

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO**

VAR0031 – SSE BIVIO CORVI

PIAZZOLE TECNOLOGICHE

PIAZZOLA CORVI (BORZOLI)

Muro di sostegno piazzale quota +75.00 (MS04) – Relazione di calcolo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. F. Poma	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 X	D	C V	C L	I N 2 1 0 X	0 0 6	A

Progettazione :							
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data
A00	PRIMA EMISSIONE	IC 	20/07/2020	COCIV 	22/07/2020	A.Mancarella 	24/07/2020
A01	Revisione per nome direttore COCIV	COCIV	08/09/21	COCIV	08/09/21	P. Costa Medich 	08/09/21



INDICE

1.	PREMESSE	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.	PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA	6
4.	AZIONE SISMICA	7
	4.1. Accelerazione massima su suolo roccioso (tipo A).....	7
	4.2. Effetto di amplificazione locale	7
	4.3. Accelerazione massima orizzontale al sito.....	8
5.	CARATTERISTICHE MATERIALI	9
6.	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO	10
7.	METODI DI CALCOLO E DI VERIFICA	11
	7.1. Verifica di capacità portante del terreno di fondazione	11
	7.2. Verifica di ribaltamento	12
	7.3. Verifica allo scorrimento sul piano di posa	12
	7.4. Verifica di stabilità globale	13
	7.5. Verifiche strutturali di resistenza (SLU).....	14
	7.6. Verifica strutturale di fessurazione (SLE).....	14
8.	ANALISI DEI CARICHI	15
	8.1. Peso proprio	15
	8.2. Sovraccarico accidentale.....	15
	8.3. Urto testa muro.....	15
	8.4. Premessa sulla modellazione della spinta delle terre	15
	8.5. Spinta "attiva" della terra in condizioni statiche	16
	8.6. Spinta "attiva" della terra in condizioni sismiche	17
	8.7. Spinta passiva della terra in condizioni statiche e sismiche.....	18
	8.8. Combinazioni di carico e coefficienti parziali.....	18
9.	SEZIONE TIPO 1	20
10.	SEZIONE TIPO 2	24
11.	ALLEGATO 1 – SEZIONE TIPO 1 – TABULATO	28
12.	ALLEGATO 2 – SEZIONE TIPO 2 – TABULATO	39

1. PREMESSE

La presente relazione documenta l'analisi e le verifiche di equilibrio del muro di sostegno MS04 previsto nell'ambito del Progetto Definitivo del piazzale tecnologico di Borzoli (sistema Alta Capacità Milano – Genova) in corrispondenza della cava "Serra", attualmente non più soggetta ad attività estrattiva.

Si tratta (cfr. figure n.1.1, 1.2) di un muro in c.a. di sostegno del piazzale a quota +75.00m s.l.m., costituito da due sezioni tipo di altezza pari a 3.50m per la sezione tipo 1, e di altezza pari a 1.50m per la sezione tipo 2. Lo sviluppo totale del muro è pari a 52.40m.

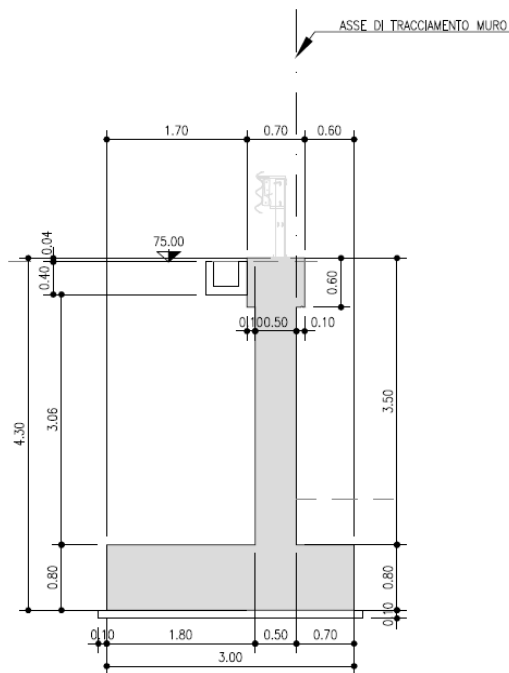


Figura n.1.1 – Geometria dell'opera – sezione tipo 1

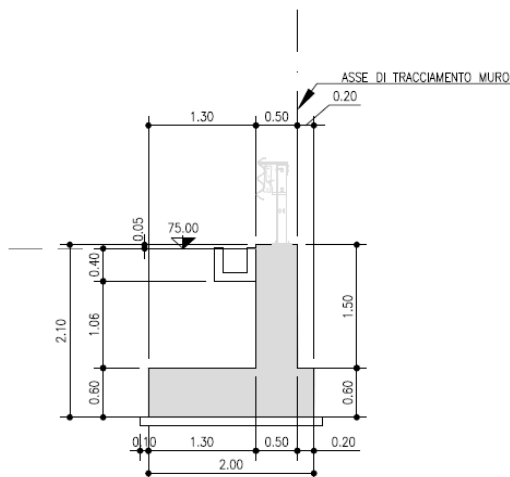


Figura n.1.2 – Geometria dell'opera – sezione tipo 2

Per le geometrie in dettaglio delle strutture si rimanda ai relativi elaborati grafici di progetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-006-A01.DOC	Foglio 5 di 48

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Circolare 21 gennaio 2019, n.7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Istruzioni per l'applicazione dell'«*Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Gazzetta Ufficiale del 11.02.2019 n. 5, supplemento ordinario n.35.

D.M. 17/01/2018 «*Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*» - GU n°8 del 17/2/2018

EUROCODICI E RACCOMANDAZIONI

UNI-EN 1997-1:2005 – “Eurocodice 7: Progettazione geotecnica – Parte 1: regole generali”

UNI EN 1998-1:2005 “Eurocode 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”.

UNI-EN 1998-5:2005 “Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”

AGI (2005) “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”. Linee guida

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-006-A01.DOC
	Foglio 6 di 48

3. PROGRAMMI PER L'ANALISI AUTOMATICA

Per l'analisi e la verifica del muro si è fatto ricorso al seguente codice di calcolo commerciale:

MAX-15 2018 _15.03.D – Aztec (analisi muri)

4. AZIONE SISMICA

Per le verifiche sismiche si assume quanto segue:

- ✓ Opera tipo 3
- ✓ Vita nominale dell'opera $V_N = 100$ anni
- ✓ Classe d'uso III
- ✓ Coefficiente d'uso 1.5

Si ottiene:

$V_R =$ periodo di riferimento = 100 anni \times 1.5 = 150 anni

Ovvero i tempi di ritorno di cui alla tabella seguente:

STATI LIMITE		$T_R = T_R(V_R)$
SLE	SLO	$T_R = 90$ anni
	SLD	$T_R = 151$ anni
SLU	SLV	$T_R = 1424$ anni
	SLC	$T_R = 2'475$ anni

Tabella n.4.1 - Tempo di ritorno in funzione della vita di riferimento

4.1. ACCELERAZIONE MASSIMA SU SUOLO ROCCIOSO (TIPO A)

Coordinate geografiche sito (sistema ED50): Lat. 44.44477 – Long. 8.85738

Parametri per calcolo azione sismica su suolo roccioso:

	T_R	a_g	F_0	T^*_c
SLO	90	0.037	2.547	0.234
SLD	151	0.045	2.518	0.266
SLV	1424	0.100	2.518	0.297
SLC	2475	0.121	2.511	0.301

Tabella n.4.2 - Parametri azione sismica su suolo roccioso

4.2. EFFETTO DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

In accordo con la "Relazione Geotecnica" cui si rimanda per i dettagli si assume quanto segue:

- ✓ Terreno tipo B
- ✓ Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_S = 1.2$ (categoria suolo B)
- ✓ Coefficiente di amplificazione stratigrafica: $S_T = 1.2$ (categoria topografica T2)

4.3. ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE AL SITO

$$a_{\max} = a_g \times S = a_g \times S_T \times S_s$$

	T_R	a_{\max}
SLO	90	0.053
SLD	151	0.065
SLV	1424	0.144
SLC	2475	0.174

Tabella n.4.3 - Azione massima orizzontale al sito

5. CARATTERISTICHE MATERIALI

Calcestruzzo per getti protetti (fondazione)

- Classe di resistenza: **C25/30**
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto massimo a/c: 0.60
- copriferro netto: 30+10mm

Calcestruzzo per getti esposti (elevazioni e cordoli di testa)

- Classe di resistenza: **C32/40**
- Classe di esposizione: XS1
- Rapporto massimo a/c: 0.50
- copriferro netto: 30+10mm

Acciaio per armature lente

- barre in acciaio **B450C** ad aderenza migliorata:
- tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} \geq 540\text{MPa}$
- tensione caratteristica di snervamento : $f_{yk} \geq 450\text{MPa}$
- sovrapposizione continua: 50Ø

Calcestruzzo per magro di sottofondazione

- Classe di resistenza: **C12/15**
- Contenuto minimo di cemento: 150kg/mc

Per maggiori dettagli sui materiali si rimanda alle tavole di progetto.

6. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Con riferimento alla “*Relazione Geotecnica*”, ai fini delle analisi di seguito documentate si fa riferimento alla seguente stratigrafia di calcolo ($z=m$ da p.c. locale):

$z \cong 0 \div 4.00m$: Materiale di riporto costituito da ghiaia etero metrica con ciottoli, sabbiosa con clasti poligenici e tracce di laterizi;

$z \cong 4.00 \div 10.00m$: Substrato roccioso costituito da serpentinoscisti completamente alterati e destrutturati (eluvio).

Per quanto concerne le caratteristiche geotecniche del materiale di riporto, del substrato roccioso alterato e del materiale di riempimento a tergo dei muri, si considera quanto riportato in tabella n.6.1 (parametri “caratteristici”).

Parametro		Materiale di riporto	Substrato roccioso alterato	Materiale di riempimento
Peso naturale di volume sat.	γ_{sat} (kN/m ³)	20	28	19
Angolo di attrito	φ' (°)	34	28-30	36
Coesione efficace	c' (kPa)	0	300	0
Angolo di attrito terra/muro	δ (°)	0.67φ	0.67φ	--

Tabella n.6.1 – Parametri caratteristici di resistenza al taglio

Si precisa che le caratteristiche del materiale di riporto presente in sito sono state definite in via cautelativa in assenza di specifiche indagini, mentre le caratteristiche del materiale di riempimento sono state definite con riferimento a valori “tipici” in uso nella prassi progettuale.

La falda non interessa le opere in progetto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-006-A01.DOC Foglio 11 di 48

7. METODI DI CALCOLO E DI VERIFICA

7.1. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Si fa riferimento al paragrafo 6.5.3.1.1 per la statica, mentre per la sismica al paragrafo 7.11.6.2.2 delle NTC. La verifica di capacità portante del terreno viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 2
- Stato limite (SLU): GEO
- Coefficienti parziali: A_1, M_1, R_3

Si verifica che valga:

$$q_d \leq (q_{lim} / \gamma_R)$$

Dove:

q_d = pressione media (Meyerhof) all'imposta (da verifica muro)

q_{lim} = resistenza limite del terreno (Brinch-Hansen)

γ_{R_s} = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.4 (condizioni statiche – tab. 6.5.I)

γ_{R_e} = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.2 (condizioni sismiche – tab. 7.11.III)

Per il calcolo della portata limite del terreno si adotta la formulazione proposta da Brinch-Hansen (1970) per terreno granulare. Si fanno le seguenti ipotesi generali:

- Fondazioni rigide.
- Piano di posa e di campagna orizzontali.
- Si assume che il sovraccarico del terreno posto al di sopra della quota di imposta agisca solo come forza esterna stabilizzante (coefficienti di profondità nulli).
- Si trascura, a favore di sicurezza, la preconsolidazione dovuta allo scavo fino alla quota di imposta.

In presenza di carichi eccentrici si ricorre al criterio proposto Meyerhof che prevede di calcolare la capacità del terreno con riferimento alla larghezza "netta" (B'):

$$B' = B - 2e$$

dove:

B = dimensioni "reali" della fondazione;

e = eccentricità del carico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-006-A01.DOC	Foglio 12 di 48

7.2. VERIFICA DI RIBALTAMENTO

Si fa riferimento al paragrafo n.6.5.3.1.1 e 7.11.6.2 delle NTC. La verifica a ribaltamento viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 2
- Coefficienti parziali: A_1, M_1, R_3

Si verifica che valga:

$$M_{d-r} \leq (M_{d-s} / \gamma_R)$$

dove:

M_{d-r} = momento di calcolo ribaltante da calcolo muro

M_{d-s} = momento di calcolo stabilizzante da calcolo muro

$\gamma_{R,s}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.15 (condizioni statiche – tab. 6.5.I)

$\gamma_{R,e}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.00 (condizioni sismiche – tab. 7.11.III)

7.3. VERIFICA ALLO SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA

Si fa riferimento al paragrafo n.6.4.2.1 e 7.11.5.3.1 delle NTC. La verifica di scorrimento sul piano di posa viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 2
- Stato limite (SLU): GEO
- Coefficienti parziali: A_1, M_1, R_3

Si verifica che valga:

$$H_d \leq (R_d / \gamma_R)$$

Dove:

H_d = azione orizzontale di calcolo all'imposta della fondazione da calcolo del muro

R_d = resistenza di calcolo allo scorrimento

$\gamma_{R,s}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.1 (condizioni statiche – tab. 6.5.I)

$\gamma_{R,e}$ = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo = 1.0 (condizioni sismiche – tab. 7.11.III)

La resistenza di calcolo allo scorrimento viene definita sulla base della seguente espressione:

$$R_d = N_d \tan(\delta_d)$$

dove:

N_d = azione assiale da calcolo del muro

δ_d = angolo di attrito di calcolo = $2/3 \phi'_k$

7.4. VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

Si fa riferimento al paragrafo n.6.8.2 e 7.11.4 delle NTC-2008. La verifica di stabilità viene svolta sotto le seguenti ipotesi:

- Approccio di calcolo: 1
- Combinazione: 2
- Coefficienti parziali: A_2, M_2, R_2 (vedere tabella n.7.1)

Si verifica che valga:

$$\tau_m \leq (\tau_s / \gamma_R)$$

Dove:

τ_m = sforzo di taglio mobilitato

τ_s = sforzo di taglio disponibile

γ_R = coefficiente globale sulla resistenza di calcolo (NTC - §6.8.2 e 7.11.4)

I valori delle forze mobilitanti e resistenti sono definiti in rapporto ai coefficienti parziali (tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.8.I e 7.11.4 delle NTC) di cui alla tabella n.7.1:

VERIFICA	γ_F			γ_M			γ_R
	Permanenti sfavorevoli		Accidentali sfavorevoli	$\tan(\phi')$	c'	c_u	
	Strutturali e permanenti definiti (p.p., spinte terra e acqua)	Permanenti non definiti					
STATICA	1.00	1.30	1.30	1.25	1.25	1.40	1.10
SISMA_SLV	1.00 (1)	1.00 (1)	1.00 (1)	1.00 (1)	1.00 (1)	1.00 (1)	1.20

(1) – da paragrafo n.7.11.4 NTC

Tabella n.7.1- Coefficienti parziali

Per il calcolo della superficie di rottura si ricorre al metodo dell'equilibri limite proposto da **Bishop** (1965). La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Detta superficie viene definita su una maglia di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il solido in potenziale movimento è suddiviso in 25 elementi.

Le equazioni di equilibrio applicate al generico elemento sono di seguito riassunte:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

Con:

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

Dove:

n = numero di elementi (25)

b_i = lunghezza base dell'elemento i-esimo

α_i = inclinazione della base dell'elemento i-esismo
 W_i = peso dell'elemento i-esismo

7.5. VERIFICHE STRUTTURALE DI RESISTENZA (SLU)

Si rimanda ai criteri di verifica di cui al paragrafo 4.1.2 delle NTC (2008) ed alle caratteristiche dei materiali di cui ai precedenti capitoli.

7.6. VERIFICA STRUTTURALE DI FESSURAZIONE (SLE)

Il valore di calcolo di apertura delle fessure viene valutato (paragrafo 4.1.2.2.4.6) con l'espressione:

$$w_d = 1.7 w_m = 1.7 (\varepsilon_{sm} \Delta_{sm})$$

dove:

ε_{sm} = deformazione unitaria media della barra di armatura

Δ_{sm} = distanza media tra le fessure

Il valore di calcolo deve risultare inferiore al limite definito dai seguenti valori nominali (paragrafo 4.1.2.2.4.1):

$w_1 = 0.2\text{mm}$

$w_2 = 0.3\text{mm}$

$w_3 = 0.4\text{mm}$

Lo stato limite di fessurazione deve essere scelto in funzione delle condizioni ambientali, e delle sensibilità delle armature come riassunto nelle tabelle di cui al seguito.

Tab. 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

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Nel caso in studio si considera:

- Gruppo: a
- Condizioni ambientali: aggressive per getti esposti (classe di esposizione XS1)
ordinarie per getti protetti (classe di esposizione XC1)
- Armatura: poco sensibile (acciaio ordinario)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-006-A01.DOC	Foglio 15 di 48

8. ANALISI DEI CARICHI

8.1. PESO PROPRIO

Il peso proprio dei getti in c.a. è valutato in ragione di 25kN/m³.

8.2. SOVRACCARICO ACCIDENTALE

Il sovraccarico accidentale stradale e autostradale è modellato, cautelativamente, con una pressione media uniforme distribuita su tutta la carreggiata di entità pari a 20KN/m².

8.3. URTO TESTA MURO

Ove è prevista l'installazione di una barriera in acciaio si considera che il muro possa essere sollecitato dall'azione dell'urto per lo svio dei veicoli.

In accordo con le NTC (paragrafo n.3.6.3) si considera l'azione dovuta all'urto nel caso di un'automobile su area di parcheggio, che prevede l'applicazione di una forza (F) di entità pari a 50kN ad un'altezza (h) pari a 50cm dal piano viario, ripartita su una larghezza (L) pari al minimo tra 1.50m e la larghezza della membratura verticale.

