

PROVINCIA DI SAVONA
COMUNE DI VADO LIGURE

Realizzazione bretella di collegamento tra via Bertola e
via Trieste lungo la sponda destra del torrente Segno

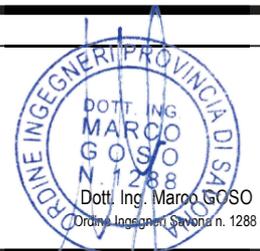
Progetto di fattibilità tecnico economica

Relazione geotecnica - strutturale

COMMITTENTE

Comune di Vado Ligure
P.zza San Giovanni Battista, 5
17047 Vado Ligure

PROGETTO



REV	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	DESCRIZIONE	ALLEGATO:	PAGINE:
D					F	49
C						
B						
A						
0	Mag. 2025	Ing. M. Goso	Ing. M. Goso	Emissione	FILE:	
					PFTE_OF_Rel_geot_strutt_R00	

COMUNE DI VADO LIGURE		PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste		0	Maggio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE		FILE: Rel_geo_strutt.doc		Pag. 1 di 49

Sommario

1	PREMESSA.....	2
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
2.1	Normativa	3
3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	4
4	Materiali	6
4.1	Calcestruzzo	6
4.2	Acciaio	6
5	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELLE OPERE.....	7
6	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	8
7	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO DI INTERVENTO	10
8	ALLEGATO DI CALCOLO.....	11

COMUNE DI VADO LIGURE		PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste		0	Maggio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE		FILE: Rel_geo_strutt.doc		Pag. 2 di 49

1 PREMESSA

La presente relazione viene redatta nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) per la "REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA VIABILITÀ IN SPONDA DESTRA DEL TORRENTE SEGNO DALL'ATTUALE PONTE DI VIA BERTOLA FINO ALLA CONNESSIONE CON LA NUOVA VIA TRIESTE".

Il nuovo incrocio dal ponte di via Bertola avrà una configurazione tale che in futuro potrà essere trasformato in una seconda rotatoria, con le medesime caratteristiche della prima.

Allo stato attuale il ponte di via Bertola che attraversa il T. Segno è costituito da un'unica campata con due travi parete in acciaio e via superiore, che non risulta verificato idraulicamente. In futuro è previsto l'innalzamento del ponte e quindi le quote dei due rami di imbocco dovranno essere riviste.

Per tale motivo i muri in prossimità del nuovo incrocio di via Bertola che verranno realizzati sono già dimensionati con una altezza adeguata alle future quote stradali.

Si tratta di muri in c.a. con fondazione diretta aventi altezze variabili fino ad un massimo di circa 5,20 metri.

Nella presente relazione vengono riportate le analisi e le verifiche dei muri.

Per quanto riguarda le azioni di calcolo, le caratteristiche dei materiali, il calcolo delle sollecitazioni, le verifiche e le modalità costruttive, si è fatto riferimento al DM 17.01.18 e succ. Circolare.

Le unità di misura, salvo diversamente specificato, sono da intendersi kN, kNm e m.

COMUNE DI VADO LIGURE		PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste		0	Maggio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE		FILE: Rel_geo_strutt.doc		Pag. 3 di 49

2 **NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa**

I dimensionamenti effettuati e le relative verifiche, riportati e non nella presente relazione, vengono eseguiti nel rispetto della Normativa Vigente, con particolare riferimento a:

- D.M. 17 gennaio 2018. Testo Unitario "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" → NTC.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" → CIRC.
- EUROCODICE 2 - Costruzioni in conglomerato cementizio → EC2.
- EUROCODICE 7 - Progettazione geotecnica → EC7.
- EUROCODICE 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture → EC8.

COMUNE DI VADO LIGURE	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste	0	Maggio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE	FILE: Rel_geo_strutt.doc		Pag. 4 di 49

3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Dalla relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Flavio Saglietto si evince che sito affiorano alluvioni plio-oloceniche il cui ciclo sedimentario è legato ai processi depositivi del torrente Segno. Il materasso alluvionale di spessore vario poggia su una superficie sepolta complessa e qui localmente costituita, dalle rocce filladiche carbonifere. I terreni alluvionali (pur tenendo conto dei rimaneggiamenti più o meno superficiali di natura antropica) sono rappresentati dalla tipica stratificazione irregolare delle sedimentazioni fluviali, con variazioni tessiturali / litologiche sia in verticale sia in orizzontale.

Trattasi di sabbie e ghiaie talora anche grossolane, disposte in lenti a forma nastriforme, allungate nel senso della corrente fluviale e intervallate da passate di sabbie fini e limi argillosi. Le alluvioni si interdigitano con il colluvio di pendio costituito dall'alterazione del substrato carbonifero. I rilievi collinari in destra idrografica del Segno sono costituiti da vasti affioramenti di filladi e micascisti carboniosi con frequenti vene contorte di quarzo (formazione di Ollano - Carbonifero medio e superiore) e da porfiroidi laminati (Porfiroidi del Melogno- Permiano inferiore) e che rappresentano il substrato geologico del materasso alluvionale della piana in sponda destra del Segno.

L'idrografia superficiale è condizionata dalla presenza del T. Segno che costituisce il principale corso d'acqua della zona e che delinea la lineazione morfologica di maggiore importanza dell'intera "Valle di Vado" e che rappresenta l'asse di drenaggio sia ipogeo sia superficiale del bacino di competenza.

La piana alluvionale del Segno risulta, dall'esame dei parametri di criticità idraulica riportata nel P.d.B. esposta al rischio inondabilità con eventi di piena con tempo di ritorno associato a 200 e 500 anni.

L'assetto morfostrutturale complessivo del bacino sedimentario della vasta piana vadese è derivato dal sommarsi degli effetti evolutivi tipici delle pianure alluvionali della Liguria Occidentale con fenomeni di subsidenza sin-sedimentari, attività tettonica recente e movimenti di basculamento accompagnati da deformazioni fragili lungo sistemi coniugati di faglie a direttrice complessa. Tale situazione ha permesso di definire una pianura con buoni spessori del materasso alluvionale frequentemente superiori a 30m.

Lo schema idrogeologico della valle del Segno appare assai articolato, in relazione alla variabilità litologica e alla complessità geostrutturale del territorio dove possono distinguersi almeno due domini idrogeologici principali.

Il primo si evidenzia in corrispondenza dei rilievi collinari e montuosi dove la circolazione idrica sotterranea avviene negli ammassi rocciosi e che generalmente non porta allo sviluppo di acquiferi significativi di adeguata estensione e potenza. Il secondo interessa la piana alluvionale che risulta possedere una falda di sub-alveo alimentata dal torrente Segno che costituisce la struttura idrogeologica più importante della valle omonima.

Trattasi di una struttura idrogeologica del tipo "sistema globale acquifero/fiume" con rapporto diretto tra falda e sistema fluviale; l'alimentazione è garantita dai processi di dispersione in subalveo ed in parte con ricariche provenienti dal substrato roccioso fratturato o dalle zone fagliate.

Il materasso alluvionale è caratterizzato da una stratificazione irregolare con disomogeneità composizionali sia verticali che orizzontali con deposizione prevalente di ghiaie e sabbie anche grossolane in lenti nastriformi allungate nel senso della corrente intervallate da orizzonti di materiali fini a componente limosa o limo-argillosa.

La configurazione locale dell'acquifero contenuto nel materasso alluvionale risulta abbastanza complessa e non conosciuta nel dettaglio. Tuttavia, dall'interpolazione dei dati che si possono ricavare dai numerosi sondaggi fatti all'interno dell'area TRI SPA ed integrati dai sondaggi eseguiti nel dicembre 2022 dalla ditta "Geofisica-Ambiente srls" si può delineare la seguente geometria:

- il limite superiore è costituito dalla superficie piezometrica libera che si trova a bassa profondità (mediamente intorno ai -3 /-5 m) in relazione all'andamento locale del p.c e delle oscillazioni della falda stessa in relazione ai livelli delle acque fluviali. Misure eseguite durante i sondaggi nel mese di dicembre 2022 (periodo di secca del torrente) hanno confermato un'altezza media di circa -4,5 m dal p.c.;
- i limiti laterali sono costituiti dai rilievi collinari che definiscono morfologicamente la vallata.

L'acquifero è strutturalmente unitario ma tende tuttavia a differenziarsi in subacquiferi locali in comunicazione tra loro in relazione all'andamento complesso delle stratificazioni fluviali tra sedimenti grossolani e fini.

COMUNE DI VADO LIGURE		PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste		0	Maggio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE		FILE: Rel_geo_strutt.doc		Pag. 5 di 49

Il modello geologico del sito risulta caratterizzato dalla presenza in superficie di depositi sedimentari limo - sabbiosi - ghiaiosi (fortemente rimaneggiati in superficie) con il bed-rock che si posiziona in profondità mediamente oltre -20/30 m lungo l'alveo del t. Segno. Presenza della falda con profondità intorno ai -3/-5 m dal piano campagna attuale ed in relazione ai tiranti idrici diretti del corso d'acqua.

L'area risulta a bassissima pericolosità geomorfologica (PG0 nel PDB), mentre il sito ricade in zona inondabile nella fascia B con tempi di ritorno 200ennali. La zona sismica in cui ricade il comune di Vado Ligure è 3 dove gli eventi sismici, seppur di intensità minore, possono comunque creare danni. La categoria del sottosuolo ai fini sismici è "B" e le condizioni topografiche in "T1".

Dalle informazioni raccolte e dei dati noti pregressi dell'area in questione, i terreni (fatta eccezione per i rimaneggiati e di riporto superficiali), sono costituiti da una successione di sedimenti fluviali, irregolare, con lenti e variazioni sia tessiturali sia granulometriche, in senso sia laterale sia verticale.

Dal punto di vista geotecnico sono prevalenti orizzonti "granulari" costituiti da sabbie grossolane e ghiaia con ciottoli di colore marrone chiaro o grigio, da sabbie limose debolmente ghiaiose, generalmente di colore marroncino e limi sabbiosi; i clasti eterometrici sono subarrotondati o arrotondati costituiti da micascisti, filladi, porfiroidi e quarziti.

I valori geotecnici medi dello strato sedimentario, così come elaborati in precedenza possono essere così sintetizzati:

Alluvionale

- peso specifico naturale $\gamma = 18 \div 19$ kN/mc
- peso specifico saturo $\gamma = 19 \div 20$ kN/mc
- angolo d'attrito $\phi' = 29 \div 31^\circ$
- coesione efficace $c' = 0 \div 10$ kPa
- coesione non drenata $c_u = 20$ kPa

Le cassette dei sondaggi sono riportate nella relazione geologica.

Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste

0

Maggio 2025

Emissione

REV.

DATA

DESCRIZIONE

RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE

FILE: Rel_geo_strutt.doc

Pag. 6 di 49

4 MATERIALI

I materiali che dovranno essere impiegati per la realizzazione delle opere sono i seguenti.

4.1 Calcestruzzo

Classe di esposizione XC2

Classe di resistenza C25/30

Resistenza cubica caratteristica:

$$R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza cilindrica caratteristica:

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza media a compressione:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 24,9 + 8 = 32,9 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a compressione:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 24,9 / 1,5 = 14,11 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza media a trazione semplice:

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2,55 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza caratteristica a trazione semplice:

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm} = 1,79 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a trazione:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,79 / 1,5 = 1,19 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 31447 \text{ N/mm}^2$$

Massimo rapporto A/C:

0,60

Minimo contenuto in cemento:

300 kg/mc

4.2 Acciaio

Acciaio per armature B450C

Resistenza caratteristica allo snervamento:

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

Copriferro nominale:

35 mm

COMUNE DI VADO LIGURE		PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste		0	Maggio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE		FILE: Rel_geo_strutt.doc		Pag. 7 di 49

5 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELLE OPERE

La vita nominale delle opere in progetto viene definita con riferimento alla tabella 2.4.I - NTC, in funzione delle caratteristiche della stessa.

Opera	Tipo	V _N
Opere provvisoriale	1	10
Opere ordinarie	2	50
Grandi opere	3	100

Nel caso in studio si fa riferimento ad opere di tipo 2, cui corrisponde una vita nominale (V_N) pari a 50 anni.

Le opere in progetto devono inoltre essere classificate in relazione alle conseguenze di una interruzione di funzionalità o collasso in caso di sisma (cfr. tabella 2.4.II - NTC).

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0.7	1.0	1.5	2.0

Considerato il tipo di struttura si può assumere a favore di sicurezza la classe d'uso II cui è associato un coefficiente d'uso (C_u) pari a 1,0.

