85.5
	Kg/cmq		0.9	nota COV	0.86			0.70	0.90
Peso di Volume (γ)	KN/mc	Valori di archivio	23.5	statistica della varianza	22.91	1		22.90	
	t/mc		2.35	nota COV	2.29			2.30	

5) SCHEMA PARAMETRI GEOTECNICI ORIZZONTI LAPIDEI – substrato condizioni buone									
	Unità	Metodo	Valore MEDIO	Metodo	Valore CARATTERISTICO	Coeff.Sicurezza		Valori di progetto	
						DA1	DA2	DA1	DA2
Angolo attrito (φ)	gradi	misure in sito	46.0	statistica della varianza nota COV	43.70	1.25	1	35.0	43.7
Coesione efficace (C)	KPa	misure in sito	150.0	statistica della varianza	142.50	1.25	1	114.0	142.5
	Kg/cmq		1.50	nota COV	1.43			0.70	0.90
Peso di Volume (γ)	KN/mc	Valori di archivio	24.5	statistica della varianza	23.89	1		23.90	
	t/mc		2.50	nota COV	2.39			2.40	

Si sottolinea che i parametri sopra elencati si rifanno alle sezioni geotecniche monte-valle di riferimento, le quali ricostruiscono la configurazione di stato attuale; da essa, seguiranno tutte le successive analisi relative alla configurazione di progetto. La configurazione provvisoria sarà valutata dal punto di vista del fronte di scavo e delle relative verifiche di stabilità.

5. VERIFICHE DI SICUREZZA

5.1 Classificazione sismica del sito e definizione del livello di falda idrica

Ai sensi della zonizzazione sismica indicata nel D.G.R. n. 1362 del 19/11/2010 e successivo D.G.R. n. 216 del 17/03/2017 “Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”, l’area interessata dall’intervento a progetto (sita nel Comune di Stella) ricade in zona 4.

Con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (ovvero il D.M. 17/01/2018 sopra citato), la vita nominale (V_N) dell’opera strutturale, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata, risulta essere pari a 50 anni (trattandosi di “opera ordinaria”).

Sempre con riferimento al D.M. 17/01/2018, la classe d’uso corrispondente all’opera in esame risulta essere la classe II (trattandosi di costruzione il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali), per cui il coefficiente d’uso C_U risulta essere di valore unitario.

In virtù delle scelte precedentemente espresse, il periodo di riferimento V_R risulta essere pari a

$$V_N \times C_U = 50 \text{ anni.}$$

Per quanto concerne la caratterizzazione stratigrafica e morfologica del terreno, la sopracitata Relazione Geologica individua una categoria di sottosuolo B ed una categoria topografica T1.

Si sottolinea infine che, nell'area di intervento, il Geologo non ha individuato alcuna presenza di falda idrica alle profondità indagate.

5.2 Verifiche di stabilità

Nelle analisi qui riportate si è proceduto con le verifiche di stabilità del versante nelle quali, dopo le valutazioni circa la geometria di stato attuale, sono state dapprima simulate le operazioni di scavo, quindi sono state inserite le opere di sostegno permanenti strutturali, rappresentate dalle strutture dei muri di sostegno costituenti l'intercapedine dell'edificio nella sezione tipo A-A posizionata a monte ed a valle; sono inoltre stati simulati ai carichi agenti sul terreno e sulle opere, derivanti dalla sovrastruttura prevista a progetto e dal fabbricato, di proprietà della committenza, presente a monte della zona di intervento.

Cautelativamente, l'opera di fondazione dell'edificio a progetto è stata schematizzata come composta dai piedi delle opere di sostegno dell'intercapedine: nella realtà, la stessa sarà costituita da una platea, pertanto i muri di intercapedine risulteranno collegati al piede e sarà impedito lo scorrimento di fondazione.

Tutte le opere sono state schematizzate ed inserite all'interno del modello geotecnico del versante precedentemente realizzato, con annessa caratterizzazione stratigrafica, definizione dei parametri geotecnici del terreno e valutazione del livello di falda.

Per le analisi sopra elencate è stato utilizzato il software "Slope" prodotto dalla ditta "Geostru", il quale permette sia la schematizzazione geotecnica, sia l'inserimento delle opere all'interno del versante. Il fenomeno di instabilità è simulato dal programma lungo superfici di scorrimento curvilinee, utilizzando il metodo di calcolo di Morgenstern & Price: le sezioni monte – valle sono state definite a quattro strati geotecnici, considerati inoltre i livellamenti del terreno a tergo delle opere di sostegno per il raggiungimento della quota di progetto. Per gli approfondimenti in merito alle formulazioni delle analisi si rimanda alla documentazione allegata.

E' stato quindi accertato che il grado di sicurezza minimo, in tutte le configurazioni verificate, si presentasse maggiore del valore minimo imposto da normativa, che nel caso in oggetto è pari a 1.1 (cfr. Verifiche di stabilità del pendio). In allegato sono riportati i risultati del calcolo relativi alle sezioni analizzate e le elaborazioni grafiche effettuate.

Si riporta di seguito la sintesi delle caratteristiche geometriche e geotecniche della superficie di scorrimento che presenta il fattore di sicurezza minimo nella sezione monte – valle di riferimento (sezione B-B), definite nella configurazione provvisoria ed in quella di progetto:

- SEZIONE monte-valle – configurazione provvisoria/verifica fronti di scavo:

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)

Zona	Via Alpicella snc
Lat./Long.	44.394054/8.518774
Calcolo eseguito secondo	[A2+M1+R2]
Numero di strati	5.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2156.96 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1586.97 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2202.65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1603.39 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	50.0
Numero di celle lungo y	50.0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0125
Coefficiente azione sismica verticale	0.0062

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2148.88	1575.66
2	2152.56	1576.66
3	2156.03	1577.03
4	2163.5	1577.72
5	2165.14	1579.08
6	2171.43	1580.38
7	2174.69	1580.8
8	2179.56	1579.99
9	2192.5	1579.99
10	2197.37	1584.08
11	2200.54	1584.56
12	2205.84	1584.56
13	2205.84	1584.56

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	2148.88	1567.61
2	2153.82	1568.95
3	2156.7	1569.26
4	2162.44	1570.51
5	2168.18	1571.76

6	2172.56	1572.67
7	2180.63	1573.72
8	2187.94	1574.78
9	2194.9	1575.83
10	2201.05	1576.76
11	2205.84	1576.76

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	2148.88	1573.07
2	2153.03	1574.19
3	2156.28	1574.54
4	2160.38	1575.3
5	2166.26	1576.75
6	2171.85	1577.91
7	2178.99	1578.84
8	2187.03	1579.99
9	2192.5	1579.99
10	2193.7	1581.0
11	2200.72	1582.06
12	2205.84	1582.06

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	2148.88	1570.99
2	2153.4	1572.22
3	2156.56	1572.56
4	2160.8	1573.34
5	2166.7	1574.8
6	2172.18	1575.94
7	2179.26	1576.86
8	2191.08	1578.58
9	2194.56	1579.1
10	2200.87	1580.06
11	2205.84	1580.06

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	2148.88	1568.61
2	2153.82	1569.95
3	2156.7	1570.26
4	2162.44	1571.51
5	2168.18	1572.76
6	2172.56	1573.67
7	2180.63	1574.72
8	2187.94	1575.78
9	2194.9	1576.83
10	2201.05	1577.76
11	2205.84	1577.76

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	4.25		22.8	17.06	20	Coltre	
2	7.13		24.7	18.04	20	Poco addensato	
3	9.5		26.6	18.53	21	addensato	
4	85.5		38	22.91	24	substrato	
5	142.5		43.7	23.89	25	roccia	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)
1	5000	3750	20
2	7000	5250	30
3	8000	6000	40
4	20000	15000	90
5	30000	22500	100

Carichi distribuiti (edificio a monte)

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	2200.85	1584.52	2205.35	1584.52	40

Risultati analisi pendio – FS MINIMO

Fs minimo individuato	1.3
Ascissa centro superficie	2193.05 m
Ordinata centro superficie	1595.67 m
Raggio superficie	14.59 m

Principali risultati dei calcoli – fattore di sicurezza minima

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 2193.048 yc = 1595.673 Rc = 14.589 Fs=1.303
Lambda = 0.435

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	0.87	4.54	0.87	4.96
2	0.87	6.79	0.88	14.53
3	0.87	11.35	0.89	22.81
4	0.93	16.93	0.98	33.12
5	0.81	17.41	0.85	31.46

6	0.87	24.09	0.95	30.88
7	0.87	25.76	0.97	26.96
8	0.61	28.63	0.7	16.09
9	1.13	33.97	1.36	53.03
10	0.87	37.25	1.09	35.93

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	1.9	4.36	0.0	0.0	3.42	3.95	0.0
2	4.49	10.32	1.9	4.36	12.63	6.93	0.0
3	6.84	15.7	4.49	10.32	21.21	9.74	0.0
4	8.14	18.69	6.84	15.7	31.39	13.3	0.0
5	9.32	21.4	8.14	18.69	29.78	12.37	0.0
6	8.99	20.64	9.32	21.4	28.2	12.21	0.0
7	8.55	19.64	8.99	20.64	24.24	10.97	0.0
8	8.5	19.51	8.55	19.64	14.1	6.82	0.0
9	3.6	8.26	8.5	19.51	41.66	17.88	0.0
10	-0.02	-0.04	3.6	8.26	26.36	12.07	0.0

- SEZIONE monte-valle – configurazione definitiva/inserimento opere:

Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENTERN-PRICE (1965)

Zona	Via Alpicella snc
Lat./Long.	44.394054/8.518774
Calcolo eseguito secondo	[A2+M1+R2]
Numero di strati	5.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2171.49 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1587.91 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2204.31 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1603.78 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	50.0
Numero di celle lungo y	50.0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0125
Coefficiente azione sismica verticale	0.0062

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2148.88	1575.66

2	2152.56	1576.66
3	2163.5	1577.72
4	2168.39	1581.77
5	2177.39	1582.92
6	2179.56	1582.91
7	2179.56	1579.39
8	2192.5	1579.39
9	2192.5	1582.92
10	2197.37	1584.08
11	2200.54	1584.56
12	2205.84	1584.56

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	2148.88	1567.61
2	2153.82	1568.95
3	2156.7	1569.26
4	2162.44	1570.51
5	2168.18	1571.76
6	2172.56	1572.67
7	2180.63	1573.72
8	2187.94	1574.78
9	2194.9	1575.83
10	2201.05	1576.76
11	2205.84	1576.76

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	2148.88	1573.07
2	2153.03	1574.19
3	2156.28	1574.54
4	2160.38	1575.3
5	2166.26	1576.75
6	2171.85	1577.91
7	2178.99	1578.84
8	2187.03	1579.99
9	2192.5	1579.99
10	2193.7	1581.0
11	2200.72	1582.06
12	2205.84	1582.06

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	2148.88	1570.99
2	2153.4	1572.22
3	2156.56	1572.56
4	2160.8	1573.34
5	2166.7	1574.8
6	2172.18	1575.94
7	2179.26	1576.86
8	2191.08	1578.58
9	2194.56	1579.1
10	2200.87	1580.06
11	2205.84	1580.06

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	2148.88	1568.61
2	2153.82	1569.95
3	2156.7	1570.26
4	2162.44	1571.51
5	2168.18	1572.76
6	2172.56	1573.67
7	2180.63	1574.72
8	2187.94	1575.78
9	2194.9	1576.83
10	2201.05	1577.76
11	2205.84	1577.76

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	4.25		22.8	17.06	20	Coltre	
2	7.13		24.7	18.04	20	Poco addensato	
3	9.5		26.6	18.53	21	addensato	
4	85.5		38	22.91	24	substrato	
5	142.5		43.7	23.89	25	roccia	

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa;

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)
1	5000	3750	20
2	7000	5250	30
3	8000	6000	40
4	20000	15000	90
5	30000	22500	100

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m ³)
1	2192.64	1579.65	2	0.2	3.2	0.3	0.3	25
2	2179.53	1579.73	0.2	2	3.2	0.3	0.3	25

Carichi distribuiti (edificio a monte ed edificio a progetto)

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m²)
1	2200.85	1584.52	2205.35	1584.52	40
2	2180.24	1579.27	2191.24	1579.27	100

Risultati analisi pendio - FS MINIMO

Fs minimo individuato	2.07
Ascissa centro superficie	2193.82 m
Ordinata centro superficie	1589.18 m
Raggio superficie	10.54 m

xc = 2193.815 yc = 1589.183 Rc = 10.538 Fs=2.072

Lambda = 0.349

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)
1	1.33	-18.92	1.41	6.5
2	1.23	-8.96	1.24	62.04
3	0.05	-25.55	0.06	2.11
4	2.72	0.5	2.72	220.54
5	1.33	11.32	1.36	113.77
6	0.76	19.76	0.81	65.08
7	1.9	24.6	2.09	152.7
8	1.26	35.67	1.55	85.09
9	1.41	45.91	2.02	112.88
10	1.33	56.89	2.44	76.82

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (kN)	Ei (kN)	Xi-1 (kN)	Ei-1 (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)	Ui (kN)
1	4.2	12.04	0.0	0.0	-1.66	4.48	0.0
2	29.09	83.32	4.2	12.04	20.98	8.93	0.0
3	34.06	97.56	29.09	83.32	-8.7	-1.85	0.0
4	54.93	157.33	34.06	97.56	201.53	61.2	0.0
5	58.18	166.64	54.93	157.33	110.61	32.97	0.0
6	57.66	165.16	58.18	166.64	61.34	18.54	0.0
7	49.44	141.61	57.66	165.16	136.57	42.61	0.0
8	39.82	114.04	49.44	141.61	60.68	18.81	0.0
9	20.35	58.3	39.82	114.04	51.51	18.4	0.0
10	1.69	4.84	20.35	58.3	6.84	6.4	0.0

5.3 Verifiche di capacità portante

Le verifiche di capacità portante per il nuovo edificio qui riportate riguardano le valutazioni effettuate sulle fondazioni dello stesso e sulle opere di sostegno esterne. Le fondazioni dell'edificio sono infatti costituite dai piedi delle opere di sostegno perimetrali, le quali formano l'intercapedine attorno all'abitazione e risultano collegate da una platea interna in c.a. Le verifiche qui esposte riguardano sia il piede dell'opera isolata, soggetta ai carichi interni della sovrastruttura e del marciapiede, sia la platea complessiva. Si considerano pertanto i casi di:

- Fondazione "A-A" di monte, composta dal piede di fondazione dell'opera di sostegno dell'edificio-intercapedine, di larghezza complessiva $B = 2,00$ m, appoggiata sull'"Orizzonte 2";
- Fondazione "A-A" di valle, composta dal piede di fondazione dell'opera di sostegno dell'edificio-intercapedine, di larghezza complessiva $B = 2,00$ m, appoggiata sull'"Orizzonte 2";
- Fondazione generale dell'edificio, costituita dalla platea in c.a. di spessore 40 cm che collega le opere di sostegno perimetrali e le fondazioni interne.

Si noti che, nelle verifiche del piede di fondazione isolato delle opere di sostegno, è stata considerata una larghezza del piede di fondazione pari a 2.00 m, considerando la riduzione in termini di "sezione efficiente".

Le verifiche sono state condotte con l'applicazione della formula del carico limite, che esprime l'equilibrio fra il carico applicato in fondazione e la resistenza limite del terreno. Nello specifico, le valutazioni hanno riguardato il collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

Il superamento della verifica, nel primo caso, necessita che il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi risulti superiore a η_q . Ovvero, definito Q_u il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve risultare:

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

Eseguendo il calcolo mediante le indicazioni contenute negli Eurocodici si può impostare:

$$\eta_q \geq 1$$

Relativamente alla fondazione dei muri di sostegno, sono state considerate le espressioni di Meyerhoff per il calcolo della capacità portante e dello stesso equilibrio allo scorrimento, legato alla verifica di stabilità, le quali permettono la valutazione delle relative sollecitazioni nella configurazione di progetto, valutate lungo le sezioni geotecniche di riferimento.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_{cd} i_c + q N_{qd} i_q + 0.5 \gamma B N_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma}$$

In questa espressione:

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \tan \phi} \quad , \quad N_q = A \tan^2(45^\circ + \phi/2), \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi, \quad N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

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

Fattori di profondità

$$\begin{array}{ccc} D & & \\ d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} & d_q = d_\gamma = 1 & \text{per } \phi = 0 \\ B & & \\ & D & \\ d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} & & \text{per } \phi > 0 \\ & B & \end{array}$$

Fattori di inclinazione

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

$$\begin{array}{ccc} i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi & & \\ \theta^\circ & & \\ i_\gamma = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^2 & \text{per } \phi > 0 & \\ \phi^\circ & & \\ i_\gamma = 0 & \text{per } \phi = 0 & \end{array}$$

Si riporta di seguito una sintesi dell'involuppo delle sollecitazioni trasmesse dalle fondazioni al terreno, le quali sono state soggette alle verifiche di cui sopra, tutte con esito positivo. Per una descrizione più approfondita si rimanda ai relativi allegati.

