

A90 Svincolo Tiburtina:
Intervento di potenziamento dallo svincolo
"Centrale del Latte" allo svincolo A24
2^a fase funzionale

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM105

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)
CREW Cremonesi Workshop S.r.l - TECNOSISTEM S.p.A
ART Risorse Ambiente Territorio S.r.l - ECOPLAME S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:

Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)

MANDANTI:



Direttore Tecnico:

Dott. Arch. Claudio TURRINI



Direttore Tecnico:

Dott. Ing. Andrea AVETA

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI



Direttore Tecnico:

Dott. Ing. Ivo FRESIA



Direttore Tecnico:

Dott. Arch. Pasquale PISANO

PROTOCOLLO

DATA

_____ 201_

PROGETTO OPERE D'ARTE MINORI – OPERE DI SOSTEGNO CARR. INT.

Relazione tecnica e di calcolo MURO DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA RAMPA 12

DA pk 0+0.80 a pk 0+145

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

D P R M 1 0 5 D 2 0

T00 OS09 STR RE01 A

CODICE

T 0 0 O S 0 9 S T R R E 0 1

A

FIAR

-

A

Prima emissione in bozza

06/2021

M. Piccolo

P. Valente

L. Infante

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA	1
1.1	Descrizione dell’opera	1
2	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	3
3.1	Calcestruzzo per Muri	3
3.2	Acciaio per calcestruzzo armato	4
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	4
4.1	Terreno di fondazione e rinterro	4
4.2	Vita nominale e classe d’uso	4
4.3	Parametri di pericolosità sismica	5
5	CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE	6
5.1	Metodo agli stati limite ed approcci di progetto	6
5.2	Criteri di analisi e verifica dei muri di sostegno	8
5.3	Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica	10
5.4	Prescrizioni generali per le verifiche dovute a carichi eccezionali	11
6	CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE DELLE OPERE	12
6.1	Verifiche geotecniche	12
6.1.1	Verifica allo scorrimento	12
6.1.2	Verifica a ribaltamento	13
6.1.3	Verifica di stabilità globale	13
6.1.4	Verifica a carico limite per fondazioni superficiali	14
6.2	Verifiche Strutturali- SLU	16
6.2.1	Pressoflessione	16
6.2.2	Taglio	16
6.2.3	Verifiche strutturali- SLE	18

6.2.4	Stato limite di limitazione delle tensioni.....	18
6.2.5	Stato limite di fessurazione	18
6.3	Verifiche interne per il muro di terra rinforzata	19
7	<i>ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI.....</i>	21
7.1	Pesi propri e carichi permanenti	21
7.2	Carichi permanenti non strutturali	21
7.3	Carichi variabili da traffico.....	21
7.4	Azione eccezionale dovuta all’urto dell’autoveicolo in fase di svio	21
7.5	Spinte del terreno in fase statica	24
7.6	Spinta del terreno in presenza di falda	25
7.7	Coefficienti sismici.....	25
7.8	Spinte del terreno in fase sismica.....	26
7.9	Combinazioni di carico	26
8	<i>CODICI DI CALCOLO.....</i>	29
8.1	Affidabilità dei codici di calcolo.....	30
8.2	Informazioni generali sull’elaborazione	30
8.3	Giudizio motivato di accettabilità dei risultati	30
9	<i>ANALISI E VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO.....</i>	31
9.1	Muro in terra rinforzata.....	31
9.2	Muro in c.a.	31
9.2.1	Risultati e Sollecitazioni.....	32
9.2.2	Armatura paramento e piastra fondazione	33
9.2.3	Verifiche allo SLE	34
10	<i>TABULATI DI CALCOLO</i>	35
10.1	Muro di sostegno in terra rinforzata	35
10.2	Muro di sostegno in c.a.	52
10.2.1	Condizione statica e sismica	52
10.2.2	Condizione d’urto	77

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici del **“Progetto definitivo 2° stralcio funzionale A90 – SVINCOLO TIBURTINA- Intervento di potenziamento dallo svincolo CENTRALE DEL LATTE allo svincolo A24”**. L’opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra nel progetto delle **“Opere d’arte minori-Opere di sostegno complanare interna”**. In particolare, nel presente documento è affrontato il dimensionamento del **“MURO DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA RAMPA 12 DA PK 0+080 a pk 0+145”**.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all’opera.

1.1 Descrizione dell’opera

L’opera consiste in un muro in terra rinforzata sul quale grava un muro di sostegno lungo 65 m e realizzato mediante tratti di muro tipologico del tipo 01. Si riporta la planimetria e lo sviluppo longitudinale del muro in terra rinforzata in esame:

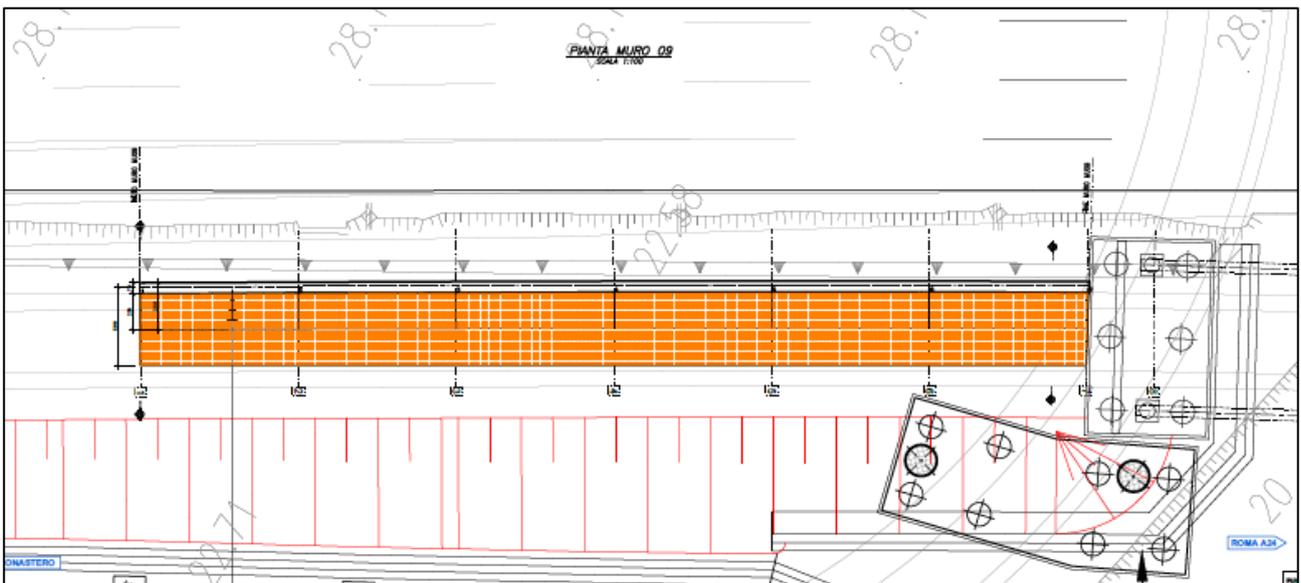


Figura 1: planimetria muro di sostegno

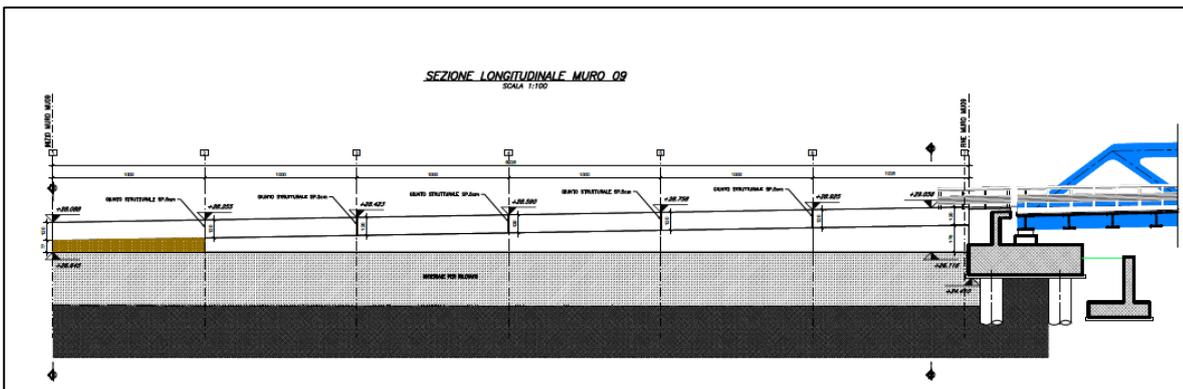


Figura 2: profilo longitudinale muro di sostegno

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche geometriche del muro di sostegno in c.a. gravante sul muro di terra rinforzata ed a seguire alcune immagini rappresentative delle sezioni trasversali di calcolo analizzate.

	Paramento	Fondazione			
TIPO	H [m]	L [m]	Spessore [m]	Mensola monte [m]	Mensola Valle [m]
01	0.70	3.0	0.5	2.30	0.0

Tabella 1: caratteristiche geometriche muro di sostegno in c.a.

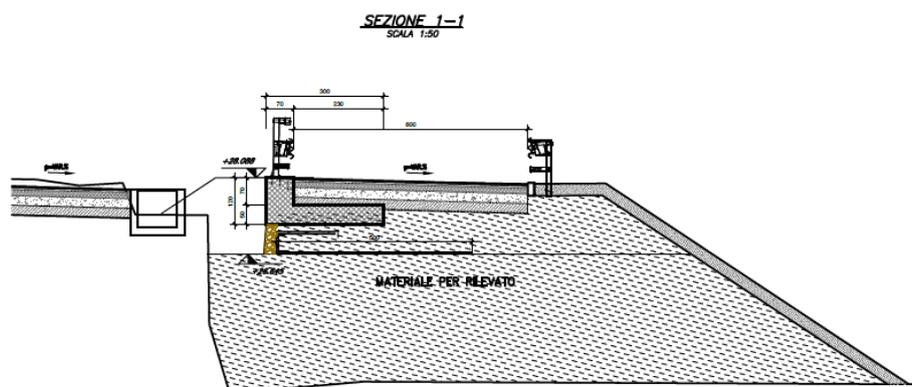


Figura 3: sezione trasversale muro di sostegno in terra armata sez 1-1

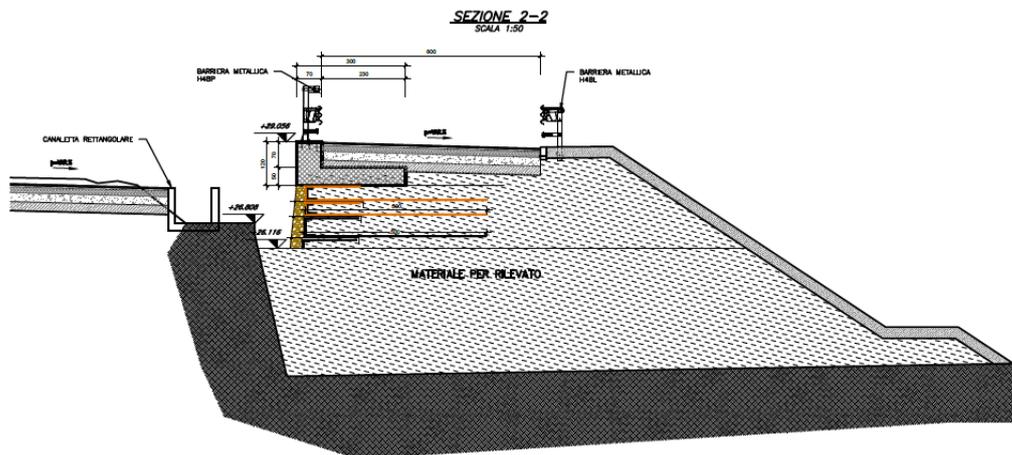


Figura 4: sezione trasversale muro di sostegno in terra armata sez 2-2

2 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l’elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell’ambito del presente documento.

- D.M. 17/01/2018 (NTC18): “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 21/01/2019, n.7 CSLLP
- Norma Europea UNI ENV 1990: “Eurocodice 0 – Basi di calcolo”;
- Norma Europea UNI ENV 1991: “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture”;
- Norma Europea UNI ENV 1992: “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
- Norma Europea UNI ENV 1997: “Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica”;
- Norma Europea UNI EN 1198: “Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture”.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito sono riportati per ciascuno materiale, i valori delle resistenze e parametri generali da adottare in sede di calcolo secondo quanto stabilito dalla normativa vigente:

Di seguito sono riportati per ciascuno materiale, i valori delle resistenze e parametri generali da adottare in sede di calcolo secondo quanto stabilito dalla normativa vigente:

3.1 Calcestruzzo per Muri

Per le strutture in esame si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d’esposizione	C32/40	Classe minima di consistenza
XC4	$f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa	S3 – S4

Tabella 2: caratteristiche calcestruzzo per muri

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2	N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	1,5	[-]
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} [R_{ck} < 50/60]$	3.09	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk,0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.71	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk,0,05} / 1.5$	1.45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33642.8	N/mm ²

Tabella 3: caratteristiche meccaniche calcestruzzo per muri

Copriferro netto: 50mm

3.2 Acciaio per calcestruzzo armato

Acciaio per calcestruzzo armato tipo B 450 C secondo le NTC18 avente le seguenti caratteristiche:

Modulo di elasticità longitudinale	E_s	=	210000	[MPa]
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_s	=	1,15	[-]
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	=	450	[MPa]
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	=	540	[MPa]
Allungamento	$A_{gt,k}$	≥	7,50%	[-]
Resistenza di calcolo	f_{yd}	=	391,3	[MPa]

Tabella 4: caratteristiche meccaniche acciaio

Coefficiente sicurezza SLU

$$\gamma_s = 1,15$$

Resistenza di calcolo SLU

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ N/mm}^2$$

Tensione di calcolo SLE

$$\sigma_{y,ad} = 0,80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$$

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Analizzando il profilo geologico-geotecnico emerge quanto di seguito riportato. In particolare, il terreno di fondazione del muro di terra rinforzata e del muro di sostegno in c.a è costituito da rilevato stradale.

4.1 Terreno di fondazione e rinterro

Il terreno di fondazione e di rinterro dell'opera è costituito da terreno di rilevato stradale per il quale sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

Terreno di rinterro a tergo del muro (rilevato stradale)	
$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

4.2 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (V_N), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (C_U).

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 50$ anni. Riguardo invece la Classe d'Uso, all' opera in oggetto corrisponde una Classe IV a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_U = 2.0$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutati in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50 \times 2.0 = 100$ anni.

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

4.3 Parametri di pericolosità sismica

La categoria di sottosuolo riportata nella relazione geotecnica è la **categoria di sottosuolo C**.

Per l'individuazione dei parametri di pericolosità sismica, del caso in esame, è stato consultato il sito <https://www.acca.it/edilus-ms/>. Si riportano di seguito le immagini relative alla definizione dello spettro di risposta elastico

Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)			
41.92957293	12.60454902			
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)			
41.931299	12.605337			
Altitudine (mt)	33			
Classe dell'edificio				
IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche i ▼				
Vita Nominale Struttura	50 ▼			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	100			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	60	0.067	2.490	0.274
Danno	101	0.083	2.489	0.279
Salvaguardia Vita	949	0.182	2.572	0.290
Prevenzione Collasso	1950	0.225	2.533	0.303

Figura 5: individuazione della pericolosità sismica del sito

ag [g]	0.182	S [-]	1.418
Fo [-]	2.572	η [-]	1.000
T*C [s]	0.29	TB [s]	0.153
SS [-]	1.418	TC [s]	0.458
CC [-]	1.58	TD [s]	2.328
ST [-]	1.000		

Tabella 5: parametri sismici allo SLV

5 CRITERI GENERALI DI VERIFICA DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante procedure e criteri di calcolo adottati per l’effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente per il muro di sostegno in c.a. gravante sul muro in terra rinforzata.

5.1 Metodo agli stati limite ed approcci di progetto

Il progetto di opere strutturali e geotecniche va effettuato, come prescritto dalle NTC 2018, con i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull’impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale è verificata tramite il confronto tra la resistenza e l’effetto delle azioni.

La normativa distingue inoltre tra Stati Limite Ultimi e Stati Limite di Esercizio.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza è stata effettuata con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d.$$

dove:

R_d è la resistenza di progetto

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

E_d è il valore di progetto dell’effetto delle azioni

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

oppure

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d \right]$$

Il coefficiente γ_R opera direttamente sulla resistenza del sistema.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e $\gamma_{Fj} = \gamma_{Ej}$, associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e all'affidabilità del modello di calcolo.

In accordo a quanto stabilito al §2.6.1 delle NTC 2018, la verifica della condizione $R_d \geq E_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo Approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto, convenzionalmente indicate come di seguito:

A1+M1+R1

A2+M2+R2

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Gli stati limite di verifica si distinguono in genere in:

- **EQU** perdita di equilibrio della struttura fuori terra, considerata come corpo rigido.
- **STR** raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali.
- **GEO** raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;
- **UPL** perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla spinta dell'acqua (sollevamento per galleggiamento).
- **HYD** erosione e sifonamento del terreno dovuta ai gradienti idraulici.

I coefficienti parziali da applicare alle azioni sono quelli definiti alla Tab 2.6.I delle NTC 2018 di seguito riportata per chiarezza espositiva:

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

I valori dei coefficienti parziali da applicare ai materiali e/o alle caratteristiche dei terreni (M) sono definiti nelle specifiche sezioni della norma, ed in particolare al Cap. 4 per ciò che concerne i coefficienti parziali da applicare ai materiali strutturali, mentre al Cap.6 sono indicati quelli da applicare alle caratteristiche meccaniche dei terreni.

I coefficienti parziali da applicare alle resistenze (R) sono infine unitari sulle capacità resistenti degli elementi strutturali, mentre assumono in genere valore diverso da 1 per ciò che concerne verifiche che attengono il controllo di meccanismi di stabilità locale o globale; i valori da adottare per ciascun meccanismo di verifica, sono definiti nelle specifiche sezioni di normativa dedicate al calcolo delle diverse opere geotecniche.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio viene effettuata invece controllando gli aspetti di funzionalità e lo stato tensionale e/o deformativo delle opere, con riferimento ad una combinazione di verifica caratterizzata da coefficienti parziali sulle azioni e sui materiali tutti unitari.

Al §2.5.3 delle NTC 2018, sono infine definiti i criteri con cui le diverse azioni presenti vanno combinate per ciascuno stato limite di verifica previsto dalla Normativa.

Nell'ambito della progettazione geotecnica, la normativa definisce inoltre nella Tab 6.2.II, i valori dei coefficienti parziali M1/M2 da applicare ai parametri caratteristici dei terreni nell'ambito delle diverse combinazioni contemplate dai due approcci di progetto:

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_r	1,0	1,0

Tali valori agiscono sulle proprietà dei terreni, condizionando sia le azioni (spinte ed incrementi di spinta), sia le resistenze nei riguardi delle verifiche di stabilità dell'insieme terreno-opera interagente (Paratie, Muri, Pali di Fondazione ecc.)

Inoltre, ribadisce i valori dei coefficienti da applicare alle azioni nella Tab 6.2.II di seguito riportata:

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

5.2 Criteri di analisi e verifica dei muri di sostegno

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $R_d \geq E_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnica (GEO)

- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- ribaltamento;

- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

In condizioni statiche, la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I delle NTC 2018; in aggiunta a quanto già mostrato in precedenza nel documento, si riporta anche la Tab 6.8.I appena menzionata:

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

Le rimanenti verifiche, in condizioni statiche, devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I di seguito riportata.

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

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

Nella verifica a ribaltamento, i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I, si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

Come già specificato al paragrafo precedente, trattandosi nel caso specifico di opere soggette ad azioni da traffico veicolare, in luogo dei coefficienti generici di cui alle Tab 6.2.I, si è fatto riferimento a quelli di cui alle Tab. 5.I.V e 5.I.VI del già citato DM.

Tab. 5.I.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combi- nazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

Le spinte devono tenere conto del sovraccarico e dell'inclinazione del piano campagna, dell'inclinazione del paramento rispetto alla verticale, delle pressioni interstiziali e degli effetti della filtrazione nel terreno; nel calcolo della spinta si può tenere conto dell'attrito che si sviluppa fra parete e terreno.

Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali, non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro, salvo casi particolari in cui, in relazione caratteristiche meccaniche dei terreni ed alle modalità costruttive, è possibile portare in conto un'aliquota di tale resistenza, nella misura massima del 50% del valore teorico.

5.3 Prescrizioni generali per le verifiche in fase sismica

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD). Le verifiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella tabella 7.11.III riportata in seguito:

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Per i muri di sostegno ubicati in corrispondenza di versanti o in prossimità di pendii naturali devono essere soddisfatte le condizioni di stabilità del pendio, in presenza della nuova opera, con i metodi di analisi riportati al §7.11.3.5. delle NTC2018. Deve inoltre essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso muro-terreno con i criteri indicati al §7.11.4. ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente $\gamma_R=1.2$.

Il §7.11.6.2.1 delle NTC 2018, precisa che l’analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguite mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell’analisi pseudo-statica, l’azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

g accelerazione di gravità;

$a_{max} = S_S S_T a_g$ accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento (a_g è l’accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido, S_S e S_T sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell’ambito del precedente paragrafo §0);

Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, β_m coefficiente di riduzione dell’accelerazione massima attesa al sito assume il valore di 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD). Inoltre, si può assumere che l’incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica con distribuzione triangolare.

5.4 Prescrizioni generali per le verifiche dovute a carichi eccezionali

Con riferimento al § 5.1.3.13 del D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, si puntualizza che le azioni d’urto agenti sugli elementi strutturali orizzontali al disopra della strada, sono da impiegarsi per la verifica di sicurezza globale dell’impalcato nel suo insieme inteso come corpo rigido (sollevamento/ribaltamento). Occorre pertanto verificare la resistenza del muro di sostegno cui sono collegate le barriere di sicurezza nei confronti delle azioni da urto veicolare. Tali azioni, si ricorda, sono azioni eccezionali, quindi caratterizzate da coefficienti di sicurezza dei materiali e da coefficienti di amplificazione dei carichi unitari. Per le verifiche strutturali e geotecniche relative alla struttura in oggetto si fa riferimento a quanto riportato nel capitolo nel D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, par. 2.5.3. Sulla base di ciò è stata individuata la combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{Kj}) + P + A_d + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \gamma_{Qi} Q_{Ki})$$

dove:

γ_G e γ_Q rappresentano i coefficienti parziali di amplificazione dei carichi –

G_{Kj} rappresenta il valore caratteristico della j -esima azione permanente

Q_{K1} rappresenta il valore caratteristico dell’azione variabile di base in ogni combinazione

Q_{Ki} rappresenta il valore caratteristico della i -esima azione variabile

Ψ_{0i} rappresentano i coefficienti di combinazione per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i loro valori caratteristici

6 CRITERI DI ANALISI E VERIFICHE DELLE OPERE

Nel seguente paragrafo si riporta una descrizione riguardante le procedure e i criteri di calcolo adottati per l'effettuazione di tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente suddividendole in:

- **Verifiche geotecniche**
- **Verifiche strutturali**

6.1 Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche sono quelle che coinvolgono la resistenza del terreno nell'ambito di quelle prescritte dalla normativa. Esse sono:

- **Verifica allo scorrimento**
- **Verifica a carico limite**
- **Verifica a ribaltamento**
- **Verifica di stabilità globale**

6.1.1 Verifica allo 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, sia minore di tutte le forze resistenti lungo la stessa direzione.