Il periodo di riferimento (V_R) dell'evento sismico viene pertanto definito (cfr. paragrafo 2.4.3 - NTC) come prodotto tra la vita nominale (V_N) ed il coefficiente d'uso (C_u) ottenendo:

$$V_R = C_u \times V_N = 1,0 \times 50 = 50 \text{ anni.}$$

COMUNE DI VADO LIGURE	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste	0	Maggio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE	FILE: Rel_geo_strutt.doc	Pag. 8 di 49	

6 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un tratto di strada che correrà in sponda destra parallelamente all'alveo del T. Segno, tra il ponte di Via Bertola/Via Piave ed il Molo 8.44, e rappresenterà la naturale prosecuzione della viabilità realizzata nelle aree ex OCV Italia S.r.l. per l'analogo fine di connessione alla direttrice autostradale, risultando oltremodo a servizio delle attività già insediate e di quelle che si insedieranno in futuro.



Figura 1: stralcio planimetrico di progetto

La viabilità in progetto ricalcherà un vecchio sedime ferroviario esistente tra il muro di recinzione delle aree ex T.R.I. S.r.l. e l'argine del T. Segno e sarà caratterizzata da un'unica corsia per senso di marcia.

Vista l'esigenza di avere a disposizione una larghezza di piattaforma tale da consentire il transito dei mezzi eccezionali di alcuni Operatori gravitanti sull'area, la strada sarà caratterizzata da una sezione riconducibile secondo le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" di cui al D.M. 05/11/2001 alla categoria "D" per strade in ambito extraurbano, con corsie larghe 3,50 metri, delimitate da una banchina da 1 metro lato monte e da un camminamento protetto lato T. Segno.

Il nuovo incrocio dal ponte di via Bertola avrà una configurazione tale che in futuro potrà essere trasformato in una seconda rotatoria, con le medesime caratteristiche della prima.

Allo stato attuale il ponte di via Bertola che attraversa il T. Segno è costituito da un'unica campata con due travi parete in acciaio e via superiore, che non risulta verificato idraulicamente. In futuro è previsto l'innalzamento del ponte e quindi le quote dei due rami di imbocco dovranno essere riviste.

Per tale motivo i muri in prossimità del nuovo incrocio di via Bertola che verranno realizzati sono già dimensionati con una altezza adeguata alle future quote stradali.

Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste

0

Maggio 2025

Emissione

REV.

DATA

DESCRIZIONE

RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE

FILE: Rel_geo_strutt.doc

Pag. 9 di 49

In Figura 2 viene riportata la carpenteria tipo dell'opera di sostegno in c.a.

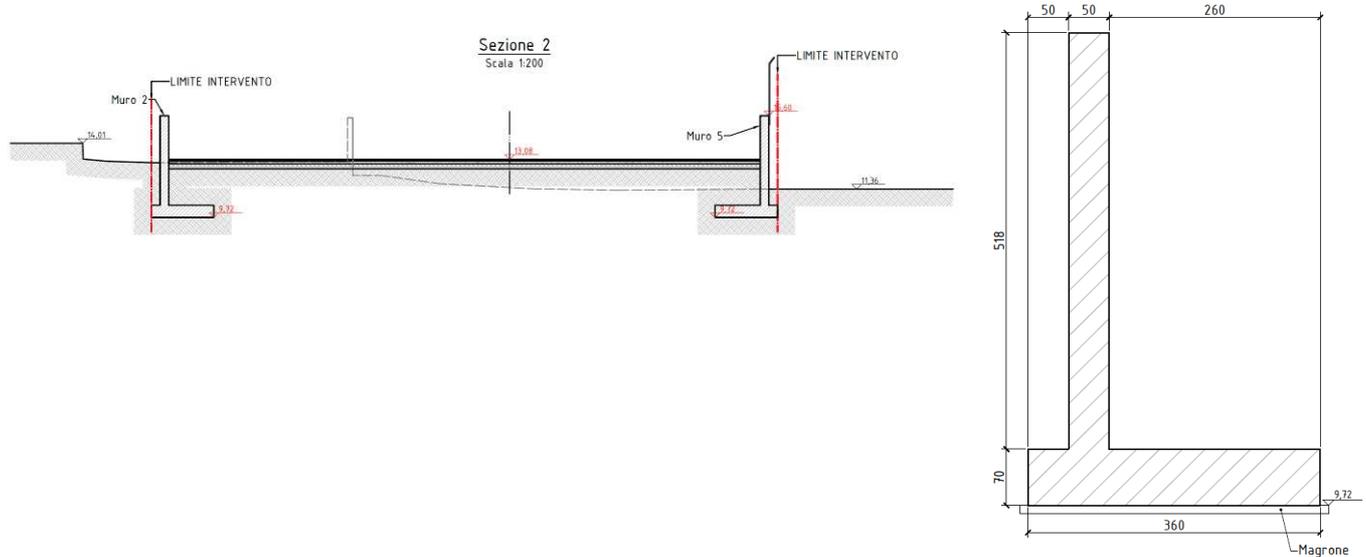


Figura 2: sezione tipologica intervento e carpenteria muro di sostegno

COMUNE DI VADO LIGURE	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste	0	Maggio 2025	Emissione
	REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE	FILE: Rel_geo_strutt.doc	Pag. 10 di 49	

7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO DI INTERVENTO

L'azione sismica deve essere valutata a partire da una cosiddetta pericolosità sismica di base, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Definita questa pericolosità di base, viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di intervento e dalla morfologia della superficie topografica. Tali modifiche determinano la cosiddetta risposta sismica locale.

Per quanto concerne la valutazione dell'azione sismica, le NTC-18 hanno introdotto una valutazione puntuale dell'azione sismica espressa sottoforma di spettri di risposta descritti da tre parametri, tra cui l'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido e superficie orizzontale, per diversi periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, 2475 anni) in corrispondenza dei nodi di un reticolo distribuito sul territorio nazionale con maglie di lato inferiore a 10 km.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

In accordo a quanto riportato al paragrafo 7.11.1 - NTC, il rispetto dei vari SL si considera conseguito:

- nei confronti di tutti gli SLE, qualora siano rispettate le verifiche relative allo SLD;
- nei confronti di tutti gli SLU, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nelle NTC e le verifiche relative allo SLV.

Le verifiche in condizioni sismiche per questo caso si possono svolgere facendo riferimento al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) - punto 7.11.1 NTC:

Comune di Vado Ligure

- accelerazione massima su suolo roccioso $a_g = 0,059 \text{ g}$
- parametri spettrali $F_0 = 2,604$
 $T^*C = 0,305 \text{ s.}$

Per quanto riguarda i fattori di amplificazione del sottosuolo e topografica (T_1) sono stati ipotizzati sulla base delle risultanze della relazione geologica redatta dal Geol. Flavio Saglietto:

- coeff. amplificazione sottosuolo 1,2 (terreno tipo B)
- coeff. amplificazione topografica $ST = 1,00.$

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale, il comune di Vado Ligure ricade in **zona sismica 3**.

COMUNE DI VADO LIGURE		PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA		
Realizzazione di una nuova viabilità in sponda destra del torrente Segno dall'attuale ponte di via Bertola fino alla connessione con la nuova via Trieste		0	Maggio 2025	Emissione
		REV.	DATA	DESCRIZIONE
RELAZIONE GEOTECNICA - STRUTTURALE		FILE: Rel_geo_strutt.doc		Pag. 11 di 49

8 ALLEGATO DI CALCOLO

Richiami teorici

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

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

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

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

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

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

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

Spinta in presenza di falda

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

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

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

Spinta in presenza di sisma

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

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

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

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

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2 \beta \cos \theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

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

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

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

Verifica a scorrimento

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

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

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

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

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

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

Verifica al carico limite

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

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

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione:

- c coesione del terreno in fondazione
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione
- γ peso di volume del terreno in fondazione
- B larghezza della fondazione
- D profondità del piano di posa
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa
- N fattori di capacità portante
- d fattori di profondità del piano di posa
- i fattori di inclinazione del carico

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

Riduzione per eccentricità del carico

Nel caso in cui il carico al piano di posa della fondazione risulta eccentrico, Meyerhof propone di moltiplicare la capacità portante ultima per un fattore correttivo R_e

$R_e = 1.0 - 2.0 \frac{e}{B}$	per terreni coesivi
$R_e = 1.0 - \sqrt{\frac{e}{B}}$	per terreni incoerenti

con e eccentricità del carico e B la dimensione minore della fondazione.

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di B (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo r_γ del solo termine sul peso di volume ($0.5 B \gamma N_\gamma$) quando B supera i 2 m.

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

Il termine sul peso di volume diventa:

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

Verifica alla stabilità globale

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

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

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

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

dove il termine m è espresso da

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

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

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

Dati

Materiali

Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<u>Calcestruzzo armato</u>	
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 [N/mm ²]
E	Modulo elastico, espresso in [N/mm ²]
ν	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ [kN/mc]	R _{ck} [N/mm ²]	E [N/mm ²]	ν	n	ntc
1	C25/30	C25/30	B450C	24,5170	30,000	31447,0	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [N/mm ²]	f _{uk} [N/mm ²]
B450C	450,000	540,000

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	12,00	0,00	0.000

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

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

Paramento

Materiale C25/30
Altezza paramento 5,20 [m]
Altezza paramento libero 5,00 [m]
Spessore in sommità 0,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione 0,50 [m]
Inclinazione paramento esterno 0,00 [°]
Inclinazione paramento interno 0,00 [°]

Fondazione

Materiale C25/30
Lunghezza mensola di valle 0,50 [m]
Lunghezza mensola di monte 2,60 [m]
Lunghezza totale 3,60 [m]
Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
Spessore 0,70 [m]
Spessore magrone 0,00 [m]

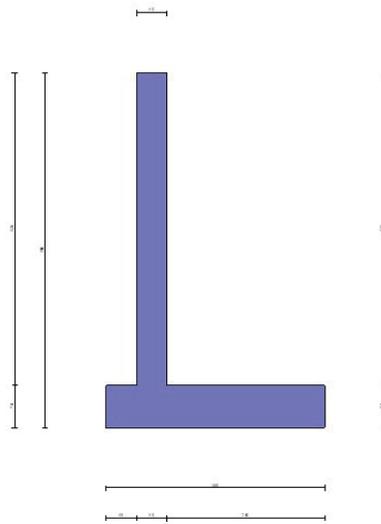


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

- n° Indice del terreno
 Descr Descrizione terreno
 γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
 γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
 c Coesione espressa in [N/mm²]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [N/mm²]
 Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
 Cesp Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
 τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [N/mm²]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [N/mm ²]	c _a [N/mm ²]	Cesp	τ_l [N/mm ²]
1	ALLUVIONALE	19,0000	19,0000	31.000	20.670	0,000	0,000	---	---
2	RIEMPIMENTO	18,0000	18,0000	32.000	21.330	0,000	0,000	---	---

Stratigrafia

Simbologia adottata

- n° Indice dello strato
 H Spessore dello strato espresso in [m]
 α Inclinazione espressa in [°]
 Terreno Terreno dello strato
 Per calcolo pali (solo se presenti)
 K_w Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
 K_s 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')
 K_{ststa}, K_{stsis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	K _w [Kg/cm ²]	K _s	Cesp	K _{ststa}	K _{stsis}
1	5,20	0.000	RIEMPIMENTO	---	---	---	---	---
2	10,00	0.000	ALLUVIONALE	---	---	---	---	---

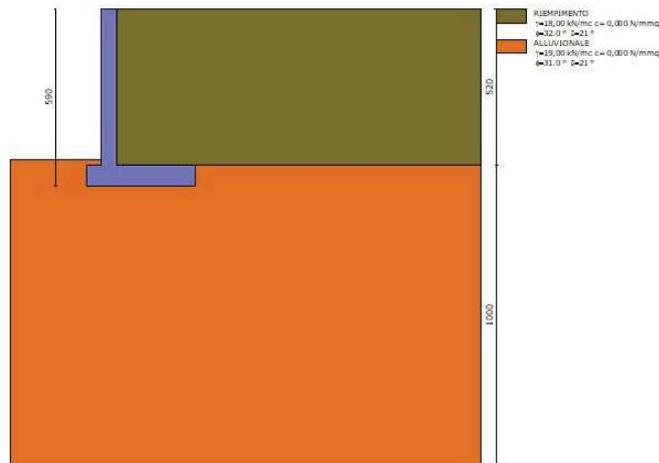


Fig. 2 - Stratigrafia

Condizioni di carico

Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

- X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
- 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 (Condizione 1) - VARIABILE

Coeff. di combinazione $\Psi_0=1.00$ - $\Psi_1=1.00$ - $\Psi_2=1.00$

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	12,00	20,0000	20,0000

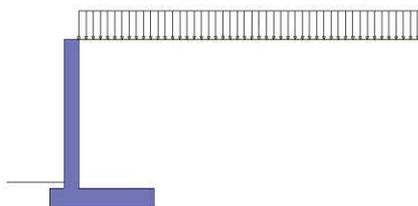


Fig. 3 - Carichi sul terreno

Normativa

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

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

Carichi	Effetto	Combinazioni statiche	Combinazioni sismiche
---------	---------	-----------------------	-----------------------

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	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_r	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 sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