- Ai fini delle verifiche di seguito documentate si considera quindi quanto segue:

$$M_d = Fh/L = 50 \times 0.5 / 1.5 = 16.67 \text{ kNm/m}$$

$$V_d = F/L = 50 / 1.5 = 33.33 \text{ kN/m}$$

Tale impostazione viene mantenuta prudenzialmente anche ai fini delle verifiche di equilibrio "globale" (scorrimento, ribaltamento e capacità portante del terreno di fondazione) laddove la condizione di carico in presenza di urto risulti non dimensionante;

- Nei casi in cui la condizione di carico in presenza di urto risulti invece dimensionante ai fini delle verifiche di equilibrio "globale" (scorrimento, ribaltamento e capacità portante del terreno di fondazione) si considera, più realisticamente, una ripartizione sul concio di minore lunghezza (L_{min}) del muro in oggetto, ottenendo pertanto quanto segue:

$$M_d = Fh/L_{min}$$

$$V_d = F/L_{min}$$

8.4. PREMessa SULLA MODELLAZIONE DELLA SPINTA DELLE TERRE

L'analisi geotecnica e strutturale del muro viene svolta con l'ausilio del codice di calcolo **MAX15** (Geostru) che consente di definire i valori di spinta dovuti alla terra ed alle azioni esterne mediante più generale (*Culmann*) basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite.

Tale metodo, che adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb, consente di analizzare situazioni con profilo del terreno a tergo del muro di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti.

I passi del procedimento risolutivo implementati sono i seguenti:

1. si ipotizza una superficie di rottura piana (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 (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.
4. I passi da 1 a 3 vengono iterati fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima

In figura n.8.1 è illustrato lo schema concettuale seguito nel calcolo delle spinte e dei relativi equilibri. Si osserva che le verifiche strutturali sono riferite ad una sezione corrispondente con il paramento interno dell'elevazione mentre le verifiche geotecniche sono riferite ad una ideale sezione tracciata in corrispondenza dell'oggetto di monte.

E' da notare che i valori degli angoli δ_1 e δ_2 (funzione degli angoli d'attrito ϕ_1 e ϕ_2) relativi rispettivamente al terreno di riempimento ed al terreno spingente definiscono (di fatto) l'inclinazione rispetto alla normale alla sezione di calcolo delle forze risultanti (spinta della terra, sovraccarichi, ecc.) impiegate nel calcolo per le verifiche strutturali (S_1) e per le verifiche geotecniche (S_2).

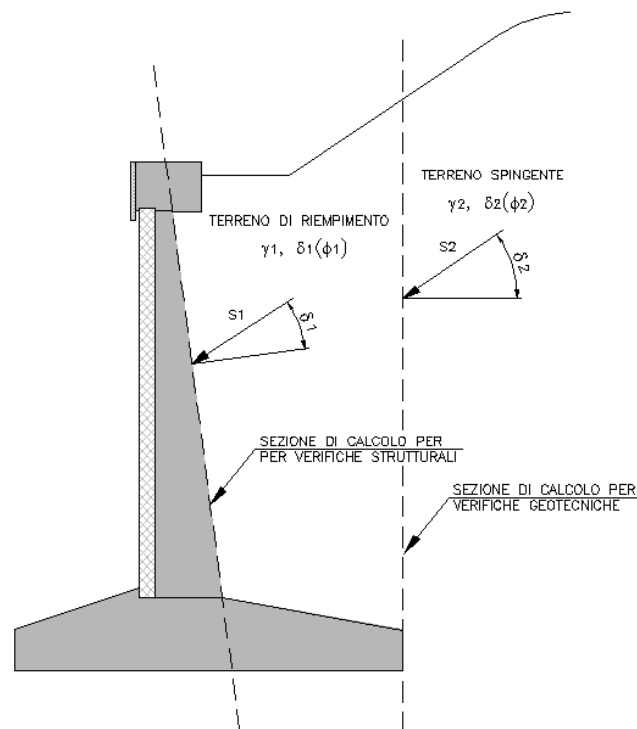


Figura n.8.1 – Schema per il calcolo delle spinte

8.5. SPINTA “ATTIVA” DELLA TERRA IN CONDIZIONI STATICHE

Come anticipato nel precedente capitolo per il calcolo della spinta della terra si fa riferimento al metodo di *Culmann* (o metodo del cuneo di tentativo) implementato automaticamente nel codice di calcolo **MAX-15**.

Vista la tipologia delle opere si fa riferimento ad un regime di **spinta “attiva”**

8.6. SPINTA “ATTIVA” DELLA TERRA IN CONDIZIONI SISMICHE

Per considerare l'incremento di spinta dovuto al sisma si fa riferimento al metodo di *Mononobe-Okabe*. Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\begin{aligned}\varepsilon' &= \varepsilon + \theta \\ \beta' &= \beta + \theta\end{aligned}$$

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 .

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:

$$A = [\cos^2(\beta + \theta)] / [\cos^2\beta \cos\theta]$$

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta.

Oltre a questo incremento il codice di calcolo tiene conto anche delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze (applicate nel baricentro dei pesi) vengono valutate come di seguito indicato:

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi.

Nel caso specifico in studio i coefficienti sismici k_h e k_v valgono (cfr. NTC – tabella n.7.1.II e paragrafo n.4.5):

$$\begin{aligned}k_h &= \beta_m \cdot (a_{max} / g) \\ k_v &= \pm 0.5 \cdot k_h\end{aligned}$$

dove:

a_{max} = accelerazione massima al sito = $a_g \times S_s \times S_T$

g = accelerazione di gravità

k_h = coefficiente sismico orizzontale

k_v = coefficiente sismico verticale

β_m = coefficiente moltiplicativo di cui alla tabella n.8.1

	β_m	
	Tipo A	Tipo B-C-D-E
$0.2 < a_g \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g \leq 0.1$	0.20	0.18

Tabella n.8.1 – Coefficiente β (da NTC – 7.11.II)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301-0X-D-CV-CL-IN21-0X-006-A01.DOC	Foglio 18 di 48

Nel caso in studio si ottiene (SLV):

$$k_h = \beta_m \cdot (a_{max} / g) = 0.27 \cdot 0.203 = 0.0550$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = \pm 0.5 \cdot 0.055 = \pm 0.0275$$

8.7. SPINTA PASSIVA DELLA TERRA IN CONDIZIONI STATICHE E SISMICHE

Il contributo stabilizzante della spinta passiva viene trascurato a favore di sicurezza.

8.8. COMBINAZIONI DI CARICO E COEFFICIENTI PARZIALI

Si fa riferimento al paragrafo n.6.5.3.1.1 e 7.11.6.2.2 delle NTC. Per l'analisi del muro si considerano i seguenti stati limite:

Verifiche di resistenza (statico SLU e sismico SLV)

GEO: Verifica di capacità portante della fondazione

GEO: Verifica di scorrimento sul piano di posa

STR: Verifiche strutturali di resistenza

EQU: Verifica di ribaltamento

Verifiche di fessurazione

SLE: Verifiche strutturali di fessurazione

Nello specifico si possono pertanto definire le seguenti combinazioni di carico con relativi coefficienti parziali (tabella n.8.2):

CONDIZIONE DI CARICO	TIPO DI VERIFICA	RESISTENZA	AZIONI				
		γ_M	Peso proprio del muro γ_{G1}	Spinta terra γ_{G1}	Traffico γ_{q1}	Urto γ_{q2}	Sisma
TRAFFICO	STRUTTURALE CAP. PORTANTE SCORRIMENTO RIBALTAMENTO	M₁	1.3	1.3	1.5	--	0.0
URTO	STRUTTURALE CAP. PORTANTE SCORRIMENTO RIBALTAMENTO	M₁	1.0 ⁽¹⁾	1.0 ⁽¹⁾	1.0 ⁽¹⁾	1.0 ⁽¹⁾	0.0
SISMA	STRUTTURALE CAP. PORTANTE SCORRIMENTO RIBALTAMENTO	M₁	1.0	1.0	0.0 ⁽²⁾	0.0 ⁽²⁾	1.0
QP (quasi perm.)	FESSURAZIONE	M₁	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
FR (frequente)			1.0	1.0	0.75	0.0	0.0

⁽¹⁾ in accordo al paragrafo NTC n.3.6.3 si considera l'urto come condizione "eccezionale"

⁽²⁾ in accordo al paragrafo NTC n.2.5.3 si considerano coefficienti di contemporaneità $\Psi_{2j}=0.0$

Tabella n.8.2 – Coefficienti e combinazioni per calcolo del muro

9. SEZIONE TIPO 1

Si riportano le verifiche globali della sezione tipo 1 con altezza massima di calcolo dell'elevazione pari a 3.50m (vedere figura n.9.1). Sulla sommità è prevista l'installazione di una barriera di sicurezza metallica.