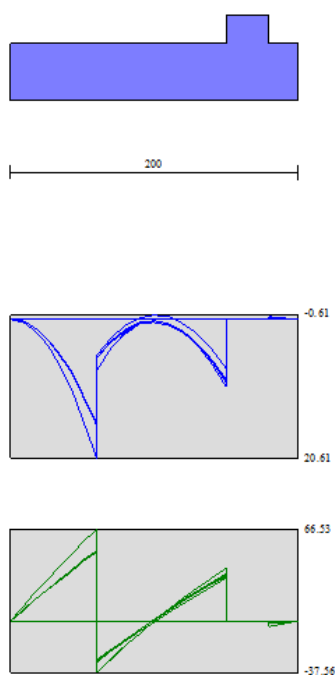


Figura 1: piede di fondazione "di monte"- involucro momento (KN/m) e taglio (KN). F_s minimo al carico limite = 1.72

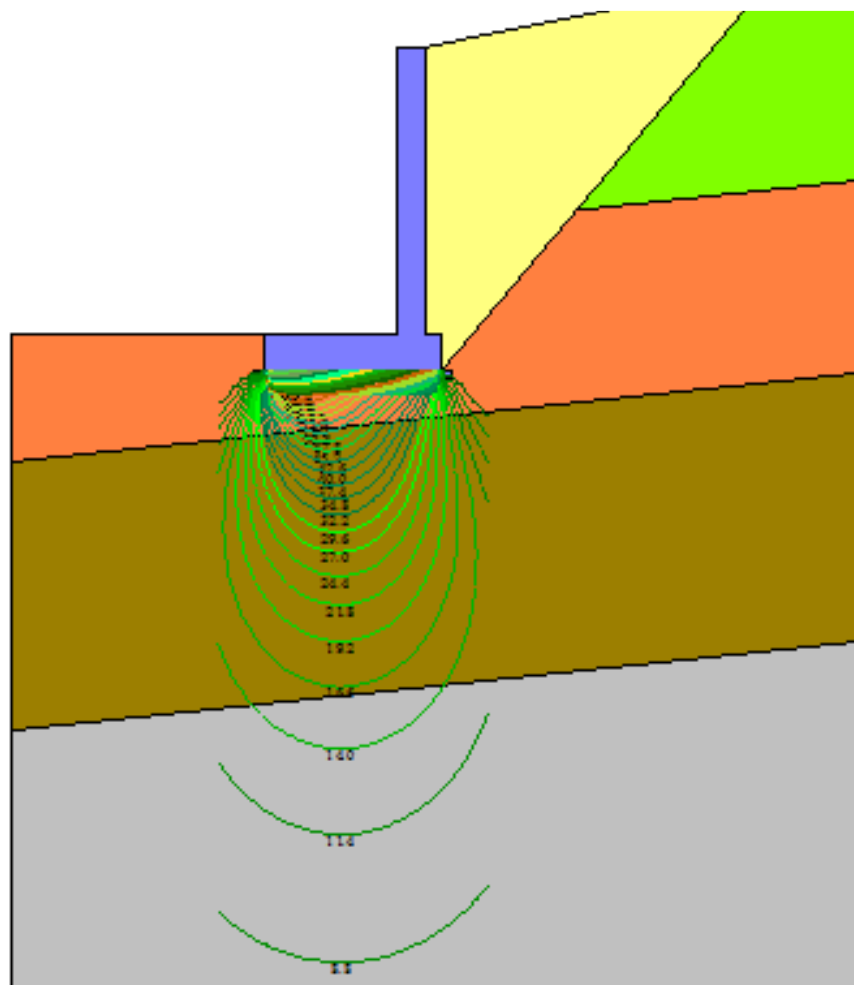


Figura 2: fondazione "di monte"- bulbo pressione di Bousinnesque. Raggiunta 10% della pressione a -9.50 m dal P.C.

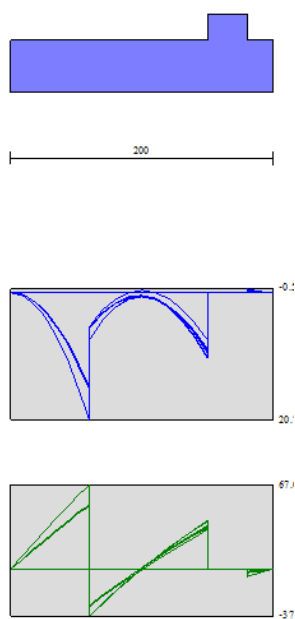


Figura 3: piede di fondazione "di valle" - involucro momento (KN/m) e taglio (KN). F_s minimo al carico limite = 1.89

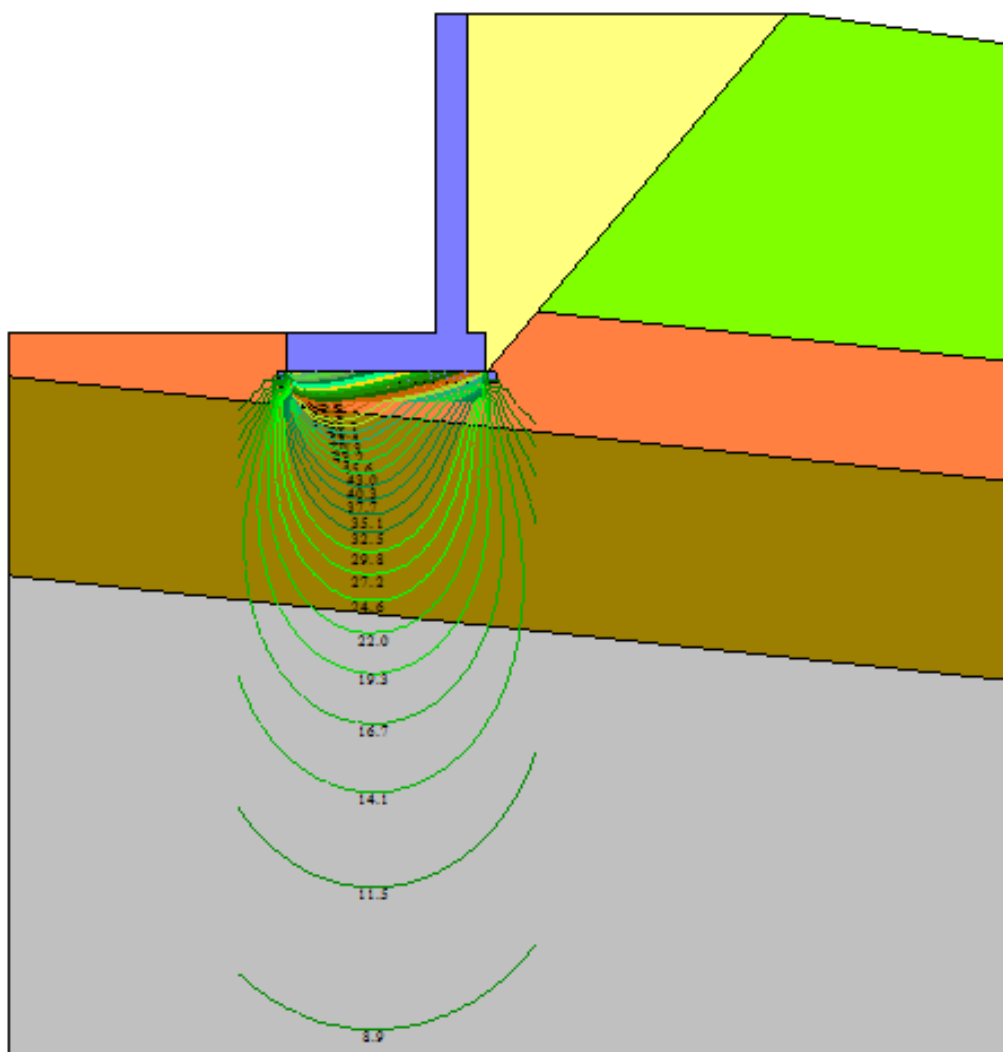


Figura 4: fondazione "di valle" – bulbo pressione di Bousinnesque. Raggiunta 10% della pressione a -9.50 m dal P.C.

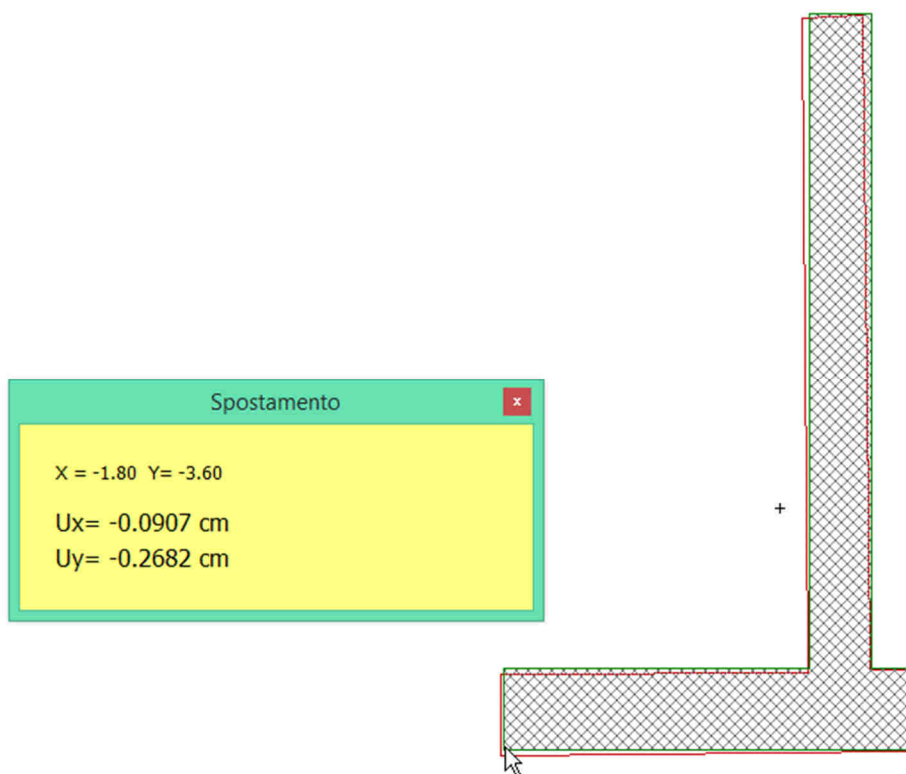


Figura 5: fondazione "di monte" – deformazione/cedimento dell'opera, pari a circa 0.3 cm (involuppo).

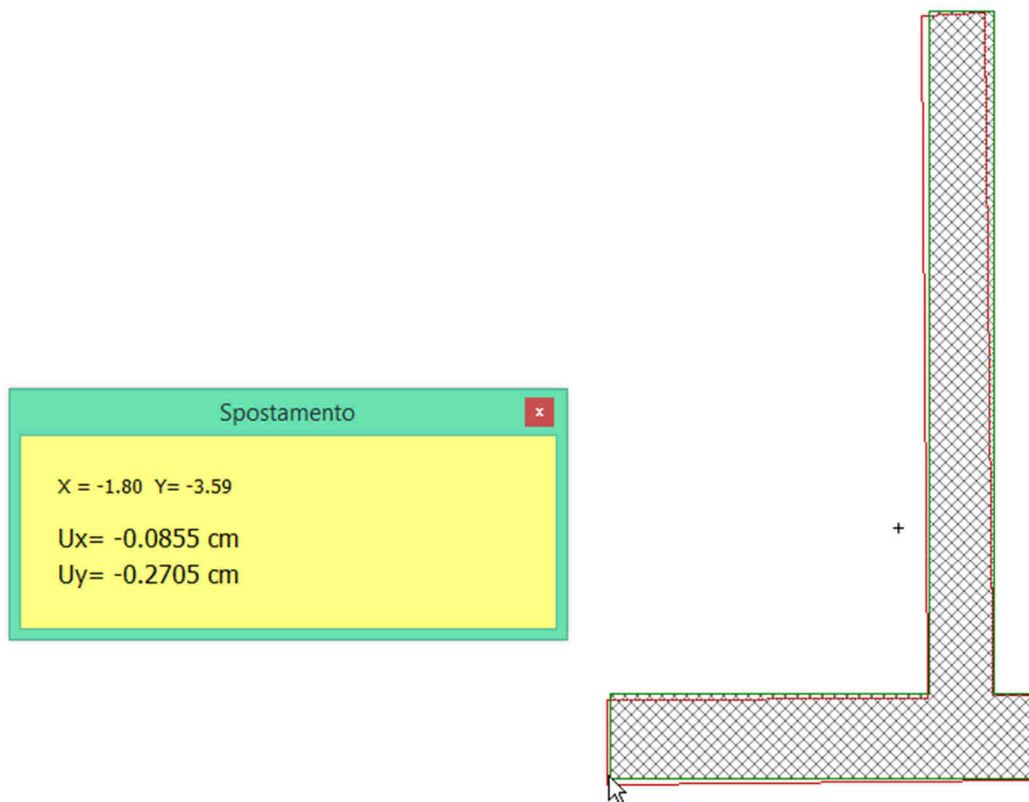


Figura 6: fondazione "di valle" – deformazione/cedimento dell'opera, pari a circa 0.3 cm (involuppo).

Relativamente alla fondazione generale costituita dalla platea in c.a., sono state considerate cautelativamente le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante, le quali si differenziano a secondo del caso di presenza di un terreno puramente coesivo o meno e si esprimono nel modo seguente:

- a) Caso generale: $q_u = cN_{cs}d_{cs}i_{cs}g_{cs}b_c + qN_{qs}d_{qs}i_{qs}g_{qs}b_q + 0.5B\gamma N_{\gamma}s_{\gamma}d_{\gamma}i_{\gamma}g_{\gamma}b_{\gamma}$
 b) Caso di terreno puramente coesivo: $q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$

in cui d_c, d_q, d_{γ} , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_{γ} , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_{γ} , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_{γ} , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_{γ} , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche effettuate, le quali hanno dato tutte esito positivo. Per una descrizione più approfondita si rimanda ai relativi allegati.

- Larghezza di fondazione: $B = 12.5 \text{ m}$
- Lunghezza di fondazione: $L = 14.0 \text{ m}$
- Tipologia di fondazione: platea
- Profondità del piano di posa: $D = 0.4 \text{ m}$
- Azioni caratteristiche in fondazione:
 - Carico verticale permanente: $G_k = 15000 \text{ KN}$
 - Carico verticale accidentale: $Q_k = 10000 \text{ KN}$
 - Azioni di taglio alla base: $T_k = 300 \text{ KN}$
 - Momento sollecitante alla base: $M_k = 300 \text{ KNm}$
- Caso A1-M1:
 - Carico limite unitario: $q_{lim} = 1032.16 \text{ KPa}$
 - Pressione massima agente: $q = 273.94 \text{ KPa}$
 - Coefficiente di sicurezza: $\eta_q = 3.77 > 1.00$ condizione verificata
- Caso A2-M2:
 - Carico limite unitario: $q_{lim} = 321.74 \text{ KPa}$
 - Pressione massima agente: $q = 160.30 \text{ KPa}$
 - Coefficiente di sicurezza: $\eta_q = 2.01 > 1.00$ condizione verificata

5.4 Verifiche EQU – analisi delle opere di contenimento

Dal punto di vista delle opere di contenimento, si fa nuovamente riferimento ai muri in c.a. di tipologia A-A sezione “di monte” e “di valle”, associati alle zone di contenimento-intercapedine del nuovo edificio. Tali interventi risultano propedeutici a tutte le successive opere quali platea di fondazione, pilastri, travi al livello del solaio, solaio in lastre predalles e sovrastruttura generale.