La verifica a scorrimento risulta in particolare soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento (F_r) fattorizzata secondo un opportuno coefficiente parziale γ_r stabilito dalla normativa e la risultante delle forze mobilitanti (F_s) risulti non inferiore all'unità:

$$(F_r / \gamma_r) / F_s \geq 1$$

ovvero che il rapporto F_r/F_s risulti non inferiore di γ_r , fissato dalla normativa pari ad **1,1** in condizioni statiche e 1 in condizioni sismiche.

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 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, la forza resistente può esprimersi come:

$$F_r = N \operatorname{tg} \varphi$$

In casi particolari specificati dalla normativa è possibile eventualmente tener conto della resistenza passiva S_p del terreno a valle del muro.

La valutazione delle azioni resistenti e di quelle mobilitanti, dovrà tener conto dei coefficienti A ed M fissati dalla normativa per la combinazione di verifica specifica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro - terreno considerato ai fini delle verifiche di scorrimento sul piano di posa della fondazione, si è assunto quanto segue:

per $\varphi' < 30^\circ$ allora $\mu = \operatorname{tg} \varphi'$;

per $\varphi' > 35^\circ$ allora $\mu = 0.85 \operatorname{tg} \varphi'$;

per $30^\circ \leq \varphi' \leq 35^\circ$ allora μ si ricava per interpolazione lineare

In condizioni sismiche, la forza mobilante per muri di sostegno diretti viene calcolata secondo il metodo pseudostatico considerando un coefficiente di riduzione dell’accelerazione massima attesa al sito β_m pari a 0.38.

6.1.2 Verifica a ribaltamento

La verifica al ribaltamento di un muro di sostegno, prevede la valutazione del coefficiente di sicurezza nei confronti del meccanismo di rotazione dell’opera rispetto al vertice esterno della fondazione.

Nella fattispecie, detti M_{rib} , momento delle azioni ribaltanti, e M_{sta} , momento delle azioni stabilizzanti, occorrerà verificare quanto segue:

$$M_{sta} / R \geq M_{rib}$$

In accordo a quanto prescritto dalla normativa vigente, la verifica a ribaltamento deve essere effettuata in condizioni statiche secondo l’approccio 2 (A1+ M1+R3) in cui i coefficienti parziali γ_R pari a **1.15** si applicano alle azioni stabilizzanti. In condizioni sismiche, la verifica deve essere effettuata ponendo pari all’unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando un coefficiente parziale di sicurezza sulle azioni stabilizzanti γ_R pari a **1.0**. Lo stato limite di ribaltamento in condizioni sismiche deve essere trattato impiegando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli indicati al par. 7.3. e comunque non superiori all’unità.

Tale verifica perde di significato nel caso di muri su pali.

6.1.3 Verifica di stabilità globale

Le NTC 2018 affrontano il tema della Stabilità Globale distinguendo tra il caso dei Pendii Naturali (§ 6.3) e quello delle opere in terra in Materiali sciolti e Fronti di scavo (§ 6.8) fornendo prescrizioni differenti circa i criteri di verifica da adottare nei due casi. Trattandosi nel caso in esame di valutare la Stabilità Globale di Opere a sostegno di scavi, si ricade nel caso dei “Fronti di Scavo e rilevati”.

Il punto 6.8 delle NTC 2018 e relativa circolare applicativa, tratta l’argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 “Verifiche di Sicurezza (SLU)” viene prescritto quanto di seguito: Le verifiche devono essere effettuate secondo l’Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

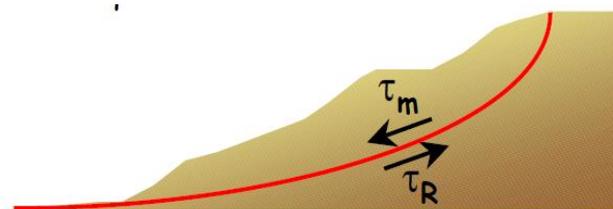
In aggiunta a quanto già riportato nei precedenti paragrafi, si riporta di seguito la Tab. 6.8.I, in cui è definito il valore del coefficiente parziale “R2” da applicare al valore della resistenza caratteristica calcolata per la generica superficie di potenziale scivolamento analizzata in condizioni statiche:

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

In condizioni sismiche in accordo alle prescrizioni al § 7.11.4. le resistenze di progetto devono essere calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R=1.2$.

Nel presente paragrafo sono illustrati i Criteri generali adottati per l’effettuazione delle Verifiche di Stabilità Globale prescritte dalla normativa. In generale, ciascuno metodo va alla ricerca del potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



$$FS = \frac{\int_s \tau_{rott}}{\int_s \tau_{mob}}$$

Figura 6: illustrazione superficie di scorrimento

Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b , interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Per il caso in esame, le verifiche sono state effettuate rispetto a superfici di forma circolare, utilizzando il metodo di Bishop, per i cui dettagli si rimanda a quanto esposto a riguarda nella letteratura tecnica.

Le verifiche sono state effettuate rispetto a famiglie di superfici potenziali di rottura disegnate in maniera tale da non intersecare le opere, escludendo quindi ai fini della stabilità la resistenza al taglio locale offerta dalle opere, fermo restando tutte le prescrizioni definite dalla normativa per questo tipo di verifica.

6.1.4 Verifica a carico limite per fondazioni superficiali

I tratti di muro tipologico 02 presentano una fondazione diretta. Pertanto, si riporta nel presente paragrafo una trattazione teorica della valutazione del carico limite delle fondazioni dirette secondo il criterio di Brinch-Hansen:

Dette:

- c Coesione
- V Azione tagliante
- φ Angolo d'attrito
- δ Angolo di attrito terreno fondazione
- γ Peso specifico del terreno
- B Larghezza della fondazione
- L Lunghezza della fondazione
- D Profondità del piano di posa della fondazione
- η inclinazione piano posa della fondazione
- P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione
- q_{ult} Carico ultimo della fondazione

Risulta:

Caso generale

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

Caso di terreno puramente coesivo $\varphi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui d_c , d_q e d_γ sono i fattori di profondità, s_c , s_q e s_γ sono i fattori di forma, i_c , i_q e i_γ sono i fattori di inclinazione del carico, b_c , b_q e b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e g_c , g_q e g_γ sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c , N_q , N_γ sono espressi come:

$$N_q = Kp e^{\pi tg\phi}$$

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

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)tg\phi$$

Fattori di forma

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$
	$s_q = 1 + \frac{B}{L} tg\phi$
	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

Fattori di profondità

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

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

Fattori inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come A_f = B'xL' (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico e_B, e_L dalle relazioni B' = B-2e_B L' = L- 2e_L) con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi (η=0 per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$i_c = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$
	$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta = 0$ $i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta > 0$ $i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

**Fattori inclinazione del piano
di posa della fondazione**

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
	$b_q = e^{-2\eta\phi}$
	$b_\gamma = e^{-2.7\eta\phi}$

Fattori di inclinazione del terreno

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
	$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5tg\beta)^\circ$

Si precisa infine che, in relazione alle specifiche di normativa, al valore di **q_{ult}** determinato con i criteri di cui sopra, va applicato un coefficiente parziale di sicurezza **γ_R** pari ad **1.4** per le verifiche in fase statica ovvero pari ad **1.2** per le verifiche in fase sismica, ovvero, equivalentemente, i coefficienti di sicurezza **q_{ult}/q_d**, dovranno risultare non inferiori ai predetti valori nelle due fasi di verifica citate.

6.2 Verifiche Strutturali- SLU

Le verifiche strutturali allo SLU (Stato Limite Ultimo) sono quelle che riguardano l'attingimento della resistenza degli elementi strutturali. Esse sono:

- **Verifica a pressoflessione**
- **Verifica a taglio**

Come per le verifiche geotecniche (ad eccezione della verifica di stabilità globale), esse devono essere condotte secondo l'approccio 2 (A1+M1+R3).

6.2.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC 2018, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:

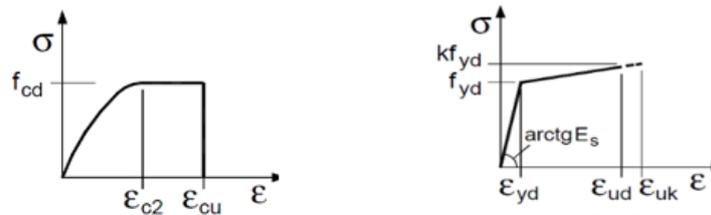


Figura 7: legami costitutivi calcestruzzo e acciaio

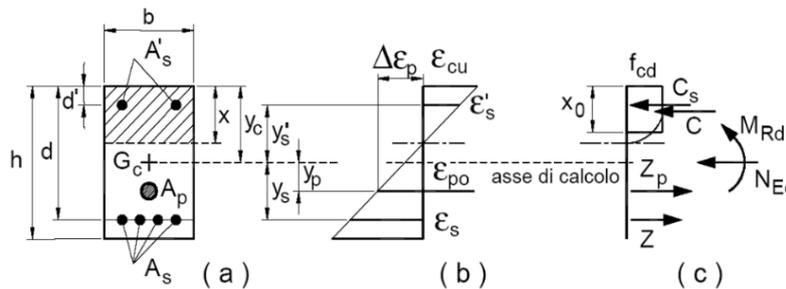


Figura 8: Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione della generica sezione

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

6.2.2 Taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

dove:

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2;$$

$$\rho_1 = A_{sw} / (b_w d);$$

d = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;

b_w = 1000 mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd}.

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha$$

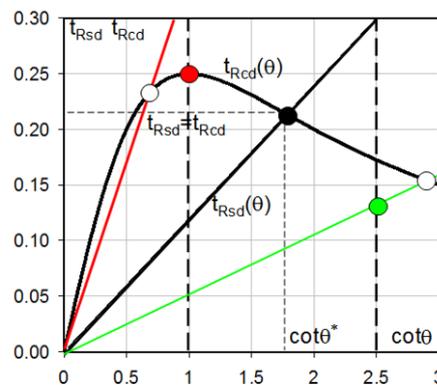
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta)}{(1 + \text{ctg}^2 \theta)}$$

essendo:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC 2018, considerando ai fini delle verifiche, un angolo θ di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$



L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle (θ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato:

$$\cot \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(θ^* angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove:

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5;$$

f'_{cd} = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima;

f_{cd} = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima;

ω_{sw} = percentuale meccanica di armatura trasversale $\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$;

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

- Se la $\cot\theta^*$ è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la $\cot\theta^*$ è maggiore di 2.5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rsd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una $\cot\theta = 2,5$.
- Se la $\cot\theta^*$ è minore di 1.0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente $V_{Rd}(=V_{Rcd})$ coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una $\cot\theta = 1,0$.

6.2.3 Verifiche strutturali- SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato.

6.2.4 Stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche “Rara” e “Quasi Permanente”; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo “non reagente a trazione” adottando come limiti di riferimento quelli di seguito indicati, in accordo alle prescrizioni della normativa vigente:

riferimento,

Per il caso in esame risulta in particolare:

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C32/40

$\sigma_{c,max,Q.P.} = 0,45 f_{cK}$	14.4	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
$\sigma_{c,max,R.} = 0,60 f_{cK}$	19.2	MPa	(combinazione di carico Rara)

Tabella 6: limiti tensione calcestruzzo

ACCIAIO

$\sigma_{f,max} = 0,80 f_{yK}$	360	MPa	(combinazione di carico Rara)
--------------------------------	-----	-----	-------------------------------

Tabella 7: limiti tensione acciaio

6.2.5 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico “Frequente” e combinazione “Quasi Permanente”.

Essendo la struttura a contatto col terreno si considerano condizioni ambientali aggressive di tipo XC4; le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV].

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

In relazione all’aggressività ambientale e alla sensibilità dell’acciaio, l’apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente.

Tabella 8 – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e condizioni ambientali

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	Frequente	ap. fessure	≤w2	ap. fessure	≤w3
		Quasi Permanente	ap. fessure	≤w1	ap. fessure	≤w2
b	Aggressive	Frequente	ap. fessure	≤w1	ap. fessure	≤w2
		Quasi Permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w1
c	Molto Aggressive	Frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤w1
		Quasi Permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤w1

Risultando:

w1= 0.2 mm;

w2= 0.3 mm;

w3= 0.4 mm.

Pertanto dovrà risultare:

Combinazione Quasi permanente : $w \leq 0.2\text{mm}$

Combinazione Frequente : $w \leq 0.3\text{mm}$

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura riportata al C4.1.2.2.4.5 della Circolare n. 7/2019.

6.3 Verifiche interne per il muro di terra rinforzata

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

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

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

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

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

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

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ 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:

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata:

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

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.

7 ANALISI DEI CARICHI E COMBINAZIONI

Nel presente paragrafo si descrivono i criteri di valutazione delle azioni sollecitanti le opere di sostegno e relative combinazioni di calcolo adottate.

7.1 Pesì propri e carichi permanenti

I pesì propri relativi alla struttura ed al terreno eventualmente gravante sulla fondazione, sono valutati tenendo conto dei pesì dell'unità di volume specifici γ come di seguito definiti:

Calcestruzzo strutturale $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

terreno di rinterro:	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
-----------------------------	------------------------------

Tabella 9: pesì di unità di volume calcestruzzo e terreno di rinterro

7.2 Carichi permanenti non strutturali

Le opere di sostegno oggetto di dimensionamento prevedono anche un carico permanente non strutturale dovuto alla pavimentazione stradale. Tale carico è schematizzato, ai fini del calcolo, come un carico uniforme agente sul profilo del terreno, di valore pari a 2.5kN/m, agente su una larghezza che dipende dalla geometria dell'asse stradale.

7.3 Carichi variabili da traffico

Le opere di sostegno oggetto di dimensionamento sono soggette alle azioni accidentali da traffico stradale. I carichi variabili associati al passaggio dei veicoli sono schematizzati, ai fini del calcolo, con dei carichi uniformi, su una larghezza complessiva pari alla dimensione della pavimentazione stradale e valore pari a 20 kN/m.

7.4 Azione eccezionale dovuta all'urto dell'autoveicolo in fase di svio

Al fine di quantificare il valore del momento flettente e del carico orizzontale equivalente da applicare alla sommità dell'opera d'arte per tener conto dell'eventuale collisione accidentale di veicoli in svio sulle barriere collegate al muro di sostegno si possono seguire 2 differenti approcci:

- 1) Attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione pari a **100 kN**. Essa rappresenta l'effetto dell'impatto da trasmettere ai vincoli e deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente **100 mm** sotto la sommità della barriera o **1,0 m** sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo (§3.6.3.3.2, NTC2018).

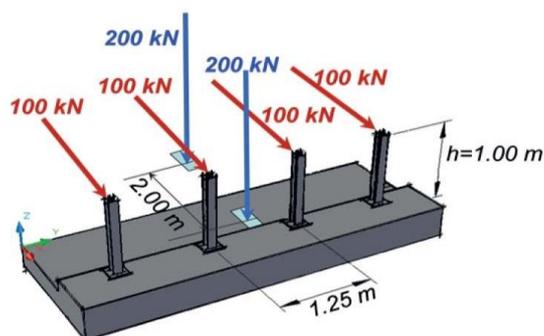


Figura 9: schema di carico azione d'urto

- 2) Considerando il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza utilizzata può fornire. Tale approccio ottempera quanto previsto dal § 4.7.3.3 della UNI EN 1991.2 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 Marzo 2013, DM 31/07/2012).

Il primo approccio è da utilizzare in assenza di specifiche prescrizioni, ovvero quando non si conoscono in fase di progetto del muro di sostegno le caratteristiche geometriche della barriera che dovrà essere installata ovvero in caso di condizioni di progettazione “non ordinarie”. In alternativa, a discrezione del progettista è possibile utilizzare come azione di progetto il momento di plasticizzazione del montante (cfr UNI EN 1991.2). È tuttavia necessario sottolineare che tale metodologia è applicabile quando in fase di progetto si conosce già il dispositivo di ritenuta da installare e le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

Planimetricamente, si considera una ridistribuzione delle azioni sollecitanti secondo un angolo di diffusione pari a 45°.

Nel caso in esame, è stato applicato il secondo approccio, più idoneo e realistico, in quanto, pur non conoscendo ancora il tipo di barriera da installare e tutte le caratteristiche geometriche e statiche utili (comprensivi del sistema di fissaggio sul supporto in calcestruzzo, in conformità a quanto adottato in sede di prova di crash), cautelativamente è stata scelta nella gamma delle barriere indicate nelle linee guida Anas quella che consente lo sviluppo dei calcoli e delle verifiche con maggiore cautela, in quanto caratterizzata da momento plastico più alto e, quindi, trasmettente maggiori sollecitazioni sul muro di sostegno.

In particolare, si è fatto riferimento a barriere H4-bordo ponte con montanti costituiti da paletti verticali con sezione a C in acciaio S275 R, posti ad un interasse di $i = 1,25$ m e ancorati al cordolo mediante piastra saldata e tirafondi. Si riportano le caratteristiche geometriche e meccaniche di tale barriera.

BARRIERA H4- BORDO PONTE- SEZIONE A C

B [mm]	H [mm]	C [mm]	S [mm]	W_{plastico} [cm ³]	M_{plastico} [KNm]	M_{ampl} [KNm]
160	120	40	5.5	154,22	42,41	63,62

Tabella 10: valori geometrici e meccanici barriera H4-bordo ponte

L'azione derivante dal momento plastico della barriera può essere determinata considerando che la massima sollecitazione che tale sezione può trasmettere al muro di sostegno è quella che determina la formazione della prima cerniera plastica. Essa si forma con sufficiente approssimazione in corrispondenza dell'irrigidimento della barriera ipotizzato ad un'altezza di 20cm dalla base del paletto. Pertanto, considerando che la forza d'urto è applicata ad una quota $d = 1,00$ m dal piano viabile, la distanza b_f tra la cerniera plastica e il punto di applicazione della forza è pari a 0.8m.

La forza d’urto associata alla formazione della prima cerniera plastica è quindi pari a:

$$H_{urto} = \frac{M_{ampl}}{b_f} = \frac{63.62}{0.8} = 79.53 \text{ KN}$$

Dove M_{ampl} è il momento plastico amplificato per un coefficiente di sicurezza pari a 1.5

In accordo con gli schemi statici forniti dalle NTC2018, si considera che tale azione d’urto sia esercitata singolarmente su 4 paletti consecutivi posti ad un interasse di 1.25m, pertanto lo sviluppo lineare di barriera coinvolta dall’azione d’urto è pari a 3.75m.

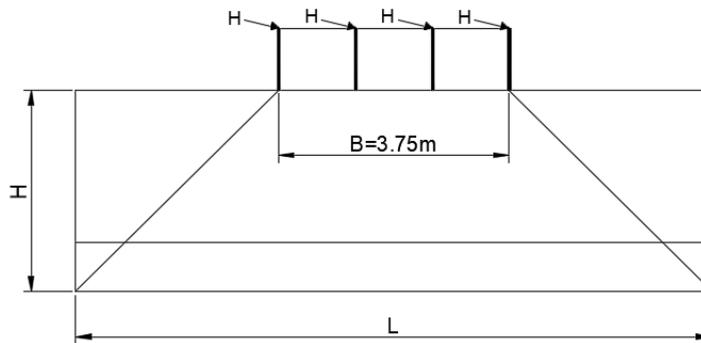


Figura 10: schema di redistribuzione del carico d'urto

Per tener conto della redistribuzione dell’azione d’urto lungo l’altezza del muro di sostegno, essa è schematizzata come un carico distribuito ottenuto dividendo la forza d’urto totale agente sui 4 paletti per la lunghezza d’azione del concio di muro L secondo la seguente espressione:

$$H_{urto,distr} = \frac{4 \cdot H_{urto}}{L}$$

A tale carico orizzontale occorre aggiungere il momento flettente distribuito generato dal trasporto dell’azione d’urto orizzontale dalla sommità della barriera alla sommità del muro di sostegno, pari a:

$$M_{urto} = H_{urto,distr} \cdot d$$

Si riporta in seguito la tabella contenente le sollecitazioni dovute all’urto sul muro tipologico 01.

	$L_{,diff}$	$H_{,urto, distr}$	$M_{, urto,distr}$
	[m]	[KN/m]	[KNm/m]
TIP. 01	6.15	51.7	51.7

Tabella 11: valori del carico distribuito e del momento dovuti all'urto in testa al muro

Per le verifiche strutturali e geotecniche, i coefficienti di amplificazione dei carichi (γ_A) e i coefficienti riduttivi (γ_M) sono tutti unitari mentre i coefficienti riduttivi sulle resistenze sono quelli previsti dalle verifiche strutturali e geotecniche in funzione dello stato limite considerato.

7.5 Spinte del terreno in fase statica

Le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il 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.

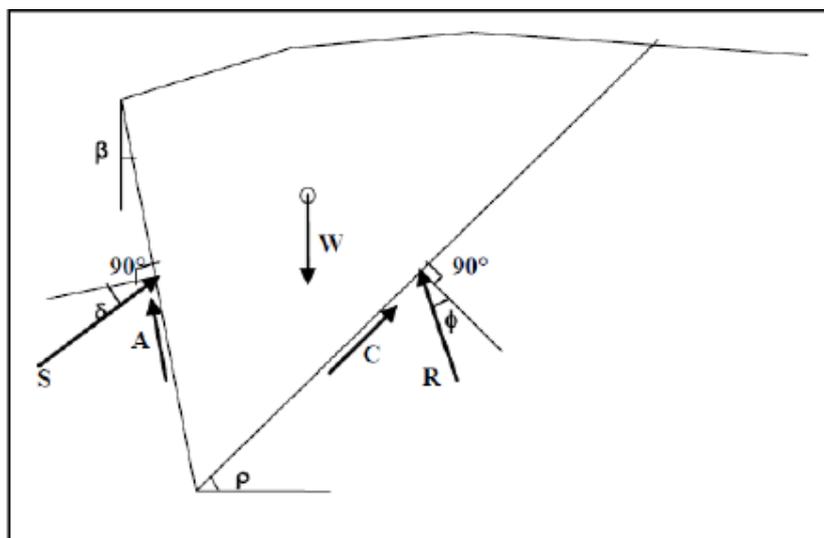


Figura 11: schema metodo di Culmann per calcolo della spinta

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:

- 1) 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;
- 2) si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio del terreno tenendo conto anche dell'eventuale presenza della falda (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);
- 3) 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.

Il metodo, per come è stato descritto, non permette di ricavare il diagramma delle pressioni agente sulla parete (e quindi le sollecitazioni lungo la parete) e inoltre risulta di difficile determinazione il punto di applicazione della spinta.

Nell’ambito dello specifico Software utilizzato, di cui al §10 sono riportati gli estremi, il procedimento è stato implementato suddividendo l’altezza della parete in tanti tratti di ampiezza dz , al fine di ricavare l’andamento delle pressioni lungo l’altezza del muro; in corrispondenza di ogni ordinata z_i si trova il cuneo di rottura e la spinta S_i ottenendo la distribuzione della spinta $S(z)$ lungo l’altezza della parete.