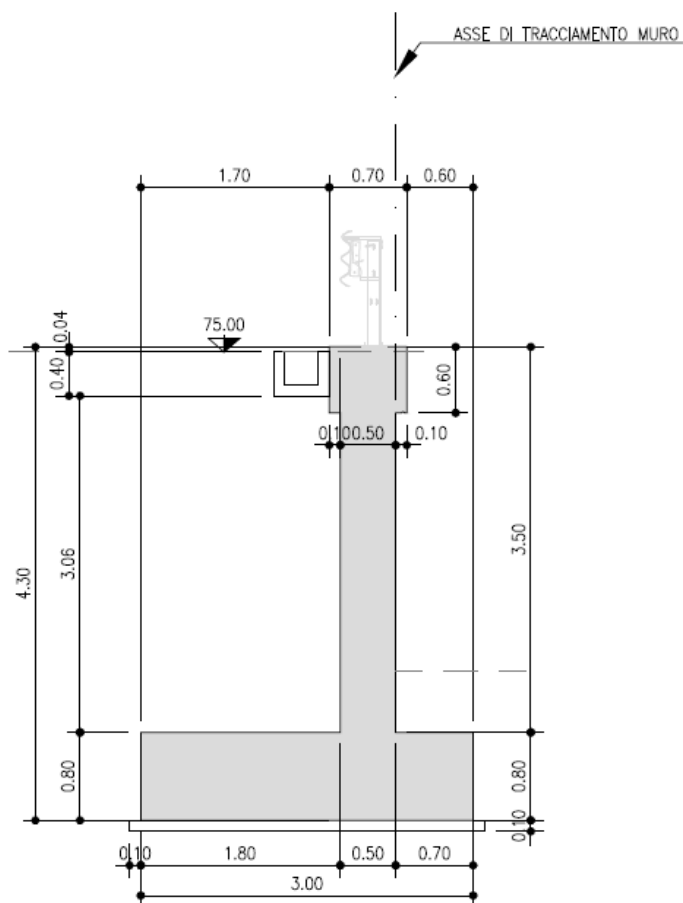


Figura n.9.1 – Carpenteria sezione tipo 1

Segue (figura n.9.2) immagine della geometria del modello di calcolo MAX15 considerata per la verifica:

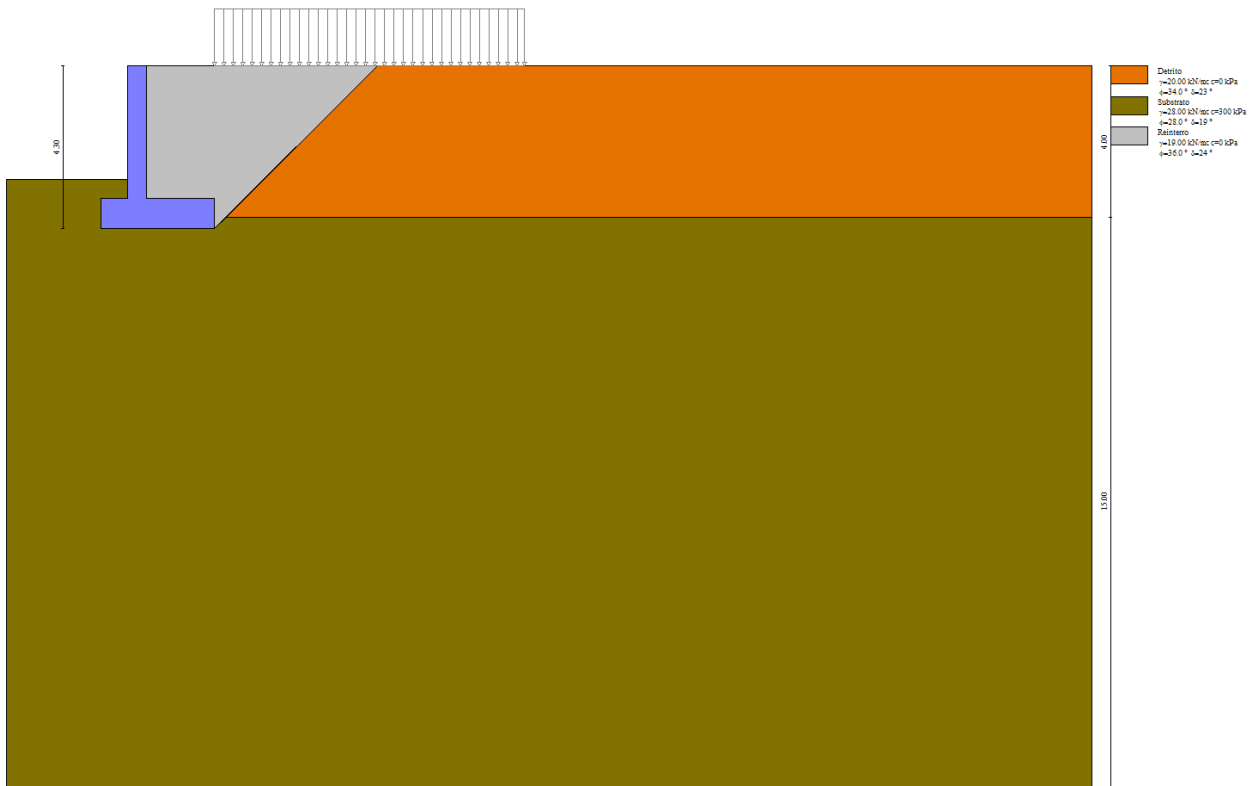


Figura n.9.2 – Sezione di verifica codice MAX15

Si riportano di seguito i principali risultati in relazione ai coefficienti di sicurezza ottenuti per tutte le combinazioni di carico ed alle azioni interne in elevazione e fondazione. Per tutti i dettagli delle analisi e delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo di cui **all'allegato 1**.

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.126		38.431			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.494		56.951			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.469		58.730			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.419		40.876			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.284		42.921			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.261		37.821			
7 - GEO (A2-M2-R2)					10.307		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				16.309		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				16.952		
10 - EQU (A1-M1-R3)			3.721				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.439				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.831				
13 - ECC		1.305	2.366	31.847	18.452		

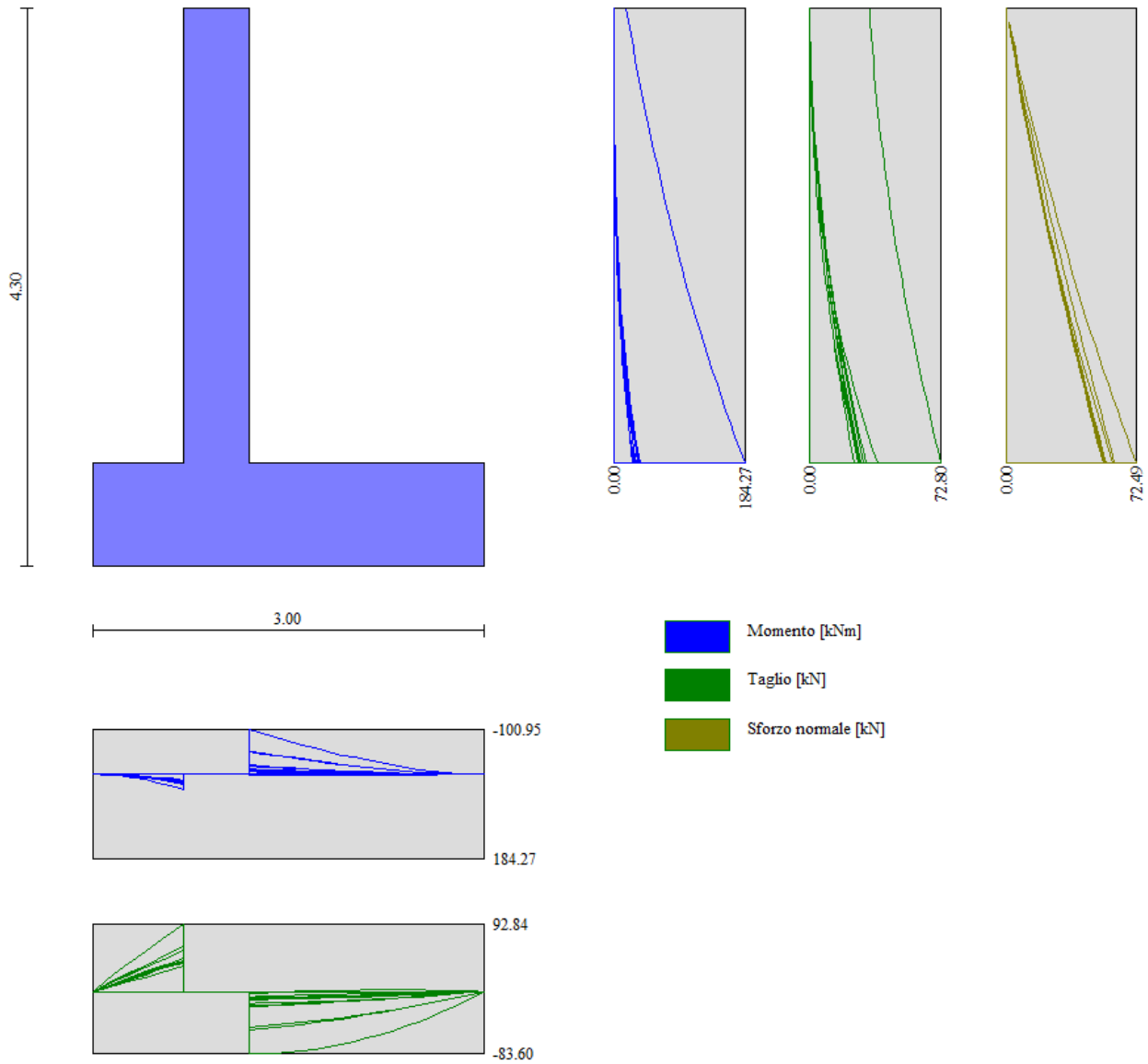


Figura n.9.3 – Inviluppo delle sollecitazioni agenti

Nella seguente figura è illustrata l'analisi di stabilità nella combinazione più critica (**combinazione 7**).