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

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

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

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

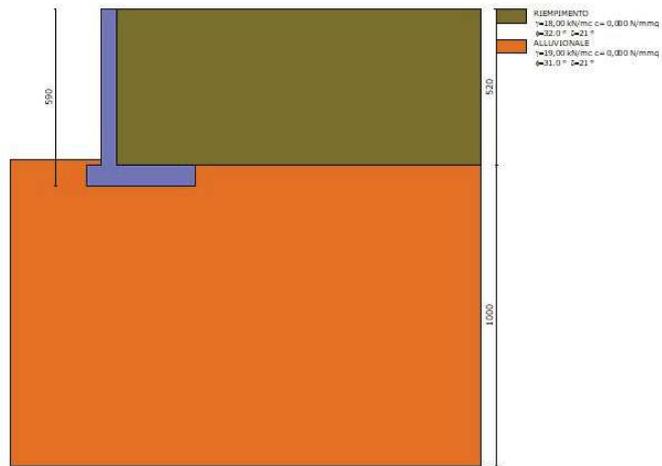


Fig. 4 -

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H

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

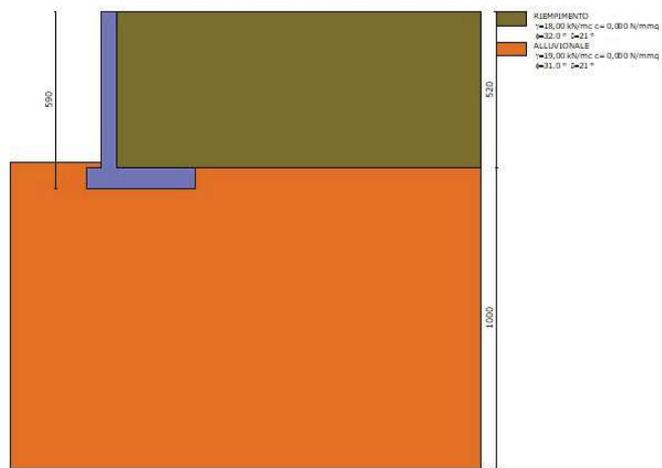


Fig. 5 - (Inviluppo)

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

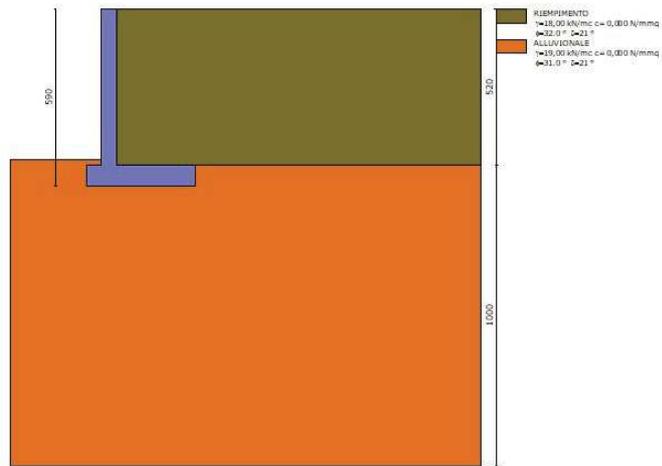


Fig. 6 - (Inviluppo)

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

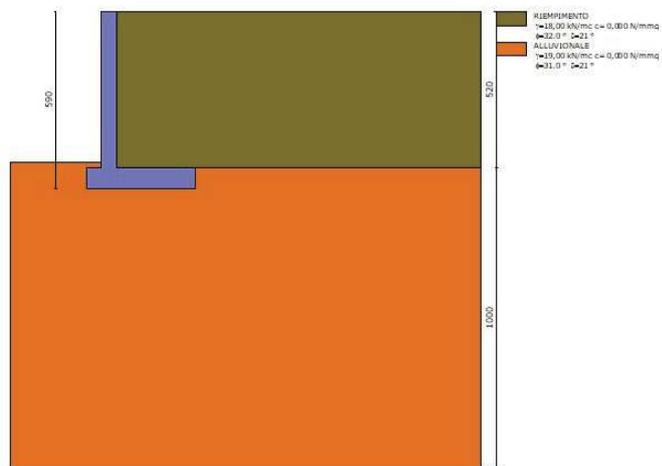


Fig. 7 - (Inviluppo)

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

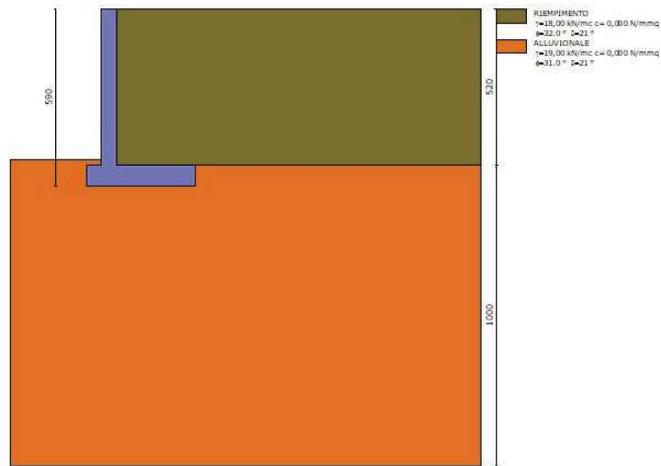


Fig. 8 - (Inviluppo)

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
Condizione 1	1.30	1.00	Sfavorevole

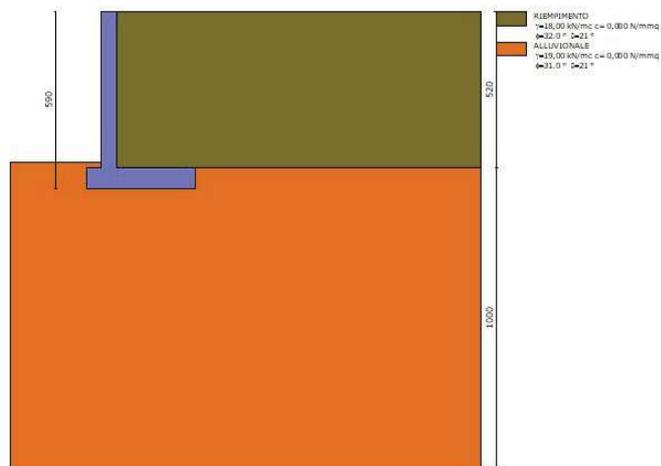


Fig. 9 - (Inviluppo)

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

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

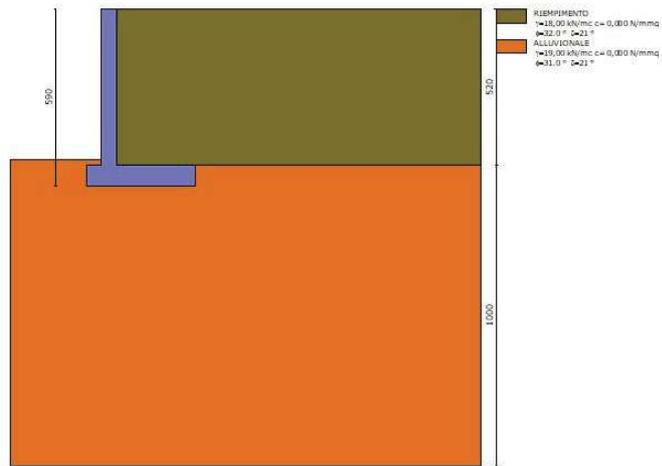


Fig. 10 - (Inviluppo)

Combinazione n° 8 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Condizione 1	1.50	1.00	Sfavorevole

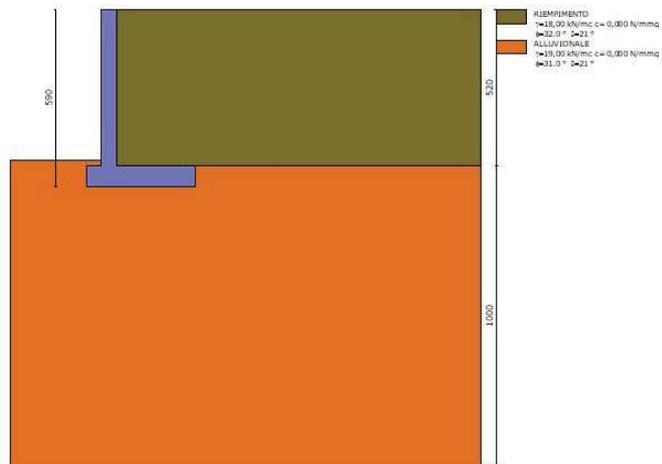


Fig. 11 - (Inviluppo)

Combinazione n° 9 - EQU (A1-M1-R3) H

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

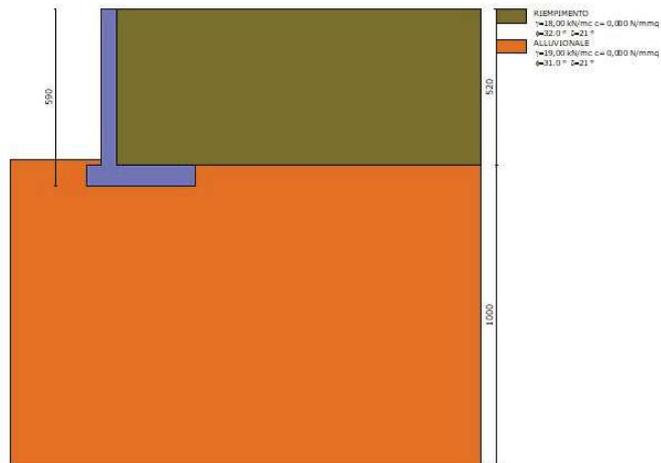


Fig. 12 - (Inviluppo)

Dati sismici

Comune Vado Ligure
 Provincia Savona
 Regione Liguria
 Latitudine 44.269350
 Longitudine 8.435763
 Indice punti di interpolazione 17355 - 17354 - 17576 - 17577
 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]	0.580	0.242
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.059	0.025
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.604	2.539
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.305	0.189
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh [%]	kv [%]
Ultimo	0.380	2.697	1.348
Ultimo - Ribaltamento	0.570	4.045	2.022
Esercizio	0.470	1.394	0.697

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale
 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 ($0.5B\gamma N_r$)	Larghezza ridotta (B')
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

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

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni	NO
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

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	161,99	21,20	151,03	58,58	2,60	-3,65
	Peso/Inerzia muro			0,00	125,53/0,00	0,27	-4,05
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	321,36/0,00	1,30	-2,60
2	Spinta statica	86,99	21,18	81,11	31,43	2,60	-3,95
	Incremento di spinta sismica			4,78	1,85	2,60	-2,95
	Peso/Inerzia muro			3,38	125,53/0,00	0,27	-4,05
	Peso/Inerzia terrapieno			6,56	243,36/0,00	1,30	-2,60
3	Spinta statica	161,99	21,20	151,03	58,58	2,60	-3,65
	Peso/Inerzia muro			0,00	163,19/0,00	0,27	-4,05
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	394,37/0,00	1,30	-2,60
4	Spinta statica	161,99	21,20	151,03	58,58	2,60	-3,65
	Peso/Inerzia muro			0,00	125,53/0,00	0,27	-4,05
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	394,37/0,00	1,30	-2,60
5	Spinta statica	161,99	21,20	151,03	58,58	2,60	-3,65
	Peso/Inerzia muro			0,00	163,19/0,00	0,27	-4,05
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	321,36/0,00	1,30	-2,60