Nota la distribuzione delle spinte lungo l’altezza della parete, la pressione ad una generica profondità z , rispetto alla sommità della parete, è espressa da:

$$\sigma(z) = \frac{dS}{dz}$$

Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta. Inoltre dal diagramma delle pressioni è facile ricavare l’andamento delle sollecitazioni lungo la parete, con gli usuali metodi della scienza delle costruzioni.

Per l’attrito paramento – terreno si utilizza il valore $\delta = 2/3\phi'$ mentre, per quanto riguarda l’attrito fondazione muro – terreno, in funzione dell’angolo d’attrito del terreno, si sono assunti i seguenti valori:

per $\phi < 30^\circ$ $\delta = \text{tg } \phi'$;

per $\phi > 35^\circ$ $\delta = 0.85 \text{ tg } \phi'$;

per $30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$ δ si ricava per interpolazione lineare

Infine, l’adesione c_a terra-opera sarà considerata nulla.

7.6 Spinta del terreno in presenza di falda

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

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

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall’indice dei pori) e γ_w è il peso di volume dell’acqua.

Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall’acqua.

Nel caso in esame, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

7.7 Coefficienti sismici

Il §7.11.6.2.1 delle NTC 2018, precisa che l’analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche, può essere eseguite mediante i metodi pseudo-statici o i metodi degli spostamenti. Nell’analisi pseudo-statica, l’azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\text{max}}}{g} \quad k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

con:

g accelerazione di gravità;

$a_{max} = S_S S_T a_g$ accelerazione massima attesa sul suolo di riferimento (a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido, S_S e S_T sono i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, come già definiti nell'ambito del precedente paragrafo §40);

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito assume il valore di 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV) e 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

7.8 Spinte del terreno in fase sismica

Per muri indeformabili, tra i quali rientrano gli scatolari e quelli aventi pareti adeguatamente contrastate, le spinte del terreno in fase sismica, devono essere determinate mediante la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H è pari a: $\Delta SE = Kh \cdot \gamma \cdot H^2$.

L'effetto del sisma è ottenuto applicando un incremento di spinta del terreno valutato secondo la teoria di Wood, agente direttamente sulla paratia secondo una distribuzione uniforme sull'intera altezza dell'opera. Utilizzando la formulazione seguente:

$$\Delta P_d = \frac{a_g}{g} \cdot S \gamma \cdot H^2 = E$$

Dove γ rappresenta il peso del volume di terreno che interagisce con l'opera, H rappresenta l'altezza totale dell'opera (comprensiva del tratto infisso), S è il coeff. di amplificazione locale mentre a_g è la PGA.

In condizioni sismiche si adotta la formulazione di Culmann come già illustrata al precedente paragrafo, inserendo nell'equazione risolutiva anche la forza di inerzia del cuneo di spinta. In accordo con quanto definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Pertanto nel caso nel muro in esame che presenta una fondazione superficiale si considera un β_m pari a 0.38 e una distribuzione triangolare dell'incremento di spinta.

7.9 Combinazioni di carico

Si riporta nel seguito il riepilogo delle combinazioni di carico esaminate per l'analisi e la verifica del muro di sostegno in c.a. gravante sul muro in terra rinforzata.

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	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.50	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.35	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.15	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.50	--	Sfavorevole

Condizione	g	Y	Effetto
Carichi stradali	1.35	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 10 - SLER

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

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	g	Y	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

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

Combinazione n° 13 - STR (A1-M1-R3)_URTO

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

Combinazione n° 14 - GEO (A2-M2-R2)_URTO

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

Combinazione n° 15 - EQU (A1-M1-R3)_URTO

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

8 CODICI DI CALCOLO

Tutte le Analisi e Verifiche esposte nel presente documento sono state effettuate con l’Ausilio dei seguenti Software di calcolo:

- “GRETA” – ver 14” (Analisi e Calcolo Muri IN Terra Armata/Rinforzata) prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) specifico da licenza n° AIU5041GP intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- “MAX - ver 15” (Analisi e Calcolo Muri di Sostegno) prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS) specifico da licenza n° AIU5041GP intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- “PresFle+ ver 5.15” (Verifiche di sezioni in cemento armato) prodotto e distribuito dalla Concrete srl, identificato nello specifico da licenza n° 4552054 intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI);
- “Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti”.

8.1 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.

8.2 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.

8.3 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, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

9 ANALISI E VERIFICHE DEL MURO DI SOSTEGNO

9.1 Muro in terra rinforzata

9.2 Muro in c.a.

Di seguito si riporta una rappresentazione grafica del modello di calcolo adottato per il muro in c.a. gravante sul muro di terra rinforzata.

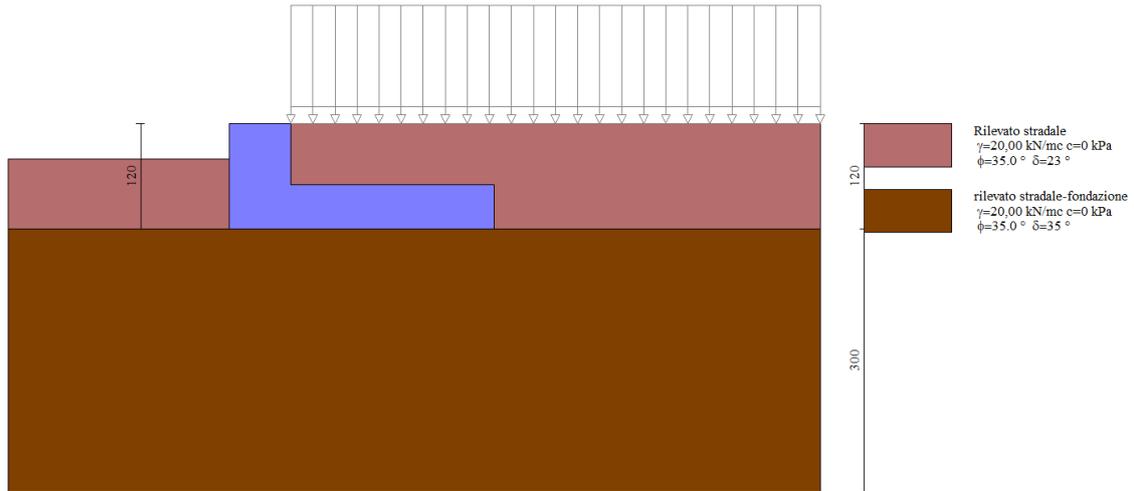


Figura 12: modello di calcolo

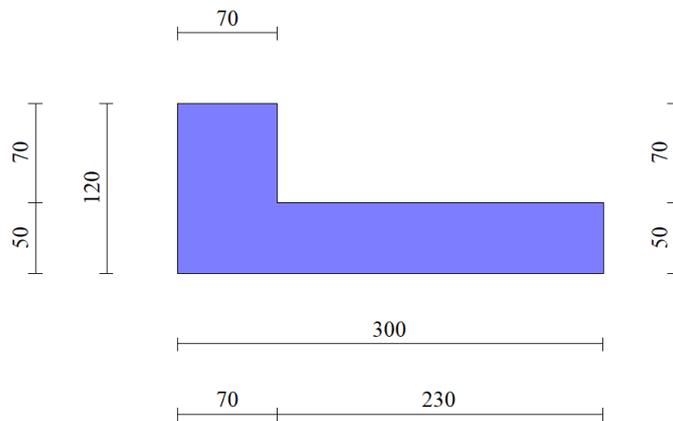


Figura 13: sezione trasversale del muro di sostegno in c.a.

9.2.1 Risultati e Sollecitazioni

Si riportano i risultati relativi alle verifiche geotecniche in condizioni statiche, sismiche e d'urto:

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab	FShyd	FSupl
1	STR (A1-M1-R3)		8,864	20,008	--	--	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	4,819	30,867	--	--	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	4,492	32,708	--	--	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	3,217	--	--
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	4,623	--	--
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	4,390	--	--
7	EQU (A1-M1-R3)		--	--	40,153	--	--	--
8	EQU (A1-M1-R3)	H + V	--	--	14,631	--	--	--
9	EQU (A1-M1-R3)	H - V	--	--	7,037	--	--	--

Figura 14: Fattori di sicurezza verifiche statiche e sismiche

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab	FShyd	FSupl
1	STR (A1-M1-R3)		1,126	8,650	--	--	--	--
2	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	10,062	--	--
3	EQU (A1-M1-R3)		--	--	1,176	--	--	--

Figura 15: Fattori di sicurezza combinazione d'urto

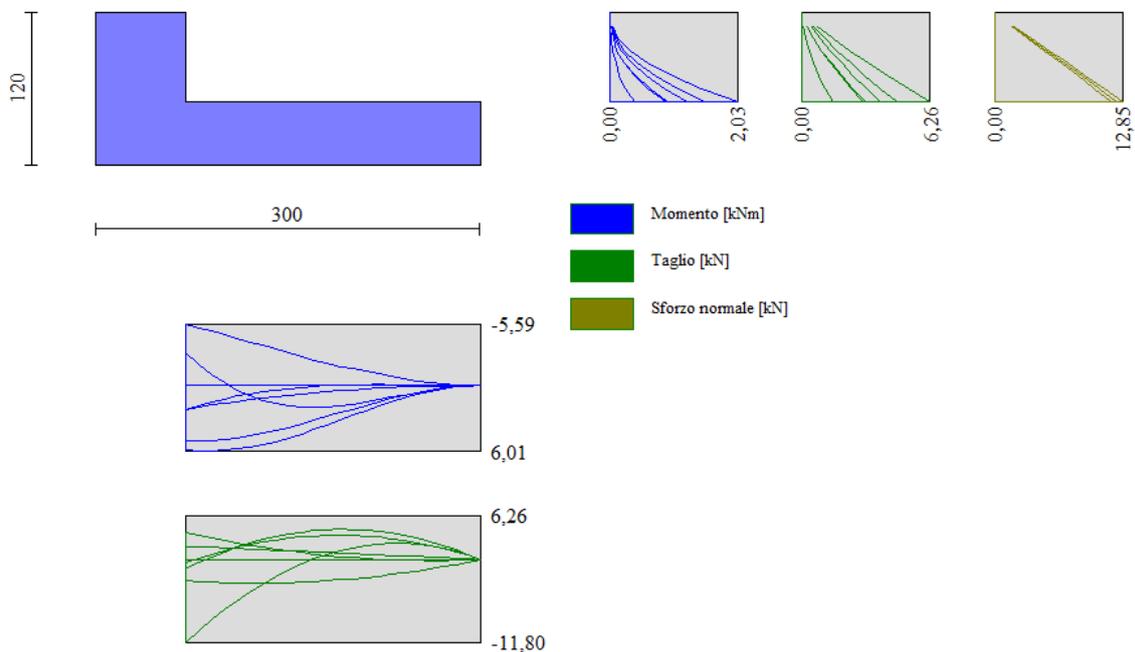


Figura 16: Inviluppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno- combinazioni statiche e sismiche

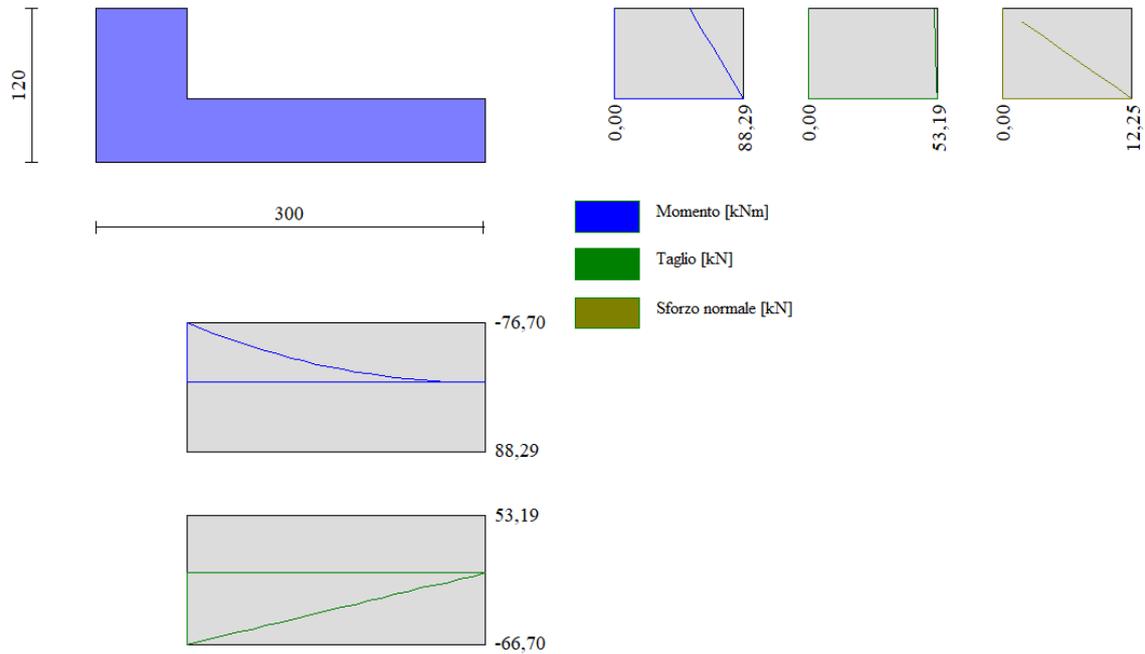


Figura 17: Involuppo delle sollecitazioni sul paramento del muro di sostegno- combinazioni d'urto

9.2.2 Armatura paramento e piastra fondazione

Di seguito si riportano le armature di progetto previste per le sezioni di calcolo del paramento e della piastra di fondazione.

Tabella 12: armature paramento e piastra di fondazione

Elemento	Armatura a flessione		Elemento	Armatura a flessione	
	Lato monte	Lato valle		Lato inferiore	Lato superiore
Paramento	Φ16/20	Φ12/20	Piastra fondazione	Φ16/20	Φ16/20

Le verifiche a taglio sono condotte con riferimento ad elementi in c.a. non armati a taglio, tuttavia si prevedono ganci Φ8/40x40 per legare le armature, ripartitori Φ10/30mm.

Si riportano i risultati delle verifiche a pressoflessione e a taglio:

GEOMETRIA				VERIFICA A PRESSOFLESSIONE						
Elemento		b	h	M _{Ed}	N _{Ed,min}	Armature	c	d	M _{Rd}	FS
		[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]		[mm]	[mm]	[kNm]	[-]
Paramento	monte	1000	700	88,3	12,3	φ16/20	50	650	256,0	2,90
	valle					φ12/20				
Fondazione	Superiore	1000	500	76,7		φ16/20	50	450	168,5	2,20
	Inferiore					φ16/20				

Figura 18: verifica a pressoflessione

Si riporta la verifica per elementi non armati a taglio. Tuttavia si dispongono spilli φ10/40x40 e ripartitori φ10/20 sia in fondazione che nel paramento.

Elemento	Geometrie				Armatura long. tesa			Sollecitazioni di Calcolo		TAGLIO RESISTENTE ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO							
	b _w (mm)	H (mm)	c (mm)	d (mm)	n	Ø	As (mm ²)	N _{sd} (KN)	V _{sd} (KN)	σ _{cp} (Mpa)	ρ _t	k	f _{ck} (Mpa)	v _{min}	V _{Rdmin} (KN)	V _{Ret} (KN)	F.S.
Paramento	1000	700	50	650	5	16	1004,8	0	53,19	0	0,002	1,55	33,2	0,39	254,11	209,17	3,93
Fondazione	1000	500	50	450	5	16	1004,8	0	66,70	0	0,002	1,67	33,2	0,43	195,26	175,49	2,63

Figura 19: verifica per elementi non armati a taglio

9.2.3 Verifiche allo SLE

Ai fini delle verifiche agli stati limite di esercizio si è provveduto a verificare che le tensioni massime nel calcestruzzo e nell'acciaio siano inferiori ai valori limite riportati nella seguente tabella:

CALCESTRUZZO ELEVAZIONE/FONDAZIONE C32/40

σ _{c,max,Q.P.} = 0,45 f _{ck}	14.4	MPa	(combinazione di carico Quasi Permanente)
σ _{c,max,R.} = 0,60 f _{ck}	19.2	MPa	(combinazione di carico Rara)

Tabella 13: limiti tensione calcestruzzo

ACCIAIO

σ _{f,max} = 0,80 f _{yK}	360	MPa	(combinazione di carico Rara)
---	-----	-----	-------------------------------

Tabella 14: limiti tensione acciaio

nonché di verificare che l'apertura delle fessure sia inferiore al valore limite di w_l=0,2mm (Classe di esposizione XC2 ed armature poco sensibili).

Pertanto dovrà risultare:

Combinazione Quasi permanente : w ≤ 0.2mm

Combinazione Frequente : w ≤ 0.3mm

Verifica delle tensioni	I _p [-]	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	CLS 25/30			ACCIAIO B450C		
				σ _c [Mpa]	σ _{c,max} = 0,6 f _{ck} [Mpa]	FS	σ _f [Mpa]	σ _{f,max} = 0,8 f _{yk} [Mpa]	FS
Combinazione rara	paramento	12,3	1,5	3,5	19,2	5,45	20,4	360,0	17,68
	fondazione	-	6,0	0,4	19,2	46,83	14,3	360,0	25,25

Verifica delle tensioni	I _p [-]	N _{Ed} [kN]	M _{Ed} [kNm]	CLS C25/30		
				σ _c [Mpa]	σ _{c,max} = 0,45 f _{ck} [Mpa]	FS
Combinazione quasi permanente	paramento	12,3	1,5	3,5	14,4	4,14
	fondazione	-	6,0	0,4	14,4	36,00

Le verifiche risultano essere soddisfatte. La sezione inoltre risulta essere non fessurata.

10 TABULATI DI CALCOLO

10.1 Muro di sostegno in terra rinforzata

Dati

Normativa

Spinte e verifiche secondo: N.T.C. 2018

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c'	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_r	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	γ_c'		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_r		1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$		1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c'		1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r		1.00	1.00

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

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

Verifiche interne - Coefficienti di sicurezza richiesti

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

Verifiche compound - Coefficienti di sicurezza richiesti

Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale	1.10
Coefficiente di sicurezza alla stabilità locale sismica	1.10

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in [°]
c	Coesione del terreno espressa in [kPa]
ca	Adesione del terreno espressa in [kPa]

Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	ca [kPa]
Rilevato	20,0000	20,0000	35.000	23.333	0,0	0,0
Terra Rinforzata	20,0000	20,0000	35.000	23.330	0,0	0,0
Fondazione	20,0000	20,0000	35.000	35.000	0,0	0,0
RIPORTO	17,0000	17,0000	28.000	18.670	0,0	0,0
LIMO RIM	19,5000	20,0000	24.000	24.000	0,0	0,0

Caratteristiche di deformabilità

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
ν	Coefficiente di Poisson
G	Modulo tangenziale, espresso in [kPa]
Vs	Velocità onde di taglio, espressa in [m/s]

Descrizione	E [kPa]	ν	G [kPa]	Vs [m/s]
Rilevato	0	0.000	0	0.00
Terra Rinforzata	0	0.000	0	0.00
Fondazione	0	0.000	0	0.00
RIPORTO	0	0.000	0	0.00
LIMO RIM	0	0.000	0	0.00

Stratigrafia terreno spingente

Simbologia adottata

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

n°	Sp [m]	α [°]	Terreno
1	4,00	0.000	Rilevato
2	5,00	0.000	Fondazione
3	2,00	0.000	RIPORTO

Profilo terreno

Profilo terreno a monte

Simbologia adottata

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

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	5,00	0,00	2	3,00	0,00	3	12,00	0,00	4	--	--

Profilo terreno a valle

Quota terreno rispetto al piano di posa [m] 0,00
Inclinazione terreno a valle [°] 0.000

Caratteristiche rinforzi

Simbologia adottata

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

Rinforzo	LTDS	FS _{DG}	FS _{DC}	FS _{DB}	FS _{DA}	LTDS _A
	[kN/m]					[kN/m]
PS 110-20	49,0000	1.00	1.00	1.00	1.00	49,0000

Geometria terra armata

Simbologia adottata

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

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

Materiale di riempimento della terra armata: Terra Rinforzata

n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y	n°	X	Y
	[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]		[m]	[m]
1	0,00	0,00	2	-6,00	0,00	3	-6,00	-4,00	4	0,00	-4,00

Descrizione rinforzi della Terra armata

Simbologia adottata

n° Indice rinforzo
Y Quota del rinforzo
Rinforzo Identificativo del rinforzo
L Lunghezza del rinforzo, espresso in [m]
Lrv Lunghezza tratto di risvolto verticale (facciata del risvolto), espresso in [m]
Lro Lunghezza tratto di risvolto orizzontale (interno del risvolto), espresso in [m]
Fds Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a scorrimento diretto
Fpo Parametro di interazione rinforzo-terra utilizzato per la verifica interna a sfilamento del rinforzo dal terreno

n°	Y	Rinforzo	L	Lrv	Lro	Fds	Fpo
	[m]		[m]	[m]	[m]		
1	-0,57	PS 110-20	5,00	0,52	2,00	0,90	0,90
2	-1,14	PS 110-20	5,00	0,57	2,00	0,90	0,90
3	-1,71	PS 110-20	5,00	0,57	2,00	0,90	0,90
4	-2,28	PS 110-20	5,00	0,57	2,00	0,90	0,90
5	-2,85	PS 110-20	5,00	0,57	2,00	0,90	0,90
6	-3,42	PS 110-20	5,00	0,57	2,00	0,90	0,90
7	-3,99	PS 110-20	6,00	0,57	2,00	0,90	0,90

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
 F_x Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
 F_y Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
 X_i Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
 X_f Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
 Q_i Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
 Q_f Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
 D / C Tipo carico : D=distribuito C=concentrato
 Ψ_0, Ψ_1, Ψ_2 Coefficienti di combinazione

Condizione n° 1 - Rilevato * PERMANENTE - (Rilevato)

Carichi distribuiti

X_i [m]	X_f [m]	Q_i [kN/m]	Q_f [kN/m]
-6,00	8,00	15,0000	15,0000

Condizione n° 2 - Variabile Traffico - Schema 1 * VARIABILE TF - (Variabile Traffico - Schema 1)

Carichi distribuiti

X_i [m]	X_f [m]	Q_i [kN/m]	Q_f [kN/m]
-4,00	3,00	11,0000	11,0000
3,00	8,00	9,0000	9,0000

Coeff. di combinazione

Ic	Descrizione	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
2	Variabile Traffico - Schema 1	0.75	0.75	0.00

Dati parametri sisma

Identificazione del sito

Latitudine 40.928756
 Longitudine 15.178351
 Comune Sant' Angelo Dei Lombardi
 Provincia Avellino
 Regione Campania

Punti di interpolazione del reticolo 32771 - 32549 - 32548 - 32770

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera di importanza strategica
 Vita nominale 100 anni
 Classe d'uso III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose

Vita di riferimento	150 anni	Descrizione	Simbolo	Tipo	SLU	SLE	U.M.
Accelerazione al suolo			a_g		1.78	0.81	[m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale			F_0		2.57	2.57	
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante			T_C^*		0.29	0.28	[s]
Tipo di sottosuolo e Coefficiente stratigrafico			S_S	C	1.42	1.50	
Categoria topografica e Coefficiente amplificazione topografica			S_T	T1	1.00	1.00	
Coefficiente di riduzione			β_m		1.00	1.00	

Intensità sismica Verticale/Orizzontale 0.50
 Forma diagramma incremento sismico **Rettangolare**