La singola opera, inserita nella verifica di stabilità generale del versante precedentemente riportata (associata alla configurazione di progetto con inserimento delle stesse opere), è stata quindi oggetto di verifica all’equilibrio con le caratteristiche tipologiche, geotecniche e dimensionali riportate negli schemi sintetici dei calcoli in allegato.

Le verifiche riguardano, nelle combinazioni agli stati limite ultimo (come previsto dalla normativa vigente NTC 2018 al capitolo 6.5.3.1), oltre che lo scorrimento sul piano di posa ed il collasso per carico limite, precedentemente descritta, il ribaltamento e la stabilità globale del complesso opera–terreno; le risultanze, di seguito sintetizzate, hanno portato alla piena verifica della capacità portante di tipo GEO condotta sull’opera e di equilibrio del corpo rigido (EQU).

L’analisi delle opere di sostegno è stato condotto attraverso il programma di calcolo MAX MURI, che utilizza per l’analisi della spinta il metodo di Culmann. Tale metodo 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 θ 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.

Le spinte sismiche sulle opere di sostegno sono state calcolate mediante l'approccio di Mononobe-Okabe, utilizzando il metodo pseudo-statico come previsto dalla normativa vigente per la combinazione A1-M1 e A2-M2 agli stati limite EQU e GEO.

a) 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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

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

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

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

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.

b) 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 .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

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.

A seguire alcune immagini di output del programma di calcolo, rimandando ai tabulati in allegato per l'approfondimento delle verifiche numeriche in accordo alle vigenti normative.

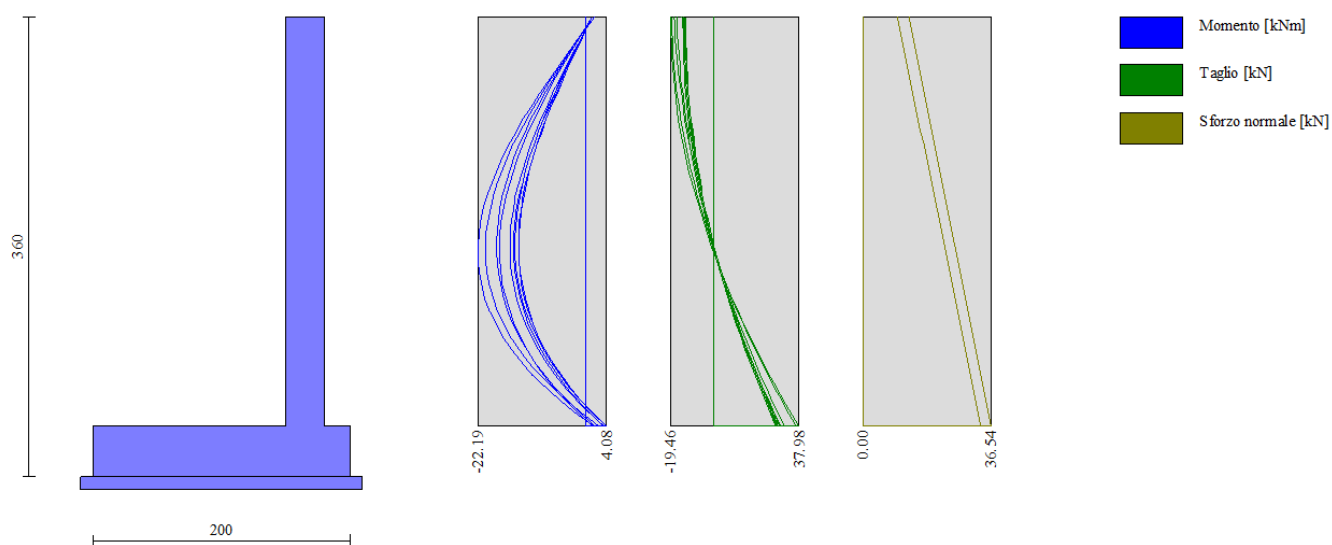


Figura 7: involuppo sollecitazioni agenti sul paramento - muro tipo A "di monte" - $F_{scorr} = 1.10$ - $F_{rib} = 2.55$

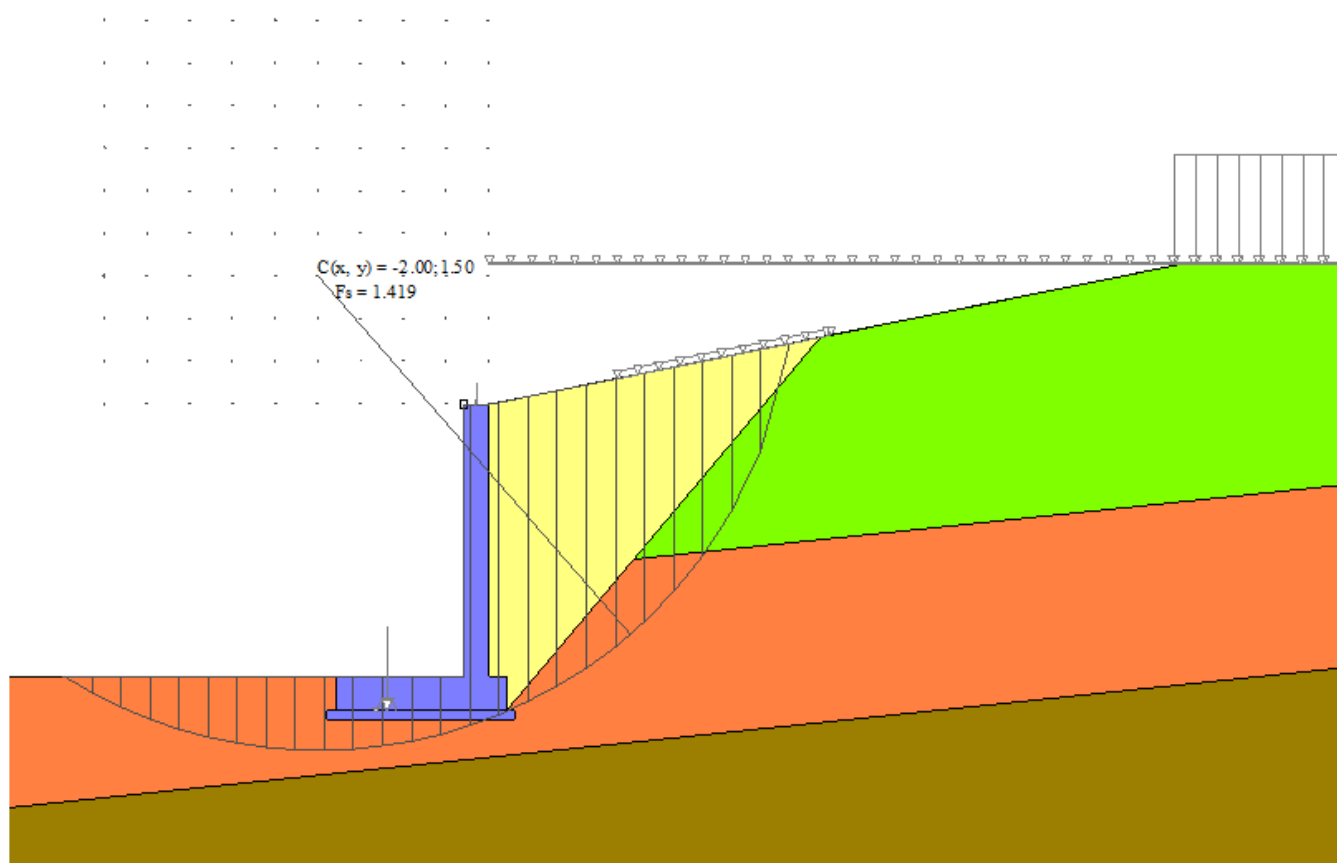


Figura 8: verifica di stabilità per collasso del sistema muro-terreno - muro tipo A "di monte" - Minimo $F_{stab} = 1.42$

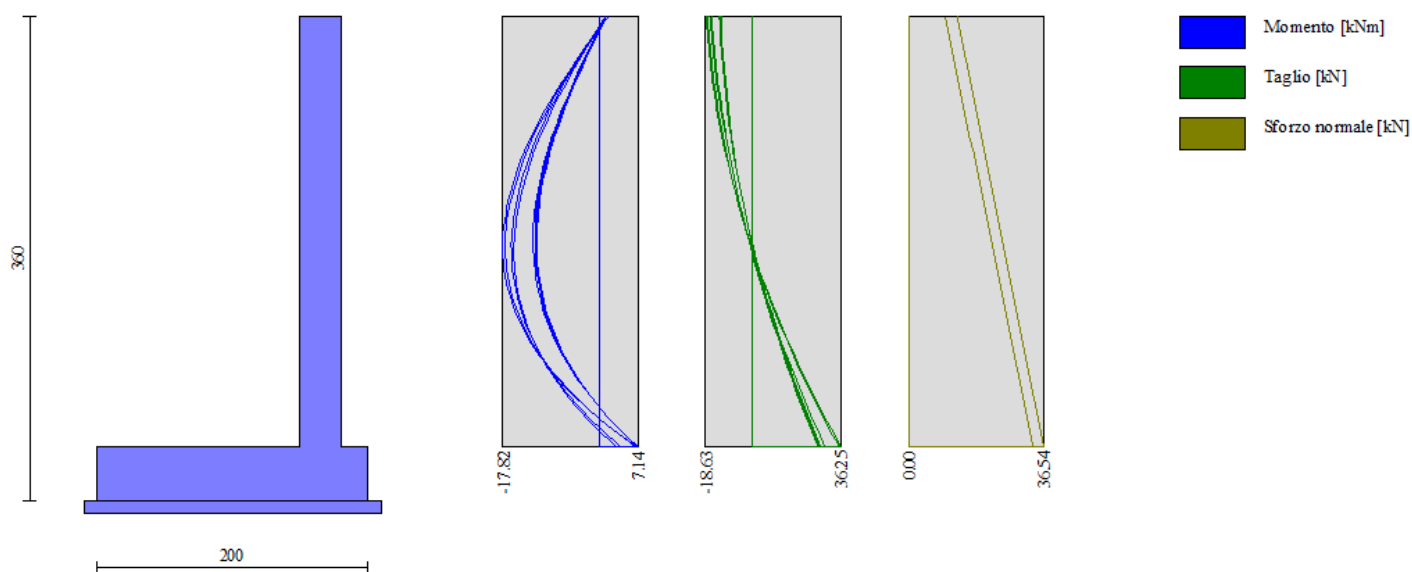


Figura 9: inviluppo sollecitazioni agenti sul paramento - muro tipo A "di valle" - $F_{scorr} = 1.12$ - $F_{rib} = 2.57$

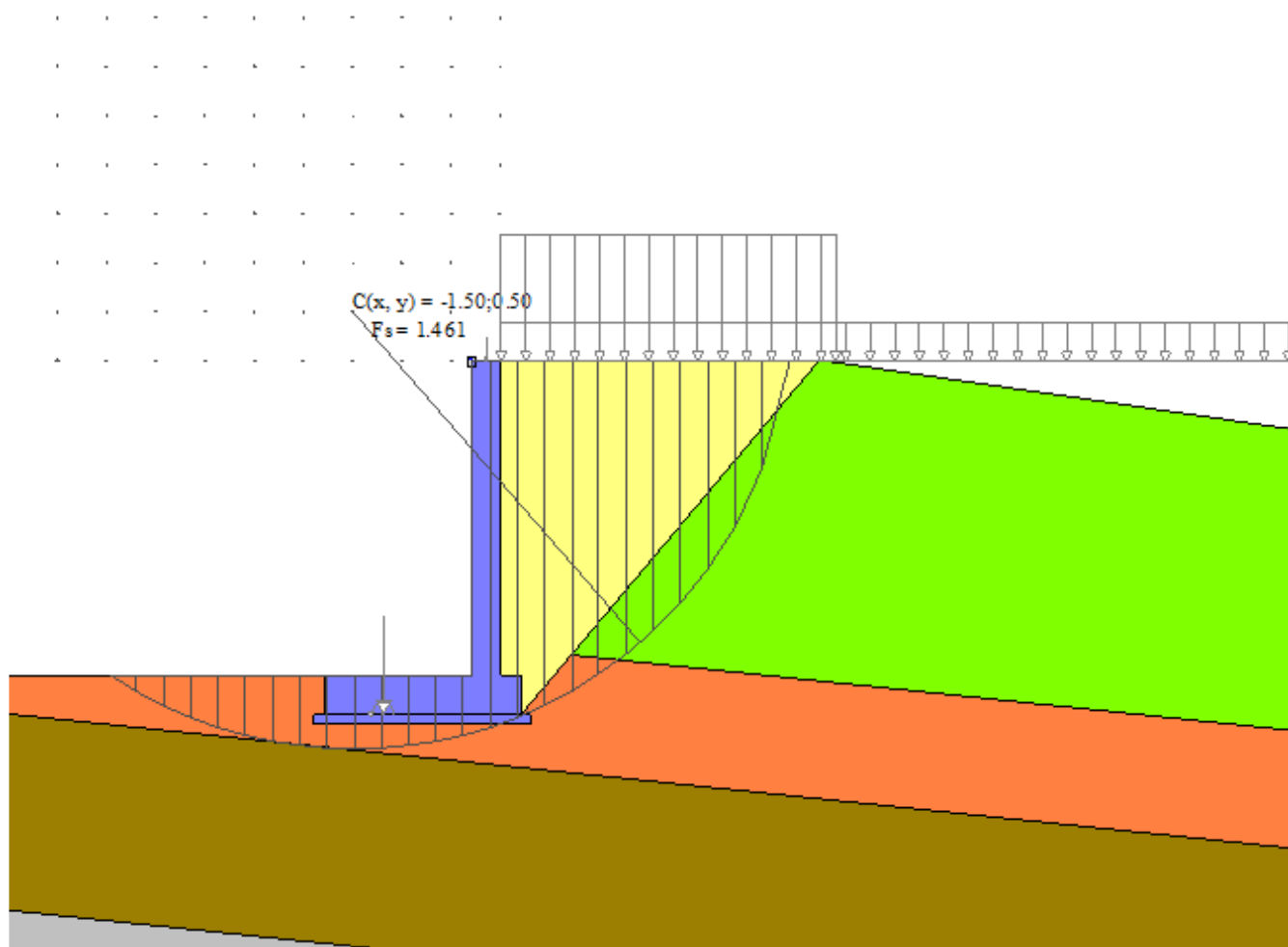


Figura 10: verifica di stabilità per collasso del sistema muro-terreno - muro tipo A "di valle" - Minimo $F_{stab} = 1.46$

6. INDICAZIONI OPERATIVE

Dall'analisi della situazione stratigrafica, delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche degli orizzonti di terreno indagati e, infine, dell'inserimento progettuale nel contesto stratigrafico superficiale si può riportare quanto segue:

- Opere di fondazione/sostegno: le opere di sostegno sezioni tipo A-A di monte e di valle, previsti a progetto, non presentano particolari problematiche dal punto di vista della stabilità e dei cedimenti attesi, purchè risultino fondati nell'orizzonte stratigrafico relativo all'orizzonte addensato. La bontà del risultato è legato alla presenza della platea di fondazione in c.a. di collegamento di tutti i piedi di fondazione delle opere perimetrali, che impedisce lo scorrimento, il ribaltamento e permette la ridistribuzione delle sollecitazioni. Dovrà in ogni caso essere posta particolare cura alle fasi di scavo nella porzione a monte dell'edificio, mentre il reinterro dovrà avvenire solo al termine della realizzazione della sovrastruttura del piano seminterrato. La presenza del piano interrato permette l'approfondimento del piano di fondazione, eliminando il materiale superficiale e geotecnicamente non idoneo: lo scavo dovrà raggiungere quindi un livello sufficientemente compatto, valutando l'effettiva consistenza del livello di fondazione.
- Scavo: non sussistono particolari problematiche relative alla formazione del fronte di scavo vista l'assenza di fabbricati di altre proprietà nelle immediate vicinanze, purchè lo stesso sia realizzato come riportato nella presente relazione. Ovvero, lo scavo dovrà presentare un fronte con pendenza non superiore a 40°. Dovrà quindi essere monitorata la fase esecutiva dello scavo e valutata la possibilità di effettuare l'opera in unica fase o se vi sia la necessità della realizzazione "a campioni", almeno per la porzione di monte.
- Smaltimento delle acque: tutte le acque meteoriche afferenti all'area di interesse, comprese quelle intercettate a monte, dovranno essere opportunamente regimate tramite la definizione di una rete di smaltimento acque bianche dotata di eventuali vasche di recupero/riutilizzo, col fine ultimo di eliminare possibili sovraccarichi sulle opere di fondazione e stabilità e la saturazione del terreno. A tergo delle opere di sostegno dovrà essere posizionato un tubo drenante microfessurato, rivestito di materiale geotessile, per l'allontanamento delle acque verso valle. In alternativa, dovranno essere realizzati dei fori di drenaggio o "barbacani" nelle opere, con interasse di almeno 2 m in pianta e 1 m in elevazione. In quest'ultimo caso, dovrà essere posizionato un il canale di scarico ai piedi delle opere per l'allontanamento delle acque e loro smaltimento.
- Rocce e terre da scavo: il materiale di scavo non utilizzato in maniera compensativa dovrà essere conferito in una discarica autorizzata allo stoccaggio di inerti.