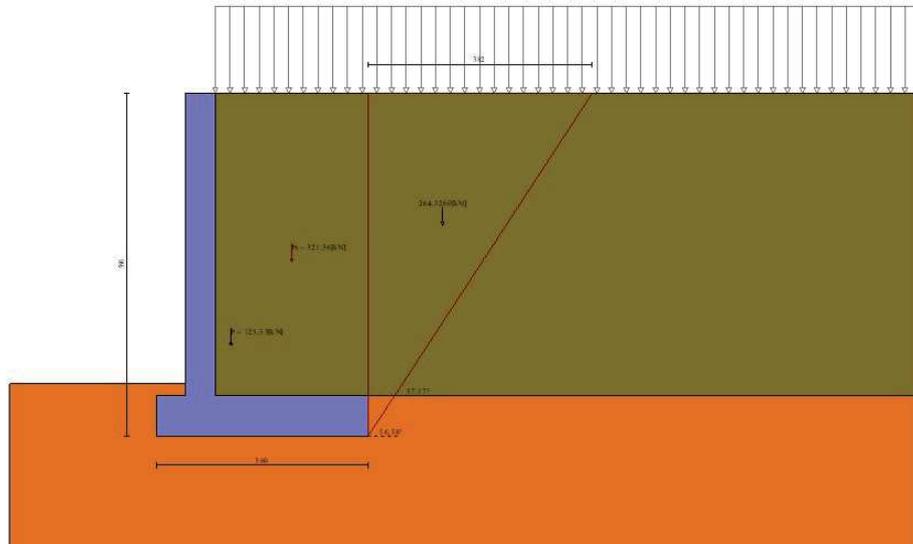


Fig. 13 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

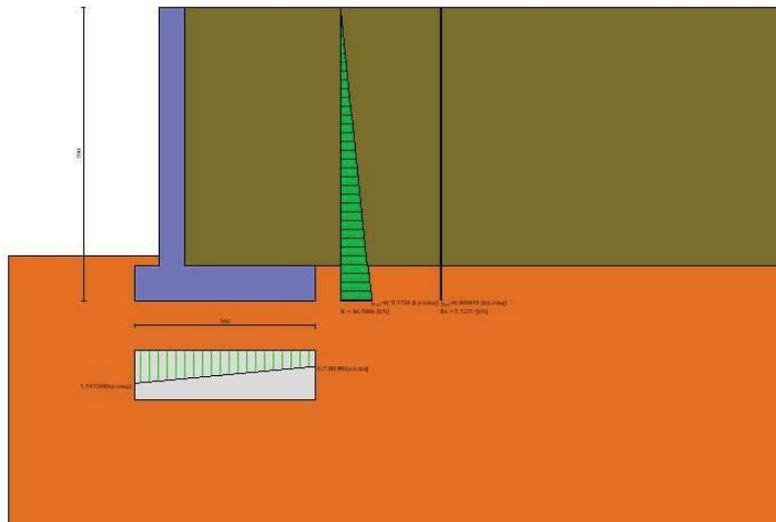


Fig. 16 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

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

Ic	N [kN]	T [kN]	Mr [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	505,47	151,03	339,68	1109,03	0,278
2 - STR (A1-M1-R3)	402,16	95,84	200,28	838,54	0,213
3 - STR (A1-M1-R3)	616,13	151,03	339,68	1324,65	0,201
4 - STR (A1-M1-R3)	578,47	151,03	339,68	1276,94	0,180
5 - STR (A1-M1-R3)	543,12	151,03	339,68	1156,73	0,296
6 - GEO (A2-M2-R2)	483,86	152,64	347,45	1044,75	0,359
7 - GEO (A2-M2-R2)	402,16	95,84	200,28	838,54	0,213
8 - EQU (A1-M1-R3)	505,47	151,03	339,68	1109,03	0,278
9 - EQU (A1-M1-R3)	403,13	103,31	221,60	842,03	0,261

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)		1.263		1.944			
2 - STR (A1-M1-R3)	H	1.583		3.162			
3 - STR (A1-M1-R3)		1.539		2.034			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.445		2.085			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.357		1.922			
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.342		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H				1.807		
8 - EQU (A1-M1-R3)			3.265				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H		3.800				

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)	190,70	0,00	0,00	--	--	190,70	151,03	1.263
2 - STR (A1-M1-R3) H	151,72	0,00	0,00	--	--	151,72	95,84	1.583
3 - STR (A1-M1-R3)	232,45	0,00	0,00	--	--	232,45	151,03	1.539
4 - STR (A1-M1-R3)	218,24	0,00	0,00	--	--	218,24	151,03	1.445
5 - STR (A1-M1-R3)	204,90	0,00	0,00	--	--	204,90	151,03	1.357

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)	505,47	982,77	701,98	1.944
2 - STR (A1-M1-R3) H	402,16	1271,74	1059,78	3.162
3 - STR (A1-M1-R3)	616,13	1253,12	895,09	2.034
4 - STR (A1-M1-R3)	578,47	1205,86	861,33	2.085
5 - STR (A1-M1-R3)	543,12	1044,05	745,75	1.922

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 rigidezza per punzonamento secondo Vesic
r _γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _γ N _γ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [N/mm ²]

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	r _γ
1	32.671	0.664	1.088	--	--	--	--	--	--	0.722	0.936
	20.631	0.664	1.044	--	--	--	--	--	--		
	18.564	0.215	1.044	--	--	--	--	--	--		
2	32.671	0.724	1.088	--	--	--	--	--	--	0.757	0.936
	20.631	0.724	1.044	--	--	--	--	--	--		
	18.564	0.322	1.044	--	--	--	--	--	--		
3	32.671	0.717	1.088	--	--	--	--	--	--	0.763	0.936
	20.631	0.717	1.044	--	--	--	--	--	--		
	18.564	0.309	1.044	--	--	--	--	--	--		
4	32.671	0.701	1.088	--	--	--	--	--	--	0.777	0.936
	20.631	0.701	1.044	--	--	--	--	--	--		
	18.564	0.279	1.044	--	--	--	--	--	--		
5	32.671	0.684	1.088	--	--	--	--	--	--	0.713	0.936
	20.631	0.684	1.044	--	--	--	--	--	--		
	18.564	0.249	1.044	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [N/mm ²]
1	0,90	3,60	3,18	19,00	31,00	0,000
2	0,90	3,60	3,18	19,00	31,00	0,000
3	0,90	3,60	3,18	19,00	31,00	0,000
4	0,90	3,60	3,18	19,00	31,00	0,000
5	0,90	3,60	3,18	19,00	31,00	0,000

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
8 - EQU (A1-M1-R3)	1109,03	339,68	3.265
9 - EQU (A1-M1-R3) H	842,03	221,60	3.800

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
6 - GEO (A2-M2-R2)	-2,00; 4,00	10,93	1.342
7 - GEO (A2-M2-R2) H	-2,00; 4,00	10,93	1.807

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
 Origine in testa al muro (spigolo contro terra)
 W peso della striscia espresso in [kN]
 Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
 Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]
 b larghezza della striscia espressa in [m]
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [N/mm²]
 Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [N/mm²]

Combinazione n° 6 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	8,01	17,05	0,00	8,18 - 0,66	64.214	26.560	0,000	0,0000	
2	22,07	17,05	0,00	0,66	57.445	26.560	0,000	0,0000	
3	32,99	17,05	0,00	0,66	51.487	26.560	0,000	0,0000	
4	41,90	17,05	0,00	0,66	46.240	26.560	0,000	0,0000	
5	49,35	17,05	0,00	0,66	41.459	26.560	0,000	0,0000	
6	55,69	17,05	0,00	0,66	37.012	26.560	0,000	0,0000	
7	61,12	17,05	0,00	0,66	32.813	26.560	0,000	0,0000	
8	65,96	17,05	0,00	0,66	28.805	25.673	0,000	0,0000	
9	71,11	17,05	0,00	0,66	24.947	25.673	0,000	0,0000	
10	76,12	17,05	0,00	0,66	21.207	25.673	0,000	0,0000	
11	79,00	17,05	0,00	0,66	17.559	25.673	0,000	0,0000	
12	81,31	17,05	0,00	0,66	13.985	25.673	0,000	0,0000	
13	94,74	8,10	0,00	0,66	10.465	25.673	0,000	0,0000	
14	37,63	0,00	0,00	0,66	6.984	25.673	0,000	0,0000	
15	0,00	0,00	0,00	0,66	3.530	25.673	0,000	0,0000	
16	23,81	0,00	0,00	0,66	0.088	25.673	0,000	0,0000	
17	23,57	0,00	0,00	0,66	-3.353	25.673	0,000	0,0000	
18	22,85	0,00	0,00	0,66	-6.807	25.673	0,000	0,0000	
19	21,62	0,00	0,00	0,66	-10.285	25.673	0,000	0,0000	
20	19,87	0,00	0,00	0,66	-13.803	25.673	0,000	0,0000	
21	17,59	0,00	0,00	0,66	-17.375	25.673	0,000	0,0000	
22	14,75	0,00	0,00	0,66	-21.018	25.673	0,000	0,0000	
23	11,29	0,00	0,00	0,66	-24.753	25.673	0,000	0,0000	
24	7,18	0,00	0,00	0,66	-28.604	25.673	0,000	0,0000	
25	2,38	0,00	0,00	-8,21 - 0,66	-31.928	25.673	0,000	0,0000	

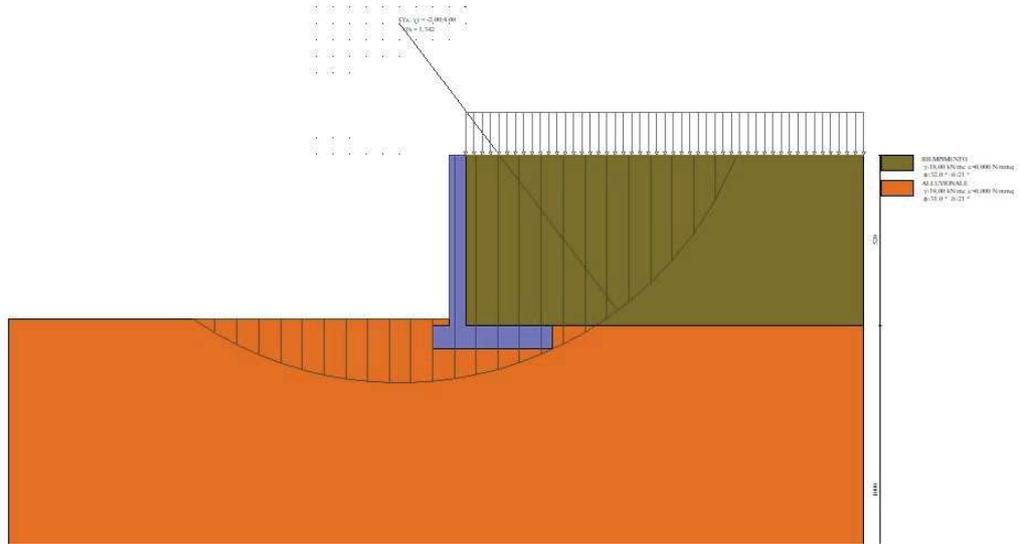


Fig. 17 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2) H

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mm ²]	u [N/mm ²]	Tx; Ty [kN]
1	8,01	0,00	0,00	8,18 - 0,66	64.214	32.000	0,000	0,0000	
2	22,07	0,00	0,00	0,66	57.445	32.000	0,000	0,0000	
3	32,99	0,00	0,00	0,66	51.487	32.000	0,000	0,0000	
4	41,90	0,00	0,00	0,66	46.240	32.000	0,000	0,0000	
5	49,35	0,00	0,00	0,66	41.459	32.000	0,000	0,0000	
6	55,69	0,00	0,00	0,66	37.012	32.000	0,000	0,0000	
7	61,12	0,00	0,00	0,66	32.813	32.000	0,000	0,0000	
8	65,96	0,00	0,00	0,66	28.805	31.000	0,000	0,0000	
9	71,11	0,00	0,00	0,66	24.947	31.000	0,000	0,0000	
10	76,12	0,00	0,00	0,66	21.207	31.000	0,000	0,0000	
11	79,00	0,00	0,00	0,66	17.559	31.000	0,000	0,0000	
12	81,31	0,00	0,00	0,66	13.985	31.000	0,000	0,0000	
13	94,74	0,00	0,00	0,66	10.465	31.000	0,000	0,0000	
14	37,63	0,00	0,00	0,66	6.984	31.000	0,000	0,0000	
15	0,00	0,00	0,00	0,66	3.530	31.000	0,000	0,0000	
16	23,81	0,00	0,00	0,66	0.088	31.000	0,000	0,0000	
17	23,57	0,00	0,00	0,66	-3.353	31.000	0,000	0,0000	
18	22,85	0,00	0,00	0,66	-6.807	31.000	0,000	0,0000	
19	21,62	0,00	0,00	0,66	-10.285	31.000	0,000	0,0000	
20	19,87	0,00	0,00	0,66	-13.803	31.000	0,000	0,0000	
21	17,59	0,00	0,00	0,66	-17.375	31.000	0,000	0,0000	
22	14,75	0,00	0,00	0,66	-21.018	31.000	0,000	0,0000	
23	11,29	0,00	0,00	0,66	-24.753	31.000	0,000	0,0000	
24	7,18	0,00	0,00	0,66	-28.604	31.000	0,000	0,0000	
25	2,38	0,00	0,00	-8,21 - 0,66	-31.928	31.000	0,000	0,0000	