Opzioni di calcolo

Le verifiche di capacità portante sono state eseguite con il metodo di MEYERHOF.
 Le verifiche di stabilità globale e di compound sono state eseguite con il metodo di BISHOP.
 Per le verifiche interne sono stati analizzati i meccanismi:
 - rottura planare
 - rottura doppio cuneo
 - rottura superficie curvilinea (Spirale logaritmica)

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - SLU (Approccio 2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.30	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.30	1.00	Sfavorevole
Variabile Traffico - Schema 1	1.35	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole

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

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - EQU

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.30	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.30	1.00	Sfavorevole
Variabile Traffico - Schema 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - EQU - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - EQU - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Favorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 7 - STAB

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole
Variabile Traffico - Schema 1	1.30	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 8 - STAB - Sisma Vert. positivo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 9 - STAB - Sisma Vert. negativo

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 10 - SLE (Quasi Permanente)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 11 - SLE (Rara)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole
Variabile Traffico - Schema 1	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLE (Frequente)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso proprio	1.00	1.00	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	1.00	Sfavorevole
Rilevato	1.00	1.00	Sfavorevole
Variabile Traffico - Schema 1	1.00	0.75	Sfavorevole

Risultati

Sintesi - Fattori di sicurezza

Verifiche esterne

Simbologia adottata

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

IC	FS _{Scor}	FS _{Qlim}	FS _{Rib}	FS _{Stab}
1	7.533	11.377	--	--
2	2.164	3.981	--	--
3	1.827	3.206	--	--
4	--	--	18.450	--
5	--	--	3.575	--
6	--	--	2.190	--
7	--	--	--	3.044
8	--	--	--	2.798
9	--	--	--	2.826
10	8.387	16.768	--	--
11	7.559	14.862	--	--
12	7.739	15.345	--	--

Verifiche interne

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	2.226	4.451	4.438	100.000
2	2.671	5.341	5.229	2.698
3	4.439	8.879	4.109	3.949
4	7.579	15.158	4.109	5.706
5	11.419	22.839	3.473	5.295
6	15.667	31.335	2.944	5.611
7	21.347	42.694	2.792	6.386

Combinazione n° 2

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	1.688	3.376	5.068	100.000
2	2.487	4.974	4.109	1.232
3	3.228	6.457	3.599	2.111
4	6.646	13.292	3.527	3.103
5	8.536	17.072	2.850	3.343
6	10.220	20.440	2.560	3.753
7	16.191	32.382	2.633	4.632

Combinazione n° 3

n°	FS _{Scor}	FS _{Sfil}	FS _{Traz}	FS _{ScorR}
1	1.695	3.390	4.802	100.000
2	2.363	4.726	4.109	1.456
3	3.357	6.715	4.109	2.431
4	6.911	13.823	4.051	3.563
5	9.207	18.415	3.183	3.733
6	11.104	22.207	2.825	4.141
7	17.950	35.901	2.920	5.137

Combinazione n° 10

Simbologia adottata

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

n°	Rp [kN]	β [°]	Rn [kN]	Rt [kN]	Rx [kN]	Ry [kN]	e [m]	Mr [kNm]	Ms [kNm]
1	837,43	5.31	833,83	77,51	77,51	833,83	-0,043		
2	706,70	17.93	672,37	217,59	217,59	672,37	0,475		
3	583,18	20.97	544,57	208,68	208,68	544,57	0,564		
4	677,00	6.28	672,94	74,05	74,05	672,94	-0,034	117,00	2158,66
5	780,80	23.41	716,55	310,16	310,16	716,55	0,678	646,31	2310,43
6	616,16	30.41	531,38	311,91	311,91	531,38	0,918	929,86	2036,06
10	593,35	4.77	591,29	49,37	49,37	591,29	0,018		
11	642,29	5.29	639,55	59,24	59,24	639,55	-0,041		
12	630,05	5.17	627,49	56,77	56,77	627,49	-0,027		

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

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

n°	N [kN]	Qu [kN]	Pv [kPa]	Pm [kPa]	Lr [m]	Nc	Nq	N _g	N'c	N'q	N' _g
1	833,83	9486,33	133,0	144,9	6,00	46.12	33.30	37.15	40.84	29.48	26.73
2	672,37	2676,46	165,3	58,8	6,00	46.12	33.30	37.15	29.57	21.35	8.83
3	544,57	1745,65	142,0	39,5	6,00	46.12	33.30	37.15	27.14	19.59	5.97
10	591,29	9914,59	100,4	96,7	6,00	46.12	33.30	37.15	41.36	29.86	27.71
11	639,55	9504,85	102,2	110,9	6,00	46.12	33.30	37.15	40.86	29.50	26.77
12	627,49	9628,53	101,8	107,4	6,00	46.12	33.30	37.15	40.98	29.58	26.99

Stabilità globale terra armata + terreno

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte	
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto	
Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)	
Is	Indice della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
l	lunghezza della base della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in [kN]
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kN]
Rt, Rn	Resistenza tangenziale e normale del rinforzo alla base della striscia espressa in [kN]

Combinazione n° 7

Superficie di scorrimento n° 1 - Fs = 3.04

Is	W [kN]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	El [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
1	24,40	-15.060	29.256	0	0,33	0	31,81	5,19	0,00	13,27	0,00	0,00
2	24,90	-11.541	29.256	0	0,33	0	31,49	5,35	13,27	24,82	0,00	0,00
3	25,26	-8.118	29.256	0	0,32	0	31,18	5,48	24,82	34,64	0,00	0,00
4	25,48	-4.758	29.256	0	0,32	0	34,98	5,55	34,64	91,74	48,83	0,00
5	25,57	-0.671	29.256	0	0,32	0	30,43	5,59	91,74	97,68	0,00	0,00
6	25,53	3.364	29.256	0	0,32	0	30,06	5,57	97,68	150,48	48,92	2,88
7	25,36	6.709	29.256	0	0,32	0	33,10	6,14	150,48	152,71	0,00	0,00
8	25,05	10.108	29.256	0	0,32	0	33,86	6,24	152,71	152,91	0,00	0,00
9	24,60	13.717	29.256	0	0,33	0	33,47	6,07	152,91	150,87	0,00	0,00

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	EI [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
10	24,01	18.392	29.256	0	0,34	0	33,16	5,83	150,87	145,94	0,00	0,00
11	23,28	22.064	29.256	0	0,35	0	32,78	5,57	145,94	138,79	0,00	0,00
12	22,37	25.914	29.256	0	0,36	0	32,40	5,25	138,79	178,35	44,07	21,41
13	21,28	29.981	29.256	0	0,37	0	32,00	4,89	178,35	166,60	0,00	0,00
14	19,99	34.309	29.256	0	0,39	0	31,59	4,46	166,60	152,48	0,00	0,00
15	18,47	38.944	29.256	0	0,41	0	31,16	3,98	152,48	153,93	13,96	11,28
16	16,66	43.930	29.256	0	0,44	0	30,71	3,45	153,93	135,11	0,00	0,00
17	14,50	49.300	29.256	0	0,49	0	30,16	2,86	135,11	114,11	0,00	0,00
18	11,86	55.058	29.256	0	0,56	0	29,34	2,24	114,11	91,34	0,00	0,00
19	8,48	62.601	29.256	0	0,70	0	28,63	1,51	91,34	66,62	0,00	0,00
20	3,56	72.211	29.256	0	1,05	0	26,91	0,73	66,62	41,22	0,00	0,00

Combinazione n° 8

Superficie di scorrimento n° 1 - $F_s = 2.80$

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	EI [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
1	24,40	-15.060	35.000	0	0,33	0	28,92	7,06	0,00	8,03	0,00	0,00
2	24,90	-11.541	35.000	0	0,33	0	28,49	7,28	8,03	14,43	0,00	0,00
3	25,26	-8.118	35.000	0	0,32	0	28,07	7,45	14,43	19,25	0,00	0,00
4	25,48	-4.758	35.000	0	0,32	0	31,81	7,55	19,25	71,49	48,83	0,00
5	25,57	-0.671	35.000	0	0,32	0	27,15	7,60	71,49	72,81	0,00	0,00
6	25,53	3.364	35.000	0	0,32	0	26,69	7,58	72,81	121,22	48,92	2,88
7	25,36	6.709	35.000	0	0,32	0	26,29	7,50	121,22	119,04	0,00	0,00
8	25,05	10.108	35.000	0	0,32	0	25,88	7,35	119,04	115,27	0,00	0,00
9	24,60	13.717	35.000	0	0,33	0	25,44	7,15	115,27	109,83	0,00	0,00
10	24,01	18.392	35.000	0	0,34	0	25,01	6,84	109,83	102,23	0,00	0,00
11	23,28	22.064	35.000	0	0,35	0	24,56	6,51	102,23	93,03	0,00	0,00
12	22,37	25.914	35.000	0	0,36	0	24,07	6,12	93,03	131,24	44,07	21,41
13	21,28	29.981	35.000	0	0,37	0	23,54	5,65	131,24	118,87	0,00	0,00
14	19,99	34.309	35.000	0	0,39	0	22,97	5,13	118,87	105,00	0,00	0,00
15	18,47	38.944	35.000	0	0,41	0	22,33	4,53	105,00	112,15	17,44	14,10
16	16,66	43.930	35.000	0	0,44	0	21,60	3,87	112,15	95,64	0,00	0,00
17	14,50	49.300	35.000	0	0,49	0	20,70	3,15	95,64	78,26	0,00	0,00
18	11,86	55.058	35.000	0	0,56	0	19,44	2,39	78,26	60,62	0,00	0,00
19	8,48	62.601	35.000	0	0,70	0	17,85	1,53	60,62	43,29	0,00	0,00
20	3,56	72.211	35.000	0	1,05	0	14,52	0,64	43,29	28,73	0,00	0,00

Combinazione n° 9

Superficie di scorrimento n° 1 - $F_s = 2.83$

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	l [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]	EI [kN]	Er [kN]	Rt [kN]	Rn [kN]
1	24,40	-15.060	35.000	0	0,33	0	35,89	6,99	0,00	9,77	0,00	0,00
2	24,90	-11.541	35.000	0	0,33	0	35,38	7,21	9,77	17,48	0,00	0,00
3	25,26	-8.118	35.000	0	0,32	0	34,89	7,37	17,48	23,19	0,00	0,00
4	25,48	-4.758	35.000	0	0,32	0	38,54	7,48	23,19	75,92	48,83	0,00
5	25,57	-0.671	35.000	0	0,32	0	33,77	7,52	75,92	77,23	0,00	0,00
6	25,53	3.364	35.000	0	0,32	0	33,20	7,50	77,23	125,18	48,92	2,88
7	25,36	6.709	35.000	0	0,32	0	32,71	7,42	125,18	122,18	0,00	0,00
8	25,05	10.108	35.000	0	0,32	0	32,18	7,28	122,18	117,23	0,00	0,00
9	24,60	13.717	35.000	0	0,33	0	31,62	7,08	117,23	110,25	0,00	0,00
10	24,01	18.392	35.000	0	0,34	0	31,07	6,77	110,25	100,68	0,00	0,00
11	23,28	22.064	35.000	0	0,35	0	30,48	6,45	100,68	89,19	0,00	0,00
12	22,37	25.914	35.000	0	0,36	0	29,83	6,05	89,19	124,83	44,07	21,41
13	21,28	29.981	35.000	0	0,37	0	29,12	5,60	124,83	109,63	0,00	0,00
14	19,99	34.309	35.000	0	0,39	0	28,35	5,07	109,63	92,68	0,00	0,00
15	18,47	38.944	35.000	0	0,41	0	27,48	4,48	92,68	96,55	17,44	14,10
16	16,66	43.930	35.000	0	0,44	0	26,47	3,83	96,55	76,64	0,00	0,00
17	14,50	49.300	35.000	0	0,49	0	25,21	3,12	76,64	55,82	0,00	0,00
18	11,86	55.058	35.000	0	0,56	0	23,44	2,36	55,82	34,90	0,00	0,00
19	8,48	62.601	35.000	0	0,70	0	21,13	1,51	34,90	14,64	0,00	0,00
20	3,56	72.211	35.000	0	1,05	0	16,29	0,63	14,64	-1,59	0,00	0,00

Verifiche interne

Risultati rinforzi

Simbologia adottata

Ir Indice rinforzo
Sft Sforzo nel rinforzo per meccanismo planare, espressa in [kN/m]
Sfdc Sforzo nel rinforzo per meccanismo doppio cuneo, espressa in [kN/m]
Sfr Sforzo nel rinforzo per meccanismo rotazionale, espressa in [kN/m] (sforzo che ha determinato il fattore di sicurezza minore a scorrimento)
Gli sforzi nei rinforzi possono essere nulli. In tal caso la stabilità della superficie analizzata è garantita a meno del contributo dei rinforzi.

Combinazione n° 1

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	4,3294	0,0000	11,0411
2	6,9221	0,0000	9,3716
3	9,4590	0,0000	10,2584
4	9,8202	0,0000	10,6743
5	14,1093	0,0000	11,1123
6	16,6462	0,0000	11,2232
7	17,5487	0,0000	11,3163

Combinazione n° 2

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	9,6692	8,5438	8,6308
2	11,6636	11,9263	9,5668
3	13,6150	11,9263	9,7370
4	13,8928	11,9263	9,7370
5	17,1922	11,9263	9,7370
6	19,1433	11,9263	11,5927
7	18,6109	11,9263	11,7003

Combinazione n° 3

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	7,8733	0,0000	10,2033
2	9,8677	0,0000	10,7508
3	11,8192	0,0000	9,3629
4	12,0970	0,0000	9,3629
5	15,3963	0,0000	12,6340
6	17,3475	0,0000	13,0597
7	16,7836	0,0000	13,2250

Combinazione n° 10

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	3,3303	0,0000	7,9818
2	5,3247	0,0000	7,3459
3	7,2762	0,0000	8,0647
4	7,5540	0,0000	8,3073
5	10,8533	0,0000	8,4826
6	12,8044	0,0000	8,5884
7	12,1609	0,0000	8,6098

Combinazione n° 11

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	3,3303	0,0000	7,4469
2	5,3247	0,0000	7,3478
3	7,2762	0,0000	8,1405
4	7,5540	0,0000	8,4986
5	10,8533	0,0000	8,7062
6	12,8044	0,0000	8,8357
7	13,4274	0,0000	8,8741

Combinazione n° 12

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
1	3,3303	0,0000	7,3763
2	5,3247	0,0000	7,5329
3	7,2762	0,0000	8,0992

Ir	Sft [kN/m]	Sfdc [kN/m]	Sfr [kN/m]
4	7,5540	0,0000	8,4712
5	10,8533	0,0000	8,6231
6	12,8044	0,0000	8,7340
7	12,9947	0,0000	8,7901

Meccanismi di rottura

Simbologia adottata

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

Meccanismo rottura planare

Combinazione n° 1

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	Rsf [kN/m]	FSsf	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	4,3294	27,5955	6.374	55,1910	12.748	49,0000	4.438	2,05	2,95
2	6,9221	61,5395	8.890	123,0791	17.781	49,0000	5.229	1,71	3,29
3	9,4590	101,8321	10.766	203,6643	21.531	49,0000	4.109	1,37	3,63
4	9,8202	148,4733	15.119	296,9466	30.238	49,0000	4.109	1,03	3,97
5	14,1093	201,4630	14.279	402,9260	28.557	49,0000	3.473	0,69	4,31
6	16,6462	260,8012	15.667	521,6025	31.335	49,0000	2.944	0,35	4,65
7	17,5487	391,8636	22.330	783,7273	44.660	49,0000	2.792	0,01	5,99

Combinazione n° 2

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	Rsf [kN/m]	FSsf	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	9,6692	16,3238	1.688	32,6476	3.376	49,0000	5.068	2,73	2,27
2	11,6636	39,1608	3.358	78,3216	6.715	49,0000	4.109	2,27	2,73
3	13,6150	68,5111	5.032	137,0222	10.064	49,0000	3.599	1,82	3,18
4	13,8928	104,3746	7.513	208,7492	15.026	49,0000	3.527	1,37	3,63
5	17,1922	146,7514	8.536	293,5027	17.072	49,0000	2.850	0,91	4,09
6	19,1433	195,6414	10.220	391,2827	20.440	49,0000	2.560	0,46	4,54
7	18,6109	301,3335	16.191	602,6670	32.382	49,0000	2.633	0,01	5,99

Combinazione n° 3

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	Rsf [kN/m]	FSsf	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	7,8733	13,3452	1.695	26,6905	3.390	49,0000	4.802	3,14	1,86
2	9,8677	34,1937	3.465	68,3874	6.930	49,0000	4.109	2,62	2,38
3	11,8192	62,5453	5.292	125,0906	10.584	49,0000	4.109	2,10	2,90
4	12,0970	98,4001	8.134	196,8003	16.269	49,0000	4.051	1,58	3,42
5	15,3963	141,7582	9.207	283,5163	18.415	49,0000	3.183	1,05	3,95
6	17,3475	192,6194	11.104	385,2388	22.207	49,0000	2.825	0,53	4,47
7	16,7836	301,2727	17.950	602,5454	35.901	49,0000	2.920	0,01	5,99

Combinazione n° 10

Ir	Sf [kN/m]	RSCO [kN/m]	FSSCO	Rsf [kN/m]	FSsf	Rtra [kN/m]	FSTra	LI [m]	Lf [m]
1	3,3303	22,9935	6.904	45,9869	13.809	49,0000	5.735	1,80	3,20
2	5,3247	50,2834	9.443	100,5668	18.887	49,0000	4.109	1,50	3,50
3	7,2762	81,8699	11.252	163,7398	22.504	49,0000	4.109	1,20	3,80
4	7,5540	117,7528	15.588	235,5057	31.176	49,0000	4.109	0,90	4,10
5	10,8533	157,9323	14.552	315,8646	29.103	49,0000	4.109	0,60	4,40
6	12,8044	202,4083	15.808	404,8165	31.615	49,0000	3.827	0,30	4,70
7	12,1609	301,4696	24.790	602,9392	49.580	49,0000	4.029	0,01	5,99

Combinazione n° 11

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsc0	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	3,3303	21,2637	6.385	42,5274	12.770	49,0000	5.735	2,04	2,96
2	5,3247	47,3988	8.902	94,7977	17.803	49,0000	4.109	1,70	3,30
3	7,2762	78,4053	10.776	156,8107	21.551	49,0000	4.109	1,36	3,64
4	7,5540	114,2833	15.129	228,5665	30.258	49,0000	4.109	1,02	3,98
5	10,8533	155,0326	14.284	310,0651	28.569	49,0000	4.109	0,68	4,32
6	12,8044	200,6533	15.671	401,3066	31.341	49,0000	3.827	0,34	4,66
7	13,4274	301,4343	22.449	602,8686	44.898	49,0000	3.649	0,01	5,99

Combinazione n° 12

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsc0	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	3,3303	21,6253	6.494	43,2506	12.987	49,0000	5.735	1,99	3,01
2	5,3247	48,0018	9.015	96,0036	18.030	49,0000	4.109	1,66	3,34
3	7,2762	79,1295	10.875	158,2591	21.750	49,0000	4.109	1,33	3,67
4	7,5540	115,0085	15.225	230,0170	30.450	49,0000	4.109	1,00	4,00
5	10,8533	155,6387	14.340	311,2774	28.680	49,0000	4.109	0,67	4,33
6	12,8044	201,0201	15.699	402,0403	31.398	49,0000	3.827	0,34	4,66
7	12,9947	301,4417	23.197	602,8834	46.395	49,0000	3.771	0,01	5,99

Meccanismo rottura doppio cuneo

Combinazione n° 1

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsc0	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
4	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
5	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	3,66	1,34
6	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	2,10	2,90
7	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	0,53	5,47

Combinazione n° 2

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsc0	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	8,5438	22,8169	2.671	45,6339	5.341	35,1030	5.735	2,56	2,44
2	11,9263	52,9458	4.439	105,8917	8.879	49,0000	4.109	2,17	2,83
3	11,9263	90,3866	7.579	180,7733	15.158	49,0000	4.109	1,77	3,23
4	11,9263	136,1922	11.419	272,3843	22.839	49,0000	4.109	1,35	3,65
5	11,9263	191,1990	16.032	382,3979	32.063	49,0000	4.109	0,91	4,09
6	11,9263	254,5893	21.347	509,1786	42.694	49,0000	4.109	0,46	4,54
7	11,9263	391,7387	32.847	783,4774	65.693	49,0000	4.109	0,01	5,99

Combinazione n° 3

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsc0	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
4	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
5	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	3,66	1,34
6	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	2,10	2,90
7	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	0,53	5,47

Combinazione n° 10

Ir	Sf [kN/m]	Rsc0 [kN/m]	FSsc0	Rsfi [kN/m]	FSsfi	Rtra [kN/m]	FStra	LI [m]	Lf [m]
1	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
2	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
3	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
4	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	-100,00	105,00
5	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	3,66	1,34
6	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	2,10	2,90
7	0,0000	0,0000	100.000	0,0000	100.000	49,0000	100.000	0,53	5,47

Combinazione n° 11

Ir	Sf	Rsc0	FSsc0	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
2	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
3	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
4	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
5	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	49,0000	100,000	3,66	1,34
6	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	49,0000	100,000	2,10	2,90
7	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	49,0000	100,000	0,53	5,47

Combinazione n° 12

Ir	Sf	Rsc0	FSsc0	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
2	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
3	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
4	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	-100,00	105,00
5	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	49,0000	100,000	3,66	1,34
6	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	49,0000	100,000	2,10	2,90
7	0,0000	0,0000	100,000	0,0000	100,000	49,0000	100,000	0,53	5,47

Meccanismo rottura rotazionale

Combinazione n° 1

Cerchio n° 130 - Centro (-102,05; 211,04) - Raggio 232,85 - Intersezione profilo valle (-6,00; -4,00) - Intersezione profilo monte (-3,65; 0,00)

Ir	Sf	Rsc0	FSsc0	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	11,3163	27,8038	2.457	55,6076	4.914	49,0000	4.330	2,02	2,98
2	11,3163	61,8041	5.461	123,6081	10.923	49,0000	4.330	1,69	3,31
3	11,3163	102,0498	9.018	204,0995	18.036	49,0000	4.330	1,36	3,64
4	11,3163	148,5915	13.131	297,1830	26.261	49,0000	4.330	1,02	3,98
5	11,3163	201,4792	17.804	402,9585	35.609	49,0000	4.330	0,69	4,31
6	11,3163	260,7616	23.043	521,5232	46.086	49,0000	4.330	0,35	4,65
7	11,3163	391,8622	34.628	783,7244	69.256	49,0000	4.330	0,01	5,99

Combinazione n° 2

Cerchio n° 134 - Centro (-12,11; 19,15) - Raggio 21,13 - Intersezione profilo valle (-6,00; -4,00) - Intersezione profilo monte (-3,18; 0,00)

Ir	Sf	Rsc0	FSsc0	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	8,6308	18,0725	2.094	36,1451	4.188	36,1451	5.677	2,48	2,52
2	11,7003	41,3015	3.530	82,6030	7.060	49,0000	4.188	2,13	2,87
3	11,7003	70,1243	5.993	140,2487	11.987	49,0000	4.188	1,75	3,25
4	11,7003	105,0125	8.975	210,0251	17.950	49,0000	4.188	1,35	3,65
5	11,7003	146,4522	12.517	292,9044	25.034	49,0000	4.188	0,92	4,08
6	11,7003	194,9411	16.661	389,8823	33.322	49,0000	4.188	0,48	4,52
7	11,7003	301,3121	25.752	602,6243	51.505	49,0000	4.188	0,01	5,99