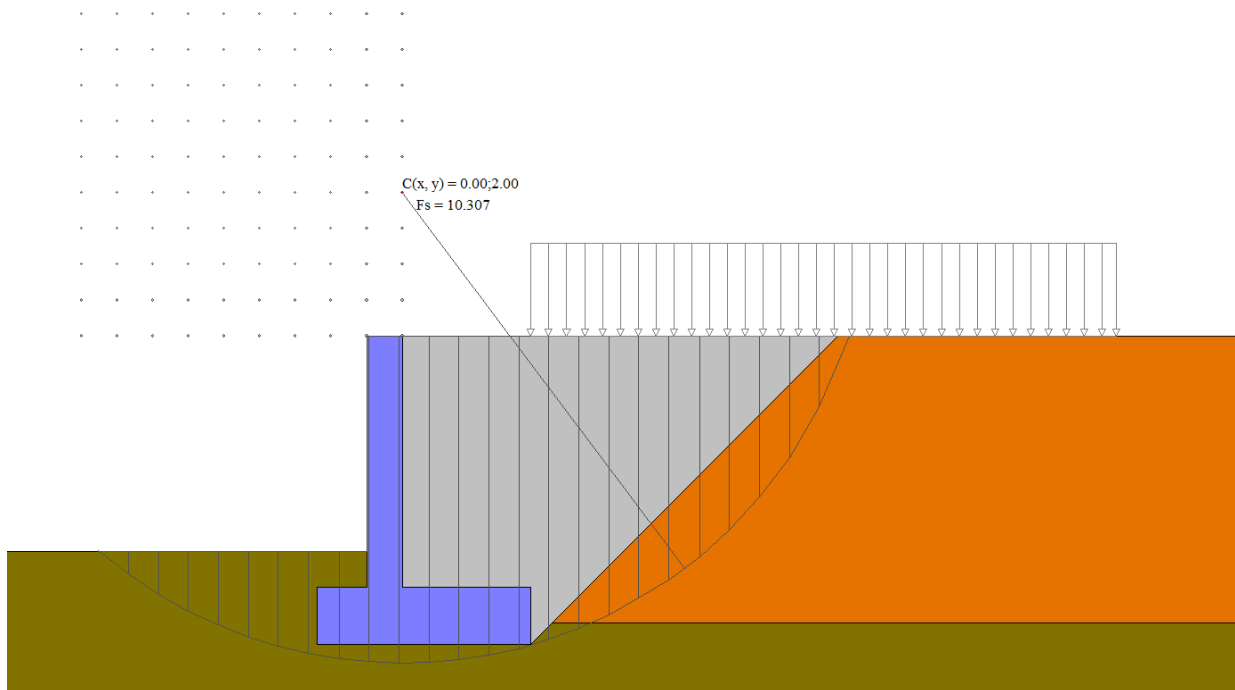


Figura n.9.4 – Superficie di rottura del terreno nella combinazione più critica

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	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
36	-3.50	54.02	72.49	24.97	72.80	26.36	184.27

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
8	-0.50	0.00	0.00	34.93	92.84	11.98	34.01
9	0.00	0.00	0.00	-83.60	-2.77	-100.95	1.69

10. SEZIONE TIPO 2

Si riportano le verifiche globali della sezione tipo 2 con altezza massima di calcolo dell'elevazione pari a 1.50m (vedere figura n.10.1). Sulla sommità è prevista l'installazione di una barriera di sicurezza metallica.

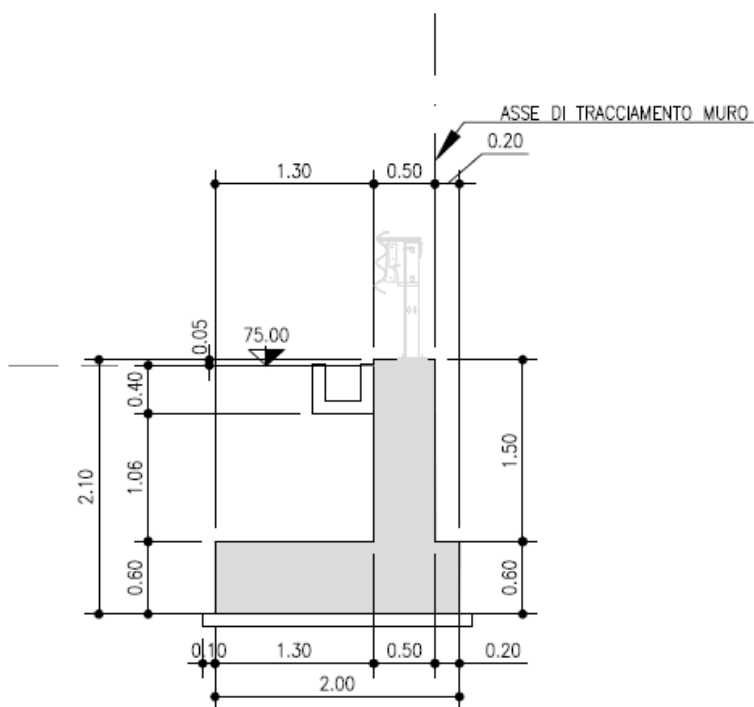


Figura n.10.1 – Carpenteria sezione tipo 2

Segue (figura n.10.2) immagine della geometria del modello di calcolo MAX15 considerata per la verifica:

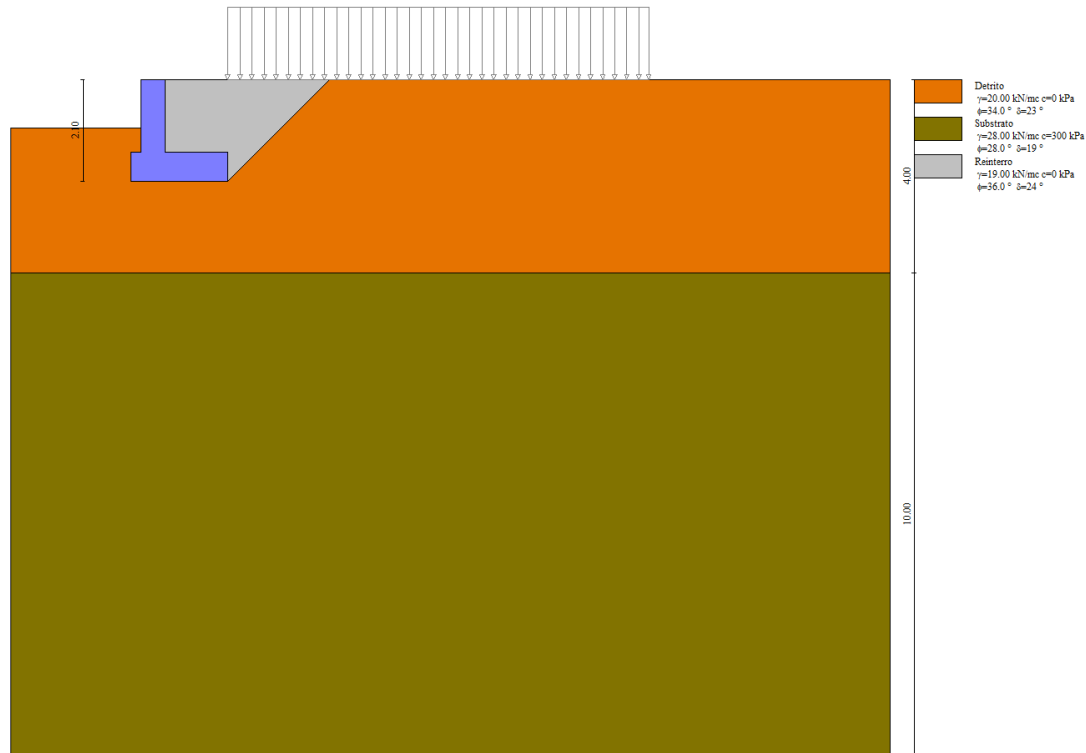


Figura n.10.2 – Sezione di verifica codice MAX15

Si riportano di seguito i principali risultati in relazione ai coefficienti di sicurezza ottenuti per tutte le combinazioni di carico ed alle azioni interne in elevazione e fondazione. Per tutti i dettagli delle analisi e delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo di cui **all'allegato 2**.