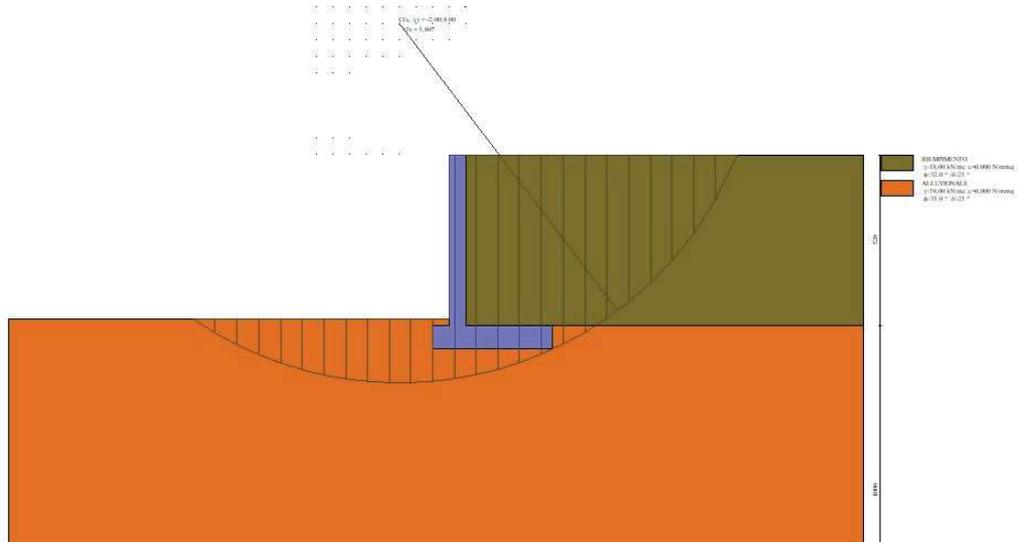


Fig. 18 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 7)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,23	0,80	0,04
3	-0,20	2,45	1,66	0,16
4	-0,30	3,68	2,58	0,37
5	-0,40	4,90	3,56	0,68
6	-0,50	6,13	4,60	1,09
7	-0,60	7,36	5,69	1,60
8	-0,70	8,58	6,85	2,23
9	-0,80	9,81	8,07	2,97
10	-0,90	11,03	9,35	3,84
11	-1,00	12,26	10,69	4,84
12	-1,10	13,48	12,08	5,98
13	-1,20	14,71	13,54	7,26
14	-1,30	15,94	15,06	8,69
15	-1,40	17,16	16,64	10,28
16	-1,50	18,39	18,28	12,02
17	-1,60	19,61	19,97	13,93
18	-1,70	20,84	21,73	16,02
19	-1,80	22,07	23,55	18,28
20	-1,90	23,29	25,43	20,73
21	-2,00	24,52	27,36	23,37
22	-2,10	25,74	29,36	26,21
23	-2,20	26,97	31,42	29,24
24	-2,30	28,19	33,54	32,49
25	-2,40	29,42	35,71	35,95
26	-2,50	30,65	37,95	39,64
27	-2,60	31,87	40,25	43,54
28	-2,70	33,10	42,60	47,69
29	-2,80	34,32	45,02	52,07
30	-2,90	35,55	47,50	56,69
31	-3,00	36,78	50,04	61,57
32	-3,10	38,00	52,63	66,70
33	-3,20	39,23	55,29	72,10
34	-3,30	40,45	58,01	77,76
35	-3,40	41,68	60,78	83,70
36	-3,50	42,90	63,62	89,92
37	-3,60	44,13	66,52	96,43
38	-3,70	45,36	69,47	103,23

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
39	-3,80	46,58	72,49	110,32
40	-3,90	47,81	75,57	117,73
41	-4,00	49,03	78,70	125,44
42	-4,10	50,26	81,90	133,47
43	-4,20	51,49	85,16	141,82
44	-4,30	52,71	88,47	150,50
45	-4,40	53,94	91,85	159,52
46	-4,50	55,16	95,28	168,87
47	-4,60	56,39	98,78	178,58
48	-4,70	57,61	102,34	188,63
49	-4,80	58,84	105,95	199,05
50	-4,90	60,07	109,63	209,82
51	-5,00	61,29	113,36	220,97
52	-5,10	62,52	117,16	232,50
53	-5,20	63,74	121,02	244,41

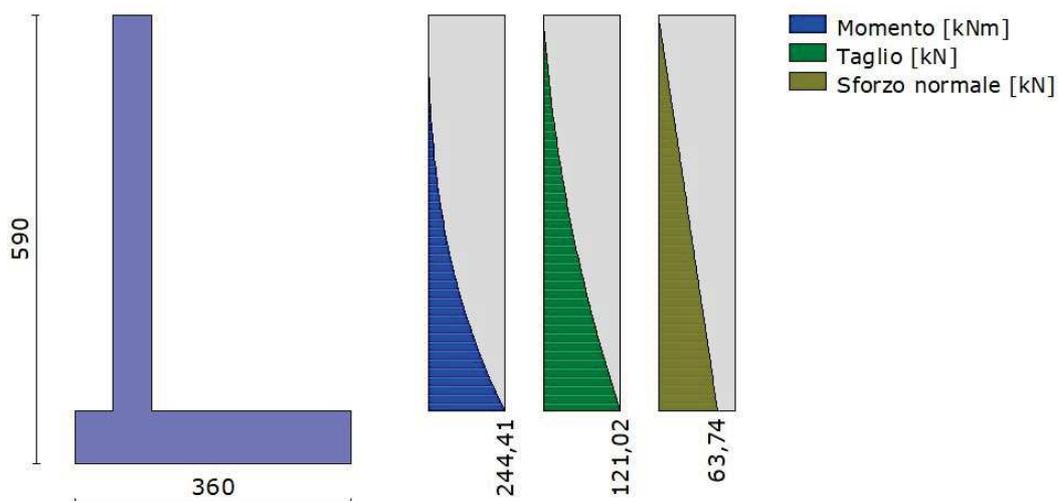


Fig. 19 - Paramento

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,23	0,13	0,01
3	-0,20	2,45	0,30	0,03
4	-0,30	3,68	0,52	0,07
5	-0,40	4,90	0,79	0,13
6	-0,50	6,13	1,10	0,23
7	-0,60	7,36	1,46	0,35
8	-0,70	8,58	1,86	0,52
9	-0,80	9,81	2,31	0,73
10	-0,90	11,03	2,81	0,98
11	-1,00	12,26	3,35	1,29
12	-1,10	13,48	3,94	1,65
13	-1,20	14,71	4,57	2,08
14	-1,30	15,94	5,25	2,57
15	-1,40	17,16	5,98	3,13
16	-1,50	18,39	6,75	3,77
17	-1,60	19,61	7,57	4,48
18	-1,70	20,84	8,43	5,28
19	-1,80	22,07	9,34	6,17
20	-1,90	23,29	10,30	7,15
21	-2,00	24,52	11,30	8,23
22	-2,10	25,74	12,35	9,41
23	-2,20	26,97	13,45	10,70
24	-2,30	28,19	14,59	12,11
25	-2,40	29,42	15,78	13,62
26	-2,50	30,65	17,01	15,26
27	-2,60	31,87	18,29	17,03
28	-2,70	33,10	19,62	18,92
29	-2,80	34,32	20,99	20,95
30	-2,90	35,55	22,41	23,12
31	-3,00	36,78	23,87	25,44
32	-3,10	38,00	25,38	27,90
33	-3,20	39,23	26,94	30,51
34	-3,30	40,45	28,54	33,29
35	-3,40	41,68	30,19	36,22
36	-3,50	42,90	31,89	39,33

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
37	-3,60	44,13	33,63	42,60
38	-3,70	45,36	35,41	46,05
39	-3,80	46,58	37,25	49,69
40	-3,90	47,81	39,13	53,50
41	-4,00	49,03	41,05	57,51
42	-4,10	50,26	43,02	61,72
43	-4,20	51,49	45,04	66,12
44	-4,30	52,71	47,10	70,73
45	-4,40	53,94	49,21	75,54
46	-4,50	55,16	51,37	80,57
47	-4,60	56,39	53,57	85,82
48	-4,70	57,61	55,82	91,29
49	-4,80	58,84	58,11	96,98
50	-4,90	60,07	60,46	102,91
51	-5,00	61,29	62,84	109,08
52	-5,10	62,52	65,27	115,48
53	-5,20	63,74	67,75	122,13

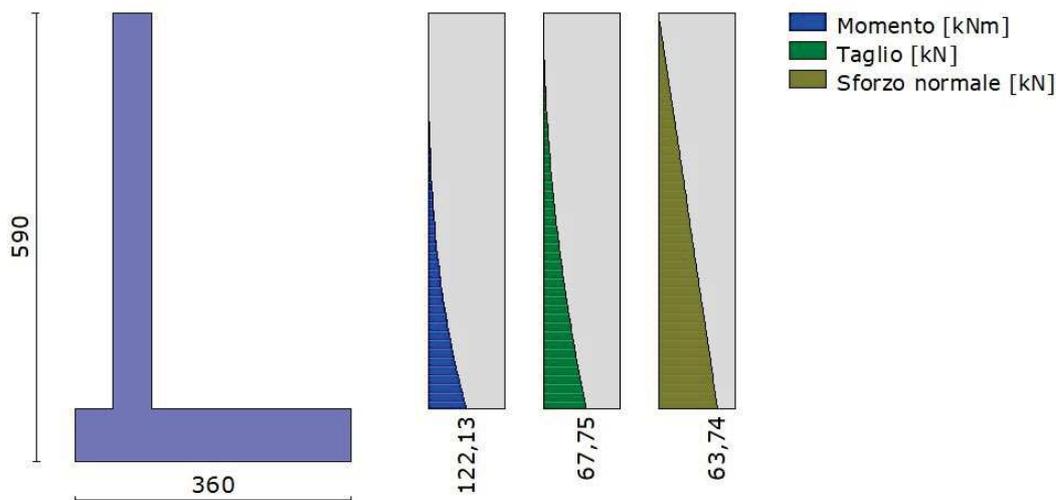


Fig. 20 - Paramento

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,59	0,80	0,04
3	-0,20	3,19	1,66	0,16
4	-0,30	4,78	2,58	0,37
5	-0,40	6,37	3,56	0,68
6	-0,50	7,97	4,60	1,09
7	-0,60	9,56	5,69	1,60
8	-0,70	11,16	6,85	2,23
9	-0,80	12,75	8,07	2,97
10	-0,90	14,34	9,35	3,84
11	-1,00	15,94	10,69	4,84
12	-1,10	17,53	12,08	5,98
13	-1,20	19,12	13,54	7,26
14	-1,30	20,72	15,06	8,69
15	-1,40	22,31	16,64	10,28
16	-1,50	23,90	18,28	12,02
17	-1,60	25,50	19,97	13,93
18	-1,70	27,09	21,73	16,02
19	-1,80	28,68	23,55	18,28
20	-1,90	30,28	25,43	20,73
21	-2,00	31,87	27,36	23,37
22	-2,10	33,47	29,36	26,21
23	-2,20	35,06	31,42	29,24
24	-2,30	36,65	33,54	32,49
25	-2,40	38,25	35,71	35,95
26	-2,50	39,84	37,95	39,64
27	-2,60	41,43	40,25	43,54
28	-2,70	43,03	42,60	47,69
29	-2,80	44,62	45,02	52,07
30	-2,90	46,21	47,50	56,69
31	-3,00	47,81	50,04	61,57
32	-3,10	49,40	52,63	66,70
33	-3,20	51,00	55,29	72,10
34	-3,30	52,59	58,01	77,76

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
35	-3,40	54,18	60,78	83,70
36	-3,50	55,78	63,62	89,92
37	-3,60	57,37	66,52	96,43
38	-3,70	58,96	69,47	103,23
39	-3,80	60,56	72,49	110,32
40	-3,90	62,15	75,57	117,73
41	-4,00	63,74	78,70	125,44
42	-4,10	65,34	81,90	133,47
43	-4,20	66,93	85,16	141,82
44	-4,30	68,53	88,47	150,50
45	-4,40	70,12	91,85	159,52
46	-4,50	71,71	95,28	168,87
47	-4,60	73,31	98,78	178,58
48	-4,70	74,90	102,34	188,63
49	-4,80	76,49	105,95	199,05
50	-4,90	78,09	109,63	209,82
51	-5,00	79,68	113,36	220,97
52	-5,10	81,27	117,16	232,50
53	-5,20	82,87	121,02	244,41