Combinazione n° 3

Cerchio n° 133 - Centro (-14,66; 24,38) - Raggio 26,91 - Intersezione profilo valle (-6,00; -4,00) - Intersezione profilo monte (-3,29; 0,00)

Ir	Sf	Rsc0	FSsc0	Rsfi	FSsfi	Rtra	FStra	LI	Lf
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	10,2033	18,9021	1.853	37,8042	3.705	37,8042	4.802	2,37	2,63
2	13,2250	42,8672	3.241	85,7343	6.483	49,0000	3.705	2,02	2,98
3	13,2250	72,2344	5.462	144,4687	10.924	49,0000	3.705	1,65	3,35
4	13,2250	107,3645	8.118	214,7291	16.237	49,0000	3.705	1,26	3,74
5	13,2250	148,6267	11.238	297,2533	22.477	49,0000	3.705	0,86	4,14
6	13,2250	196,3915	14.850	392,7830	29.700	49,0000	3.705	0,44	4,56
7	13,2250	301,3433	22.786	602,6867	45.572	49,0000	3.705	0,01	5,99

Combinazione n° 10

Cerchio n° 700 - Centro (-14,00; 15,50) - Raggio 18,49 - Intersezione profilo valle (-6,00; -4,00) - Intersezione profilo monte (-3,92; 0,00)

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	RTRA	FSTRA	LI	LF
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	7,9818	22,7128	2.846	45,4257	5.691	45,4257	6.139	1,84	3,16
2	8,6098	49,1244	5.706	98,2488	11.411	49,0000	5.691	1,58	3,42
3	8,6098	79,6325	9.249	159,2651	18.498	49,0000	5.691	1,31	3,69
4	8,6098	114,6518	13.316	229,3035	26.633	49,0000	5.691	1,01	3,99
5	8,6098	154,6193	17.958	309,2386	35.917	49,0000	5.691	0,70	4,30
6	8,6098	199,9581	23.224	399,9163	46.449	49,0000	5.691	0,36	4,64
7	8,6098	301,4142	35.008	602,8283	70.016	49,0000	5.691	0,01	5,99

Combinazione n° 11

Cerchio n° 131 - Centro (-30,56; 57,97) - Raggio 63,96 - Intersezione profilo valle (-6,00; -4,00) - Intersezione profilo monte (-3,53; 0,00)

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	RTRA	FSTRA	LI	LF
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	7,4469	20,5596	2.761	41,1191	5.522	41,1191	6.580	2,14	2,86
2	8,8741	45,9869	5.182	91,9737	10.364	49,0000	5.522	1,80	3,20
3	8,8741	76,4208	8.612	152,8417	17.223	49,0000	5.522	1,45	3,55
4	8,8741	112,0062	12.622	224,0125	25.243	49,0000	5.522	1,10	3,90
5	8,8741	152,8879	17.228	305,7759	34.457	49,0000	5.522	0,74	4,26
6	8,8741	199,2077	22.448	398,4153	44.896	49,0000	5.522	0,38	4,62
7	8,8741	301,4032	33.964	602,8064	67.928	49,0000	5.522	0,01	5,99

Combinazione n° 12

Cerchio n° 131 - Centro (-30,56; 57,97) - Raggio 63,96 - Intersezione profilo valle (-6,00; -4,00) - Intersezione profilo monte (-3,53; 0,00)

Ir	Sf	RSCO	FSSCO	RSFI	FSFI	RTRA	FSTRA	LI	LF
	[kN/m]	[kN/m]		[kN/m]		[kN/m]		[m]	[m]
1	7,3763	20,5596	2.787	41,1191	5.574	41,1191	6.643	2,14	2,86
2	8,7901	45,9869	5.232	91,9737	10.463	49,0000	5.574	1,80	3,20
3	8,7901	76,4208	8.694	152,8417	17.388	49,0000	5.574	1,45	3,55
4	8,7901	112,0062	12.742	224,0125	25.485	49,0000	5.574	1,10	3,90
5	8,7901	152,8879	17.393	305,7759	34.787	49,0000	5.574	0,74	4,26
6	8,7901	199,2077	22.663	398,4153	45.326	49,0000	5.574	0,38	4,62
7	8,7901	301,4032	34.289	602,8064	68.578	49,0000	5.574	0,01	5,99

Verifiche composte

Stabilità globale della terra armata

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla terra armata (spigolo contro terra)

Is	Indice della striscia
W	peso della striscia espresso in [kN]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
N	sforzo normale alla base della striscia espressa in [kN]
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espressa in [kN]

Combinazione n° 1

Superficie di scorrimento n° 130 - $F_s = 4.33$

Is	W	α	ϕ	c	b	u	N	T
	[kN]	[°]	[°]	[kPa]	[m]	[kPa]	[kN]	[kN]
1	11,93	59.102	35.000	0	0,23	0	7,31	1,18
2	11,33	59.140	35.000	0	0,23	0	6,99	1,13
3	10,73	59.185	35.000	0	0,23	0	6,67	1,08
4	10,13	59.231	35.000	0	0,23	0	6,35	1,03
5	9,52	59.277	35.000	0	0,23	0	6,04	0,98
6	8,92	59.323	35.000	0	0,23	0	5,72	0,92
7	8,31	59.369	35.000	0	0,23	0	5,40	0,87
8	7,70	59.415	35.000	0	0,23	0	5,09	0,82
9	7,09	59.461	35.000	0	0,23	0	4,77	0,77
10	6,48	59.507	35.000	0	0,23	0	4,45	0,72
11	5,87	59.553	35.000	0	0,23	0	4,14	0,67
12	5,26	59.600	35.000	0	0,23	0	3,82	0,62
13	4,64	59.646	35.000	0	0,23	0	3,50	0,57

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
14	4,03	59.693	35.000	0	0,23	0	3,19	0,52
15	3,41	59.740	35.000	0	0,23	0	2,87	0,46
16	2,79	59.787	35.000	0	0,23	0	2,56	0,41
17	2,17	59.834	35.000	0	0,23	0	2,25	0,36
18	1,55	59.881	35.000	0	0,23	0	2,81	0,45
19	0,93	59.928	35.000	0	0,23	0	2,49	0,40
20	0,31	59.976	35.000	0	0,24	0	2,18	0,35

Combinazione n° 2

Superficie di scorrimento n° 134 - $F_s = 4.19$

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	11,06	50.046	35.000	0	0,22	0	8,46	1,41
2	10,58	50.454	35.000	0	0,22	0	8,08	1,35
3	10,09	50.873	35.000	0	0,22	0	7,70	1,29
4	9,60	51.303	35.000	0	0,23	0	7,32	1,22
5	9,10	51.744	35.000	0	0,23	0	6,94	1,16
6	8,59	52.199	35.000	0	0,23	0	6,56	1,10
7	8,07	52.735	35.000	0	0,23	0	6,17	1,03
8	7,54	53.201	35.000	0	0,24	0	5,78	0,97
9	7,00	53.678	35.000	0	0,24	0	5,40	0,90
10	6,45	54.167	35.000	0	0,24	0	5,02	0,84
11	5,90	54.666	35.000	0	0,24	0	4,64	0,78
12	5,33	55.177	35.000	0	0,25	0	4,25	0,71
13	4,75	55.699	35.000	0	0,25	0	3,87	0,65
14	4,16	56.232	35.000	0	0,25	0	3,49	0,58
15	3,56	56.777	35.000	0	0,26	0	3,11	0,52
16	2,94	57.332	35.000	0	0,26	0	2,73	0,46
17	2,32	57.898	35.000	0	0,27	0	2,36	0,39
18	1,67	58.475	35.000	0	0,27	0	1,98	0,33
19	1,01	59.063	35.000	0	0,27	0	1,61	0,27
20	0,34	59.661	35.000	0	0,28	0	1,24	0,21

Combinazione n° 3

Superficie di scorrimento n° 133 - $F_s = 3.71$

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	10,59	52.198	35.000	0	0,22	0	7,73	1,46
2	10,11	52.525	35.000	0	0,22	0	7,39	1,40
3	9,63	52.865	35.000	0	0,22	0	7,04	1,33
4	9,15	53.215	35.000	0	0,23	0	6,69	1,26
5	8,65	53.572	35.000	0	0,23	0	6,34	1,20
6	8,15	53.936	35.000	0	0,23	0	5,99	1,13
7	7,65	54.307	35.000	0	0,23	0	5,65	1,07
8	7,13	54.721	35.000	0	0,23	0	5,29	1,00
9	6,61	55.109	35.000	0	0,24	0	4,94	0,93
10	6,08	55.495	35.000	0	0,24	0	4,60	0,87
11	5,55	55.889	35.000	0	0,24	0	4,25	0,80
12	5,00	56.290	35.000	0	0,24	0	3,90	0,74
13	4,45	56.698	35.000	0	0,25	0	3,56	0,67
14	3,89	57.113	35.000	0	0,25	0	3,21	0,61
15	3,32	57.535	35.000	0	0,25	0	2,87	0,54
16	2,74	57.964	35.000	0	0,26	0	2,53	0,48
17	2,15	58.399	35.000	0	0,26	0	2,19	0,41
18	1,55	58.842	35.000	0	0,26	0	1,85	0,35
19	0,94	59.292	35.000	0	0,26	0	1,51	0,29
20	0,31	59.748	35.000	0	0,27	0	1,18	0,22

Combinazione n° 10

Superficie di scorrimento n° 700 - $F_s = 5.69$

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	8,14	57.590	35.000	0	0,19	0	5,20	0,64
2	7,80	57.984	35.000	0	0,20	0	4,96	0,61
3	7,45	58.393	35.000	0	0,20	0	4,72	0,58

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
4	7,10	58.818	35.000	0	0,20	0	4,48	0,55
5	6,74	59.281	35.000	0	0,20	0	4,24	0,52
6	6,37	59.824	35.000	0	0,21	0	3,98	0,49
7	6,00	60.283	35.000	0	0,21	0	3,74	0,46
8	5,61	60.758	35.000	0	0,21	0	3,50	0,43
9	5,22	61.248	35.000	0	0,22	0	3,26	0,40
10	4,83	61.754	35.000	0	0,22	0	3,02	0,37
11	4,42	62.275	35.000	0	0,22	0	2,78	0,34
12	4,01	62.811	35.000	0	0,23	0	2,54	0,31
13	3,58	63.363	35.000	0	0,23	0	2,30	0,28
14	3,14	63.930	35.000	0	0,24	0	2,07	0,25
15	2,70	64.513	35.000	0	0,24	0	1,83	0,23
16	2,24	65.110	35.000	0	0,25	0	1,60	0,20
17	1,77	65.723	35.000	0	0,25	0	1,37	0,17
18	1,28	66.349	35.000	0	0,26	0	1,14	0,14
19	0,78	66.990	35.000	0	0,27	0	0,91	0,11
20	0,26	67.645	35.000	0	0,27	0	0,69	0,09

Combinazione n° 11

Superficie di scorrimento n° 131 - $F_s = 5.52$

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	9,65	56.708	35.000	0	0,23	0	6,31	0,80
2	9,18	56.866	35.000	0	0,23	0	6,03	0,77
3	8,72	57.024	35.000	0	0,23	0	5,75	0,73
4	8,24	57.183	35.000	0	0,23	0	5,47	0,69
5	7,77	57.343	35.000	0	0,23	0	5,19	0,66
6	7,29	57.505	35.000	0	0,23	0	4,91	0,62
7	6,81	57.668	35.000	0	0,23	0	4,63	0,59
8	6,33	57.832	35.000	0	0,23	0	4,35	0,55
9	5,84	57.998	35.000	0	0,23	0	4,08	0,52
10	5,35	58.165	35.000	0	0,23	0	3,80	0,48
11	4,86	58.334	35.000	0	0,24	0	3,52	0,45
12	4,36	58.504	35.000	0	0,24	0	3,25	0,41
13	3,86	58.675	35.000	0	0,24	0	2,97	0,38
14	3,36	58.848	35.000	0	0,24	0	2,70	0,34
15	2,85	59.022	35.000	0	0,24	0	2,42	0,31
16	2,34	59.199	35.000	0	0,24	0	2,15	0,27
17	1,83	59.375	35.000	0	0,24	0	2,43	0,31
18	1,31	59.551	35.000	0	0,24	0	2,29	0,29
19	0,79	59.729	35.000	0	0,25	0	2,02	0,26
20	0,26	59.908	35.000	0	0,25	0	1,74	0,22

Combinazione n° 12

Superficie di scorrimento n° 131 - $F_s = 5.57$

Is	W [kN]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	b [m]	u [kPa]	N [kN]	T [kN]
1	9,65	56.708	35.000	0	0,23	0	6,31	0,79
2	9,18	56.866	35.000	0	0,23	0	6,03	0,76
3	8,72	57.024	35.000	0	0,23	0	5,75	0,72
4	8,24	57.183	35.000	0	0,23	0	5,47	0,69
5	7,77	57.343	35.000	0	0,23	0	5,19	0,65
6	7,29	57.505	35.000	0	0,23	0	4,91	0,62
7	6,81	57.668	35.000	0	0,23	0	4,63	0,58
8	6,33	57.832	35.000	0	0,23	0	4,35	0,55
9	5,84	57.998	35.000	0	0,23	0	4,08	0,51
10	5,35	58.165	35.000	0	0,23	0	3,80	0,48
11	4,86	58.334	35.000	0	0,24	0	3,52	0,44
12	4,36	58.504	35.000	0	0,24	0	3,25	0,41
13	3,86	58.675	35.000	0	0,24	0	2,97	0,37
14	3,36	58.848	35.000	0	0,24	0	2,70	0,34
15	2,85	59.022	35.000	0	0,24	0	2,42	0,30
16	2,34	59.199	35.000	0	0,24	0	2,15	0,27
17	1,83	59.375	35.000	0	0,24	0	2,29	0,29
18	1,31	59.551	35.000	0	0,24	0	2,12	0,27
19	0,79	59.729	35.000	0	0,25	0	1,85	0,23
20	0,26	59.908	35.000	0	0,25	0	1,57	0,20

10.2 Muro di sostegno in c.a.

10.2.1 Condizione statica e sismica

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 [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
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} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	6,00	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]
<u>Paramento</u>		
Materiale	C32/40	
Altezza paramento	0,70	[m]
Altezza paramento libero	0,40	[m]
Spessore in sommità	0,70	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,70	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,00	[m]
Lunghezza mensola di monte	2,30	[m]
Lunghezza totale	3,00	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

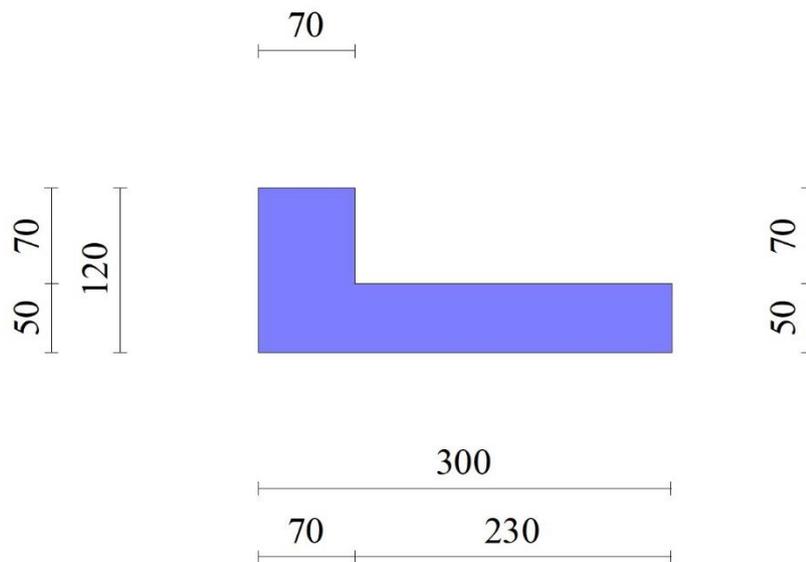


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

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

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	Rilevato stradale	20,0000	20,0000	35.000	23.330	0	0	---	---
2	rilevato stradale-fondazione	20,0000	20,0000	35.000	35.000	0	0	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

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

n°	Descr	E [kPa]	v	Ed [kPa]	CR	RR	OCR
1	Rilevato stradale	50000	0.300	0	0.000	0.000	1.000
2	rilevato stradale-fondazione	50000	0.300	0	0.000	0.000	1.000

Stratigrafia

Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ²]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	1,20	0.000	Rilevato stradale	---	---	---	---	---
2	3,00	0.000	rilevato stradale-fondazione	---	---	---	---	---

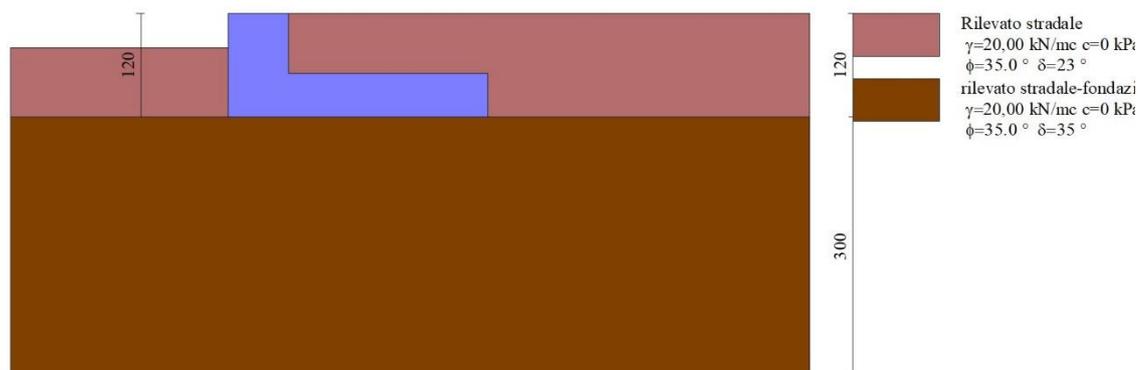


Fig. 2 - Stratigrafia

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 (Pavimentazione) - PERMANENTE NS

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	6,00	2,5000	2,5000

Condizione n° 2 (Carichi stradali) - VARIABILE TF

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

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]	Xi [m]	Xf [m]	Qi [kN]	Qf [kN]
1	Distribuito					0,00	6,00	20,0000	20,0000

Condizione n° 3 (Condizione 3) - VARIABILE

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

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi)}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_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 caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili, per i valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.50	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.35	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.30	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.15	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 7 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.50	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.35	1.00	Sfavorevole

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

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

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

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

Combinazione n° 10 - SLER

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

Combinazione n° 11 - SLEF

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione	1.00	--	Sfavorevole
Carichi stradali	1.00	0.75	Sfavorevole

Combinazione n° 12 - SLEQ

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

Dati sismici

Comune	Roma
Provincia	Roma
Regione	Lazio
Latitudine	41.933189
Longitudine	12.601168
Indice punti di interpolazione	28292 - 28070 - 28069 - 28291
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_a	[m/s ²]	1.790	0.814
Accelerazione al suolo	a_a/g	[%]	0.182	0.083
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.572	2.489
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.279
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.418
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	9.835	4.917
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.752	7.376
Esercizio	0.470	5.850	2.925

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

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 ($0.5B\gamma N_i$)	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	
<u>Stabilità globale</u>	
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

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Elastico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
ΔH massimo suddivisione strati	0,50 [m]

Risultati per combinazione

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	13,60	23,33	12,49	5,38	2,30	-0,67
	Peso/Inerzia muro			0,00	49,75/0,00	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	102,92/0,00	1,15	-0,35
2	Spinta statica	4,26	23,33	3,91	1,69	2,30	-0,77
	Incremento di spinta sismica			1,16	0,50	2,30	-0,80
	Peso/Inerzia muro			4,89	49,75/2,45	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			3,73	37,95/1,87	1,15	-0,35
3	Spinta statica	4,26	23,33	3,91	1,69	2,30	-0,77
	Incremento di spinta sismica			0,78	0,34	2,30	-0,80
	Peso/Inerzia muro			4,89	49,75/-2,45	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			3,73	37,95/-1,87	1,15	-0,35
10	Spinta statica	10,12	23,33	9,29	4,01	2,30	-0,67
	Peso/Inerzia muro			0,00	49,75/0,00	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	83,95/0,00	1,15	-0,35
11	Spinta statica	8,65	23,33	7,95	3,43	2,30	-0,68
	Peso/Inerzia muro			0,00	49,75/0,00	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	72,45/0,00	1,15	-0,35
12	Spinta statica	4,26	23,33	3,91	1,69	2,30	-0,77
	Peso/Inerzia muro			0,00	49,75/0,00	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	37,95/0,00	1,15	-0,35