7. CONCLUSIONI

La presente relazione ha riportato i calcoli e le verifiche geotecniche relative all'intervento di *"Permesso di costruire per la realizzazione di un nuovo fabbricato ad uso residenziale ed annessi agricoli connesso alla conduzione del fondo limitrofo"*, da effettuarsi nel terreno di proprietà della Committenza sito in via Alpicella snc, nel Comune di Stella, identificato catastalmente al N.C.T. Foglio 27 mappali 53, 57, 52, 262, 86.

In base ai risultati precedentemente riportati, si può constatare che tutte le verifiche geotecniche richieste risultino rispettate, in accordo alle prescrizioni fornite dalla normativa tecnica vigente.

Concludendo, pertanto, lo scrivente dichiara, in base alle caratteristiche geologiche e geotecniche dell'area desunte dalla documentazione sopra citata, che:

- le azioni di progetto risultano compatibili con l'impianto fondazionale delle opere da realizzare;
- l'intervento in oggetto risulta pienamente fattibile dal punto di vista geotecnico, nel rispetto di quanto indicato all'interno della presente relazione.

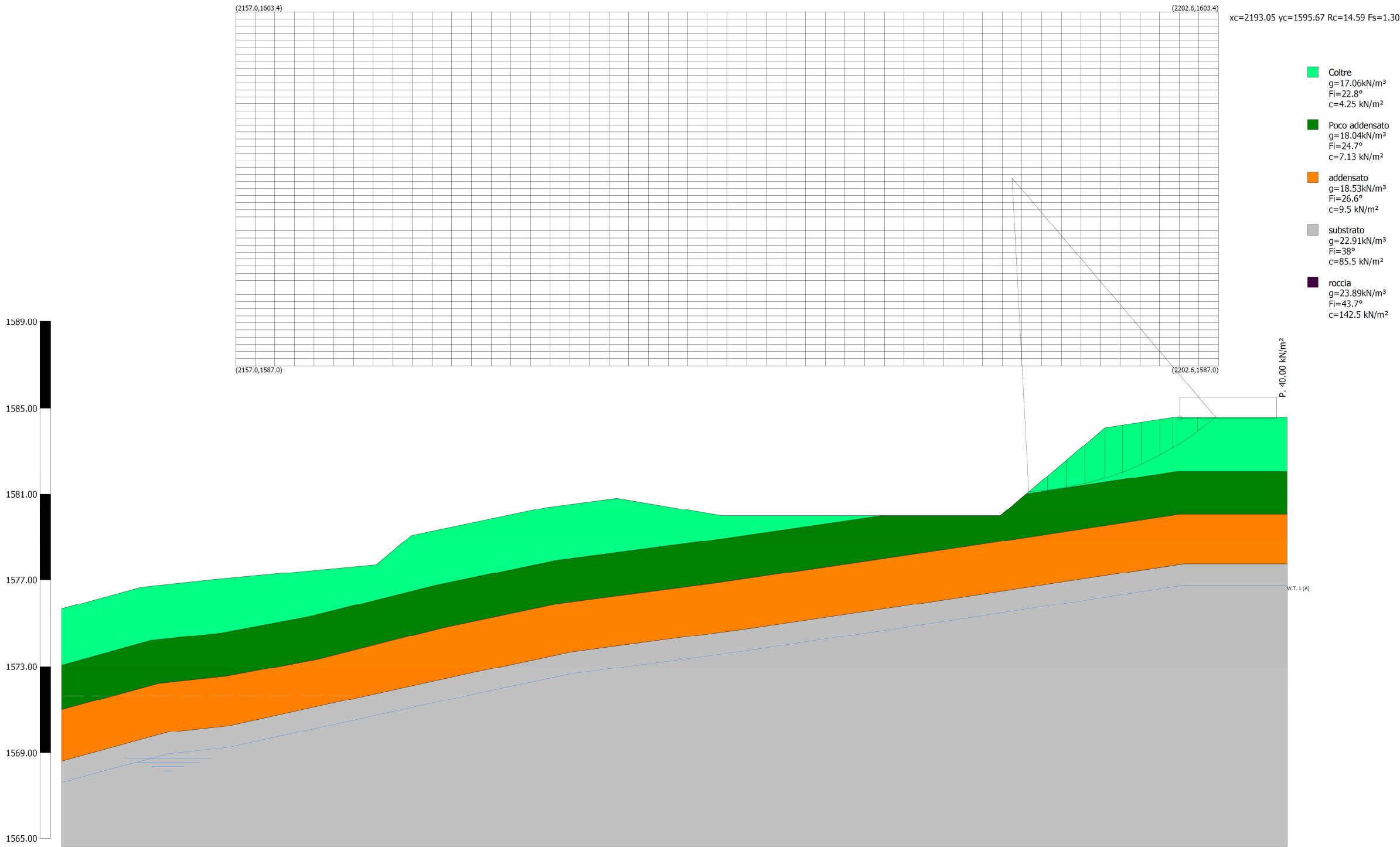
Celle Ligure, Ottobre 2020

Il Tecnico

Ing. Silvio De Ambroggi

Allegati

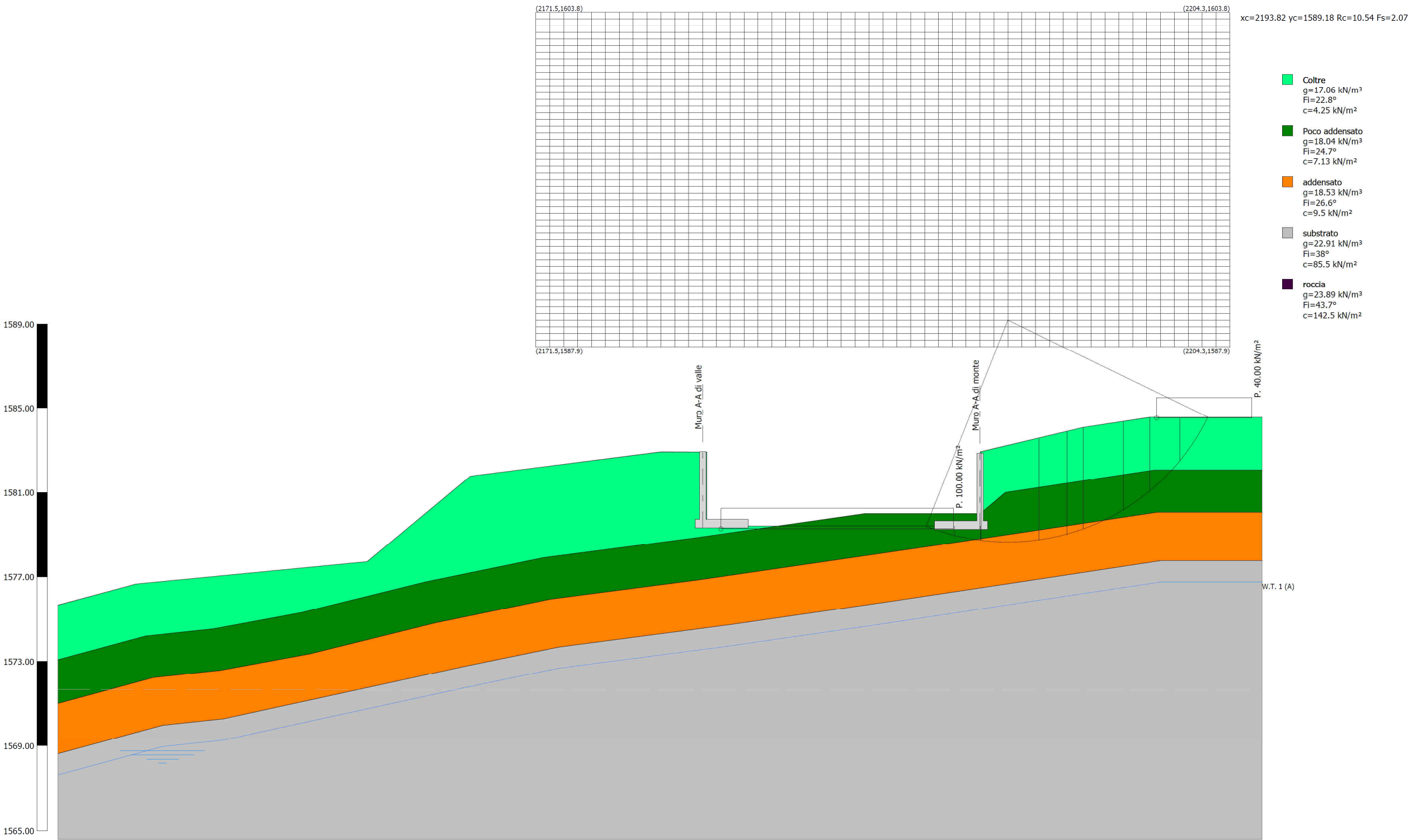
SEZIONE B-B monte valle - VERIFICHE DI STABILITA' – CONFIGURAZIONE PROVVISIONALE



Rappresentazione delle superfici di scorrimento analizzate (maglie dei centri), dei carichi agenti e indicazione della sup. a F_s minimo. F_s minimo = 1.31

N.B. Lo scavo sarà realizzato ad unica pendenza, con pendenza di scavo di 40° . Si noti che il carico a monte è costituito da fabbricato esistente, di proprietà della committenza

SEZIONE B-B monte valle – CONFIGURAZIONE DEFINITIVA – INSERIMENTO OPERE: MURO TIPO A-A di intercapedine



Rappresentazione delle superfici di scorrimento analizzate (maglie dei centri), dei carichi agenti e indicazione della sup. a Fs minimo. Fs minimo = 2.07

METODO DI CALCOLO

Metodo di MORGENTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E , X , il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \cdot (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \cdot K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Con l'OPCM 3274 e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale K_o e verticale K_v che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$K_o = S \cdot (a_g/g) \quad K_v = 0.5 \cdot K_o$$

S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:

tipo A - $S=1$;

tipo B - $S=1.25$;

tipo C - $S=1.25$;

tipo E - $S=1.25$;

tipo D - $S=1.35$.

Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica S_T :

$S_T \geq 1,2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;

$S_T \geq 1,4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $> 30^\circ$; $S_T \geq 1,2$ per siti dello stesso tipo ma pendenza media inferiore.

L'applicazione del **D.M. 88** e successive modifiche ed integrazioni è consentito mediante l'inserimento del coefficiente sismico orizzontale K_o in funzione delle Categorie Sismiche secondo il seguente schema: I Cat. $K_o=0.1$; II Cat. $K_o=0.07$; III Cat. $K_o=0.04$

Per l'applicazione dell'**Eurocodice 8** (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_o = a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

a_{gR} : accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,

γ_I : fattore di importanza,

S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_o , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_o$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m'n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

ALLEGATO 1 – REPORT DI CALCOLO

MURO TIPO A-A "DI MONTE"

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R_{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	Cls Armato	Rck 250	B450C	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk} [kPa]	f_{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

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	8.07	1.64	11.487
3	13.00	1.64	0.000

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

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 [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
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 [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	Coltre	17.0600	19.0000	22.800	15.200	4	2	---	---
2	Orizz. poco addensato	18.0400	19.5000	24.700	16.470	7	4	---	---
3	Orizz. addensato	18.5300	20.0000	26.600	17.730	10	5	---	---
4	Substrato	22.9100	24.0000	38.000	25.330	86	43	---	---
5	Riporti	17.0600	19.0000	22.800	15.200	0	0	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
v	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [kPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricompressione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [kPa]	v	Ed [kPa]	CR	RR	OCR
1	Coltre	5000	0.400	3000	0.000	0.000	1.000
2	Orizz. poco addensato	7000	0.400	4000	0.000	0.000	1.000
3	Orizz. addensato	8000	0.400	5000	0.000	0.000	1.000
4	Substrato	7000	0.400	10000	0.000	0.000	1.000
5	Riporti	5000	0.400	3000	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
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
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')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	2.00	6.000	Coltre	1.500	1.000	---	---	---	---	---
2	2.15	6.000	Orizz. poco addensato	5.000	3.000	---	---	---	---	---
3	3.00	6.000	Orizz. addensato	10.000	6.000	---	---	---	---	---
4	3.00	6.000	Substrato	25.000	15.000	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento:

Riporti

Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 40.00 [°]

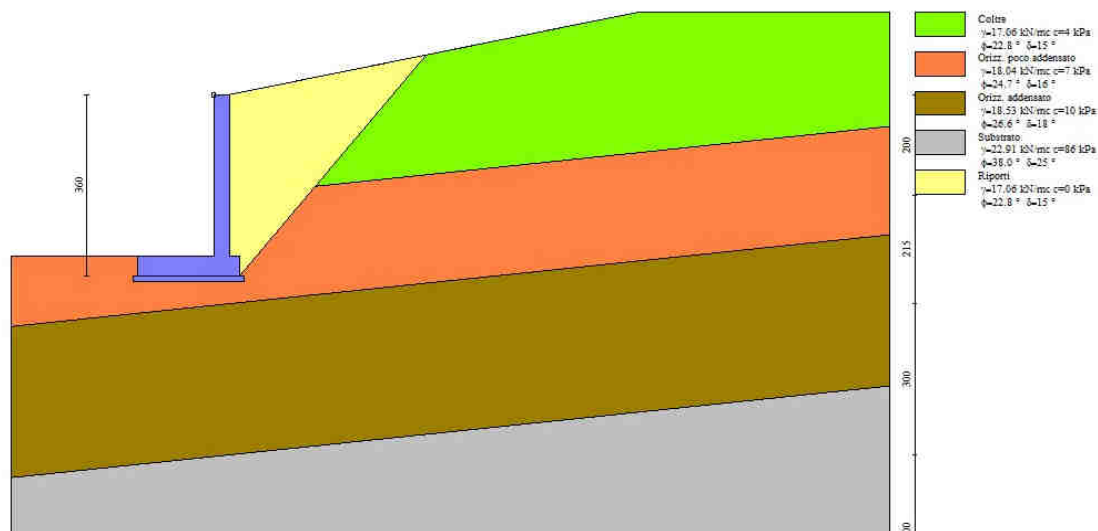


Fig. 1 - Stratigrafia

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	3.20	[m]
Altezza paramento libero	3.20	[m]
Spessore in sommità	0.30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	1.50	[m]
Lunghezza mensola di monte	0.20	[m]
Lunghezza totale	2.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.40	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