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

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

Cmb	Sismica	FS _{SCO}	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{SUPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		1.623		10.359			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.577		15.607			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.525		16.191			
4 - STR (A1-M1-R3)		2.054		10.137			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.817		10.778			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.861		9.864			
7 - GEO (A2-M2-R2)					2.240		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				3.889		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.841		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.931				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		6.832				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		5.418				
13 - ECC		1.152	1.409	1.767	4.314		

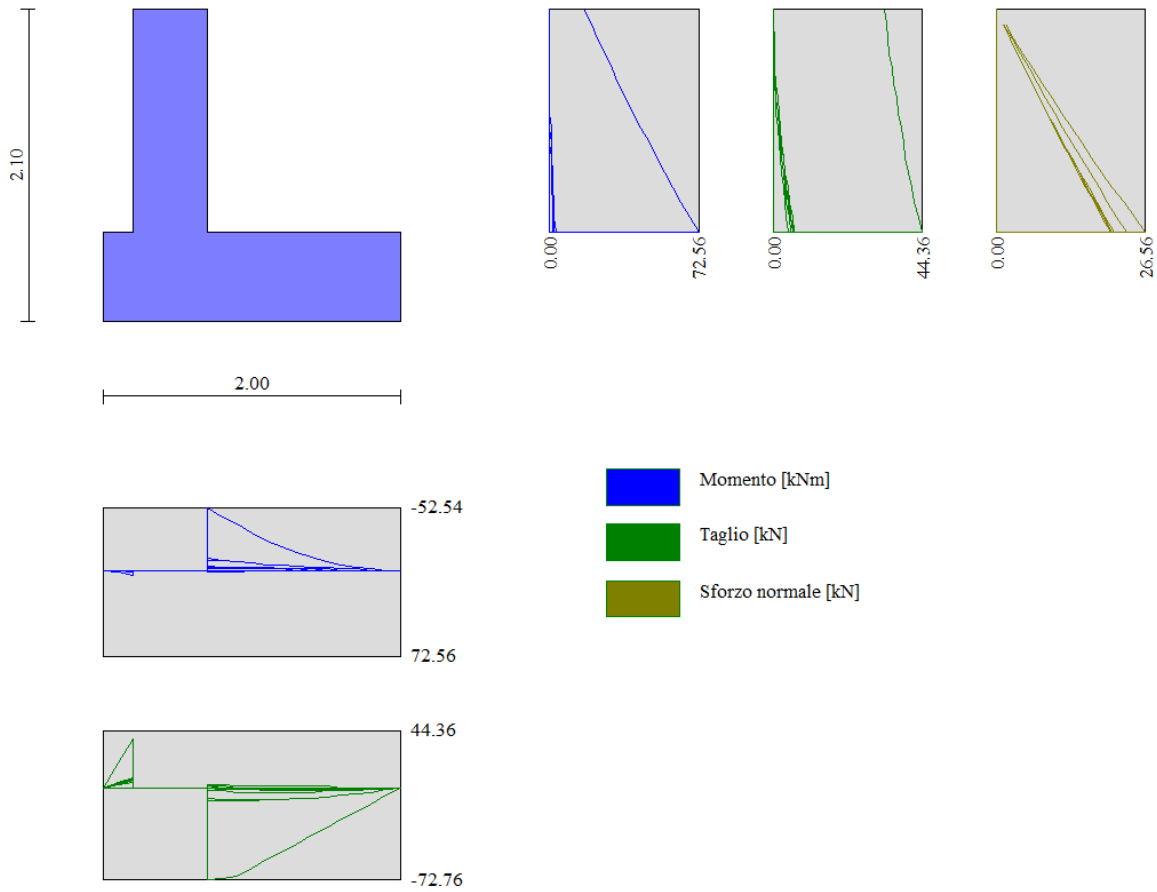


Figura n.10.3 – Involuppo delle sollecitazioni agenti

Nella seguente figura è illustrata l'analisi di stabilità nella combinazione più critica (**combinazione 7**).

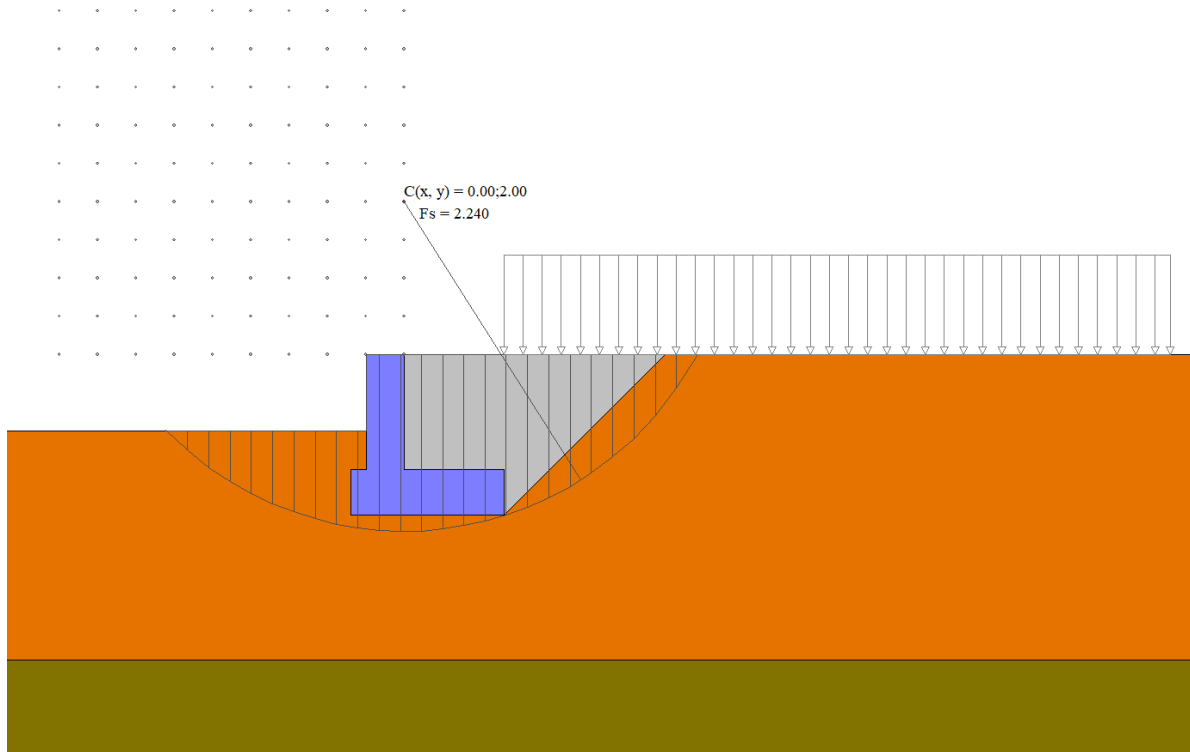


Figura n.10.4 – Superficie di rottura del terreno nella combinazione più critica

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	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
16	-1.50	20.43	26.56	4.59	44.36	1.79	72.56

Fondazione

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
4	0.00	0.00	0.00	-72.76	2.04	-52.54	1.01

11. ALLEGATO 1 – SEZIONE TIPO 1 – TABULATO

DATI

Materiali

Simbologia adottata

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

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	R _{ck}	E	ν	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	C25/30	C25/30	B450C	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[kPa]	[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	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0.00	0.00	0.000
2	25.00	0.00	0.000

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

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	1.00	[m]
Paramento		
Materiale	C25/30	
Altezza paramento	3.50	[m]
Altezza paramento libero	3.00	[m]
Spessore in sommità	0.50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

Fondazione

Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	0.70	[m]
Lunghezza mensola di monte	1.80	[m]
Lunghezza totale	3.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.80	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

Descrizione terreniParametri di resistenzaSimbologia 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]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]
1	Detrito	20.0000	20.0000	34.000	22.667	0
2	Substrato	28.0000	28.0000	28.000	18.670	300
3	Reinterro	19.0000	19.0000	36.000	24.000	0

StratigrafiaSimbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato

n°	H [m]	α [°]	Terreno
1	4.00	0.000	Detrito
2	15.00	0.000	Substrato

Terreno di riempimento:

Reinterro

Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale):

45.00 [°]

Condizioni di caricoSimbologia 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	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 (traffico) - VARIABILE

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

Indice di raggruppamento 1

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					1.80	10.00	20.0000	20.0000

Condizione n° 2 (urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	-0.22; 0.00	33.3300	0.0000	16.6700				

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0.00	1.80	20.0000	20.0000

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	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

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

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

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

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

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 13 - ECC

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

Combinazione n° 14 - SLER

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

Combinazione n° 15 - SLEF

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

Combinazione n° 16 - SLEQ

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

Combinazione n° 17 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 18 - SLEQ_H - V

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

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	0.981	0.438
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.100	0.045
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.518	2.518
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.297	0.266
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B 1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2 1.200	

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	5.474	2.737
Ultimo - Ribaltamento	0.570	8.211	4.106
Esercizio	0.470	3.022	1.511

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

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta
 Tipo di spinta
 Terreno a bassa permeabilità
 Superficie di spinta limitata

Culmann
 Spinta attiva
 NO
 NO

Capacità portante

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

Hansen
 Ponderata
 Meyerhof
 Nessuna
 Larghezza ridotta (B')
 Fattori di inclinazione e fattori di forma

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
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni
 Considera terreno sulla fondazione di valle
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle

0.00
 0.00
 SI
 NO
 NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati Per Involuppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	83.94	24.00	76.68	34.14	1.80	-2.61
	Peso/Inerzia muro			0.00	101.75/0.00	0.07	-2.99
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	119.70/0.00	0.90	-1.75