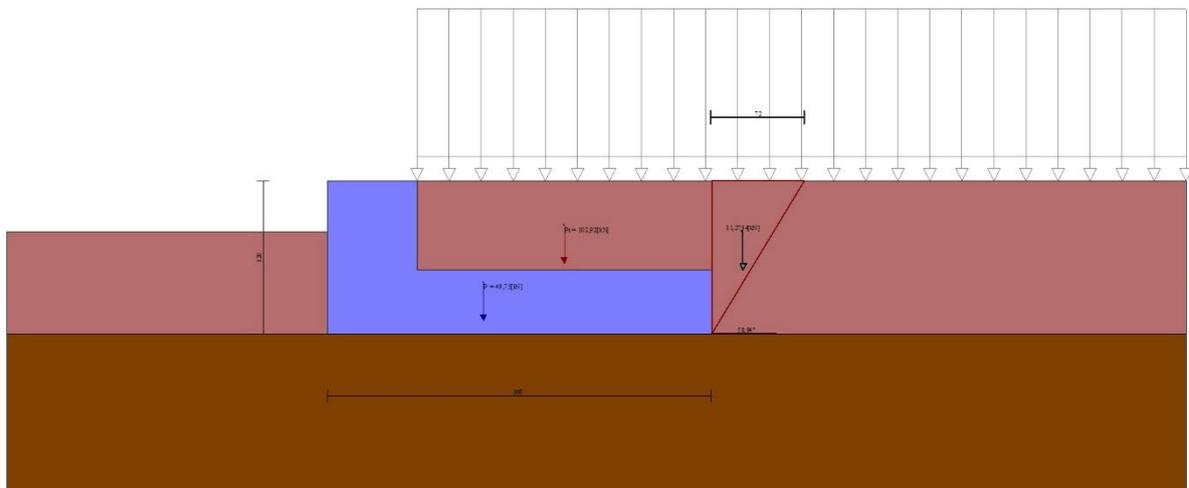


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

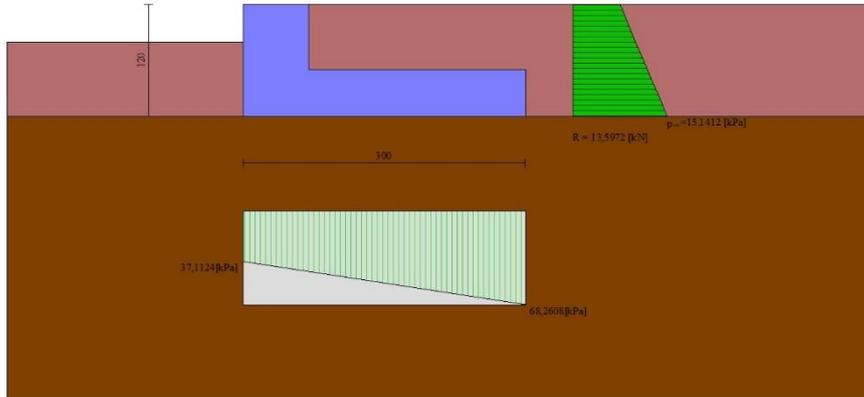


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

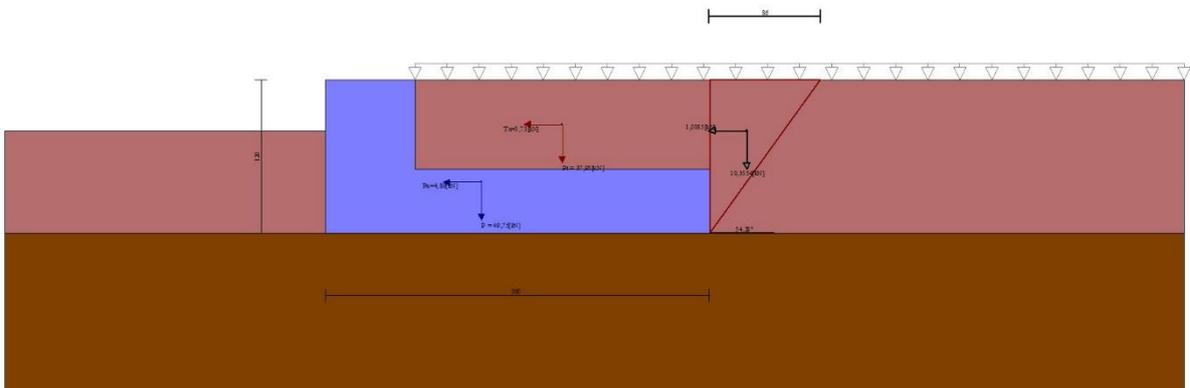


Fig. 5 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

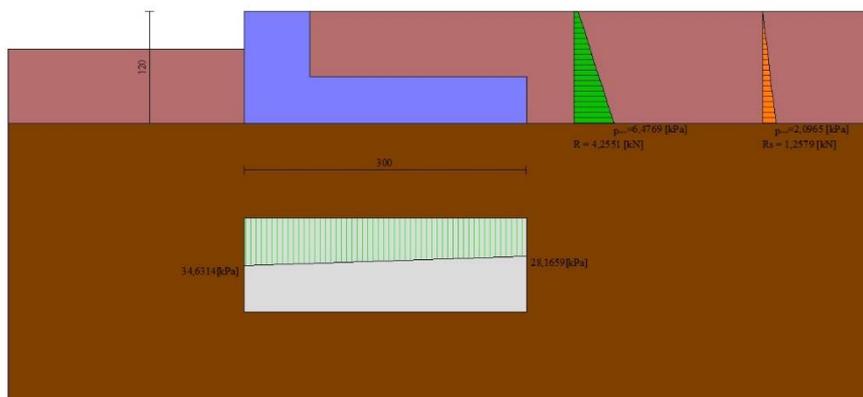


Fig. 6 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

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

Ic	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	158,06	12,49	6,65	267,10	-0,148
2 - STR (A1-M1-R3)	94,20	13,69	7,28	143,72	0,051
3 - STR (A1-M1-R3)	85,41	13,31	13,56	136,81	0,057
4 - GEO (A2-M2-R2)	146,91	13,29	7,14	245,56	-0,123
5 - GEO (A2-M2-R2)	94,20	13,69	7,28	143,72	0,051
6 - GEO (A2-M2-R2)	85,41	13,31	13,56	136,81	0,057
7 - EQU (A1-M1-R3)	158,06	12,49	6,65	267,10	-0,148
8 - EQU (A1-M1-R3)	96,64	18,66	10,10	147,79	0,075
9 - EQU (A1-M1-R3)	83,47	18,12	19,53	137,45	0,087
10 - SLEF	137,71	9,29	4,93	227,87	-0,119
11 - SLEF	125,63	7,95	4,12	204,85	-0,098
12 - SLEQ	89,39	3,91	1,70	135,80	0,000

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)		8.864		20.008			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	4.819		30.867			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	4.492		32.708			
4 - GEO (A2-M2-R2)					3.217		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.623		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.390		
7 - EQU (A1-M1-R3)			40.153				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		14.631				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		7.037				

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)	110,67	0,00	0,00	--	--	110,67	12,49	8.864
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	65,96	0,00	0,00	--	--	65,96	13,69	4.819
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	59,80	0,00	0,00	--	--	59,80	13,31	4.492

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)	158,06	3162,47	2258,90	20.008
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	94,20	2907,54	2422,95	30.867
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	85,41	2793,54	2327,95	32.708

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

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

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	r _γ
1	46.124	0.902	1.102	--	--	--	--	--	--	0.778	0.956
	33.296	0.902	1.051	--	--	--	--	--	--		
	37.152	0.759	1.051	--	--	--	--	--	--		
2	46.124	0.825	1.102	--	--	--	--	--	--	0.869	0.956
	33.296	0.825	1.051	--	--	--	--	--	--		
	37.152	0.583	1.051	--	--	--	--	--	--		
3	46.124	0.813	1.102	--	--	--	--	--	--	0.862	0.956
	33.296	0.813	1.051	--	--	--	--	--	--		
	37.152	0.558	1.051	--	--	--	--	--	--		

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0,80	3,00	2,88	20,00	35,00	0
2	0,80	3,00	2,88	20,00	35,00	0
3	0,80	3,00	2,88	20,00	35,00	0

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
7 - EQU (A1-M1-R3)	267,10	6,65	40.153
8 - EQU (A1-M1-R3) H + V	147,79	10,10	14.631
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	137,45	19,53	7.037

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 2,50	4,37	3.217
5 - GEO (A2-M2-R2) H + V	0,00; 4,50	6,16	4.623
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	0,00; 4,50	6,16	4.390

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,93	7,21	0,00	3,59 - 0,27	50.993	29.256	0	0,0	
2	2,67	7,21	0,00	0,27	46.808	29.256	0	0,0	
3	4,15	7,21	0,00	0,27	41.756	29.256	0	0,0	
4	5,39	7,21	0,00	0,27	37.079	29.256	0	0,0	
5	6,65	7,21	0,00	0,27	32.677	29.256	0	0,0	
6	8,03	7,21	0,00	0,27	28.484	29.256	0	0,0	
7	8,78	7,21	0,00	0,27	24.452	29.256	0	0,0	
8	9,41	7,21	0,00	0,27	20.546	29.256	0	0,0	
9	9,92	7,21	0,00	0,27	16.738	29.256	0	0,0	
10	10,32	7,21	0,00	0,27	13.005	29.256	0	0,0	
11	10,61	7,21	0,00	0,27	9.327	29.256	0	0,0	
12	10,81	7,21	0,00	0,27	5.689	29.256	0	0,0	
13	10,92	7,21	0,00	0,27	2.073	29.256	0	0,0	
14	11,81	0,54	0,00	0,27	-1.535	29.256	0	0,0	
15	11,80	0,00	0,00	0,27	-5.149	29.256	0	0,0	
16	10,16	0,00	0,00	0,27	-8.783	29.256	0	0,0	
17	7,48	0,00	0,00	0,27	-12.454	29.256	0	0,0	
18	7,10	0,00	0,00	0,27	-16.177	29.256	0	0,0	
19	6,60	0,00	0,00	0,27	-19.973	29.256	0	0,0	
20	6,00	0,00	0,00	0,27	-23.863	29.256	0	0,0	
21	5,26	0,00	0,00	0,27	-27.874	29.256	0	0,0	
22	4,39	0,00	0,00	0,27	-32.040	29.256	0	0,0	
23	3,36	0,00	0,00	0,27	-36.408	29.256	0	0,0	
24	2,15	0,00	0,00	0,27	-41.039	29.256	0	0,0	
25	0,71	0,00	0,00	-3,28 - 0,27	-44.621	29.256	0	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,84	0,80	0,00	4,22 - 0,32	39.827	35.000	0	0,0	
2	2,47	0,80	0,00	0,32	37.416	35.000	0	0,0	
3	3,92	0,80	0,00	0,32	33.769	35.000	0	0,0	
4	5,19	0,80	0,00	0,32	30.271	35.000	0	0,0	
5	6,29	0,80	0,00	0,32	26.895	35.000	0	0,0	
6	7,25	0,80	0,00	0,32	23.617	35.000	0	0,0	
7	8,85	0,80	0,00	0,32	20.420	35.000	0	0,0	
8	9,56	0,80	0,00	0,32	17.288	35.000	0	0,0	
9	10,13	0,80	0,00	0,32	14.208	35.000	0	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
10	10,59	0,80	0,00	0,32	11.170	35.000	0	0,0	
11	10,93	0,80	0,00	0,32	8.164	35.000	0	0,0	
12	11,17	0,80	0,00	0,32	5.180	35.000	0	0,0	
13	11,30	0,80	0,00	0,32	2.210	35.000	0	0,0	
14	12,17	0,20	0,00	0,32	-0.754	35.000	0	0,0	
15	12,36	0,00	0,00	0,32	-3.720	35.000	0	0,0	
16	9,70	0,00	0,00	0,32	-6.696	35.000	0	0,0	
17	7,43	0,00	0,00	0,32	-9.690	35.000	0	0,0	
18	7,03	0,00	0,00	0,32	-12.712	35.000	0	0,0	
19	6,51	0,00	0,00	0,32	-15.769	35.000	0	0,0	
20	5,88	0,00	0,00	0,32	-18.874	35.000	0	0,0	
21	5,12	0,00	0,00	0,32	-22.038	35.000	0	0,0	
22	4,23	0,00	0,00	0,32	-25.274	35.000	0	0,0	
23	3,20	0,00	0,00	0,32	-28.600	35.000	0	0,0	
24	2,02	0,00	0,00	0,32	-32.034	35.000	0	0,0	
25	0,66	0,00	0,00	-3,74 - 0,32	-34.293	35.000	0	0,0	

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,84	0,80	0,00	4,22 - 0,32	39.827	35.000	0	0,0	
2	2,47	0,80	0,00	0,32	37.416	35.000	0	0,0	
3	3,92	0,80	0,00	0,32	33.769	35.000	0	0,0	
4	5,19	0,80	0,00	0,32	30.271	35.000	0	0,0	
5	6,29	0,80	0,00	0,32	26.895	35.000	0	0,0	
6	7,25	0,80	0,00	0,32	23.617	35.000	0	0,0	
7	8,85	0,80	0,00	0,32	20.420	35.000	0	0,0	
8	9,56	0,80	0,00	0,32	17.288	35.000	0	0,0	
9	10,13	0,80	0,00	0,32	14.208	35.000	0	0,0	
10	10,59	0,80	0,00	0,32	11.170	35.000	0	0,0	
11	10,93	0,80	0,00	0,32	8.164	35.000	0	0,0	
12	11,17	0,80	0,00	0,32	5.180	35.000	0	0,0	
13	11,30	0,80	0,00	0,32	2.210	35.000	0	0,0	
14	12,17	0,20	0,00	0,32	-0.754	35.000	0	0,0	
15	12,36	0,00	0,00	0,32	-3.720	35.000	0	0,0	
16	9,70	0,00	0,00	0,32	-6.696	35.000	0	0,0	
17	7,43	0,00	0,00	0,32	-9.690	35.000	0	0,0	
18	7,03	0,00	0,00	0,32	-12.712	35.000	0	0,0	
19	6,51	0,00	0,00	0,32	-15.769	35.000	0	0,0	
20	5,88	0,00	0,00	0,32	-18.874	35.000	0	0,0	
21	5,12	0,00	0,00	0,32	-22.038	35.000	0	0,0	
22	4,23	0,00	0,00	0,32	-25.274	35.000	0	0,0	
23	3,20	0,00	0,00	0,32	-28.600	35.000	0	0,0	
24	2,02	0,00	0,00	0,32	-32.034	35.000	0	0,0	
25	0,66	0,00	0,00	-3,74 - 0,32	-34.293	35.000	0	0,0	

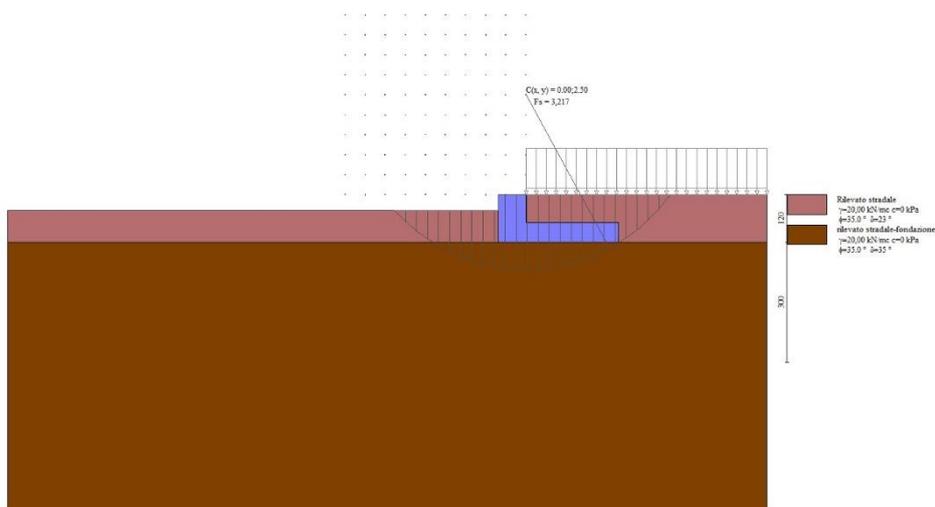


Fig. 7 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Cedimenti

Simbologia adottata
Ic Indice combinazione

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

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
10	-0,70; -1,20	0,286	0,000
10	0,80; -1,20	0,422	0,136
10	2,30; -1,20	0,326	0,040
11	-0,70; -1,20	0,264	0,000
11	0,80; -1,20	0,385	0,121
11	2,30; -1,20	0,294	0,030
12	-0,70; -1,20	0,198	0,000
12	0,80; -1,20	0,274	0,076
12	2,30; -1,20	0,198	0,000

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,75	0,72	0,04
3	-0,20	3,50	1,50	0,15
4	-0,30	5,25	2,34	0,34
5	-0,40	7,00	3,23	0,61
6	-0,50	8,75	4,18	0,99
7	-0,60	10,50	5,19	1,45
8	-0,70	12,25	6,26	2,03

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,84	0,26	0,01
3	-0,20	3,67	0,58	0,05
4	-0,30	5,51	0,97	0,13
5	-0,40	7,34	1,42	0,25
6	-0,50	9,18	1,93	0,42
7	-0,60	11,02	2,50	0,64
8	-0,70	12,85	3,14	0,92

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,66	0,26	0,01
3	-0,20	3,33	0,57	0,05
4	-0,30	4,99	0,94	0,13
5	-0,40	6,66	1,37	0,24
6	-0,50	8,32	1,86	0,40
7	-0,60	9,98	2,40	0,62
8	-0,70	11,65	3,00	0,89

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,75	0,53	0,03
3	-0,20	3,50	1,10	0,11
4	-0,30	5,25	1,72	0,25
5	-0,40	7,00	2,38	0,45
6	-0,50	8,75	3,09	0,73
7	-0,60	10,50	3,84	1,07
8	-0,70	12,25	4,64	1,49

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,75	0,42	0,02
3	-0,20	3,50	0,88	0,08
4	-0,30	5,25	1,38	0,20
5	-0,40	7,00	1,93	0,36
6	-0,50	8,75	2,53	0,59
7	-0,60	10,50	3,17	0,87
8	-0,70	12,25	3,85	1,22

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	1,75	0,08	0,00
3	-0,20	3,50	0,20	0,02
4	-0,30	5,25	0,37	0,05
5	-0,40	7,00	0,59	0,09
6	-0,50	8,75	0,84	0,16
7	-0,60	10,50	1,15	0,26
8	-0,70	12,25	1,49	0,40

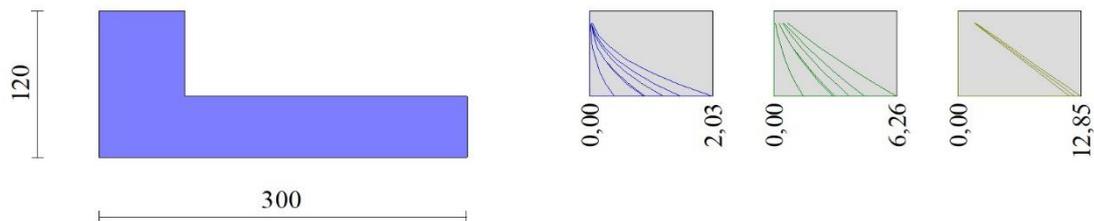


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-11,80	-3,04
2	0,10	0,00	-10,14	-1,94
3	0,20	0,00	-8,59	-1,01
4	0,30	0,00	-7,14	-0,22
5	0,40	0,00	-5,80	0,42
6	0,50	0,00	-4,56	0,94
7	0,60	0,00	-3,42	1,34
8	0,70	0,00	-2,39	1,63
9	0,80	0,00	-1,46	1,82
10	0,90	0,00	-0,64	1,93
11	1,00	0,00	0,08	1,95
12	1,10	0,00	0,70	1,91
13	1,20	0,00	1,21	1,82
14	1,30	0,00	1,62	1,67
15	1,40	0,00	1,92	1,50
16	1,50	0,00	2,13	1,29
17	1,60	0,00	2,22	1,08
18	1,70	0,00	2,22	0,85
19	1,80	0,00	2,11	0,64
20	1,90	0,00	1,89	0,43
21	2,00	0,00	1,58	0,26
22	2,10	0,00	1,15	0,12

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
23	2,20	0,00	0,63	0,03
24	2,30	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	3,78	2,16
2	0,10	0,00	3,38	1,81
3	0,20	0,00	3,00	1,49
4	0,30	0,00	2,64	1,21
5	0,40	0,00	2,31	0,96
6	0,50	0,00	1,99	0,74
7	0,60	0,00	1,70	0,56
8	0,70	0,00	1,42	0,40
9	0,80	0,00	1,17	0,27
10	0,90	0,00	0,94	0,17
11	1,00	0,00	0,74	0,08
12	1,10	0,00	0,55	0,02
13	1,20	0,00	0,39	-0,03
14	1,30	0,00	0,24	-0,06
15	1,40	0,00	0,12	-0,08
16	1,50	0,00	0,02	-0,08
17	1,60	0,00	-0,06	-0,08
18	1,70	0,00	-0,11	-0,07
19	1,80	0,00	-0,15	-0,06
20	1,90	0,00	-0,16	-0,04
21	2,00	0,00	-0,15	-0,03
22	2,10	0,00	-0,12	-0,01
23	2,20	0,00	-0,07	0,00
24	2,30	0,00	0,00	0,00

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

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-2,96	-5,59
2	0,10	0,00	-3,07	-5,29
3	0,20	0,00	-3,16	-4,98
4	0,30	0,00	-3,22	-4,66
5	0,40	0,00	-3,27	-4,34
6	0,50	0,00	-3,29	-4,01
7	0,60	0,00	-3,29	-3,68
8	0,70	0,00	-3,27	-3,35
9	0,80	0,00	-3,23	-3,03
10	0,90	0,00	-3,16	-2,71
11	1,00	0,00	-3,08	-2,40
12	1,10	0,00	-2,97	-2,09
13	1,20	0,00	-2,84	-1,80
14	1,30	0,00	-2,69	-1,53
15	1,40	0,00	-2,52	-1,26
16	1,50	0,00	-2,33	-1,02
17	1,60	0,00	-2,11	-0,80
18	1,70	0,00	-1,87	-0,60
19	1,80	0,00	-1,62	-0,43
20	1,90	0,00	-1,34	-0,28
21	2,00	0,00	-1,03	-0,16
22	2,10	0,00	-0,71	-0,07
23	2,20	0,00	-0,37	-0,02
24	2,30	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 10 - SLER

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-1,26	5,93
2	0,10	0,00	-0,41	6,01
3	0,20	0,00	0,37	6,01
4	0,30	0,00	1,08	5,94
5	0,40	0,00	1,72	5,80
6	0,50	0,00	2,29	5,59
7	0,60	0,00	2,78	5,34
8	0,70	0,00	3,20	5,04
9	0,80	0,00	3,54	4,70
10	0,90	0,00	3,82	4,34
11	1,00	0,00	4,02	3,94
12	1,10	0,00	4,14	3,53
13	1,20	0,00	4,20	3,12
14	1,30	0,00	4,18	2,70
15	1,40	0,00	4,09	2,28
16	1,50	0,00	3,93	1,88
17	1,60	0,00	3,69	1,50
18	1,70	0,00	3,38	1,15
19	1,80	0,00	3,00	0,83
20	1,90	0,00	2,55	0,55
21	2,00	0,00	2,02	0,32

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
22	2,10	0,00	1,42	0,15
23	2,20	0,00	0,75	0,04
24	2,30	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 11 - SLEF

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-0,49	4,98
2	0,10	0,00	0,13	4,99
3	0,20	0,00	0,70	4,95
4	0,30	0,00	1,21	4,85
5	0,40	0,00	1,67	4,71
6	0,50	0,00	2,07	4,52
7	0,60	0,00	2,42	4,30
8	0,70	0,00	2,72	4,04
9	0,80	0,00	2,96	3,75
10	0,90	0,00	3,14	3,45
11	1,00	0,00	3,27	3,13
12	1,10	0,00	3,35	2,80
13	1,20	0,00	3,37	2,46
14	1,30	0,00	3,34	2,12
15	1,40	0,00	3,25	1,79
16	1,50	0,00	3,11	1,48
17	1,60	0,00	2,91	1,17
18	1,70	0,00	2,66	0,90
19	1,80	0,00	2,35	0,64
20	1,90	0,00	1,99	0,43
21	2,00	0,00	1,57	0,25
22	2,10	0,00	1,10	0,11
23	2,20	0,00	0,58	0,03
24	2,30	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 12 - SLEQ

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	1,84	2,12
2	0,10	0,00	1,76	1,94
3	0,20	0,00	1,68	1,77
4	0,30	0,00	1,60	1,61
5	0,40	0,00	1,52	1,45
6	0,50	0,00	1,44	1,30
7	0,60	0,00	1,36	1,16
8	0,70	0,00	1,28	1,03
9	0,80	0,00	1,20	0,91
10	0,90	0,00	1,12	0,79
11	1,00	0,00	1,05	0,68
12	1,10	0,00	0,97	0,58
13	1,20	0,00	0,89	0,49
14	1,30	0,00	0,81	0,40
15	1,40	0,00	0,73	0,33
16	1,50	0,00	0,65	0,26
17	1,60	0,00	0,57	0,20
18	1,70	0,00	0,48	0,15
19	1,80	0,00	0,40	0,10
20	1,90	0,00	0,32	0,06
21	2,00	0,00	0,24	0,04
22	2,10	0,00	0,16	0,02
23	2,20	0,00	0,08	0,00
24	2,30	0,00	0,00	0,00