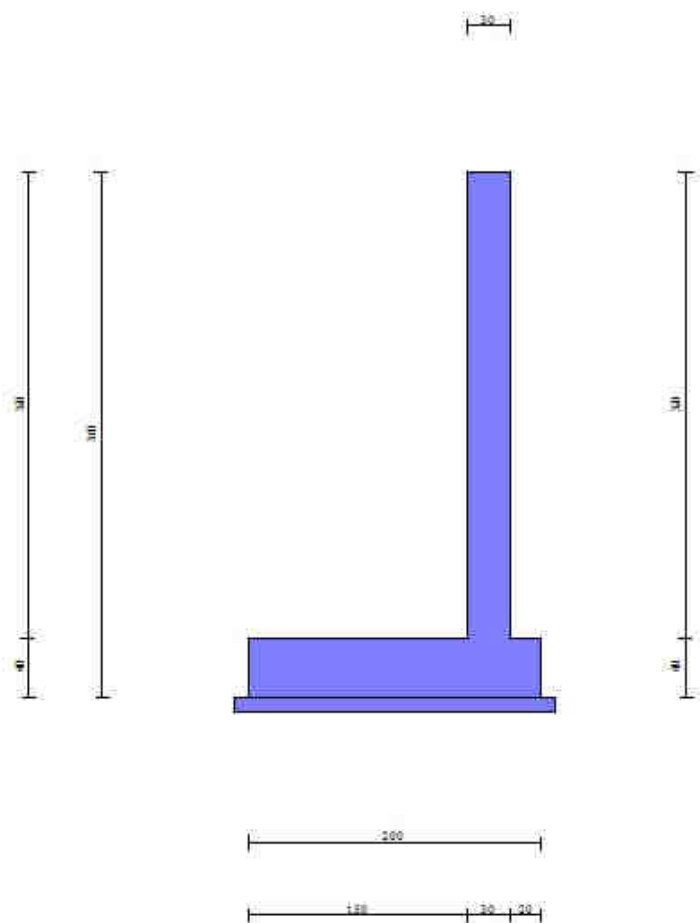


Fig. 2 - Sezione quotata del muro

Vincoli

Simbologia adottata

n°	indice del vincolo
X, Y	Posizione del vincolo sul muro, espressa in [m]
Vx, Vy	Vincolo alla traslazione orizzontale e verticale (Rigido o Elastico)
Kx, Ky	Rigidezza del vincolo elastico, espressa in [kg/cm]
Dir	Direzione reazione vincolo

n°	X [m]	Y [m]	Vx	Kx [kg/cm]	Dir	Vy	Ky [kg/cm]	Dir
1	-0.30	0.00	Rigido	--	Reagisce a spostamenti verso VALLE	Libero	--	--

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F _x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F _y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X _i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X _f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q _i	Intensità del carico per x=X _i espressa in [kN]
Q _f	Intensità del carico per x=X _f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Neve zona II) - VARIABILE

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

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0.00	13.00	1.5000	1.5000

Condizione n° 2 (Edificio esistente) - PERMANENTE NS

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					8.03	13.00	40.0000	40.0000

Condizione n° 3 (Mezzi agricoli) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.00$ - $\Psi_1=0.75$ - $\Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					1.50	4.00	2.5000	2.5000

Condizione n° 4 (Marciapiede) - PERMANENTE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	-0.15; 0.00	0.0000	10.0000	1.2500				

Condizione n° 5 (Peso sovrastruttura) - PERMANENTE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Fondazione	-1.20; -3.60	0.0000	80.0000	10.0000				

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
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_t	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

- Combinazione 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. per I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.50	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.50	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	0.50	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.30	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.30	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.30	0.50	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.30	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.50	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.50	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	0.50	Sfavorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Mezzi agricoli	1.50	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 16 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.00	0.50	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - SLEQ

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Edificio esistente	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Stella
Provincia	Savona
Regione	Liguria
Latitudine	44.392924
Longitudine	8.498316
Indice punti di interpolazione	16912 - 16690 - 16689 - 16911
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		0.514	0.238
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.052	0.024
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.630	2.555
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.302	0.186
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	6.287	3.143
Ultimo - Ribaltamento	1.000	6.287	3.143
Esercizio	1.000	2.908	1.454

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

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

Capacità portante

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

Stabilità globale

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

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
ΔH massimo suddivisione strati	1.00 [m]

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

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

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	73.30	15.20	70.74	19.22	0.20	-2.34
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.44/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	117.00	--	--
	Reazione vincolare			-18.82	0.00	0.00	0.00
2	Spinta statica	75.54	15.20	72.90	19.81	0.20	-2.35
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.21/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	117.00	--	--
	Reazione vincolare			-19.46	0.00	0.00	0.00
3	Spinta statica	53.41	15.20	51.54	14.00	0.20	-2.37
	Incremento di spinta sismica		8.20	7.91	2.15	0.20	-1.78
	Peso/Inerzia muro			2.71	43.15/1.36	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.69	10.99/0.35	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			5.66	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-18.23	0.00	0.00	0.00
4	Spinta statica	53.41	15.20	51.54	14.00	0.20	-2.37
	Incremento di spinta sismica		4.84	4.67	1.27	0.20	-1.78
	Peso/Inerzia muro			2.71	43.15/-1.36	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.69	10.99/-0.35	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			5.66	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-17.17	0.00	0.00	0.00
13	Spinta statica	55.99	15.20	54.03	14.68	0.20	-2.35
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.29/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-13.66	0.00	0.00	0.00
14	Spinta statica	53.93	15.20	52.04	14.14	0.20	-2.37
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.05/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.80	0.00	0.00	0.00
15	Spinta statica	53.41	15.20	51.54	14.00	0.20	-2.37
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	10.99/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.59	0.00	0.00	0.00
16	Spinta statica	57.48	15.20	55.47	15.07	0.20	-2.35
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.14/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-14.07	0.00	0.00	0.00
17	Spinta statica	55.50	15.20	53.55	14.55	0.20	-2.37
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	10.99/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-13.29	0.00	0.00	0.00
18	Spinta statica	53.41	15.20	51.54	14.00	0.20	-2.37
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	10.99/0.00	0.10	-1.59
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.59	0.00	0.00	0.00

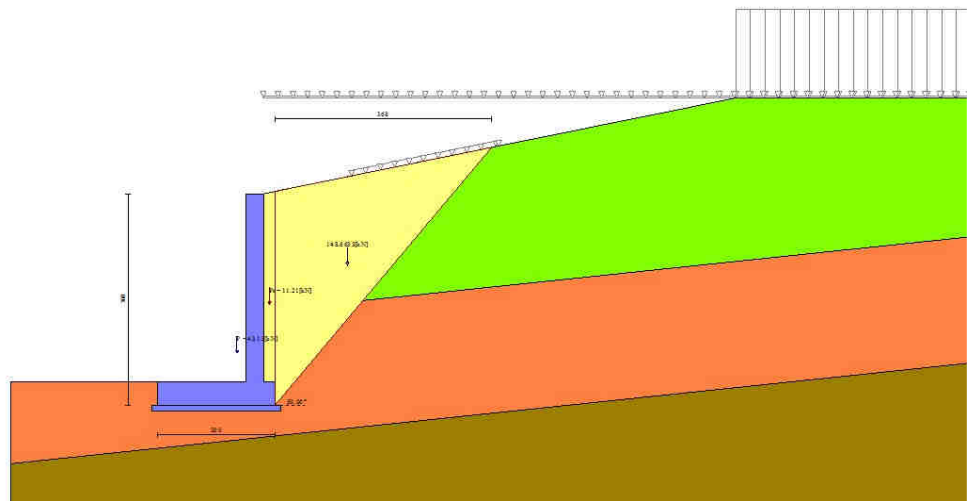


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

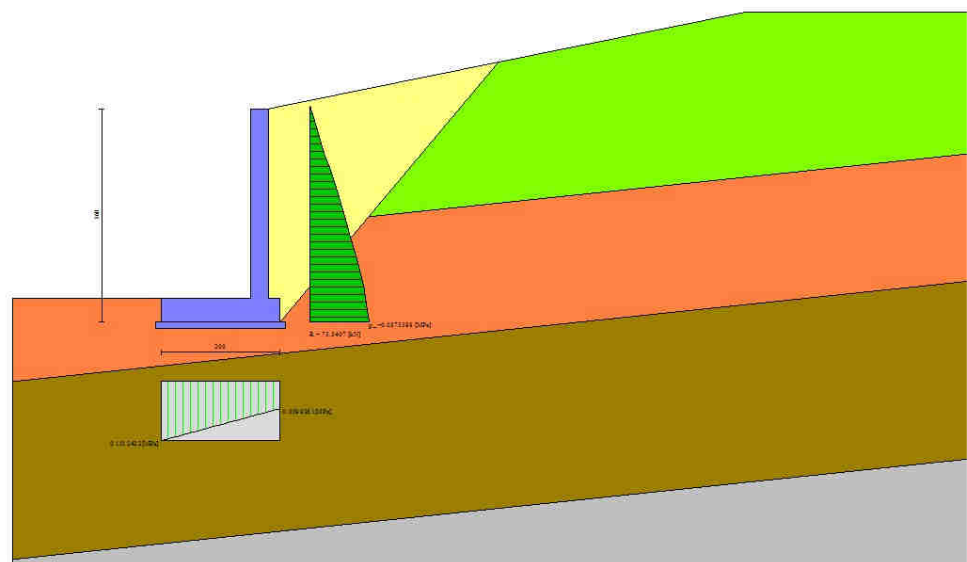


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 2)

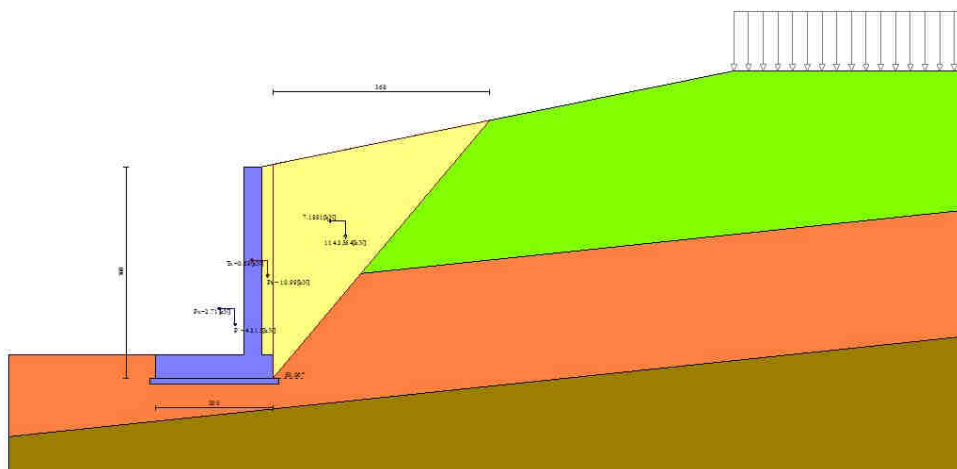


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

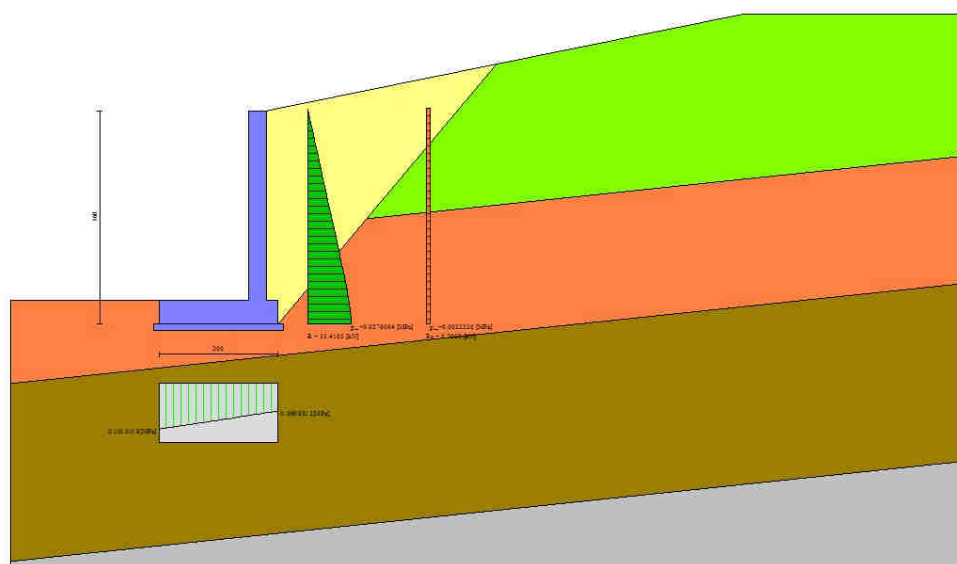


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.165		1.749			
2 - STR (A1-M1-R3)		1.141		1.719			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.070		2.004			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.088		2.069			
5 - GEO (A2-M2-R2)					1.441		
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.419		

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.622		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.643		
9 - EQU (A1-M1-R3)			2.606				
10 - EQU (A1-M1-R3)			2.575				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.550				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.558				

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)	82.43	0.00	0.00	--	--	82.43	70.74	1.165
2 - STR (A1-M1-R3)	83.18	0.00	0.00	--	--	83.18	72.90	1.141
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	73.32	0.00	0.00	--	--	73.32	68.52	1.070
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	71.00	0.00	0.00	--	--	71.00	65.28	1.088

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)	190.81	333.63	238.31	1.749
2 - STR (A1-M1-R3)	191.17	328.59	234.71	1.719
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	161.99	324.68	270.57	2.004
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	157.71	326.36	271.97	2.069

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma_N$, viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	22.006	0.690	1.064	--	--	--	--	--	--	0.748	1.000
	11.659	0.690	1.032	--	--	--	--	--	--		
	7.796	0.169	1.032	--	--	--	--	--	--		
2	22.006	0.683	1.064	--	--	--	--	--	--	0.750	1.000
	11.659	0.683	1.032	--	--	--	--	--	--		
	7.796	0.157	1.032	--	--	--	--	--	--		
3	22.006	0.653	1.064	--	--	--	--	--	--	0.797	1.000
	11.659	0.653	1.032	--	--	--	--	--	--		
	7.796	0.111	1.032	--	--	--	--	--	--		
4	22.006	0.659	1.064	--	--	--	--	--	--	0.791	1.000
	11.659	0.659	1.032	--	--	--	--	--	--		
	7.796	0.118	1.032	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0.40	2.00	1.60	18.34	25.84	9
2	0.40	2.00	1.60	18.34	25.84	9
3	0.40	2.00	1.60	18.34	25.84	9
4	0.40	2.00	1.60	18.34	25.84	9

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)	270.00	103.61	2.606
10 - EQU (A1-M1-R3)	272.99	105.99	2.575
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	244.03	95.68	2.550
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	236.00	92.28	2.558

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
5 - GEO (A2-M2-R2)	-2.00; 1.50	5.56	1.441
6 - GEO (A2-M2-R2)	-2.00; 1.50	5.56	1.419
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-2.00; 1.50	5.56	1.622
8 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-2.00; 1.50	5.56	1.643