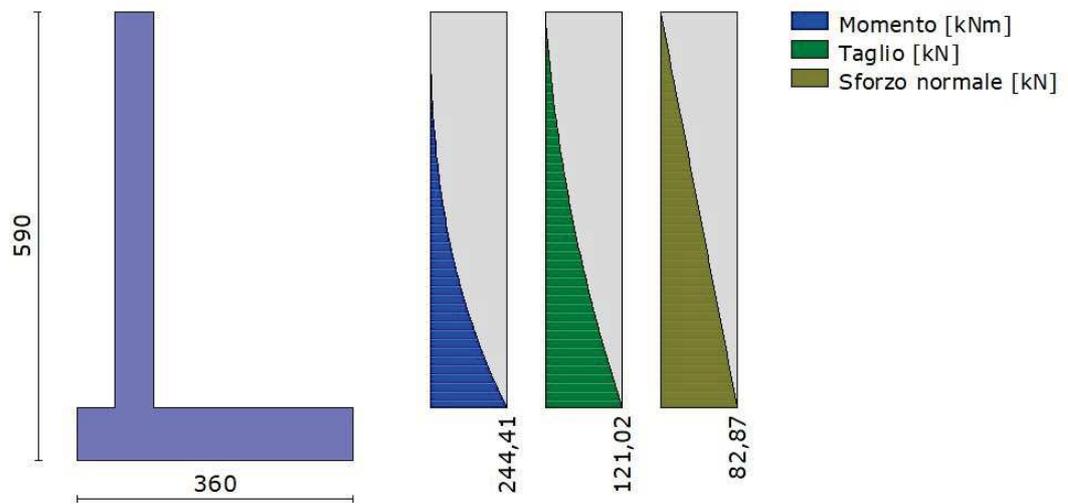


Fig. 21 - Paramento

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,23	0,80	0,04
3	-0,20	2,45	1,66	0,16
4	-0,30	3,68	2,58	0,37
5	-0,40	4,90	3,56	0,68
6	-0,50	6,13	4,60	1,09
7	-0,60	7,36	5,69	1,60
8	-0,70	8,58	6,85	2,23
9	-0,80	9,81	8,07	2,97
10	-0,90	11,03	9,35	3,84
11	-1,00	12,26	10,69	4,84
12	-1,10	13,48	12,08	5,98
13	-1,20	14,71	13,54	7,26
14	-1,30	15,94	15,06	8,69
15	-1,40	17,16	16,64	10,28
16	-1,50	18,39	18,28	12,02
17	-1,60	19,61	19,97	13,93
18	-1,70	20,84	21,73	16,02
19	-1,80	22,07	23,55	18,28
20	-1,90	23,29	25,43	20,73
21	-2,00	24,52	27,36	23,37
22	-2,10	25,74	29,36	26,21
23	-2,20	26,97	31,42	29,24
24	-2,30	28,19	33,54	32,49
25	-2,40	29,42	35,71	35,95
26	-2,50	30,65	37,95	39,64
27	-2,60	31,87	40,25	43,54
28	-2,70	33,10	42,60	47,69
29	-2,80	34,32	45,02	52,07
30	-2,90	35,55	47,50	56,69
31	-3,00	36,78	50,04	61,57
32	-3,10	38,00	52,63	66,70

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
33	-3,20	39,23	55,29	72,10
34	-3,30	40,45	58,01	77,76
35	-3,40	41,68	60,78	83,70
36	-3,50	42,90	63,62	89,92
37	-3,60	44,13	66,52	96,43
38	-3,70	45,36	69,47	103,23
39	-3,80	46,58	72,49	110,32
40	-3,90	47,81	75,57	117,73
41	-4,00	49,03	78,70	125,44
42	-4,10	50,26	81,90	133,47
43	-4,20	51,49	85,16	141,82
44	-4,30	52,71	88,47	150,50
45	-4,40	53,94	91,85	159,52
46	-4,50	55,16	95,28	168,87
47	-4,60	56,39	98,78	178,58
48	-4,70	57,61	102,34	188,63
49	-4,80	58,84	105,95	199,05
50	-4,90	60,07	109,63	209,82
51	-5,00	61,29	113,36	220,97
52	-5,10	62,52	117,16	232,50
53	-5,20	63,74	121,02	244,41

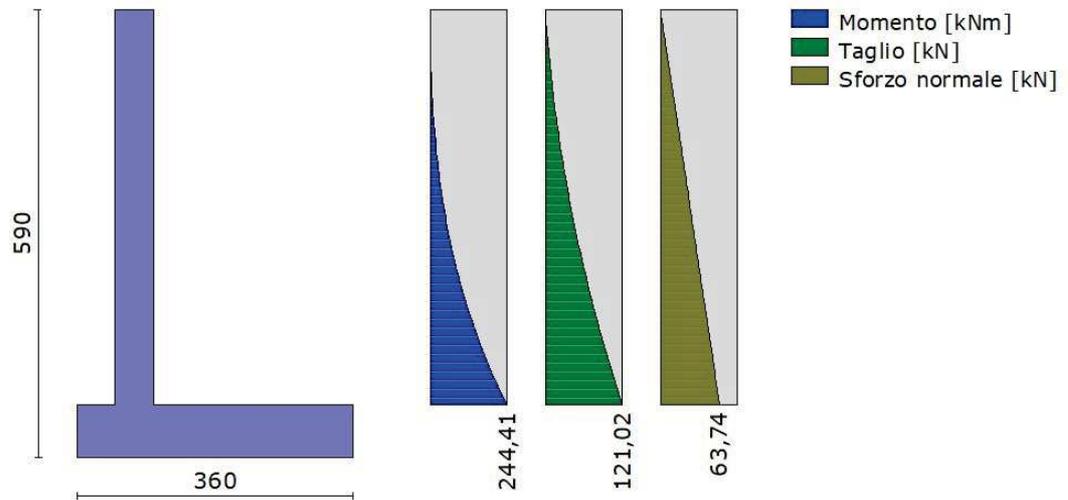


Fig. 22 - Paramento

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,59	0,80	0,04
3	-0,20	3,19	1,66	0,16
4	-0,30	4,78	2,58	0,37
5	-0,40	6,37	3,56	0,68
6	-0,50	7,97	4,60	1,09
7	-0,60	9,56	5,69	1,60
8	-0,70	11,16	6,85	2,23
9	-0,80	12,75	8,07	2,97
10	-0,90	14,34	9,35	3,84
11	-1,00	15,94	10,69	4,84
12	-1,10	17,53	12,08	5,98
13	-1,20	19,12	13,54	7,26
14	-1,30	20,72	15,06	8,69
15	-1,40	22,31	16,64	10,28
16	-1,50	23,90	18,28	12,02
17	-1,60	25,50	19,97	13,93
18	-1,70	27,09	21,73	16,02
19	-1,80	28,68	23,55	18,28
20	-1,90	30,28	25,43	20,73
21	-2,00	31,87	27,36	23,37
22	-2,10	33,47	29,36	26,21
23	-2,20	35,06	31,42	29,24
24	-2,30	36,65	33,54	32,49
25	-2,40	38,25	35,71	35,95
26	-2,50	39,84	37,95	39,64
27	-2,60	41,43	40,25	43,54
28	-2,70	43,03	42,60	47,69
29	-2,80	44,62	45,02	52,07
30	-2,90	46,21	47,50	56,69

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
31	-3,00	47,81	50,04	61,57
32	-3,10	49,40	52,63	66,70
33	-3,20	51,00	55,29	72,10
34	-3,30	52,59	58,01	77,76
35	-3,40	54,18	60,78	83,70
36	-3,50	55,78	63,62	89,92
37	-3,60	57,37	66,52	96,43
38	-3,70	58,96	69,47	103,23
39	-3,80	60,56	72,49	110,32
40	-3,90	62,15	75,57	117,73
41	-4,00	63,74	78,70	125,44
42	-4,10	65,34	81,90	133,47
43	-4,20	66,93	85,16	141,82
44	-4,30	68,53	88,47	150,50
45	-4,40	70,12	91,85	159,52
46	-4,50	71,71	95,28	168,87
47	-4,60	73,31	98,78	178,58
48	-4,70	74,90	102,34	188,63
49	-4,80	76,49	105,95	199,05
50	-4,90	78,09	109,63	209,82
51	-5,00	79,68	113,36	220,97
52	-5,10	81,27	117,16	232,50
53	-5,20	82,87	121,02	244,41

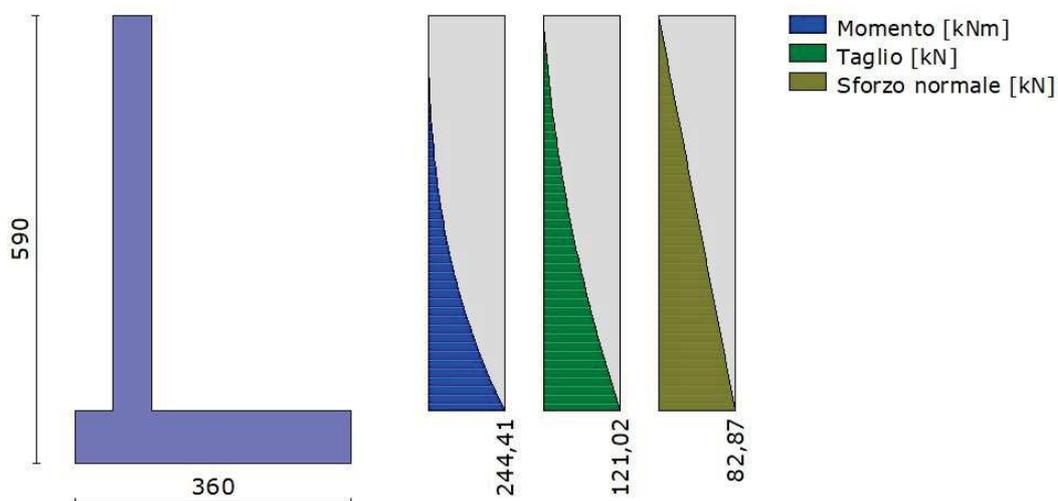


Fig. 23 - Paramento

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,90	0,00	18,65	0,94
3	-0,80	0,00	36,93	3,72
4	-0,70	0,00	54,86	8,31
5	-0,60	0,00	72,42	14,68
6	-0,50	0,00	89,63	22,78
7	0,00	0,00	-120,91	-210,10
8	0,10	0,00	-120,77	-198,02
9	0,20	0,00	-120,28	-185,96
10	0,30	0,00	-119,42	-173,97
11	0,40	0,00	-118,20	-162,09
12	0,50	0,00	-116,63	-150,34
13	0,60	0,00	-114,69	-138,78
14	0,70	0,00	-112,38	-127,42
15	0,80	0,00	-109,72	-116,31
16	0,90	0,00	-106,70	-105,49
17	1,00	0,00	-103,31	-94,98
18	1,10	0,00	-99,56	-84,84
19	1,20	0,00	-95,46	-75,08
20	1,30	0,00	-90,99	-65,76
21	1,40	0,00	-86,16	-56,90
22	1,50	0,00	-80,96	-48,54
23	1,60	0,00	-75,41	-40,72
24	1,70	0,00	-69,50	-33,47

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
25	1,80	0,00	-63,22	-26,83
26	1,90	0,00	-56,58	-20,84
27	2,00	0,00	-49,58	-15,53
28	2,10	0,00	-42,22	-10,93
29	2,20	0,00	-34,50	-7,09
30	2,30	0,00	-26,42	-4,04
31	2,40	0,00	-17,97	-1,82
32	2,50	0,00	-9,17	-0,46
33	2,60	0,00	0,00	0,00

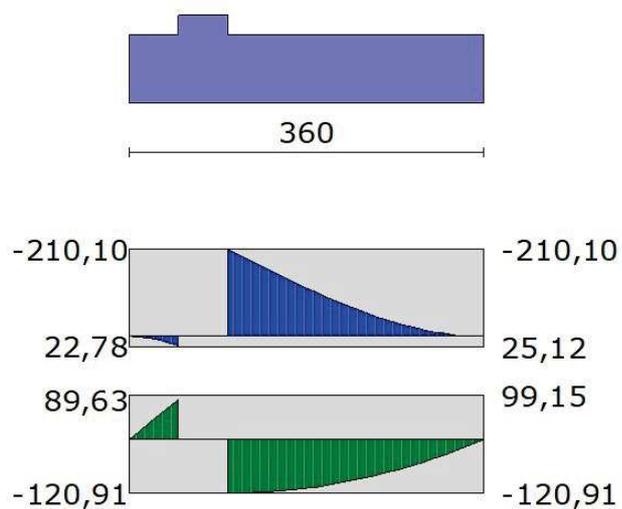


Fig. 24 - Fondazione

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,90	0,00	13,31	0,67
3	-0,80	0,00	26,40	2,65
4	-0,70	0,00	39,27	5,94
5	-0,60	0,00	51,92	10,50
6	-0,50	0,00	64,34	16,32
7	0,00	0,00	-26,16	-66,27
8	0,10	0,00	-27,91	-63,56
9	0,20	0,00	-29,43	-60,69
10	0,30	0,00	-30,74	-57,68
11	0,40	0,00	-31,83	-54,55
12	0,50	0,00	-32,69	-51,32
13	0,60	0,00	-33,34	-48,02
14	0,70	0,00	-33,76	-44,66
15	0,80	0,00	-33,97	-41,28
16	0,90	0,00	-33,95	-37,88
17	1,00	0,00	-33,72	-34,49
18	1,10	0,00	-33,26	-31,14
19	1,20	0,00	-32,59	-27,85
20	1,30	0,00	-31,69	-24,63
21	1,40	0,00	-30,57	-21,52
22	1,50	0,00	-29,24	-18,52
23	1,60	0,00	-27,68	-15,68
24	1,70	0,00	-25,90	-12,99
25	1,80	0,00	-23,91	-10,50
26	1,90	0,00	-21,69	-8,22
27	2,00	0,00	-19,25	-6,17
28	2,10	0,00	-16,59	-4,38
29	2,20	0,00	-13,72	-2,86
30	2,30	0,00	-10,62	-1,64
31	2,40	0,00	-7,30	-0,74
32	2,50	0,00	-3,76	-0,19
33	2,60	0,00	0,00	0,00