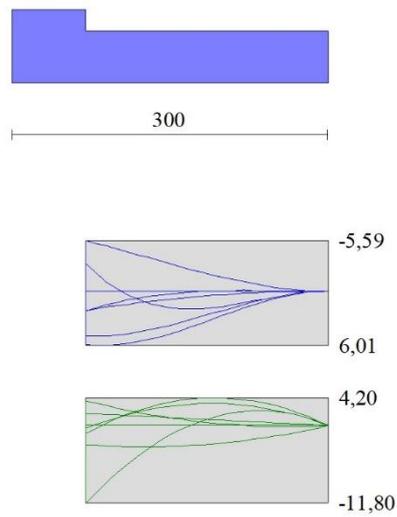


Fig. 9 - Fondazione (Inviluppo)

Risultati per involucro

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	13,60	23,33	12,49	5,38	2,30	-0,67
	Peso/Inerzia muro			0,00	49,75/0,00	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	102,92/0,00	1,15	-0,35
2	Spinta statica	4,26	23,33	3,91	1,69	2,30	-0,77
	Incremento di spinta sismica			1,16	0,50	2,30	-0,80
	Peso/Inerzia muro			4,89	49,75/2,45	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			3,73	37,95/1,87	1,15	-0,35

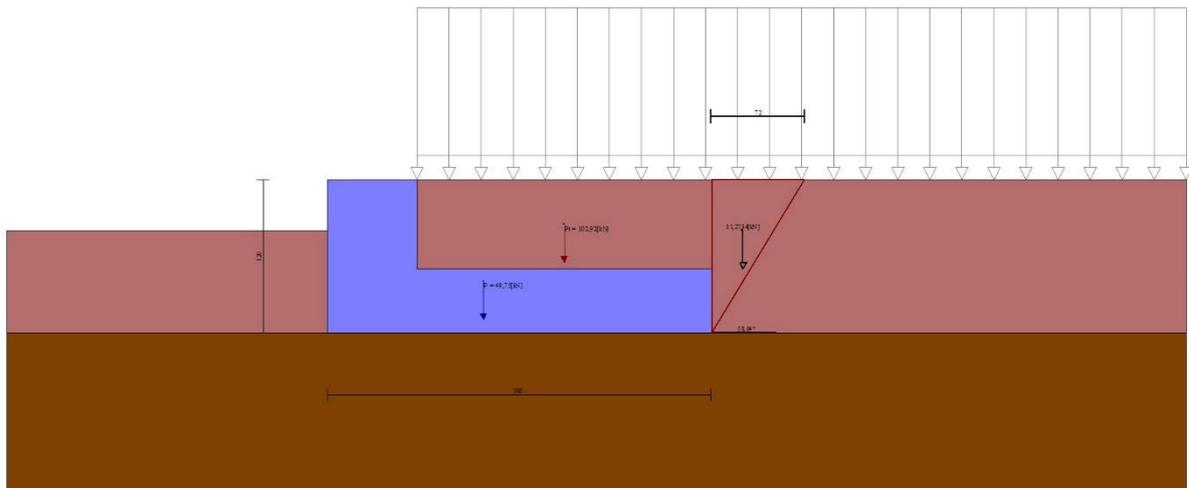


Fig. 10 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

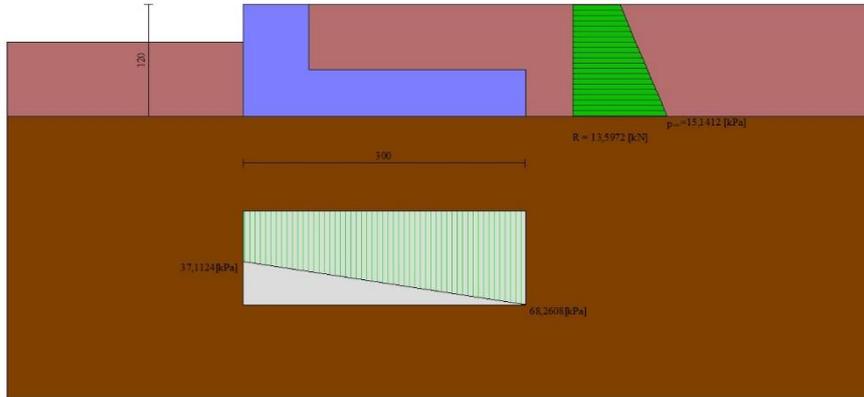


Fig. 11 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

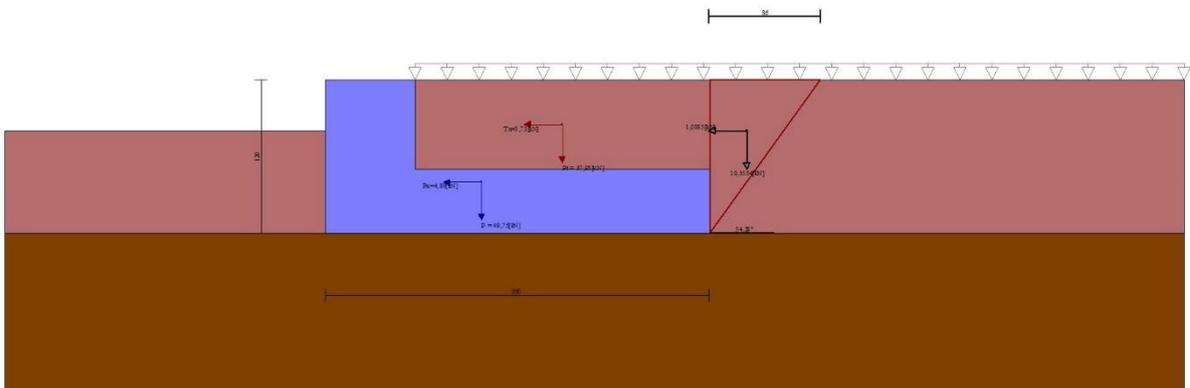


Fig. 12 - Cuneo di spinta (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

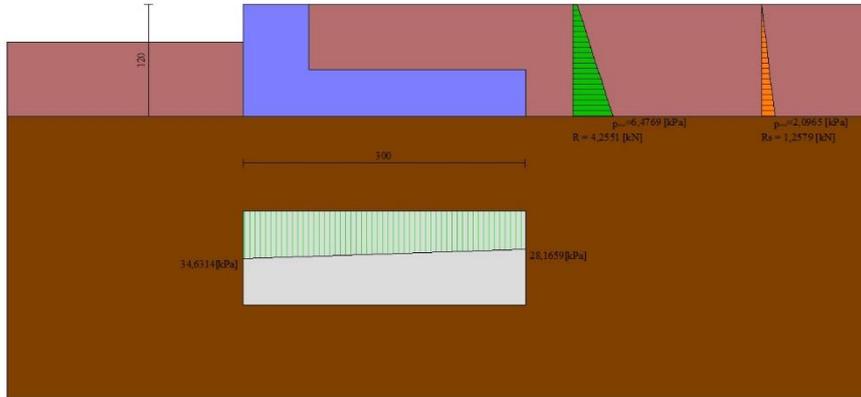


Fig. 13 - Diagramma delle pressioni (combinazione sismica) (Combinazione n° 2)

Risultanti globali

Simbologia adottata

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

Ic	N [kN]	T [kN]	M _r [kNm]	M _s [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	158,06	12,49	6,65	267,10	-0,148
2 - STR (A1-M1-R3)	94,20	13,69	7,28	143,72	0,051
3 - STR (A1-M1-R3)	85,41	13,31	13,56	136,81	0,057
4 - GEO (A2-M2-R2)	146,91	13,29	7,14	245,56	-0,123
5 - GEO (A2-M2-R2)	94,20	13,69	7,28	143,72	0,051
6 - GEO (A2-M2-R2)	85,41	13,31	13,56	136,81	0,057
7 - EQU (A1-M1-R3)	158,06	12,49	6,65	267,10	-0,148
8 - EQU (A1-M1-R3)	96,64	18,66	10,10	147,79	0,075
9 - EQU (A1-M1-R3)	83,47	18,12	19,53	137,45	0,087
10 - SLER	137,71	9,29	4,93	227,87	-0,119
11 - SLEF	125,63	7,95	4,12	204,85	-0,098
12 - SLEQ	89,39	3,91	1,70	135,80	0,000

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)		8.864		20.008			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	4.819		30.867			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	4.492		32.708			
4 - GEO (A2-M2-R2)					3.217		
5 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				4.623		
6 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				4.390		
7 - EQU (A1-M1-R3)			40.153				
8 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		14.631				
9 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		7.037				

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)	110,67	0,00	0,00	--	--	110,67	12,49	8.864
3 - STR (A1-M1-R3) H - V	59,80	0,00	0,00	--	--	59,80	13,31	4.492

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)	158,06	3162,47	2258,90	20.008
2 - STR (A1-M1-R3) H + V	94,20	2907,54	2422,95	30.867

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

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

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	46.124	0.902	1.102	--	--	--	--	--	--	0.778	0.956
	33.296	0.902	1.051	--	--	--	--	--			
	37.152	0.759	1.051	--	--	--	--	--			
2	46.124	0.825	1.102	--	--	--	--	--	--	0.869	0.956
	33.296	0.825	1.051	--	--	--	--	--			
	37.152	0.583	1.051	--	--	--	--	--			

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0,80	3,00	2,88	20,00	35,00	0
2	0,80	3,00	2,88	20,00	35,00	0

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
7 - EQU (A1-M1-R3)	267,10	6,65	40.153
9 - EQU (A1-M1-R3) H - V	137,45	19,53	7.037

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

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

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 2,50	4,37	3.217
6 - GEO (A2-M2-R2) H - V	0,00; 4,50	6,16	4.390

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

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

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,93	7,21	0,00	3,59 - 0,27	50.993	29.256	0	0,0	
2	2,67	7,21	0,00	0,27	46.808	29.256	0	0,0	
3	4,15	7,21	0,00	0,27	41.756	29.256	0	0,0	
4	5,39	7,21	0,00	0,27	37.079	29.256	0	0,0	
5	6,65	7,21	0,00	0,27	32.677	29.256	0	0,0	
6	8,03	7,21	0,00	0,27	28.484	29.256	0	0,0	
7	8,78	7,21	0,00	0,27	24.452	29.256	0	0,0	
8	9,41	7,21	0,00	0,27	20.546	29.256	0	0,0	
9	9,92	7,21	0,00	0,27	16.738	29.256	0	0,0	
10	10,32	7,21	0,00	0,27	13.005	29.256	0	0,0	
11	10,61	7,21	0,00	0,27	9.327	29.256	0	0,0	
12	10,81	7,21	0,00	0,27	5.689	29.256	0	0,0	
13	10,92	7,21	0,00	0,27	2.073	29.256	0	0,0	
14	11,81	0,54	0,00	0,27	-1.535	29.256	0	0,0	
15	11,80	0,00	0,00	0,27	-5.149	29.256	0	0,0	
16	10,16	0,00	0,00	0,27	-8.783	29.256	0	0,0	
17	7,48	0,00	0,00	0,27	-12.454	29.256	0	0,0	
18	7,10	0,00	0,00	0,27	-16.177	29.256	0	0,0	
19	6,60	0,00	0,00	0,27	-19.973	29.256	0	0,0	
20	6,00	0,00	0,00	0,27	-23.863	29.256	0	0,0	
21	5,26	0,00	0,00	0,27	-27.874	29.256	0	0,0	
22	4,39	0,00	0,00	0,27	-32.040	29.256	0	0,0	
23	3,36	0,00	0,00	0,27	-36.408	29.256	0	0,0	
24	2,15	0,00	0,00	0,27	-41.039	29.256	0	0,0	
25	0,71	0,00	0,00	-3,28 - 0,27	-44.621	29.256	0	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,84	0,80	0,00	4,22 - 0,32	39.827	35.000	0	0,0	
2	2,47	0,80	0,00	0,32	37.416	35.000	0	0,0	
3	3,92	0,80	0,00	0,32	33.769	35.000	0	0,0	
4	5,19	0,80	0,00	0,32	30.271	35.000	0	0,0	
5	6,29	0,80	0,00	0,32	26.895	35.000	0	0,0	
6	7,25	0,80	0,00	0,32	23.617	35.000	0	0,0	
7	8,85	0,80	0,00	0,32	20.420	35.000	0	0,0	
8	9,56	0,80	0,00	0,32	17.288	35.000	0	0,0	
9	10,13	0,80	0,00	0,32	14.208	35.000	0	0,0	
10	10,59	0,80	0,00	0,32	11.170	35.000	0	0,0	
11	10,93	0,80	0,00	0,32	8.164	35.000	0	0,0	
12	11,17	0,80	0,00	0,32	5.180	35.000	0	0,0	
13	11,30	0,80	0,00	0,32	2.210	35.000	0	0,0	
14	12,17	0,20	0,00	0,32	-0.754	35.000	0	0,0	
15	12,36	0,00	0,00	0,32	-3.720	35.000	0	0,0	
16	9,70	0,00	0,00	0,32	-6.696	35.000	0	0,0	
17	7,43	0,00	0,00	0,32	-9.690	35.000	0	0,0	
18	7,03	0,00	0,00	0,32	-12.712	35.000	0	0,0	
19	6,51	0,00	0,00	0,32	-15.769	35.000	0	0,0	
20	5,88	0,00	0,00	0,32	-18.874	35.000	0	0,0	
21	5,12	0,00	0,00	0,32	-22.038	35.000	0	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
22	4,23	0,00	0,00	0,32	-25,274	35,000	0	0,0	
23	3,20	0,00	0,00	0,32	-28,600	35,000	0	0,0	
24	2,02	0,00	0,00	0,32	-32,034	35,000	0	0,0	
25	0,66	0,00	0,00	-3,74 - 0,32	-34,293	35,000	0	0,0	

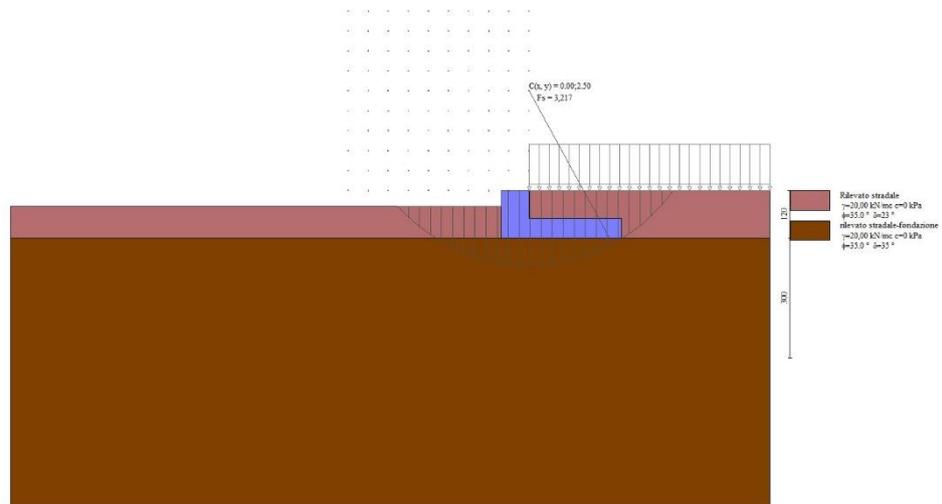


Fig. 14 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

Cedimenti

Simbologia adottata

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

Ic	X; Y [m]	w [cm]	dw [cm]
10	-0,70; -1,20	0,286	0,000
10	0,80; -1,20	0,422	0,136
10	2,30; -1,20	0,326	0,040

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

n°	X [m]	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	1,66	1,84	0,08	0,72	0,00	0,04
3	-0,20	3,33	3,67	0,20	1,50	0,02	0,15
4	-0,30	4,99	5,51	0,37	2,34	0,05	0,34
5	-0,40	6,66	7,34	0,59	3,23	0,09	0,61
6	-0,50	8,32	9,18	0,84	4,18	0,16	0,99
7	-0,60	9,98	11,02	1,15	5,19	0,26	1,45
8	-0,70	11,65	12,85	1,49	6,26	0,40	2,03

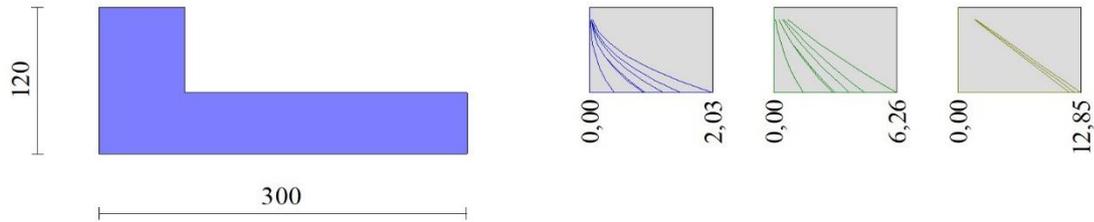


Fig. 15 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	-11,80	3,78	-5,59	5,93
2	0,10	0,00	0,00	-10,14	3,38	-5,29	6,01
3	0,20	0,00	0,00	-8,59	3,00	-4,98	6,01
4	0,30	0,00	0,00	-7,14	2,64	-4,66	5,94
5	0,40	0,00	0,00	-5,80	2,31	-4,34	5,80
6	0,50	0,00	0,00	-4,56	2,29	-4,01	5,59
7	0,60	0,00	0,00	-3,42	2,78	-3,68	5,34
8	0,70	0,00	0,00	-3,27	3,20	-3,35	5,04
9	0,80	0,00	0,00	-3,23	3,54	-3,03	4,70
10	0,90	0,00	0,00	-3,16	3,82	-2,71	4,34
11	1,00	0,00	0,00	-3,08	4,02	-2,40	3,94
12	1,10	0,00	0,00	-2,97	4,14	-2,09	3,53
13	1,20	0,00	0,00	-2,84	4,20	-1,80	3,12
14	1,30	0,00	0,00	-2,69	4,18	-1,53	2,70
15	1,40	0,00	0,00	-2,52	4,09	-1,26	2,28
16	1,50	0,00	0,00	-2,33	3,93	-1,02	1,88
17	1,60	0,00	0,00	-2,11	3,69	-0,80	1,50
18	1,70	0,00	0,00	-1,87	3,38	-0,60	1,15
19	1,80	0,00	0,00	-1,62	3,00	-0,43	0,83
20	1,90	0,00	0,00	-1,34	2,55	-0,28	0,55
21	2,00	0,00	0,00	-1,03	2,02	-0,16	0,32
22	2,10	0,00	0,00	-0,71	1,42	-0,07	0,15
23	2,20	0,00	0,00	-0,37	0,75	-0,02	0,04
24	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

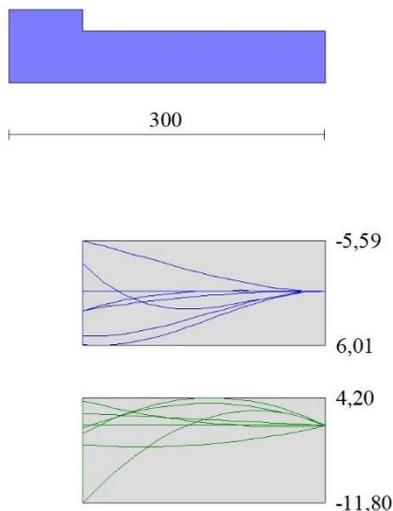


Fig. 16 - Fondazione

10.2.2 Condizione d'urto

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 [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
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} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	25,0000	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24,5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk} [kPa]	f _{uk} [kPa]
B450C	450000	540000

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

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

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

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	6,00	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	C32/40	
Altezza paramento	0,70	[m]
Altezza paramento libero	0,35	[m]
Spessore in sommità	0,70	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,70	[m]
Inclinazione paramento esterno	0,00	[°]
Inclinazione paramento interno	0,00	[°]

Fondazione

Materiale	C32/40	
Lunghezza mensola di valle	0,00	[m]
Lunghezza mensola di monte	2,30	[m]
Lunghezza totale	3,00	[m]
Inclinazione piano di posa	0,00	[°]
Spessore	0,50	[m]
Spessore magrone	0,00	[m]

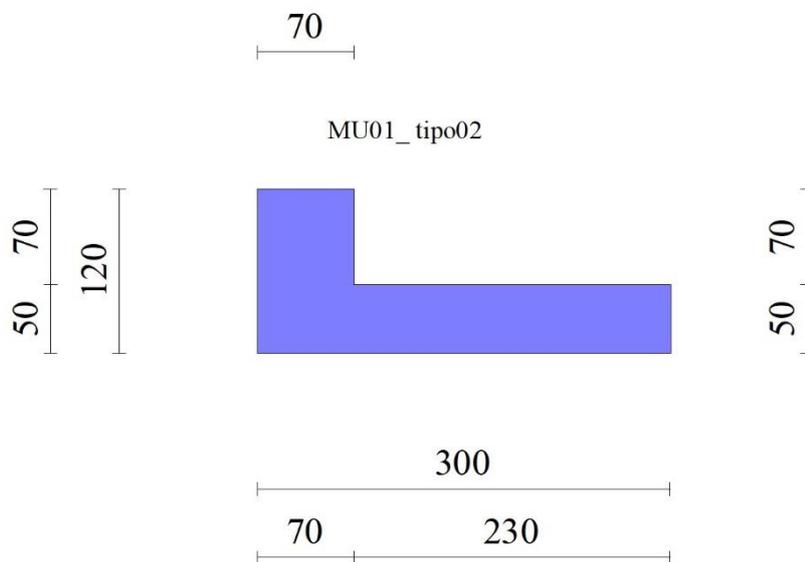


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreni

Parametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

ϕ Angolo d'attrito interno espresso in [°]
 δ Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
 c Coesione espressa in [kPa]
 c_a Adesione terra-muro espressa in [kPa]
 Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix
 C_{esp} Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
 τ_l Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]
1	Rilevato stradale	20,0000	20,0000	35.000	23.330	0	0	---	---
2	sabbia limosa	16,0000	16,0000	35.000	35.000	0	0	---	---
3	Rilevato stradaleb	20,0000	20,0000	35.000	35.000	0	0	---	---

Parametri di deformabilità

Simbologia adottata

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

n°	Descr	E [kPa]	ν	E_d [kPa]	CR	RR	OCR
1	Rilevato stradale	50000	0.300	0	0.000	0.000	1.000
2	sabbia limosa	20000	0.300	0	0.000	0.000	1.000
3	Rilevato stradaleb	50000	0.300	0	0.000	0.000	1.000

Stratigrafia

Simbologia adottata

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

n°	H [m]	α [°]	Terreno	K_w [Kg/cm ²]	K_s	Cesp	$K_{st,sta}$	$K_{st,sis}$
1	1,20	0.000	Rilevato stradale	---	---	---	---	---
2	3,00	0.000	Rilevato stradaleb	---	---	---	---	---



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 (Pavimentazione/marciapiede) - PERMANENTE NS

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Distribuito					0,00	6,00	2,5000	2,5000

Condizione n° 2 (urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y [m]	F _x [kN]	F _y [kN]	M [kNm]	X _i [m]	X _f [m]	Q _i [kN]	Q _f [kN]
1	Concentrato	Paramento	-0,45; 0,00	51,7000	0,0000	51,7000				

Condizione n° 3 (Condizione 3) - VARIABILE

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

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.00	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 eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali Ad:

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

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili, per i valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - ECC