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

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3.43	0.66	0.00	3.52 - 0.34	74.780	18.587	3	0.0	
2	8.74	0.66	0.00	0.34	64.461	18.587	3	0.0	
3	11.94	0.66	0.00	0.34	57.157	18.587	3	0.0	
4	14.37	0.66	0.00	0.34	51.128	20.202	6	0.0	
5	16.33	0.66	0.00	0.34	45.817	20.202	6	0.0	
6	17.88	0.66	0.00	0.34	40.978	20.202	6	0.0	
7	19.03	0.66	0.00	0.34	36.474	20.202	6	0.0	
8	19.93	0.66	0.00	0.34	32.221	20.202	6	0.0	
9	20.61	0.66	0.00	0.34	28.159	20.202	6	0.0	
10	21.83	0.66	0.00	0.34	24.247	20.202	6	0.0	
11	28.01	10.22	0.00	0.34	20.452	20.202	6	0.0	
12	7.62	0.00	0.00	0.34	16.750	20.202	6	0.0	
13	5.18	0.00	0.00	0.34	13.118	20.202	6	0.0	
14	5.57	80.00	0.00	0.34	9.539	20.202	6	0.0	
15	5.84	0.00	0.00	0.34	5.998	20.202	6	0.0	
16	5.60	0.00	0.00	0.34	2.480	20.202	6	0.0	
17	5.00	0.00	0.00	0.34	-1.029	20.202	6	0.0	
18	4.90	0.00	0.00	0.34	-4.541	20.202	6	0.0	
19	4.69	0.00	0.00	0.34	-8.071	20.202	6	0.0	
20	4.34	0.00	0.00	0.34	-11.633	20.202	6	0.0	
21	3.87	0.00	0.00	0.34	-15.240	20.202	6	0.0	
22	3.26	0.00	0.00	0.34	-18.911	20.202	6	0.0	
23	2.51	0.00	0.00	0.34	-22.665	20.202	6	0.0	
24	1.60	0.00	0.00	0.34	-26.525	20.202	6	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
25	0.52	0.00	0.00	-4.99 - 0.34	-29.247	20.202	6	0.0	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3.43	1.44	0.00	3.52 - 0.34	74.780	18.587	3	0.0	
2	8.74	1.44	0.00	0.34	64.461	18.587	3	0.0	
3	11.94	1.44	0.00	0.34	57.157	18.587	3	0.0	
4	14.37	1.44	0.00	0.34	51.128	20.202	6	0.0	
5	16.33	1.44	0.00	0.34	45.817	20.202	6	0.0	
6	17.88	1.36	0.00	0.34	40.978	20.202	6	0.0	
7	19.03	0.33	0.00	0.34	36.474	20.202	6	0.0	
8	19.93	0.33	0.00	0.34	32.221	20.202	6	0.0	
9	20.61	0.33	0.00	0.34	28.159	20.202	6	0.0	
10	21.83	0.33	0.00	0.34	24.247	20.202	6	0.0	
11	28.01	10.11	0.00	0.34	20.452	20.202	6	0.0	
12	7.62	0.00	0.00	0.34	16.750	20.202	6	0.0	
13	5.18	0.00	0.00	0.34	13.118	20.202	6	0.0	
14	5.57	80.00	0.00	0.34	9.539	20.202	6	0.0	
15	5.84	0.00	0.00	0.34	5.998	20.202	6	0.0	
16	5.60	0.00	0.00	0.34	2.480	20.202	6	0.0	
17	5.00	0.00	0.00	0.34	-1.029	20.202	6	0.0	
18	4.90	0.00	0.00	0.34	-4.541	20.202	6	0.0	
19	4.69	0.00	0.00	0.34	-8.071	20.202	6	0.0	
20	4.34	0.00	0.00	0.34	-11.633	20.202	6	0.0	
21	3.87	0.00	0.00	0.34	-15.240	20.202	6	0.0	
22	3.26	0.00	0.00	0.34	-18.911	20.202	6	0.0	
23	2.51	0.00	0.00	0.34	-22.665	20.202	6	0.0	
24	1.60	0.00	0.00	0.34	-26.525	20.202	6	0.0	
25	0.52	0.00	0.00	-4.99 - 0.34	-29.247	20.202	6	0.0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3.43	0.00	0.00	3.52 - 0.34	74.780	22.800	4	0.0	
2	8.74	0.00	0.00	0.34	64.461	22.800	4	0.0	
3	11.94	0.00	0.00	0.34	57.157	22.800	4	0.0	
4	14.37	0.00	0.00	0.34	51.128	24.700	7	0.0	
5	16.33	0.00	0.00	0.34	45.817	24.700	7	0.0	
6	17.88	0.00	0.00	0.34	40.978	24.700	7	0.0	
7	19.03	0.00	0.00	0.34	36.474	24.700	7	0.0	
8	19.93	0.00	0.00	0.34	32.221	24.700	7	0.0	
9	20.61	0.00	0.00	0.34	28.159	24.700	7	0.0	
10	21.83	0.00	0.00	0.34	24.247	24.700	7	0.0	
11	28.01	10.00	0.00	0.34	20.452	24.700	7	0.0	
12	7.62	0.00	0.00	0.34	16.750	24.700	7	0.0	
13	5.18	0.00	0.00	0.34	13.118	24.700	7	0.0	
14	5.57	80.00	0.00	0.34	9.539	24.700	7	0.0	
15	5.84	0.00	0.00	0.34	5.998	24.700	7	0.0	
16	5.60	0.00	0.00	0.34	2.480	24.700	7	0.0	
17	5.00	0.00	0.00	0.34	-1.029	24.700	7	0.0	
18	4.90	0.00	0.00	0.34	-4.541	24.700	7	0.0	
19	4.69	0.00	0.00	0.34	-8.071	24.700	7	0.0	
20	4.34	0.00	0.00	0.34	-11.633	24.700	7	0.0	
21	3.87	0.00	0.00	0.34	-15.240	24.700	7	0.0	
22	3.26	0.00	0.00	0.34	-18.911	24.700	7	0.0	
23	2.51	0.00	0.00	0.34	-22.665	24.700	7	0.0	
24	1.60	0.00	0.00	0.34	-26.525	24.700	7	0.0	
25	0.52	0.00	0.00	-4.99 - 0.34	-29.247	24.700	7	0.0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	3.43	0.00	0.00	3.52 - 0.34	74.780	22.800	4	0.0	
2	8.74	0.00	0.00	0.34	64.461	22.800	4	0.0	
3	11.94	0.00	0.00	0.34	57.157	22.800	4	0.0	
4	14.37	0.00	0.00	0.34	51.128	24.700	7	0.0	
5	16.33	0.00	0.00	0.34	45.817	24.700	7	0.0	
6	17.88	0.00	0.00	0.34	40.978	24.700	7	0.0	
7	19.03	0.00	0.00	0.34	36.474	24.700	7	0.0	
8	19.93	0.00	0.00	0.34	32.221	24.700	7	0.0	
9	20.61	0.00	0.00	0.34	28.159	24.700	7	0.0	
10	21.83	0.00	0.00	0.34	24.247	24.700	7	0.0	
11	28.01	10.00	0.00	0.34	20.452	24.700	7	0.0	
12	7.62	0.00	0.00	0.34	16.750	24.700	7	0.0	
13	5.18	0.00	0.00	0.34	13.118	24.700	7	0.0	
14	5.57	80.00	0.00	0.34	9.539	24.700	7	0.0	
15	5.84	0.00	0.00	0.34	5.998	24.700	7	0.0	
16	5.60	0.00	0.00	0.34	2.480	24.700	7	0.0	
17	5.00	0.00	0.00	0.34	-1.029	24.700	7	0.0	
18	4.90	0.00	0.00	0.34	-4.541	24.700	7	0.0	
19	4.69	0.00	0.00	0.34	-8.071	24.700	7	0.0	
20	4.34	0.00	0.00	0.34	-11.633	24.700	7	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
21	3.87	0.00	0.00	0.34	-15.240	24.700	7	0.0	
22	3.26	0.00	0.00	0.34	-18.911	24.700	7	0.0	
23	2.51	0.00	0.00	0.34	-22.665	24.700	7	0.0	
24	1.60	0.00	0.00	0.34	-26.525	24.700	7	0.0	
25	0.52	0.00	0.00	-4.99 - 0.34	-29.247	24.700	7	0.0	

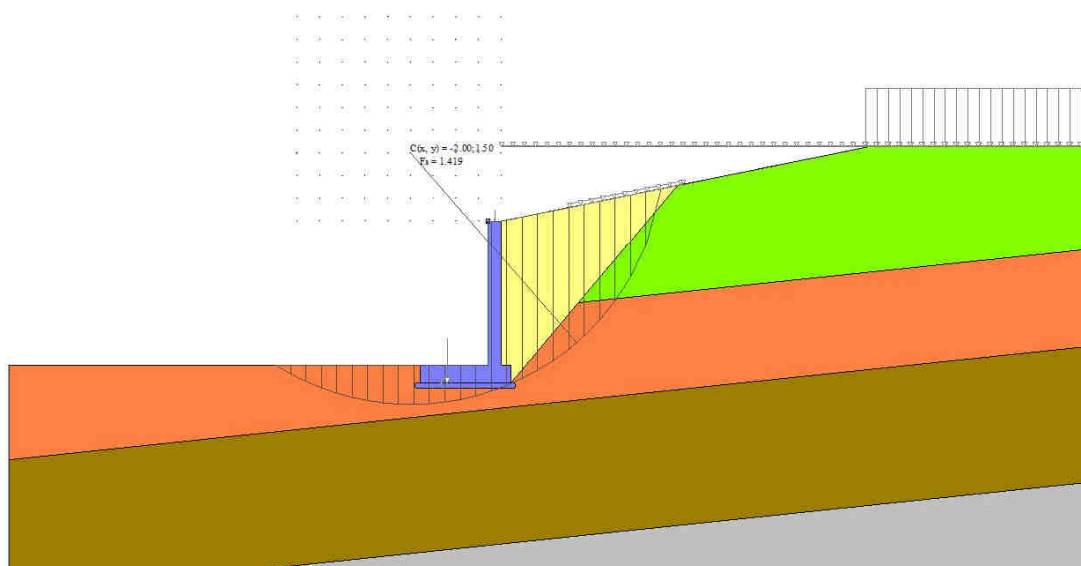


Fig. 2 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

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]
13	-1.80; -3.60	4.029	0.616
13	-0.80; -3.60	5.244	1.832
13	0.20; -3.60	3.412	0.000
14	-1.80; -3.60	4.014	0.624
14	-0.80; -3.60	5.218	1.828
14	0.20; -3.60	3.390	0.000
15	-1.80; -3.60	4.010	0.625
15	-0.80; -3.60	5.212	1.827
15	0.20; -3.60	3.385	0.000
16	-1.80; -3.60	4.031	0.610
16	-0.80; -3.60	5.252	1.831
16	0.20; -3.60	3.421	0.000
17	-1.80; -3.60	4.019	0.617
17	-0.80; -3.60	5.230	1.828
17	0.20; -3.60	3.402	0.000
18	-1.80; -3.60	4.010	0.625
18	-0.80; -3.60	5.212	1.827
18	0.20; -3.60	3.385	0.000

ALLEGATO 2 – REPORT DI CALCOLO

MURO TIPO A-A "DI VALLE"

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
Calcestruzzo armato	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
γ	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R_{ck}	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R_{ck} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	Cls Armato	Rck 250	B450C	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk} [kPa]	f_{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

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	3.36	0.00	0.000
3	11.17	-1.15	-8.376

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

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 [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
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 [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	Coltre	17.0600	19.0000	22.800	15.200	4	2	---	---
2	Orizz. poco addensato	18.0400	19.5000	24.700	16.470	7	4	---	---
3	Orizz. addensato	18.5300	20.0000	26.600	17.730	10	5	---	---
4	Substrato	22.9100	24.0000	38.000	25.330	86	43	---	---
5	Riporti	17.0600	19.0000	22.800	15.200	0	0	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
v	Coeff. di Poisson
Ed	Modulo edometrico, espresso in [kPa]
CR	Rapporto di compressione
RR	Rapporto di ricompressione
OCR	Grado di sovraconsolidazione

n°	Descr	E [kPa]	v	Ed [kPa]	CR	RR	OCR
1	Coltre	5000	0.400	3000	0.000	0.000	1.000
2	Orizz. poco addensato	7000	0.400	4000	0.000	0.000	1.000
3	Orizz. addensato	8000	0.400	5000	0.000	0.000	1.000
4	Substrato	7000	0.400	10000	0.000	0.000	1.000
5	Riporti	5000	0.400	3000	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
Kwn, Kwt	Costante di Winkler normale e tangenziale alla superficie espressa in Kg/cm ² /cm
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')

Kststa, Kstsis Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kwn [Kg/cm ²]	Kwt [Kg/cm ²]	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kststa	Kstsis
1	2.92	-6.000	Coltre	1.500	1.000	---	---	---	---	---
2	1.20	-6.000	Orizz. poco addensato	5.000	3.000	---	---	---	---	---
3	2.00	-6.000	Orizz. addensato	10.000	6.000	---	---	---	---	---
4	3.00	-6.000	Substrato	25.000	15.000	---	---	---	---	---

Terreno di riempimento: Riporti
Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale): 40.00 [°]

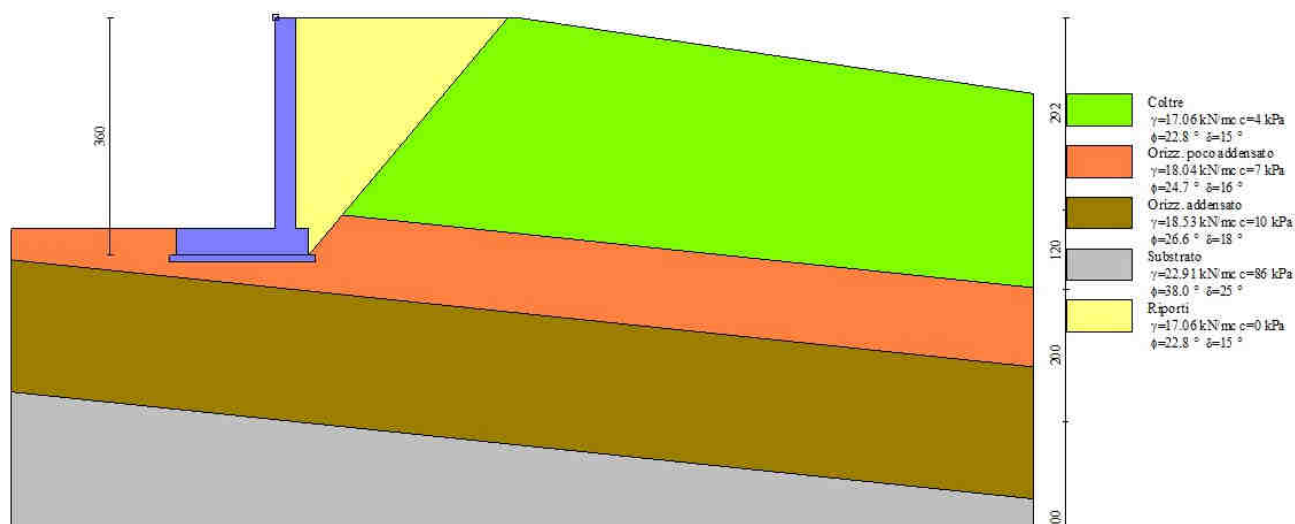


Fig. 1 - Stratigrafia

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Paramento

Materiale	Cls Armato	
Altezza paramento	3.20	[m]
Altezza paramento libero	3.20	[m]
Spessore in sommità	0.30	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

Fondazione

Materiale	Cls Armato	
Lunghezza mensola di valle	1.50	[m]
Lunghezza mensola di monte	0.20	[m]
Lunghezza totale	2.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.40	[m]
Spessore magrone	0.10	[m]

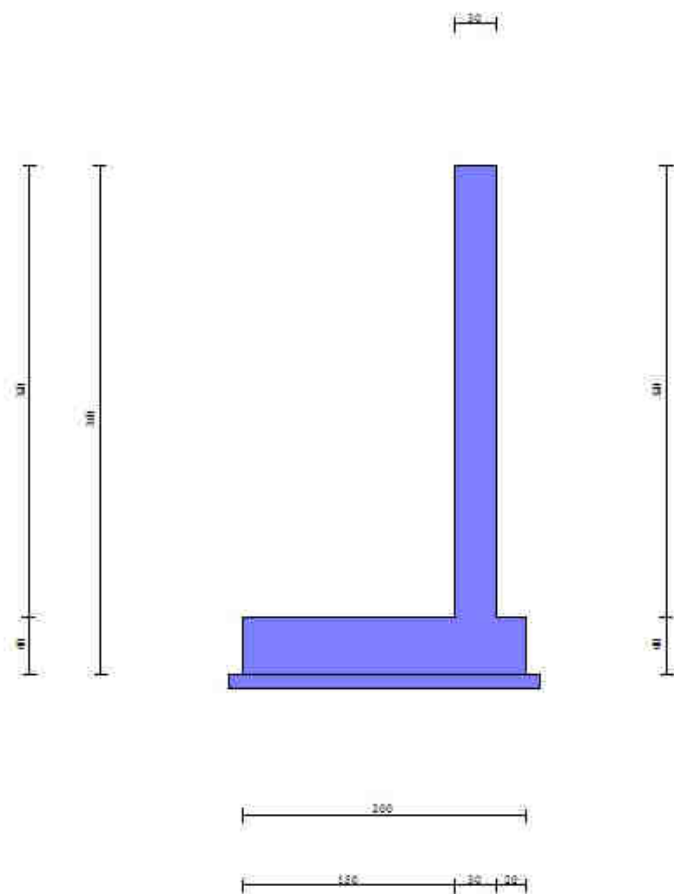


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Vincoli

Simbologia adottata

n°	indice del vincolo
X, Y	Posizione del vincolo sul muro, espressa in [m]
Vx, Vy	Vincolo alla traslazione orizzontale e verticale (Rigido o Elastico)
Kx, Ky	Rigidità del vincolo elastico, espressa in [kg/cm]
Dir	Direzione reazione vincolo

n°	X [m]	Y [m]	Vx	Kx [kg/cm]	Dir	Vy	Ky [kg/cm]	Dir
1	-0.30	0.00	Rigido	--	Reagisce a spostamenti verso VALLE	Libero	--	--