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		38.431			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	1.494		56.951			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	1.469		58.730			
4 - STR (A1-M1-R3)		1.419		40.876			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.284		42.921			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.261		37.821			
7 - GEO (A2-M2-R2)					10.307		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				16.309		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				16.952		
10 - EQU (A1-M1-R3)			3.721				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		4.439				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		3.831				
13 - ECC		1.305	2.366	31.847	18.452		

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)	86.36	0.00	0.00	--	--	86.36	76.68	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	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
13 - ECC	274.23	8733.31	6238.08	31.847

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, b _γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s _γ	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p _γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r _γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B _γ N, 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 (Hansen).

n°	Nc Nq N _γ	ic iq i _γ	dc dq d _γ	gc gq g _γ	bc bq b _γ	sc sq s _γ	pc pq p _γ	Ir	Irc	Re	r _γ
13	25.803 14.720 10.942	0.471 0.507 0.376	1.173 1.130 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	1.006 1.005 0.996	-- -- --	--	--	0.637	0.956

n°	D	B'	H	γ	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
13	1.30	3.00	2.50	28.00	28.00	300

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	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
13 - ECC	453.58	180.62	2.511

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	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	0.00; 1.50	5.61	15.616

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]
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	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	4.15	10.94	6.26 - 0.42	67.041	28.352	0	0.0	
2	11.14	10.94	0.42	59.261	28.352	0	0.0	
3	16.27	10.94	0.42	52.635	28.352	0	0.0	
4	20.30	10.94	0.42	46.914	28.352	0	0.0	
5	23.60	10.94	0.42	41.759	28.352	0	0.0	
6	26.34	10.94	0.42	36.994	28.352	0	0.0	
7	28.63	10.94	0.42	32.513	28.352	0	0.0	
8	30.53	10.94	0.42	28.247	28.352	0	0.0	
9	32.16	10.94	0.42	24.147	28.352	0	0.0	
10	33.88	10.94	0.42	20.175	23.043	240	0.0	
11	37.30	6.54	0.42	16.302	23.043	240	0.0	
12	37.07	0.00	0.42	12.505	23.043	240	0.0	
13	37.70	0.00	0.42	8.763	23.043	240	0.0	
14	38.11	0.00	0.42	5.058	23.043	240	0.0	
15	36.44	0.00	0.42	1.375	23.043	240	0.0	
16	46.40	0.00	0.42	-2.303	23.043	240	0.0	
17	13.66	0.00	0.42	-5.990	23.043	240	0.0	
18	15.12	0.00	0.42	-9.703	23.043	240	0.0	
19	11.02	0.00	0.42	-13.457	23.043	240	0.0	
20	10.10	0.00	0.42	-17.271	23.043	240	0.0	
21	8.92	0.00	0.42	-21.167	23.043	240	0.0	
22	7.48	0.00	0.42	-25.168	23.043	240	0.0	
23	5.74	0.00	0.42	-29.306	23.043	240	0.0	
24	3.68	0.00	0.42	-33.621	23.043	240	0.0	
25	1.24	0.00	-4.26 - 0.42	-37.277	23.043	240	0.0	

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	Nmin	Nmax	Tmin	Tmax	Mmin	Mmax
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	16.67
2	-0.10	1.24	1.61	0.02	33.78	0.00	19.98
3	-0.20	2.49	3.24	0.08	34.27	0.00	23.32
4	-0.30	3.76	4.89	0.19	34.80	0.00	26.72
5	-0.40	5.05	6.56	0.33	35.37	0.01	30.16
6	-0.50	6.36	8.26	0.51	35.99	0.03	33.66
7	-0.60	7.68	9.99	0.74	36.64	0.07	37.22
8	-0.70	9.03	11.73	1.00	37.34	0.12	40.84
9	-0.80	10.39	13.51	1.31	38.07	0.20	44.53
10	-0.90	11.77	15.30	1.65	38.85	0.31	48.29
11	-1.00	13.17	17.12	2.04	39.66	0.45	52.12
12	-1.10	14.58	18.96	2.47	40.52	0.63	56.04
13	-1.20	16.02	20.82	2.94	41.42	0.85	60.03
14	-1.30	17.47	22.71	3.45	42.36	1.11	64.12
15	-1.40	18.94	24.62	4.00	43.34	1.42	68.29
16	-1.50	20.43	26.56	4.59	44.36	1.79	72.56
17	-1.60	21.94	28.52	5.22	45.42	2.20	76.93
18	-1.70	23.46	30.50	5.89	46.52	2.69	81.41
19	-1.80	25.01	32.51	6.61	47.66	3.23	85.99
20	-1.90	26.57	34.54	7.36	48.85	3.84	90.68
21	-2.00	28.15	36.59	8.16	50.07	4.53	95.49
22	-2.10	29.75	38.67	8.99	51.33	5.30	100.42
23	-2.20	31.36	40.77	9.87	52.64	6.14	105.47
24	-2.30	33.00	42.91	10.79	53.99	7.07	110.65
25	-2.40	34.65	45.08	11.74	55.37	8.09	115.97
26	-2.50	36.32	47.33	12.74	56.80	9.20	121.42
27	-2.60	38.01	49.66	13.78	58.27	10.41	127.01
28	-2.70	39.72	52.05	14.86	59.78	11.72	132.74
29	-2.80	41.44	54.51	15.98	61.33	13.14	138.62
30	-2.90	43.18	56.99	17.15	62.92	14.67	144.66
31	-3.00	44.94	59.51	18.35	64.54	16.31	150.85
32	-3.10	46.72	62.05	19.59	66.19	18.07	157.20
33	-3.20	48.52	64.62	20.88	67.85	19.95	163.72
34	-3.30	50.34	67.21	22.20	69.50	21.95	170.40
35	-3.40	52.17	69.84	23.57	71.15	24.09	177.25
36	-3.50	54.02	72.49	24.97	72.80	26.36	184.27

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	-1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-1.10	0.00	0.00	4.73	14.85	0.24	0.75
3	-1.00	0.00	0.00	9.55	29.17	0.95	2.95
4	-0.90	0.00	0.00	14.45	42.96	2.15	6.56
5	-0.80	0.00	0.00	19.44	56.23	3.84	11.53
6	-0.70	0.00	0.00	24.52	68.96	6.04	17.79
7	-0.60	0.00	0.00	29.68	81.17	8.75	25.30
8	-0.50	0.00	0.00	34.93	92.84	11.98	34.01
9	0.00	0.00	0.00	-83.60	-2.77	-100.95	1.69
10	0.10	0.00	0.00	-83.45	-1.89	-92.59	1.92
11	0.20	0.00	0.00	-82.78	-1.09	-84.28	2.07
12	0.30	0.00	0.00	-81.57	-0.38	-76.06	2.14
13	0.40	0.00	0.00	-79.83	0.25	-67.98	2.14
14	0.50	0.00	0.00	-77.57	0.79	-60.11	2.09
15	0.60	0.00	0.00	-74.78	1.25	-52.48	1.99
16	0.70	0.00	0.00	-71.46	1.62	-45.17	1.84
17	0.80	0.00	0.00	-67.61	1.90	-38.21	1.67
18	0.90	0.00	0.00	-63.23	2.10	-31.67	1.47
19	1.00	0.00	0.00	-58.32	2.21	-25.58	1.25
20	1.10	0.00	0.00	-52.88	2.23	-20.02	1.03
21	1.20	0.00	0.00	-46.91	2.17	-15.03	0.81
22	1.30	0.00	0.00	-40.42	2.03	-10.65	0.60
23	1.40	0.00	0.00	-33.39	1.79	-6.96	0.40
24	1.50	0.00	0.00	-25.84	1.47	-3.99	0.24
25	1.60	0.00	0.00	-17.75	1.07	-1.81	0.11
26	1.70	0.00	0.00	-9.14	0.58	-0.46	0.03
27	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Incidenza armatura

L'incidenza dell'armatura viene calcolata su una striscia di 1 m.