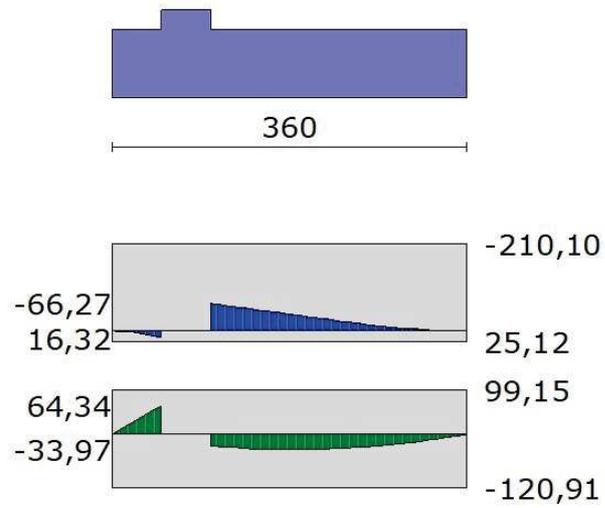


Fig. 25 - Fondazione

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,90	0,00	20,47	1,03
3	-0,80	0,00	40,62	4,08
4	-0,70	0,00	60,45	9,14
5	-0,60	0,00	79,96	16,16
6	-0,50	0,00	99,15	25,12
7	0,00	0,00	-48,88	-110,28
8	0,10	0,00	-50,98	-105,28
9	0,20	0,00	-52,77	-100,09
10	0,30	0,00	-54,24	-94,74
11	0,40	0,00	-55,40	-89,25
12	0,50	0,00	-56,23	-83,67
13	0,60	0,00	-56,74	-78,02
14	0,70	0,00	-56,94	-72,33
15	0,80	0,00	-56,81	-66,64
16	0,90	0,00	-56,37	-60,98
17	1,00	0,00	-55,61	-55,38
18	1,10	0,00	-54,52	-49,87
19	1,20	0,00	-53,12	-44,48
20	1,30	0,00	-51,40	-39,25
21	1,40	0,00	-49,36	-34,21
22	1,50	0,00	-47,00	-29,39
23	1,60	0,00	-44,33	-24,82
24	1,70	0,00	-41,33	-20,54
25	1,80	0,00	-38,01	-16,57
26	1,90	0,00	-34,38	-12,94
27	2,00	0,00	-30,43	-9,70
28	2,10	0,00	-26,15	-6,87
29	2,20	0,00	-21,56	-4,48
30	2,30	0,00	-16,65	-2,57
31	2,40	0,00	-11,42	-1,16
32	2,50	0,00	-5,87	-0,30
33	2,60	0,00	0,00	0,00

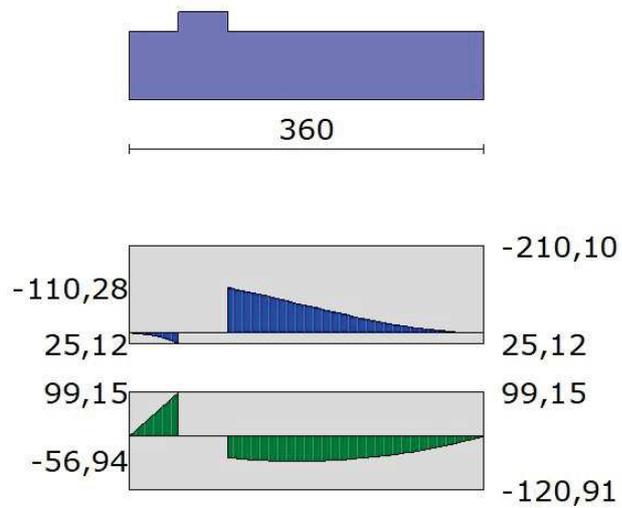


Fig. 26 - Fondazione

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,90	0,00	19,03	0,95
3	-0,80	0,00	37,80	3,80
4	-0,70	0,00	56,30	8,50
5	-0,60	0,00	74,53	15,05
6	-0,50	0,00	92,49	23,40
7	0,00	0,00	-55,97	-111,94
8	0,10	0,00	-57,16	-106,28
9	0,20	0,00	-58,09	-100,51
10	0,30	0,00	-58,74	-94,67
11	0,40	0,00	-59,13	-88,78
12	0,50	0,00	-59,25	-82,85
13	0,60	0,00	-59,10	-76,93
14	0,70	0,00	-58,69	-71,04
15	0,80	0,00	-58,01	-65,21
16	0,90	0,00	-57,06	-59,45
17	1,00	0,00	-55,84	-53,80
18	1,10	0,00	-54,36	-48,29
19	1,20	0,00	-52,61	-42,94
20	1,30	0,00	-50,59	-37,78
21	1,40	0,00	-48,30	-32,83
22	1,50	0,00	-45,75	-28,13
23	1,60	0,00	-42,92	-23,69
24	1,70	0,00	-39,84	-19,55
25	1,80	0,00	-36,48	-15,73
26	1,90	0,00	-32,86	-12,26
27	2,00	0,00	-28,96	-9,17
28	2,10	0,00	-24,81	-6,48
29	2,20	0,00	-20,38	-4,22
30	2,30	0,00	-15,69	-2,41
31	2,40	0,00	-10,72	-1,09
32	2,50	0,00	-5,50	-0,28
33	2,60	0,00	0,00	0,00

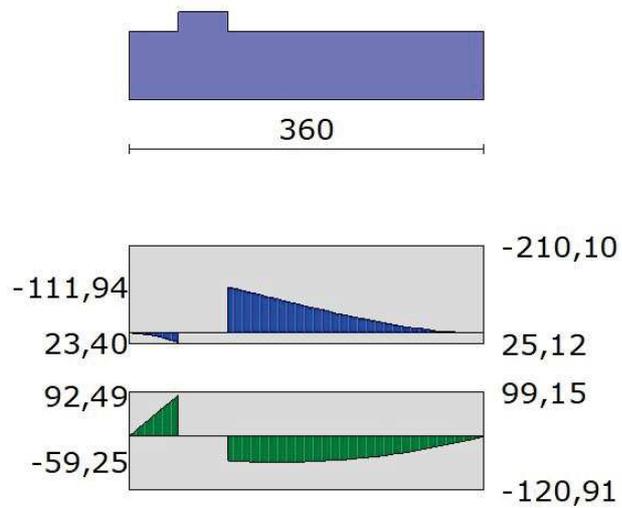


Fig. 27 - Fondazione

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	-1,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,90	0,00	20,08	1,01
3	-0,80	0,00	39,75	4,00
4	-0,70	0,00	59,01	8,94
5	-0,60	0,00	77,85	15,79
6	-0,50	0,00	96,29	24,50
7	0,00	0,00	-113,81	-208,44
8	0,10	0,00	-114,59	-197,02
9	0,20	0,00	-114,97	-185,54
10	0,30	0,00	-114,93	-174,04
11	0,40	0,00	-114,47	-162,56
12	0,50	0,00	-113,60	-151,16
13	0,60	0,00	-112,32	-139,86
14	0,70	0,00	-110,63	-128,71
15	0,80	0,00	-108,53	-117,75
16	0,90	0,00	-106,01	-107,01
17	1,00	0,00	-103,08	-96,56
18	1,10	0,00	-99,73	-86,41
19	1,20	0,00	-95,97	-76,62
20	1,30	0,00	-91,80	-67,23
21	1,40	0,00	-87,22	-58,28
22	1,50	0,00	-82,22	-49,80
23	1,60	0,00	-76,81	-41,85
24	1,70	0,00	-70,99	-34,45
25	1,80	0,00	-64,75	-27,66
26	1,90	0,00	-58,10	-21,52
27	2,00	0,00	-51,04	-16,06
28	2,10	0,00	-43,57	-11,32
29	2,20	0,00	-35,68	-7,36
30	2,30	0,00	-27,38	-4,20
31	2,40	0,00	-18,67	-1,89
32	2,50	0,00	-9,54	-0,48
33	2,60	0,00	0,00	0,00

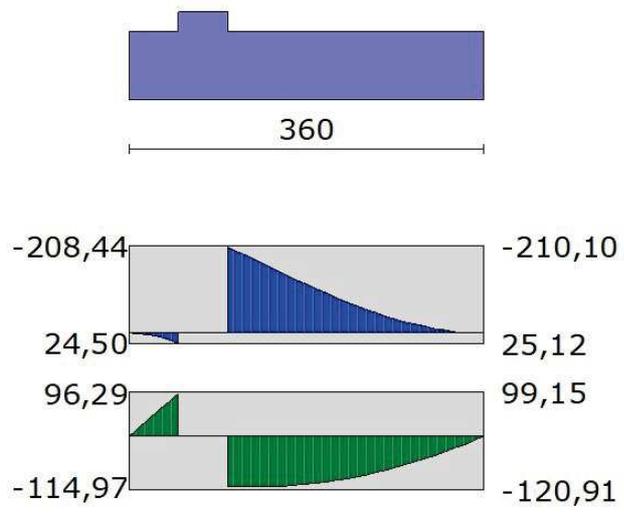


Fig. 28 - Fondazione

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [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	161,99	21,20	151,03	58,58	2,60	-3,65
	Peso/Inerzia muro			0,00	125,53/0,00	0,27	-4,05
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	321,36/0,00	1,30	-2,60

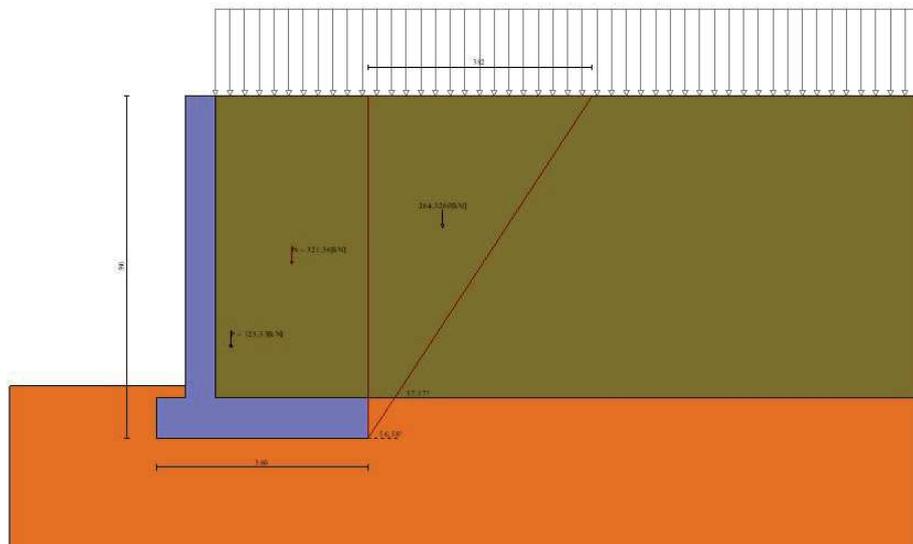


Fig. 29 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

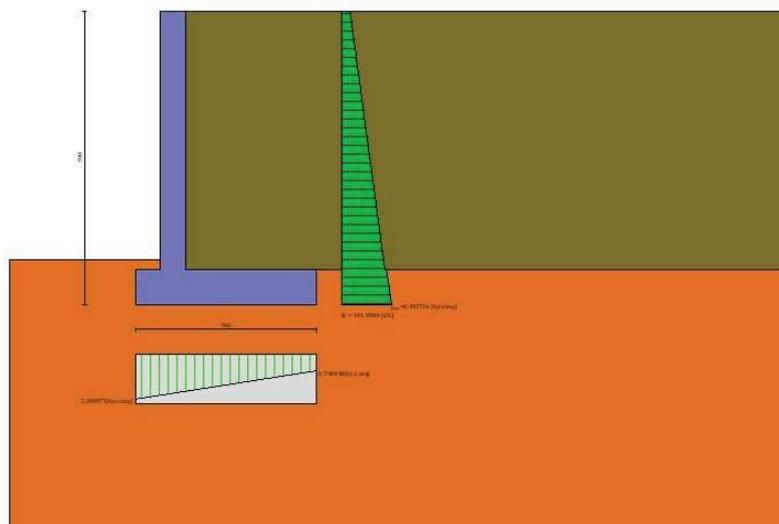


Fig. 30 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Risultanti globali

Simbologia adottata

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

Ic	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	505,47	151,03	339,68	1109,03	0,278
2 - STR (A1-M1-R3)	402,16	95,84	200,28	838,54	0,213
3 - STR (A1-M1-R3)	616,13	151,03	339,68	1324,65	0,201
4 - STR (A1-M1-R3)	578,47	151,03	339,68	1276,94	0,180
5 - STR (A1-M1-R3)	543,12	151,03	339,68	1156,73	0,296
6 - GEO (A2-M2-R2)	483,86	152,64	347,45	1044,75	0,359
7 - GEO (A2-M2-R2)	402,16	95,84	200,28	838,54	0,213
8 - EQU (A1-M1-R3)	505,47	151,03	339,68	1109,03	0,278
9 - EQU (A1-M1-R3)	403,13	103,31	221,60	842,03	0,261