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]

F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]

F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]

M Momento espresso in [kNm]

X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]

X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]

Q_i Intensità del carico per x=X_i espressa in [kN]

Q_f Intensità del carico per x=X_f espressa in [kN]

Condizione n° 1 (Neve zona II) - VARIABILE

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

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0.00	11.17	1.5000	1.5000

Condizione n° 2 (Tettoia) - PERMANENTE NS

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0.00	3.40	5.0000	5.0000

Condizione n° 3 (Mezzi agricoli) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.00$ - $\Psi_1=0.75$ - $\Psi_2=0.00$

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					3.50	6.50	2.5000	2.5000

Condizione n° 4 (Marciapiede) - PERMANENTE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Concentrato	Paramento	-0.15; 0.00	0.0000	10.0000	1.2500				

Condizione n° 5 (Peso sovrastruttura) - PERMANENTE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Concentrato	Fondazione	-1.20; -3.60	0.0000	80.0000	10.0000				

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

- Combinazione 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. per I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Tettoia	1.50	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Tettoia	1.50	--	Sfavorevole
Marcia piede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	0.50	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.50	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Tettoia	1.30	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Tettoia	1.30	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.30	0.50	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.30	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Tettoia	1.50	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Tettoia	1.50	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.30	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.30	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.50	0.50	Sfavorevole

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Mezzi agricoli	1.50	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 13 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Tettoia	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 14 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Tettoia	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.00	0.20	Sfavorevole

Combinazione n° 15 - SLEQ

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

Combinazione n° 16 - SLER

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Tettoia	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Neve zona II	1.00	0.50	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 17 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Tettoia	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole
Mezzi agricoli	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 18 - SLEQ

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Tettoia	1.00	--	Sfavorevole
Marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
Peso sovrastruttura	1.00	--	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Stella
Provincia	Savona
Regione	Liguria
Latitudine	44.392924
Longitudine	8.498316
Indice punti di interpolazione	16912 - 16690 - 16689 - 16911
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	50 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		0.514	0.238
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.052	0.024
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.630	2.555
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.302	0.186
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	1.000	6.287	3.143
Ultimo - Ribaltamento	1.000	6.287	3.143
Esercizio	1.000	2.908	1.454

Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Spinta

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

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Meyerhof
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Meyerhof
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_c$)	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
---	--------

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Edometrico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
ΔH massimo suddivisione strati	1.00 [m]

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

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

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	70.25	15.20	67.79	18.42	0.20	-2.28
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	12.87/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	117.00	--	--
	Reazione vincolare			-18.63	0.00	0.00	0.00
2	Spinta statica	68.66	15.20	66.26	18.00	0.20	-2.29
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	12.64/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	117.00	--	--
	Reazione vincolare			-17.99	0.00	0.00	0.00
3	Spinta statica	50.50	15.20	48.74	13.24	0.20	-2.32
	Incremento di spinta sismica		7.63	7.36	2.00	0.20	-1.80
	Peso/Inerzia muro			2.71	43.15/1.36	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.75	11.92/0.37	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			5.66	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-17.64	0.00	0.00	0.00
4	Spinta statica	50.50	15.20	48.74	13.24	0.20	-2.32
	Incremento di spinta sismica		4.46	4.30	1.17	0.20	-1.80
	Peso/Inerzia muro			2.71	43.15/-1.36	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.75	11.92/-0.37	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			5.66	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-16.69	0.00	0.00	0.00
13	Spinta statica	52.63	15.20	50.78	13.80	0.20	-2.30
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	12.22/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-13.14	0.00	0.00	0.00
14	Spinta statica	50.93	15.20	49.15	13.35	0.20	-2.31
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.98/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.47	0.00	0.00	0.00
15	Spinta statica	50.50	15.20	48.74	13.24	0.20	-2.32
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.92/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.30	0.00	0.00	0.00
16	Spinta statica	51.56	15.20	49.76	13.52	0.20	-2.31
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	12.07/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.72	0.00	0.00	0.00
17	Spinta statica	50.50	15.20	48.74	13.24	0.20	-2.32
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.92/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.30	0.00	0.00	0.00
18	Spinta statica	50.50	15.20	48.74	13.24	0.20	-2.32
	Peso/Inerzia muro			0.00	43.15/0.00	-0.45	-2.42
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	11.92/0.00	0.10	-1.60
	Risultante forze sul muro			0.00	90.00	--	--
	Reazione vincolare			-12.30	0.00	0.00	0.00

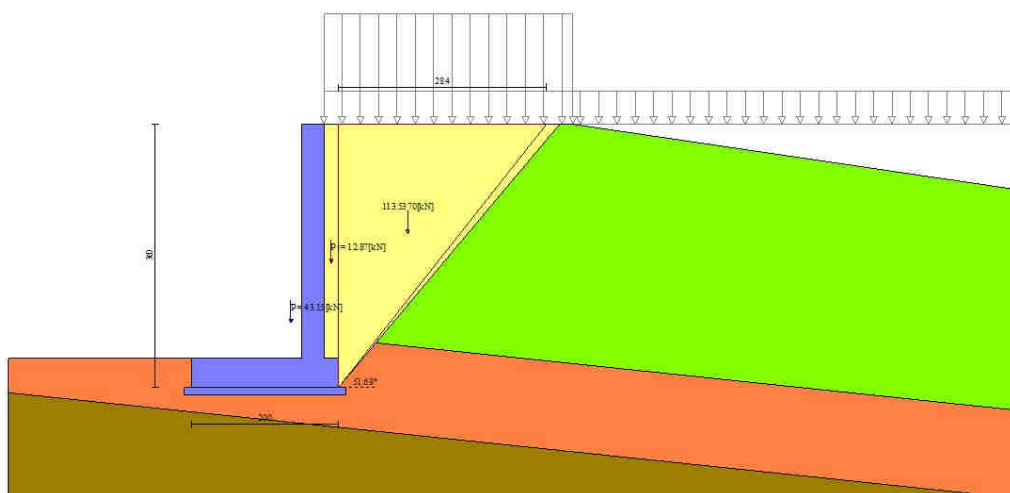


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

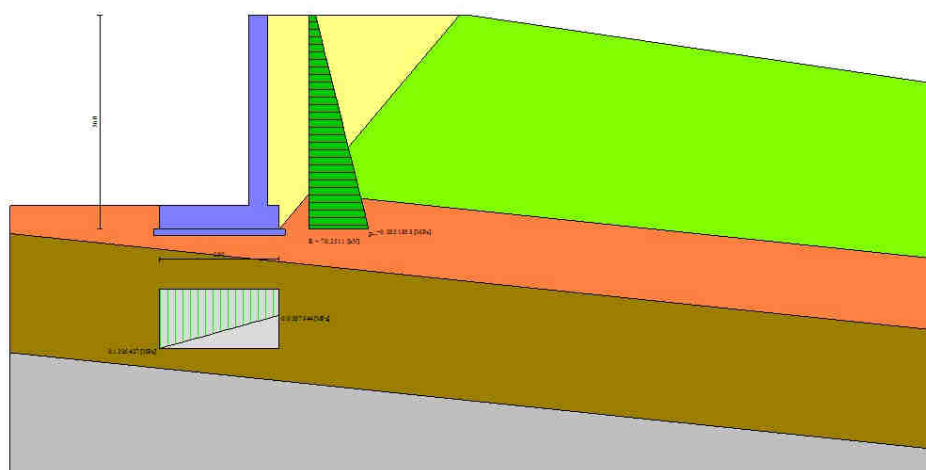


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

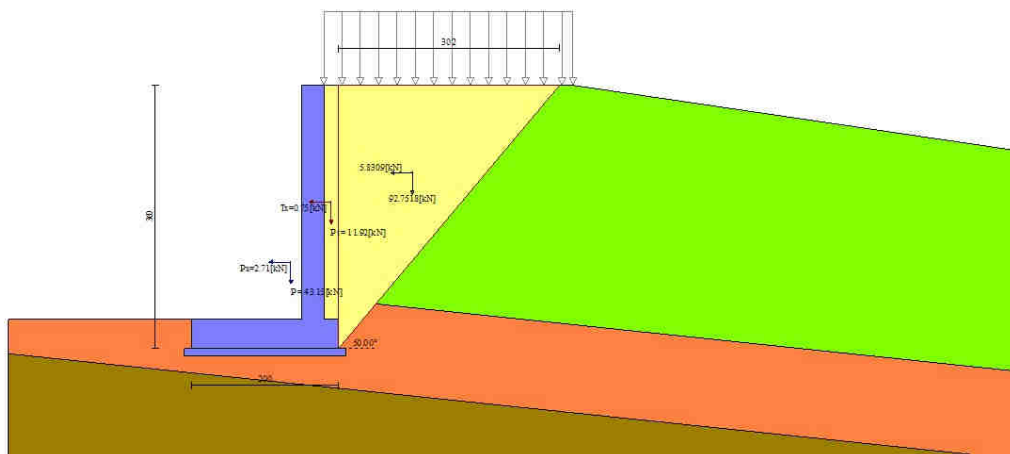


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

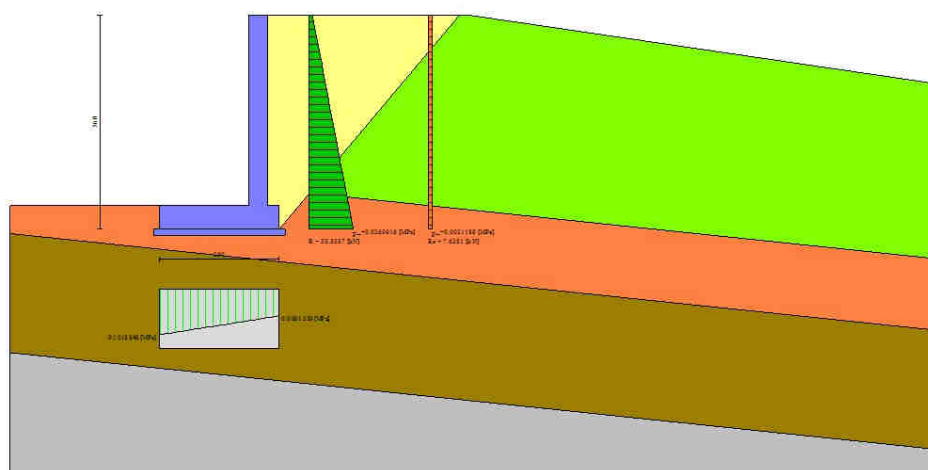


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 3)

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.216		1.889			
2 - STR (A1-M1-R3)		1.232		1.910			
3 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.115		2.172			
4 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.135		2.244			
5 - GEO (A2-M2-R2)					1.461		
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.477		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				1.673		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				1.692		

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
9 - EQU (A1-M1-R3)			2.602				
10 - EQU (A1-M1-R3)			2.638				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		2.573				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		2.574				

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)	82.43	0.00	0.00	--	--	82.43	67.79	1.216
2 - STR (A1-M1-R3)	81.60	0.00	0.00	--	--	81.60	66.26	1.232
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	72.74	0.00	0.00	--	--	72.74	65.22	1.115
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	70.53	0.00	0.00	--	--	70.53	62.16	1.135

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)	191.44	361.65	258.32	1.889
2 - STR (A1-M1-R3)	190.80	364.41	260.29	1.910
3 - STR (A1-M1-R3) H + V	162.04	351.95	293.30	2.172
4 - STR (A1-M1-R3) H - V	157.75	354.01	295.01	2.244

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B \gamma N_y$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	22.388 11.960 8.115	0.706 0.706 0.201	1.064 1.032 1.032	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.746	1.000
2	22.388 11.960 8.115	0.709 0.709 0.208	1.064 1.032 1.032	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.745	1.000
3	22.388 11.960 8.115	0.669 0.669 0.139	1.064 1.032 1.032	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.792	1.000
4	22.388 11.960 8.115	0.675 0.675 0.147	1.064 1.032 1.032	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	0.787	1.000

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	ϕ [kN/mc]	c [kPa]
----	----------	-----------	----------	-----------------	-------------------	------------

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0.40	2.00	1.60	18.40	26.08	9
2	0.40	2.00	1.60	18.40	26.08	9
3	0.40	2.00	1.60	18.40	26.08	9
4	0.40	2.00	1.60	18.40	26.08	9

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)	270.56	103.97	2.602
10 - EQU (A1-M1-R3)	267.01	101.21	2.638
11 - EQU (A1-M1-R3) H + V	242.03	94.05	2.573
12 - EQU (A1-M1-R3) H - V	234.45	91.10	2.574

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
5 - GEO (A2-M2-R2)	-1.50; 0.50	4.45	1.461
6 - GEO (A2-M2-R2)	-1.50; 0.50	4.45	1.477
7 - GEO (A2-M2-R2) H + V	-1.50; 0.50	4.45	1.673
8 - GEO (A2-M2-R2) H - V	-1.50; 0.50	4.45	1.692

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

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	2.58	2.34	0.00	2.93 - 0.28	75.790	18.587	3	0.0	
2	6.54	2.34	0.00	0.28	64.836	18.587	3	0.0	
3	8.95	2.34	0.00	0.28	57.342	18.587	3	0.0	
4	10.78	2.34	0.00	0.28	51.196	18.587	3	0.0	
5	12.26	2.34	0.00	0.28	45.798	18.587	3	0.0	
6	13.49	2.34	0.00	0.28	40.886	18.587	3	0.0	
7	14.55	2.34	0.00	0.28	36.319	20.202	6	0.0	
8	15.50	2.34	0.00	0.28	32.007	20.202	6	0.0	
9	16.26	2.34	0.00	0.28	27.891	20.202	6	0.0	
10	17.07	2.34	0.00	0.28	23.926	20.202	6	0.0	
11	20.83	1.39	0.00	0.28	20.081	20.202	6	0.0	
12	18.27	10.00	0.00	0.28	16.328	20.202	6	0.0	
13	3.84	0.00	0.00	0.28	12.647	20.202	6	0.0	
14	4.09	0.00	0.00	0.28	9.017	20.202	6	0.0	
15	4.25	80.00	0.00	0.28	5.425	20.202	6	0.0	
16	4.34	0.00	0.00	0.28	1.853	20.202	6	0.0	
17	4.34	0.00	0.00	0.28	-1.711	20.202	6	0.0	
18	3.52	0.00	0.00	0.28	-5.282	21.832	8	0.0	
19	3.27	0.00	0.00	0.28	-8.874	21.832	8	0.0	
20	3.02	0.00	0.00	0.28	-12.501	20.202	6	0.0	
21	2.69	0.00	0.00	0.28	-16.181	20.202	6	0.0	
22	2.26	0.00	0.00	0.28	-19.930	20.202	6	0.0	
23	1.74	0.00	0.00	0.28	-23.771	20.202	6	0.0	
24	1.11	0.00	0.00	0.28	-27.730	20.202	6	0.0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
25	0.36	0.00	0.00	-3.98 - 0.28	-30.428	20.202	6	0.0	