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
Pavimentazione/marciapiede	1.00	--	Sfavorevole
urto	1.00	1.00	Sfavorevole

Dati sismici

Comune	Roma
Provincia	Roma
Regione	Lazio
Latitudine	41.933189
Longitudine	12.601168
Indice punti di interpolazione	28292 - 28070 - 28069 - 28291
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	100 anni

	Simbolo	U.M.		SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_a	[m/s ²]		1.785	0.813
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.182	0.083
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.564	2.508
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.304	0.284
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.420	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	9.818	4.909
Ultimo - Ribaltamento	0.570	14.728	7.364

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Esercizio	0.470	5.843	2.921

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale

Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

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

Stabilità globale

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

Altro

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

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Metodo di calcolo delle tensioni	Boussinesq
Metodo di calcolo dei cedimenti	Elastico
Profondità calcolo cedimenti	Automatica
ΔH massimo suddivisione strati	0,50 [m]

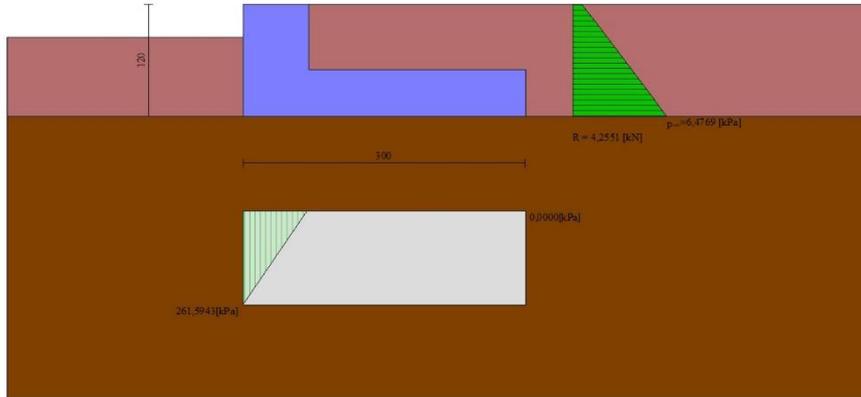


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

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)	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272
2 - GEO (A2-M2-R2)	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272
3 - EQU (A1-M1-R3)	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272
4 - ECC	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.126		8.650			
2 - GEO (A2-M2-R2)					10.062		
3 - EQU (A1-M1-R3)			1.176				

Verifica a scorrimento fondazione

Simbologia adottata

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

n°	Rsa [kN]	Rpt [kN]	Rps [kN]	Rp [kN]	Rt [kN]	R [kN]	T [kN]	FS
1 - STR (A1-M1-R3)	62,59	0,00	0,00	--	--	62,59	55,61	1.126

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)	89,39	773,22	552,30	8.650

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

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

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

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
1	46.124 33.296 37.152	0.417 0.417 0.008	1.109 1.054 1.054	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	--	0.956

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0,85	3,00	2,88	20,00	35,00	0

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
3 - EQU (A1-M1-R3)	135,80	115,44	1.176

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
2 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 2,50	4,37	10.062

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]
Qy carico sulla striscia espresso in [kN]
Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
 ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b larghezza della striscia espressa in [m]
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

Combinazione n° 2 - GEO (A2-M2-R2)

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	0,94	0,69	0,00	3,59 - 0,28	50.984	35.000	0	0,0	
2	2,70	0,69	0,00	0,28	46.763	35.000	0	0,0	
3	4,19	0,69	0,00	0,28	41.686	35.000	0	0,0	
4	5,45	0,69	0,00	0,28	36.987	35.000	0	0,0	
5	6,73	0,69	0,00	0,28	32.565	35.000	0	0,0	
6	8,10	0,69	0,00	0,28	28.353	35.000	0	0,0	
7	8,86	0,69	0,00	0,28	24.302	35.000	0	0,0	
8	9,48	0,69	0,00	0,28	20.378	35.000	0	0,0	
9	10,00	0,69	0,00	0,28	16.552	35.000	0	0,0	
10	10,40	0,69	0,00	0,28	12.800	35.000	0	0,0	
11	10,69	0,69	0,00	0,28	9.104	35.000	0	0,0	
12	10,89	0,69	0,00	0,28	5.446	35.000	0	0,0	
13	10,98	0,69	0,00	0,28	1.810	35.000	0	0,0	
14	11,61	0,00	0,00	0,28	-1.819	35.000	0	0,0	
15	11,85	0,00	0,00	0,28	-5.455	35.000	0	0,0	
16	9,98	0,00	0,00	0,28	-9.113	35.000	0	0,0	
17	7,77	0,00	0,00	0,28	-12.809	35.000	0	0,0	
18	7,37	0,00	0,00	0,28	-16.561	35.000	0	0,0	
19	6,86	0,00	0,00	0,28	-20.387	35.000	0	0,0	
20	6,23	0,00	0,00	0,28	-24.312	35.000	0	0,0	
21	5,47	0,00	0,00	0,28	-28.362	35.000	0	0,0	
22	4,57	0,00	0,00	0,28	-32.575	35.000	0	0,0	
23	3,51	0,00	0,00	0,28	-36.998	35.000	0	0,0	
24	2,25	0,00	0,00	0,28	-41.698	35.000	0	0,0	
25	0,76	0,00	0,00	-3,32 - 0,28	-45.816	35.000	0	0,0	

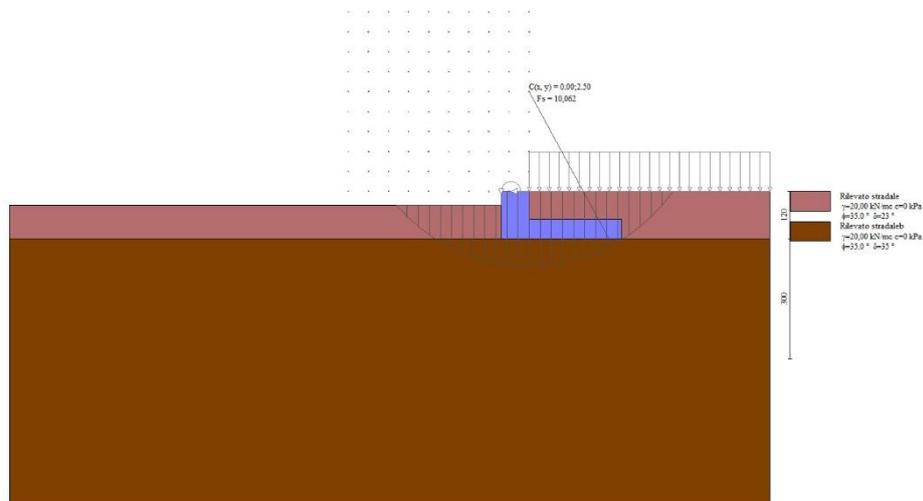


Fig. 5 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

Paramento

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	51,70	51,70
2	-0,10	1,75	51,78	56,87
3	-0,20	3,50	51,90	62,06
4	-0,30	5,25	52,07	67,26
5	-0,40	7,00	52,29	72,47
6	-0,50	8,75	52,54	77,71
7	-0,60	10,50	52,85	82,98
8	-0,70	12,25	53,19	88,29

Combinazione n° 4 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	51,70	51,70
2	-0,10	1,75	51,78	56,87
3	-0,20	3,50	51,90	62,06
4	-0,30	5,25	52,07	67,26
5	-0,40	7,00	52,29	72,47
6	-0,50	8,75	52,54	77,71
7	-0,60	10,50	52,85	82,98
8	-0,70	12,25	53,19	88,29

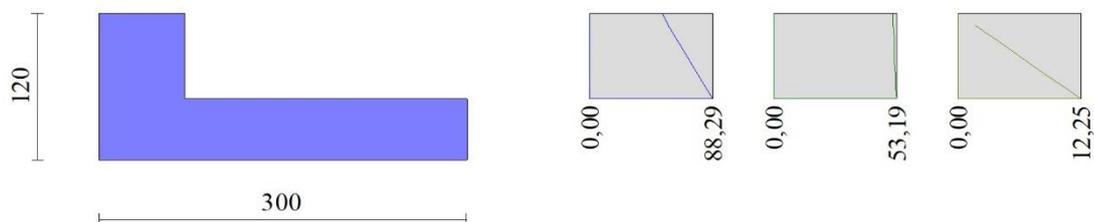


Fig. 6 - Paramento (Inviluppo)

Fondazione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-66,70	-76,70
2	0,10	0,00	-63,80	-70,18
3	0,20	0,00	-60,90	-63,94
4	0,30	0,00	-58,00	-58,00
5	0,40	0,00	-55,10	-52,34
6	0,50	0,00	-52,20	-46,98
7	0,60	0,00	-49,30	-41,90
8	0,70	0,00	-46,40	-37,12
9	0,80	0,00	-43,50	-32,63
10	0,90	0,00	-40,60	-28,42
11	1,00	0,00	-37,70	-24,51
12	1,10	0,00	-34,80	-20,88
13	1,20	0,00	-31,90	-17,55

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
14	1,30	0,00	-29,00	-14,50
15	1,40	0,00	-26,10	-11,74
16	1,50	0,00	-23,20	-9,28
17	1,60	0,00	-20,30	-7,11
18	1,70	0,00	-17,40	-5,22
19	1,80	0,00	-14,50	-3,63
20	1,90	0,00	-11,60	-2,32
21	2,00	0,00	-8,70	-1,30
22	2,10	0,00	-5,80	-0,58
23	2,20	0,00	-2,90	-0,15
24	2,30	0,00	0,00	0,00

Combinazione n° 4 - ECC

n°	X [m]	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
1	0,00	0,00	-66,70	-76,70
2	0,10	0,00	-63,80	-70,18
3	0,20	0,00	-60,90	-63,94
4	0,30	0,00	-58,00	-58,00
5	0,40	0,00	-55,10	-52,34
6	0,50	0,00	-52,20	-46,98
7	0,60	0,00	-49,30	-41,90
8	0,70	0,00	-46,40	-37,12
9	0,80	0,00	-43,50	-32,63
10	0,90	0,00	-40,60	-28,42
11	1,00	0,00	-37,70	-24,51
12	1,10	0,00	-34,80	-20,88
13	1,20	0,00	-31,90	-17,55
14	1,30	0,00	-29,00	-14,50
15	1,40	0,00	-26,10	-11,74
16	1,50	0,00	-23,20	-9,28
17	1,60	0,00	-20,30	-7,11
18	1,70	0,00	-17,40	-5,22
19	1,80	0,00	-14,50	-3,63
20	1,90	0,00	-11,60	-2,32
21	2,00	0,00	-8,70	-1,30
22	2,10	0,00	-5,80	-0,58
23	2,20	0,00	-2,90	-0,15
24	2,30	0,00	0,00	0,00

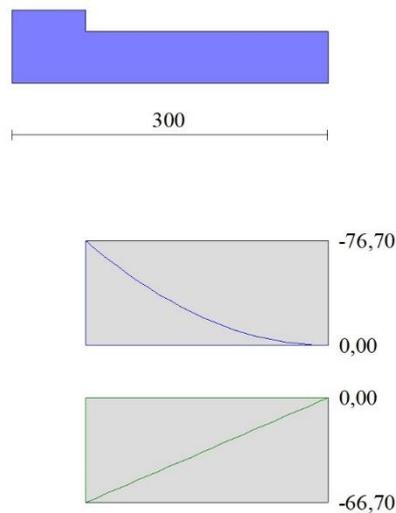


Fig. 7 - Fondazione (Inviluppo)

Risultati per involucro

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	4,26	23,33	3,91	1,69	2,30	-0,77
	Peso/Inerzia muro			0,00	49,75/0,00	0,52	-0,80
	Peso/Inerzia terrapieno			0,00	37,95/0,00	1,15	-0,35
	Risultante forze sul muro			51,70	0,00	--	--

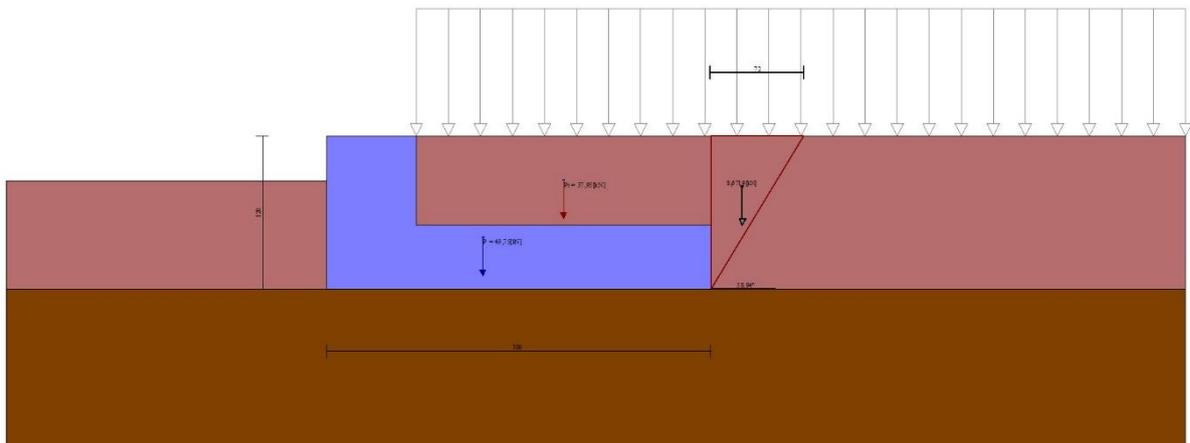


Fig. 8 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

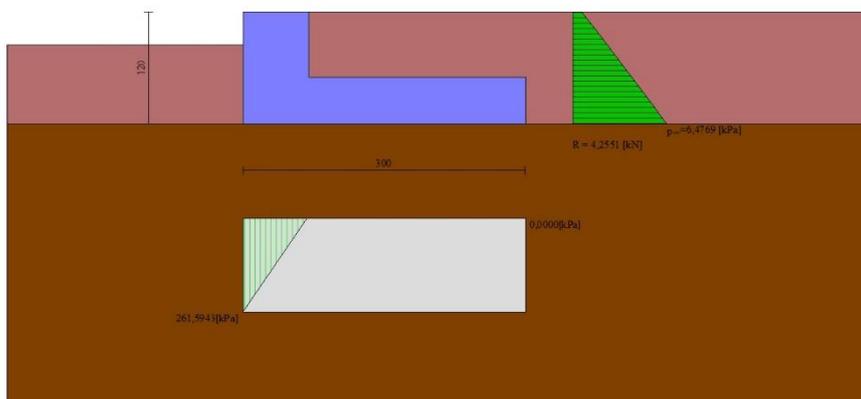


Fig. 9 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

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)	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272
2 - GEO (A2-M2-R2)	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272
3 - EQU (A1-M1-R3)	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272
4 - ECC	89,39	55,61	115,44	135,80	1,272

Verifiche geotecniche

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.126		8.650			
2 - GEO (A2-M2-R2)					10.062		
3 - EQU (A1-M1-R3)			1.176				

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)	62,59	0,00	0,00	--	--	62,59	55,61	1.126

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)	89,39	773,22	552,30	8.650

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, N _γ	Fattori di capacità portante
ic, iq, i _γ	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d _γ	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g _γ	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_γN_γ, viene moltiplicato per questo fattore
 D Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
 B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 φ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo "--" sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Meyerhof).

n°	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	46.124 33.296 37.152	0.417 0.417 0.008	1.109 1.054 1.054	-- -- --	-- -- --	-- -- --	-- -- --	--	--	--	0.956

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [°]	φ [kN/mc]	c [kPa]
1	0,85	3,00	2,88	20,00	35,00	0

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
3 - EQU (A1-M1-R3)	135,80	115,44	1.176

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
2 - GEO (A2-M2-R2)	0,00; 2,50	4,37	10.062

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

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

n°	W [kN]	Q _y [kN]	Q _f [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	T _x ; T _y [kN]
1	0,94	0,69	0,00	3,59 - 0,28	50.984	35.000	0	0,0	
2	2,70	0,69	0,00	0,28	46.763	35.000	0	0,0	
3	4,19	0,69	0,00	0,28	41.686	35.000	0	0,0	
4	5,45	0,69	0,00	0,28	36.987	35.000	0	0,0	
5	6,73	0,69	0,00	0,28	32.565	35.000	0	0,0	
6	8,10	0,69	0,00	0,28	28.353	35.000	0	0,0	
7	8,86	0,69	0,00	0,28	24.302	35.000	0	0,0	
8	9,48	0,69	0,00	0,28	20.378	35.000	0	0,0	
9	10,00	0,69	0,00	0,28	16.552	35.000	0	0,0	
10	10,40	0,69	0,00	0,28	12.800	35.000	0	0,0	
11	10,69	0,69	0,00	0,28	9.104	35.000	0	0,0	
12	10,89	0,69	0,00	0,28	5.446	35.000	0	0,0	
13	10,98	0,69	0,00	0,28	1.810	35.000	0	0,0	

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
14	11,61	0,00	0,00	0,28	-1.819	35.000	0	0,0	
15	11,85	0,00	0,00	0,28	-5.455	35.000	0	0,0	
16	9,98	0,00	0,00	0,28	-9.113	35.000	0	0,0	
17	7,77	0,00	0,00	0,28	-12.809	35.000	0	0,0	
18	7,37	0,00	0,00	0,28	-16.561	35.000	0	0,0	
19	6,86	0,00	0,00	0,28	-20.387	35.000	0	0,0	
20	6,23	0,00	0,00	0,28	-24.312	35.000	0	0,0	
21	5,47	0,00	0,00	0,28	-28.362	35.000	0	0,0	
22	4,57	0,00	0,00	0,28	-32.575	35.000	0	0,0	
23	3,51	0,00	0,00	0,28	-36.998	35.000	0	0,0	
24	2,25	0,00	0,00	0,28	-41.698	35.000	0	0,0	
25	0,76	0,00	0,00	-3,32 - 0,28	-45.816	35.000	0	0,0	

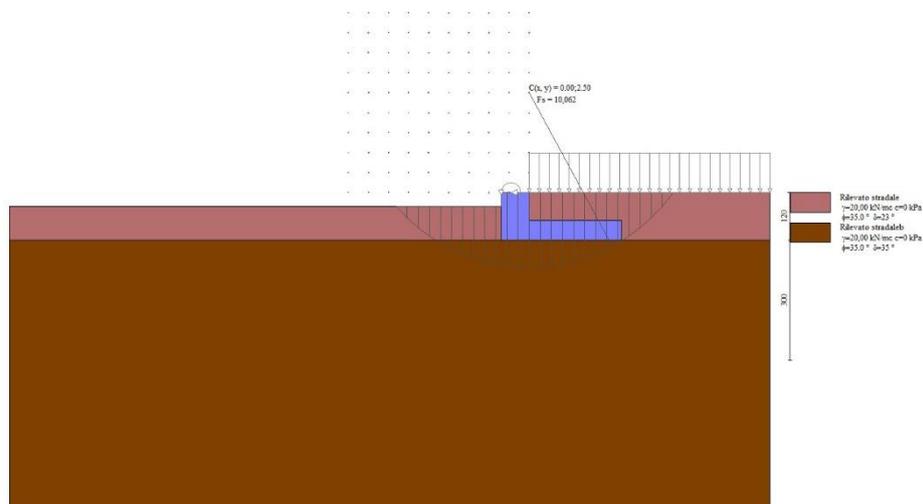


Fig. 10 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 2)

Sollecitazioni

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

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

Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	51,70	51,70	51,70	51,70
2	-0,10	1,75	1,75	51,78	51,78	56,87	56,87
3	-0,20	3,50	3,50	51,90	51,90	62,06	62,06
4	-0,30	5,25	5,25	52,07	52,07	67,26	67,26
5	-0,40	7,00	7,00	52,29	52,29	72,47	72,47
6	-0,50	8,75	8,75	52,54	52,54	77,71	77,71
7	-0,60	10,50	10,50	52,85	52,85	82,98	82,98
8	-0,70	12,25	12,25	53,19	53,19	88,29	88,29

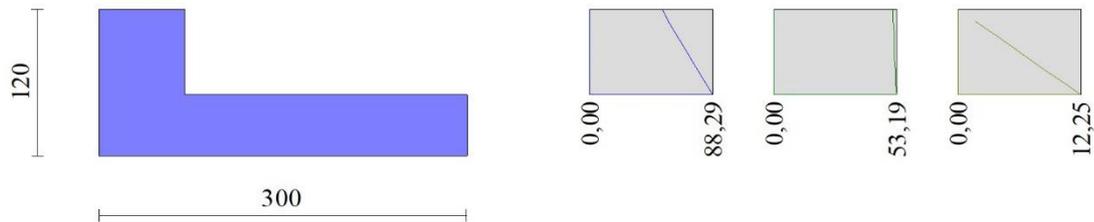


Fig. 11 - Paramento

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	-66,70	-66,70	-76,70	-76,70
2	0,10	0,00	0,00	-63,80	-63,80	-70,18	-70,18
3	0,20	0,00	0,00	-60,90	-60,90	-63,94	-63,94
4	0,30	0,00	0,00	-58,00	-58,00	-58,00	-58,00
5	0,40	0,00	0,00	-55,10	-55,10	-52,34	-52,34
6	0,50	0,00	0,00	-52,20	-52,20	-46,98	-46,98
7	0,60	0,00	0,00	-49,30	-49,30	-41,90	-41,90
8	0,70	0,00	0,00	-46,40	-46,40	-37,12	-37,12
9	0,80	0,00	0,00	-43,50	-43,50	-32,63	-32,63
10	0,90	0,00	0,00	-40,60	-40,60	-28,42	-28,42
11	1,00	0,00	0,00	-37,70	-37,70	-24,51	-24,51
12	1,10	0,00	0,00	-34,80	-34,80	-20,88	-20,88
13	1,20	0,00	0,00	-31,90	-31,90	-17,55	-17,55
14	1,30	0,00	0,00	-29,00	-29,00	-14,50	-14,50
15	1,40	0,00	0,00	-26,10	-26,10	-11,74	-11,74
16	1,50	0,00	0,00	-23,20	-23,20	-9,28	-9,28
17	1,60	0,00	0,00	-20,30	-20,30	-7,11	-7,11
18	1,70	0,00	0,00	-17,40	-17,40	-5,22	-5,22
19	1,80	0,00	0,00	-14,50	-14,50	-3,63	-3,63
20	1,90	0,00	0,00	-11,60	-11,60	-2,32	-2,32
21	2,00	0,00	0,00	-8,70	-8,70	-1,30	-1,30
22	2,10	0,00	0,00	-5,80	-5,80	-0,58	-0,58
23	2,20	0,00	0,00	-2,90	-2,90	-0,15	-0,15
24	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

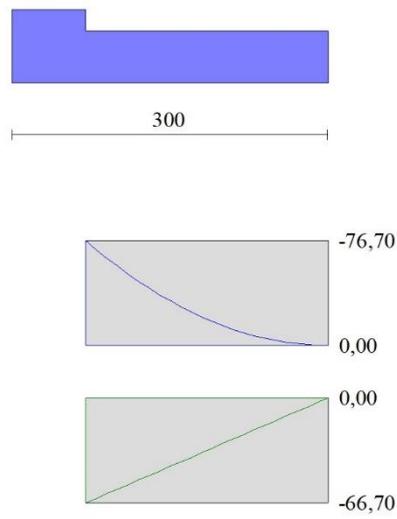


Fig. 12 - Fondazione