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)		1.263		1.944			
2 - STR (A1-M1-R3)	H	1.583		3.162			
3 - STR (A1-M1-R3)		1.539		2.034			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.445		2.085			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.357		1.922			
6 - GEO (A2-M2-R2)					1.342		
7 - GEO (A2-M2-R2)	H				1.807		
8 - EQU (A1-M1-R3)			3.265				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H		3.800				

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)	190,70	0,00	0,00	--	--	190,70	151,03	1.263

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
5 - STR (A1-M1-R3)	543,12	1044,05	745,75	1.922

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Nγ	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 $0.5B_r N_r$ viene moltiplicato per questo fattore
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [N/mmq]
 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
5	32.671 20.631 18.564	0.684 0.684 0.249	1.088 1.044 1.044	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	0.713	0.936

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	ϕ [kN/mc]	c [N/mmq]
5	0,90	3,60	3,18	19,00	31,00	0,000

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
8 - EQU (A1-M1-R3)	1109,03	339,68	3.265

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
6 - GEO (A2-M2-R2)	-2,00; 4,00	10,93	1.342

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [N/mmq]	u [N/mmq]	Tx; Ty [kN]
1	8,01	17,05	0,00	8,18 - 0,66	64,214	26,560	0,000	0,0000	
2	22,07	17,05	0,00	0,66	57,445	26,560	0,000	0,0000	
3	32,99	17,05	0,00	0,66	51,487	26,560	0,000	0,0000	
4	41,90	17,05	0,00	0,66	46,240	26,560	0,000	0,0000	
5	49,35	17,05	0,00	0,66	41,459	26,560	0,000	0,0000	
6	55,69	17,05	0,00	0,66	37,012	26,560	0,000	0,0000	
7	61,12	17,05	0,00	0,66	32,813	26,560	0,000	0,0000	
8	65,96	17,05	0,00	0,66	28,805	25,673	0,000	0,0000	
9	71,11	17,05	0,00	0,66	24,947	25,673	0,000	0,0000	
10	76,12	17,05	0,00	0,66	21,207	25,673	0,000	0,0000	
11	79,00	17,05	0,00	0,66	17,559	25,673	0,000	0,0000	
12	81,31	17,05	0,00	0,66	13,985	25,673	0,000	0,0000	
13	94,74	8,10	0,00	0,66	10,465	25,673	0,000	0,0000	
14	37,63	0,00	0,00	0,66	6,984	25,673	0,000	0,0000	
15	0,00	0,00	0,00	0,66	3,530	25,673	0,000	0,0000	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [N/mm²]	u [N/mm²]	Tx; Ty [kN]
16	23,81	0,00	0,00	0,66	0,088	25,673	0,000	0,0000	
17	23,57	0,00	0,00	0,66	-3,353	25,673	0,000	0,0000	
18	22,85	0,00	0,00	0,66	-6,807	25,673	0,000	0,0000	
19	21,62	0,00	0,00	0,66	-10,285	25,673	0,000	0,0000	
20	19,87	0,00	0,00	0,66	-13,803	25,673	0,000	0,0000	
21	17,59	0,00	0,00	0,66	-17,375	25,673	0,000	0,0000	
22	14,75	0,00	0,00	0,66	-21,018	25,673	0,000	0,0000	
23	11,29	0,00	0,00	0,66	-24,753	25,673	0,000	0,0000	
24	7,18	0,00	0,00	0,66	-28,604	25,673	0,000	0,0000	
25	2,38	0,00	0,00	-8,21 - 0,66	-31,928	25,673	0,000	0,0000	

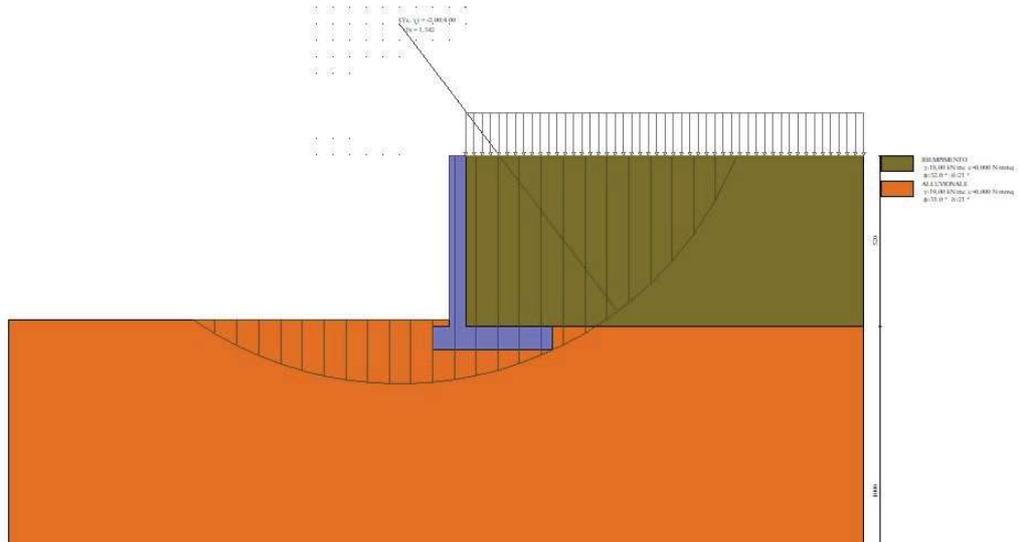


Fig. 31 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 6)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

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

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,23	1,59	0,13	0,80	0,01	0,04
3	-0,20	2,45	3,19	0,30	1,66	0,03	0,16
4	-0,30	3,68	4,78	0,52	2,58	0,07	0,37
5	-0,40	4,90	6,37	0,79	3,56	0,13	0,68
6	-0,50	6,13	7,97	1,10	4,60	0,23	1,09
7	-0,60	7,36	9,56	1,46	5,69	0,35	1,60
8	-0,70	8,58	11,16	1,86	6,85	0,52	2,23
9	-0,80	9,81	12,75	2,31	8,07	0,73	2,97
10	-0,90	11,03	14,34	2,81	9,35	0,98	3,84
11	-1,00	12,26	15,94	3,35	10,69	1,29	4,84
12	-1,10	13,48	17,53	3,94	12,08	1,65	5,98
13	-1,20	14,71	19,12	4,57	13,54	2,08	7,26
14	-1,30	15,94	20,72	5,25	15,06	2,57	8,69
15	-1,40	17,16	22,31	5,98	16,64	3,13	10,28
16	-1,50	18,39	23,90	6,75	18,28	3,77	12,02
17	-1,60	19,61	25,50	7,57	19,97	4,48	13,93
18	-1,70	20,84	27,09	8,43	21,73	5,28	16,02
19	-1,80	22,07	28,68	9,34	23,55	6,17	18,28
20	-1,90	23,29	30,28	10,30	25,43	7,15	20,73
21	-2,00	24,52	31,87	11,30	27,36	8,23	23,37
22	-2,10	25,74	33,47	12,35	29,36	9,41	26,21
23	-2,20	26,97	35,06	13,45	31,42	10,70	29,24
24	-2,30	28,19	36,65	14,59	33,54	12,11	32,49
25	-2,40	29,42	38,25	15,78	35,71	13,62	35,95
26	-2,50	30,65	39,84	17,01	37,95	15,26	39,64

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
27	-2,60	31,87	41,43	18,29	40,25	17,03	43,54
28	-2,70	33,10	43,03	19,62	42,60	18,92	47,69
29	-2,80	34,32	44,62	20,99	45,02	20,95	52,07
30	-2,90	35,55	46,21	22,41	47,50	23,12	56,69
31	-3,00	36,78	47,81	23,87	50,04	25,44	61,57
32	-3,10	38,00	49,40	25,38	52,63	27,90	66,70
33	-3,20	39,23	51,00	26,94	55,29	30,51	72,10
34	-3,30	40,45	52,59	28,54	58,01	33,29	77,76
35	-3,40	41,68	54,18	30,19	60,78	36,22	83,70
36	-3,50	42,90	55,78	31,89	63,62	39,33	89,92
37	-3,60	44,13	57,37	33,63	66,52	42,60	96,43
38	-3,70	45,36	58,96	35,41	69,47	46,05	103,23
39	-3,80	46,58	60,56	37,25	72,49	49,69	110,32
40	-3,90	47,81	62,15	39,13	75,57	53,50	117,73
41	-4,00	49,03	63,74	41,05	78,70	57,51	125,44
42	-4,10	50,26	65,34	43,02	81,90	61,72	133,47
43	-4,20	51,49	66,93	45,04	85,16	66,12	141,82
44	-4,30	52,71	68,53	47,10	88,47	70,73	150,50
45	-4,40	53,94	70,12	49,21	91,85	75,54	159,52
46	-4,50	55,16	71,71	51,37	95,28	80,57	168,87
47	-4,60	56,39	73,31	53,57	98,78	85,82	178,58
48	-4,70	57,61	74,90	55,82	102,34	91,29	188,63
49	-4,80	58,84	76,49	58,11	105,95	96,98	199,05
50	-4,90	60,07	78,09	60,46	109,63	102,91	209,82
51	-5,00	61,29	79,68	62,84	113,36	109,08	220,97
52	-5,10	62,52	81,27	65,27	117,16	115,48	232,50
53	-5,20	63,74	82,87	67,75	121,02	122,13	244,41

Fondazione

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,90	0,00	0,00	13,31	20,47	0,67	1,03
3	-0,80	0,00	0,00	26,40	40,62	2,65	4,08
4	-0,70	0,00	0,00	39,27	60,45	5,94	9,14
5	-0,60	0,00	0,00	51,92	79,96	10,50	16,16
6	-0,50	0,00	0,00	64,34	99,15	16,32	25,12
7	0,00	0,00	0,00	-120,91	-26,16	-210,10	-66,27
8	0,10	0,00	0,00	-120,77	-27,91	-198,02	-63,56
9	0,20	0,00	0,00	-120,28	-29,43	-185,96	-60,69
10	0,30	0,00	0,00	-119,42	-30,74	-174,04	-57,68
11	0,40	0,00	0,00	-118,20	-31,83	-162,56	-54,55
12	0,50	0,00	0,00	-116,63	-32,69	-151,16	-51,32
13	0,60	0,00	0,00	-114,69	-33,34	-139,86	-48,02
14	0,70	0,00	0,00	-112,38	-33,76	-128,71	-44,66
15	0,80	0,00	0,00	-109,72	-33,97	-117,75	-41,28
16	0,90	0,00	0,00	-106,70	-33,95	-107,01	-37,88
17	1,00	0,00	0,00	-103,31	-33,72	-96,56	-34,49
18	1,10	0,00	0,00	-99,73	-33,26	-86,41	-31,14
19	1,20	0,00	0,00	-95,97	-32,59	-76,62	-27,85
20	1,30	0,00	0,00	-91,80	-31,69	-67,23	-24,63
21	1,40	0,00	0,00	-87,22	-30,57	-58,28	-21,52
22	1,50	0,00	0,00	-82,22	-29,24	-49,80	-18,52
23	1,60	0,00	0,00	-76,81	-27,68	-41,85	-15,68
24	1,70	0,00	0,00	-70,99	-25,90	-34,45	-12,99
25	1,80	0,00	0,00	-64,75	-23,91	-27,66	-10,50
26	1,90	0,00	0,00	-58,10	-21,69	-21,52	-8,22
27	2,00	0,00	0,00	-51,04	-19,25	-16,06	-6,17
28	2,10	0,00	0,00	-43,57	-16,59	-11,32	-4,38
29	2,20	0,00	0,00	-35,68	-13,72	-7,36	-2,86
30	2,30	0,00	0,00	-27,38	-10,62	-4,20	-1,64
31	2,40	0,00	0,00	-18,67	-7,30	-1,89	-0,74
32	2,50	0,00	0,00	-9,54	-3,76	-0,48	-0,19
33	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Elenco ferri

Simbologia adottata

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

Computo metrico

	U.M.	Quantità	Prezzo unitario [Euro]	Importo [Euro]
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	26,00	72.30	1879.80
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	25,20	61.97	1561.64
Casseformi	[mq]	104.00	13.94	1449.76
Scavo a sezione obbligata	[mc]	32,40	9.30	301.32
Totale muro				5192.52
Totale				5192.52

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

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

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

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

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del D.M. 17/01/2018.

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

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	16.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco - loc. Casole Bruzio (CS)
Utente	Studio Tecnico Goso
Licenza	AIU4145B1

Affidabilità dei codici di calcolo

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

Modalità di presentazione dei risultati

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

Informazioni generali sull'elaborazione

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

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

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

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

Savona – 05/05/2025