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	2.58	2.07	0.00	2.93 - 0.28	75.790	18.587	3	0.0	
2	6.54	2.07	0.00	0.28	64.836	18.587	3	0.0	
3	8.95	2.07	0.00	0.28	57.342	18.587	3	0.0	
4	10.78	2.07	0.00	0.28	51.196	18.587	3	0.0	
5	12.26	2.07	0.00	0.28	45.798	18.587	3	0.0	
6	13.49	2.07	0.00	0.28	40.886	18.587	3	0.0	
7	14.55	2.07	0.00	0.28	36.319	20.202	6	0.0	
8	15.50	2.07	0.00	0.28	32.007	20.202	6	0.0	
9	16.26	2.07	0.00	0.28	27.891	20.202	6	0.0	
10	17.07	2.07	0.00	0.28	23.926	20.202	6	0.0	
11	20.83	1.23	0.00	0.28	20.081	20.202	6	0.0	
12	18.27	10.00	0.00	0.28	16.328	20.202	6	0.0	
13	3.84	0.00	0.00	0.28	12.647	20.202	6	0.0	
14	4.09	0.00	0.00	0.28	9.017	20.202	6	0.0	
15	4.25	80.00	0.00	0.28	5.425	20.202	6	0.0	
16	4.34	0.00	0.00	0.28	1.853	20.202	6	0.0	
17	4.34	0.00	0.00	0.28	-1.711	20.202	6	0.0	
18	3.52	0.00	0.00	0.28	-5.282	21.832	8	0.0	
19	3.27	0.00	0.00	0.28	-8.874	21.832	8	0.0	
20	3.02	0.00	0.00	0.28	-12.501	20.202	6	0.0	
21	2.69	0.00	0.00	0.28	-16.181	20.202	6	0.0	
22	2.26	0.00	0.00	0.28	-19.930	20.202	6	0.0	
23	1.74	0.00	0.00	0.28	-23.771	20.202	6	0.0	
24	1.11	0.00	0.00	0.28	-27.730	20.202	6	0.0	
25	0.36	0.00	0.00	-3.98 - 0.28	-30.428	20.202	6	0.0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	2.58	1.38	0.00	2.93 - 0.28	75.790	22.800	4	0.0	
2	6.54	1.38	0.00	0.28	64.836	22.800	4	0.0	
3	8.95	1.38	0.00	0.28	57.342	22.800	4	0.0	
4	10.78	1.38	0.00	0.28	51.196	22.800	4	0.0	
5	12.26	1.38	0.00	0.28	45.798	22.800	4	0.0	
6	13.49	1.38	0.00	0.28	40.886	22.800	4	0.0	
7	14.55	1.38	0.00	0.28	36.319	24.700	7	0.0	
8	15.50	1.38	0.00	0.28	32.007	24.700	7	0.0	
9	16.26	1.38	0.00	0.28	27.891	24.700	7	0.0	
10	17.07	1.38	0.00	0.28	23.926	24.700	7	0.0	
11	20.83	0.82	0.00	0.28	20.081	24.700	7	0.0	
12	18.27	10.00	0.00	0.28	16.328	24.700	7	0.0	
13	3.84	0.00	0.00	0.28	12.647	24.700	7	0.0	
14	4.09	0.00	0.00	0.28	9.017	24.700	7	0.0	
15	4.25	80.00	0.00	0.28	5.425	24.700	7	0.0	
16	4.34	0.00	0.00	0.28	1.853	24.700	7	0.0	
17	4.34	0.00	0.00	0.28	-1.711	24.700	7	0.0	
18	3.52	0.00	0.00	0.28	-5.282	26.600	10	0.0	
19	3.27	0.00	0.00	0.28	-8.874	26.600	10	0.0	
20	3.02	0.00	0.00	0.28	-12.501	24.700	7	0.0	
21	2.69	0.00	0.00	0.28	-16.181	24.700	7	0.0	
22	2.26	0.00	0.00	0.28	-19.930	24.700	7	0.0	
23	1.74	0.00	0.00	0.28	-23.771	24.700	7	0.0	
24	1.11	0.00	0.00	0.28	-27.730	24.700	7	0.0	
25	0.36	0.00	0.00	-3.98 - 0.28	-30.428	24.700	7	0.0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	2.58	1.38	0.00	2.93 - 0.28	75.790	22.800	4	0.0	
2	6.54	1.38	0.00	0.28	64.836	22.800	4	0.0	
3	8.95	1.38	0.00	0.28	57.342	22.800	4	0.0	
4	10.78	1.38	0.00	0.28	51.196	22.800	4	0.0	
5	12.26	1.38	0.00	0.28	45.798	22.800	4	0.0	
6	13.49	1.38	0.00	0.28	40.886	22.800	4	0.0	
7	14.55	1.38	0.00	0.28	36.319	24.700	7	0.0	
8	15.50	1.38	0.00	0.28	32.007	24.700	7	0.0	
9	16.26	1.38	0.00	0.28	27.891	24.700	7	0.0	
10	17.07	1.38	0.00	0.28	23.926	24.700	7	0.0	
11	20.83	0.82	0.00	0.28	20.081	24.700	7	0.0	
12	18.27	10.00	0.00	0.28	16.328	24.700	7	0.0	
13	3.84	0.00	0.00	0.28	12.647	24.700	7	0.0	
14	4.09	0.00	0.00	0.28	9.017	24.700	7	0.0	
15	4.25	80.00	0.00	0.28	5.425	24.700	7	0.0	
16	4.34	0.00	0.00	0.28	1.853	24.700	7	0.0	
17	4.34	0.00	0.00	0.28	-1.711	24.700	7	0.0	
18	3.52	0.00	0.00	0.28	-5.282	26.600	10	0.0	
19	3.27	0.00	0.00	0.28	-8.874	26.600	10	0.0	
20	3.02	0.00	0.00	0.28	-12.501	24.700	7	0.0	

n°	w [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
21	2.69	0.00	0.00	0.28	-16.181	24.700	7	0.0	
22	2.26	0.00	0.00	0.28	-19.930	24.700	7	0.0	
23	1.74	0.00	0.00	0.28	-23.771	24.700	7	0.0	
24	1.11	0.00	0.00	0.28	-27.730	24.700	7	0.0	
25	0.36	0.00	0.00	-3.98 - 0.28	-30.428	24.700	7	0.0	

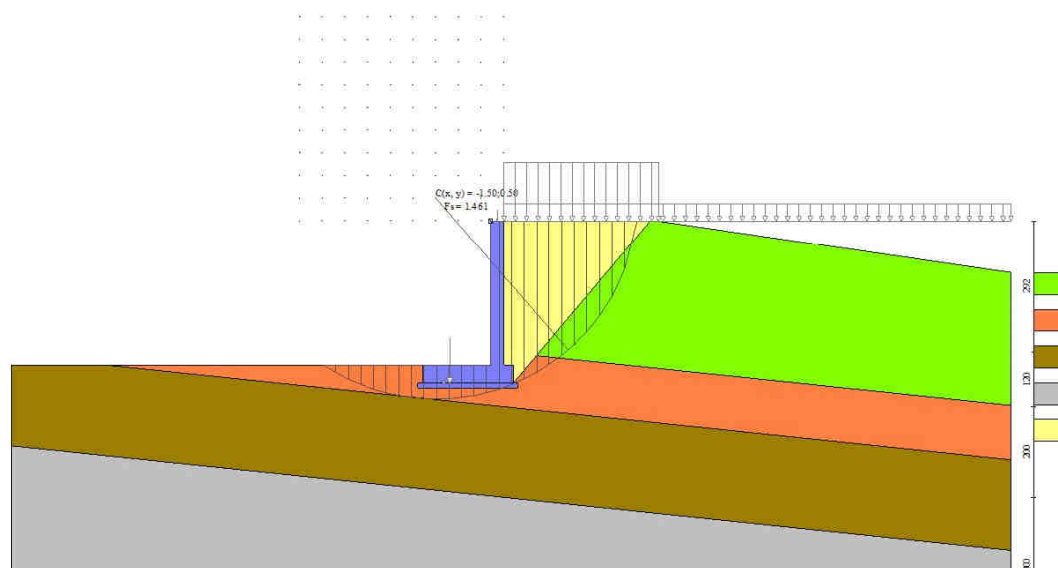


Fig. 2 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

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]
13	-1.80; -3.60	3.271	0.512
13	-0.80; -3.60	4.249	1.490
13	0.20; -3.60	2.759	0.000
14	-1.80; -3.60	3.260	0.517
14	-0.80; -3.60	4.230	1.487
14	0.20; -3.60	2.743	0.000
15	-1.80; -3.60	3.258	0.518
15	-0.80; -3.60	4.226	1.487
15	0.20; -3.60	2.739	0.000
16	-1.80; -3.60	3.264	0.515
16	-0.80; -3.60	4.237	1.488
16	0.20; -3.60	2.749	0.000
17	-1.80; -3.60	3.258	0.518
17	-0.80; -3.60	4.226	1.487
17	0.20; -3.60	2.739	0.000
18	-1.80; -3.60	3.258	0.518
18	-0.80; -3.60	4.226	1.487
18	0.20; -3.60	2.739	0.000

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^*N_c^* sc^*dc^*ic^*bc^*gc + q^*N_q^*sq^*dq^*iq^*bq^*gq + 0,5^*\gamma^*B^*N_\gamma^*s_\gamma^*d_\gamma^*i_\gamma^*b_\gamma^*g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = Ml/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

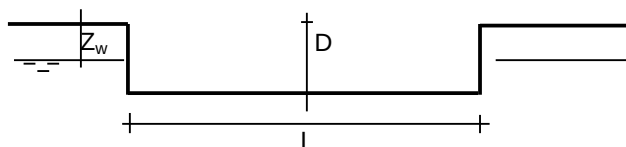
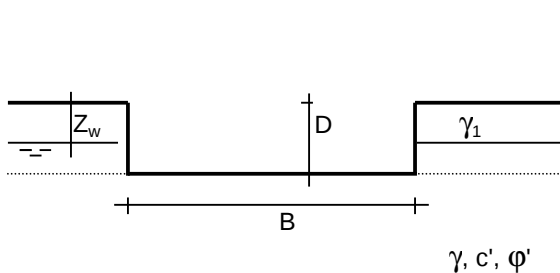
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

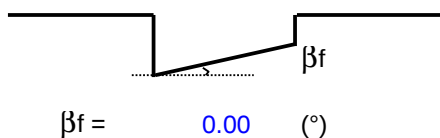
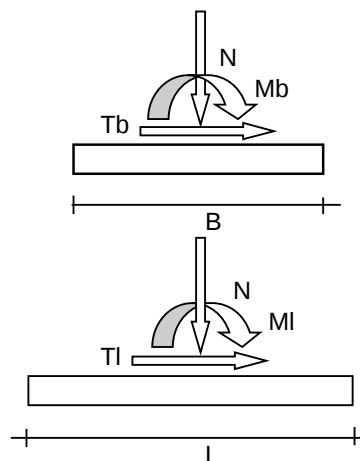
coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno	
			permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	○		1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili	○		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	●		1.30	1.50	1.00	1.00

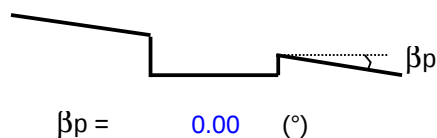


(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

$B = 12.50$ (m)
 $L = 14.00$ (m)
 $D = 0.40$ (m)



$\beta_f = 0.00$ (°)



$\beta_p = 0.00$ (°)

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	19500.00	15000.00	47850.00
Mb [kNm]	260.00	150.00	563.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	260.00	150.00	563.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	260.00	150.00	563.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 18.04 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 7.13 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi' = 24.70 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 7.13 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi' = 24.70 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 10.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.01 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 12.48 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 14.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 7.22 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 17.68 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi')}$$

$$N_q = 10.33$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \phi'$$

$$N_c = 20.29$$

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

$$N_\gamma = 10.42$$

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.45$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.41$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.64$$

i_c , i_q , i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.53 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.47 \quad m = 1.53 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^m$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

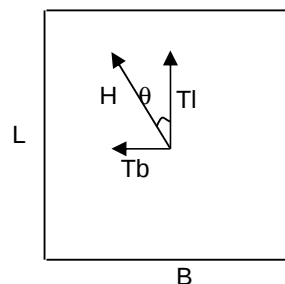
$$i_q = 0.98$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.98$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.97$$



d_c , d_q , d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.01$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.01$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2$$

$$\beta_f + \beta_p =$$

$$0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

 g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$\beta_f + \beta_p =$$

$$0.00$$

$$\beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 1032.16 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L$$

$$q = 273.94 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 3.77$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 563.00 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N \cdot \tan(\varphi') + c' \cdot B \cdot L$$

$$S_d = 23253.94 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{scorr} = 41.30$$

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^*N_c^* s_c^*d_c^*i_c^*b_c^*g_c + q^*N_q^*s_q^*d_q^*i_q^*b_q^*g_q + 0,5*\gamma^*B^*N_{\gamma}^*s_{\gamma}^*d_{\gamma}^*i_{\gamma}^*b_{\gamma}^*g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = Ml/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

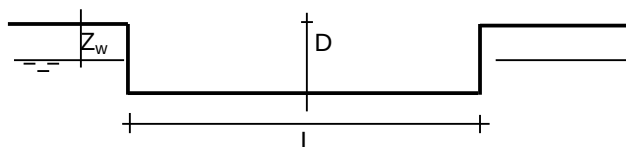
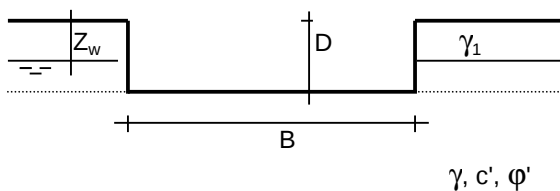
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2*e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

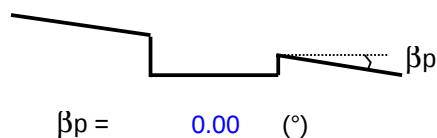
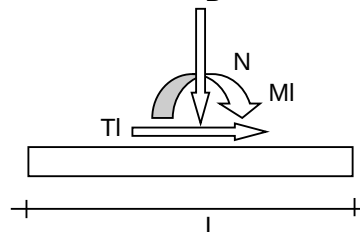
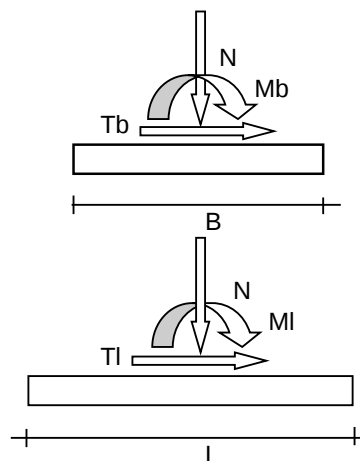
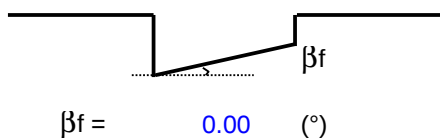
coefficienti parziali

Metodo di calcolo			azioni		proprietà del terreno	
			permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	●		1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili	○		1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	○		1.00	1.00	1.25	1.25



(Per fondazione nastriforme $L = 100$ m)

$B = 12.50$ (m)
 $L = 14.00$ (m)
 $D = 0.40$ (m)



AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	15000.00	10000.00	28000.00
Mb [kNm]	200.00	100.00	330.00
MI [kNm]	0.00	0.00	0.00
Tb [kN]	200.00	100.00	330.00
TI [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	200.00	100.00	330.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 18.04 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 20.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 5.70 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi' = 19.76 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 4.56 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\phi' = 16.03 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 10.00 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 0.01 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 12.48 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 14.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 7.22 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 17.68 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc, Nq, N γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \phi')}$$

$$N_q = 4.35$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi'$$

$$N_c = 11.65$$

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

$$N_\gamma = 3.07$$

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.33$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.26$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.64$$

i_c, i_q, i_γ : fattori di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.53 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.47 \quad m = 1.53 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e
 $m=(m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^m$$

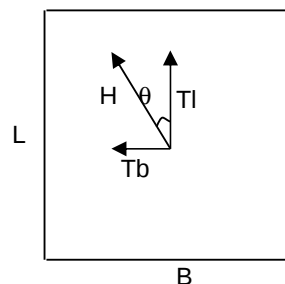
$$i_q = 0.98$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 0.98$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L^* \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.97$$



d_c, d_q, d_γ : fattori di profondità del piano di appoggio

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$d_q = 1.01$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.01$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

b_c, b_q, b_γ : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

g_c, g_q, g_γ : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 321.74 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 160.30 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 2.01$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

$$H_d = 330.00 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N \cdot \tan(\varphi') + c' \cdot B \cdot L^*$$

$$S_d = 8843.89 \quad (\text{kN})$$

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_{scorr} = 26.80$$