	V _{cls} [m³]	Q _{armatura} [kg]	Tasso [kg/m³]
Muro	4.15	330.78	80.00

12. ALLEGATO 2 – SEZIONE TIPO 2 – TABULATO

DATI

Materiali

Simbologia adottata

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

Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	γ	R _{ck}	E	ν	n	ntc
				[kN/mc]	[kPa]	[kPa]			
1	C25/30	C25/30	B450C	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f _{yk}	f _{uk}
	[kPa]	[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	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	0.00	0.00	0.000
2	15.00	0.00	0.000

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

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro	1.00	[m]
Paramento		
Materiale	C25/30	
Altezza paramento	1.50	[m]
Altezza paramento libero	1.00	[m]
Spessore in sommità	0.50	[m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.50	[m]
Inclinazione paramento esterno	0.00	[°]
Inclinazione paramento interno	0.00	[°]

Fondazione

Materiale	C25/30	
Lunghezza mensola di valle	0.20	[m]
Lunghezza mensola di monte	1.30	[m]
Lunghezza totale	2.00	[m]
Inclinazione piano di posa	0.00	[°]
Spessore	0.60	[m]
Spessore magrone	0.00	[m]

Descrizione terreniParametri di resistenzaSimbologia 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]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]
1	Detrito	20.0000	20.0000	34.000	22.667	0
2	Substrato	28.0000	28.0000	28.000	18.670	300
3	Reinterro	19.0000	19.0000	36.000	24.000	0

StratigrafiaSimbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
α	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato

n°	H [m]	α [°]	Terreno
1	4.00	0.000	Detrito
2	10.00	0.000	Substrato

Terreno di riempimento:

Reinterro

Inclinazione riempimento (rispetto alla verticale):

45.00 [°]

Condizioni di caricoSimbologia 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	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 (traffico) - VARIABILE

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

Indice di raggruppamento 1

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					1.30	10.00	20.0000	20.0000

Condizione n° 2 (urto) - ECCEZIONALE

Carichi sul muro

n°	Tipo	Dest	X; Y	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
			[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Concentrato	Paramento	-0.22; 0.00	33.3300	0.0000	16.6700				

Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	Fx	Fy	M	Xi	Xf	Qi	Qf
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0.00	1.30	20.0000	20.0000

Normativa

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

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

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

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\varphi)}$	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

Simbologia adottata

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

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 5 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 6 - STR (A1-M1-R3)

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

Combinazione n° 7 - GEO (A2-M2-R2)

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

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

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

Combinazione n° 9 - GEO (A2-M2-R2) H - V

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

Combinazione n° 10 - EQU (A1-M1-R3)

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

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

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

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

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

Combinazione n° 13 - ECC

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

Combinazione n° 14 - SLER

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

Combinazione n° 15 - SLEF

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

Combinazione n° 16 - SLEQ

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

Combinazione n° 17 - SLEQ H + V

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

Combinazione n° 18 - SLEQ_H - V

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

Dati sismici

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	0.981	0.438
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	0.100	0.045
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.518	2.518
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.297	0.266
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200

Stato limite ...	Coeff. di riduzione β_m	kh	kv
Ultimo	0.380	5.474	2.737
Ultimo - Ribaltamento	0.570	8.211	4.106
Esercizio	0.470	3.022	1.511

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

Opzioni di calcolo

Spinta

Metodo di calcolo della spinta
 Tipo di spinta
 Terreno a bassa permeabilità
 Superficie di spinta limitata

Culmann
 Spinta attiva
 NO
 NO

Capacità portante

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

Hansen
 Ponderata
 Bowles
 Nessuna
 Larghezza ridotta (B')
 Fattori di inclinazione e fattori di forma

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
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni
 Considera terreno sulla fondazione di valle
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle

0.00
 0.00
 SI
 NO
 NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati Per Involuppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

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

Ic	A	V	I	Cx	Cy	Px	Py
		[kN]	[°]	[kN]	[kN]	[m]	[m]
1	Spinta statica	27.59	24.00	25.21	11.22	1.30	-1.21
	Peso/Inerzia muro			0.00	47.81/0.00	0.09	-1.40
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	37.05/0.00	0.65	-0.75
	Peso/Inerzia terreno sulla fondazione di valle			0.00	1.90	-0.60	-1.25

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)		1.623		10.359			
2 - STR (A1-M1-R3)	H + V	2.577		15.607			
3 - STR (A1-M1-R3)	H - V	2.525		16.191			
4 - STR (A1-M1-R3)		2.054		10.137			
5 - STR (A1-M1-R3)		1.817		10.778			
6 - STR (A1-M1-R3)		1.861		9.864			
7 - GEO (A2-M2-R2)					2.240		
8 - GEO (A2-M2-R2)	H + V				3.889		
9 - GEO (A2-M2-R2)	H - V				3.841		
10 - EQU (A1-M1-R3)			4.931				
11 - EQU (A1-M1-R3)	H + V		6.832				
12 - EQU (A1-M1-R3)	H - V		5.418				
13 - ECC		1.152	1.409	1.767	4.314		

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	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
13 - ECC	48.76	0.00	0.00	--	--	48.76	42.32	1.152

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
13 - ECC	116.76	206.36	147.40	1.767

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 $0.5B_yN_y$ 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 (Hansen).

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
13	42.164 29.440 28.774	0.346 0.368 0.231	1.220 1.144 1.000	1.000 1.000 1.000	1.000 1.000 1.000	1.002 1.002 0.999	-- -- --	--	--	--	1.000

n°	D	B'	H	γ	ϕ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
13	1.10	0.65	1.88	20.00	34.00	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	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
13 - ECC	131.01	92.96	1.409

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	R	FS
	[m]	[m]	
7 - GEO (A2-M2-R2)	0.00; 2.00	4.31	2.240

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]
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	Qy	b	α	ϕ	c	u	Tx; Ty
	[kN]	[kN]	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	1.23	7.21	3.83 - 0.28	57.869	28.352	0	0.0	
2	3.45	7.21	0.28	52.473	28.352	0	0.0	
3	5.20	7.21	0.28	46.753	28.352	0	0.0	
4	6.63	7.21	0.28	41.594	28.352	0	0.0	
5	7.81	7.21	0.28	36.824	28.352	0	0.0	
6	8.80	7.21	0.28	32.338	28.352	0	0.0	
7	9.62	7.21	0.28	28.065	28.352	0	0.0	
8	10.29	7.21	0.28	23.957	28.352	0	0.0	
9	10.84	7.21	0.28	19.977	28.352	0	0.0	
10	12.53	0.87	0.28	16.095	28.352	0	0.0	
11	12.57	0.00	0.28	12.289	28.352	0	0.0	
12	12.84	0.00	0.28	8.537	28.352	0	0.0	
13	13.01	0.00	0.28	4.821	28.352	0	0.0	
14	12.17	0.00	0.28	1.126	28.352	0	0.0	
15	15.36	0.00	0.28	-2.564	28.352	0	0.0	
16	12.28	0.00	0.28	-6.265	28.352	0	0.0	
17	6.86	0.00	0.28	-9.993	28.352	0	0.0	
18	6.25	0.00	0.28	-13.764	28.352	0	0.0	
19	5.84	0.00	0.28	-17.597	28.352	0	0.0	
20	5.32	0.00	0.28	-21.514	28.352	0	0.0	
21	4.68	0.00	0.28	-25.540	28.352	0	0.0	
22	3.91	0.00	0.28	-29.708	28.352	0	0.0	
23	3.00	0.00	0.28	-34.057	28.352	0	0.0	
24	1.92	0.00	0.28	-38.644	28.352	0	0.0	
25	0.64	0.00	-3.11 - 0.28	-42.404	28.352	0	0.0	

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]	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	0.00	33.33	0.00	16.67
2	-0.10	1.24	1.61	0.02	33.78	0.00	19.98
3	-0.20	2.49	3.24	0.08	34.27	0.00	23.32
4	-0.30	3.76	4.89	0.19	34.80	0.00	26.72
5	-0.40	5.05	6.56	0.33	35.37	0.01	30.16
6	-0.50	6.36	8.26	0.51	35.99	0.03	33.66
7	-0.60	7.68	9.99	0.74	36.64	0.07	37.22
8	-0.70	9.03	11.73	1.00	37.33	0.12	40.84
9	-0.80	10.39	13.51	1.31	38.07	0.20	44.53
10	-0.90	11.77	15.30	1.65	38.85	0.31	48.29
11	-1.00	13.17	17.12	2.04	39.66	0.45	52.12
12	-1.10	14.58	18.96	2.47	40.52	0.63	56.04
13	-1.20	16.02	20.82	2.94	41.42	0.85	60.03
14	-1.30	17.47	22.71	3.45	42.36	1.11	64.12
15	-1.40	18.94	24.62	4.00	43.34	1.42	68.29
16	-1.50	20.43	26.56	4.59	44.36	1.79	72.56

Fondazione

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.60	0.00	0.00	2.23	20.19	0.11	1.03
3	-0.50	0.00	0.00	4.44	37.94	0.45	3.96
4	0.00	0.00	0.00	-72.76	2.04	-52.54	1.01
5	0.10	0.00	0.00	-72.00	1.78	-45.28	0.82
6	0.20	0.00	0.00	-68.80	1.53	-38.22	0.65
7	0.30	0.00	0.00	-63.21	1.31	-31.61	0.51
8	0.40	0.00	0.00	-56.89	1.10	-25.60	0.39
9	0.50	0.00	0.00	-50.57	0.91	-20.23	0.29
10	0.60	0.00	0.00	-44.25	0.74	-15.49	0.21
11	0.70	0.00	0.00	-37.93	0.58	-11.38	0.14
12	0.80	0.00	0.00	-31.61	0.44	-7.90	0.09
13	0.90	0.00	0.00	-25.28	0.32	-5.06	0.05
14	1.00	0.00	0.00	-18.96	0.21	-2.84	0.03
15	1.10	0.00	0.00	-12.64	0.12	-1.26	0.01
16	1.20	0.00	0.00	-6.32	0.05	-0.32	0.00
17	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Incidenza armatura

L'incidenza dell'armatura viene calcolata su una striscia di 1 m.

	V _{cls} [m ²]	Q _{armatura} [kg]	Tasso [kg/m ²]
Muro	1.95	173.90	90.00