



Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131
Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio
dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS–Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI Dott. Ing. Alessandro MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19116 Ordine Ing. di Roma n. 19645

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA
Ordine Geol. Lazio n. 928

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

Svincolo di Bonorva Nord – Sottovia Scatolare
Muri Andatori OS09 da km 0+959.00 a km 1+028.33
e da km 0+981.72 a km 1+110.06
Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LOPLSP E 1701

NOME FILE

T000S09GETRE01A

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00OS09GETRE01

A

–

D

C

B

A

EMISSIONE

ing. A. Mangiola

ing. E. Mittiga

ing. A. Micheli

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

S.S. 131 di “Carlo Felice”

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S. 131

Risoluzione di nodi critici – 1° stralcio

Dal km 158+000 al km 162+7000

Svincolo di Bonorva Nord – Sottovia Scatolare

**Muri andatori OS09 da pk 0+959.00 a pk 1+028.33
e da pk 0+981.72 a pk 1+110.06**

Relazione di calcolo

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	4
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI.....	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
2.2	RIFERIMENTI PROGETTUALI.....	5
2.3	SOFTWARE UTILIZZATI	5
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4.	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	7
5.	CONDIZIONI GEOTECNICHE.....	8
6.	ANALISI DEI CARICHI.....	10
6.1	AZIONI PERMANENTI	10
6.1.1	<i>Pesi propri.....</i>	<i>10</i>
6.1.2	<i>Spinta delle terre.....</i>	<i>10</i>
6.1.3	<i>Sovraccarico permanente.....</i>	<i>11</i>
6.2	AZIONI VARIABILI	12
6.2.1	<i>Sovraccarico stradale.....</i>	<i>12</i>
6.3	AZIONE SISMICA	12
6.4	URTO DA TRAFFICO VEICOLARE	13
7.	ANALISI DELL'OPERA DI SOSTEGNO.....	14
7.1	ANALISI AGLI STATI LIMITE	14

7.1.1	Verifiche agli SLU.....	14
7.1.2	Verifiche agli SLE.....	16
7.2	VERIFICA A CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO.....	16
7.3	RISULTATI.....	18
7.4	VERIFICHE GEOTECNICHE E DI EQUILIBRIO LIMITE DEL MURO DI SOSTEGNO.....	19
7.5	VERIFICHE DI RESISTENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	20
7.5.1	Sezione Tipo 1 (H=7.8 m).....	20
8.	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	23
9.	ALLEGATO 1: TABULATI DI VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO.....	26
9.1	SEZIONE TIPO 1.....	26
10.	ALLEGATO 2: TERMINOLOGIA UTILIZZATA NELLA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	56
11.	ALLEGATO 3: ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE.....	57
11.1	ANALISI STATICA SLU.....	57
11.2	ANALISI SISMICA SLU.....	67

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione di calcolo si riportano le verifiche geotecniche e strutturali relative ai Muri Andatori OS09 del Sottovia Scatolare previsti nell'ambito dello Svincolo di Bonorva Nord, dalla pk 0+959.00 alla pk 1+028.33 e dalla pk 0+981.72 alla pk 1+110.06.

Nel seguito si sviluppano i seguenti punti:

- Descrizione dell'opera;
- Descrizione delle condizioni geotecniche del sito: definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto;
- Metodologie di calcolo;
- Risultati delle verifiche di stabilità del muro;
- Verifica di resistenza delle sezioni in c.a.;
- Analisi di stabilità globale.

Tutte le verifiche sono state condotte in accordo al metodo semiprobabilistico agli stati limite secondo quanto indicato dalle NTC 2008 (Doc. Rif. [1]) e dalla relativa circolare applicativa del 2009 (Doc. Rif. [2]).

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

2.1 Normativa di riferimento

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] UNI EN 1998-1-1. Ottobre 1997 - Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1:Regole generali – Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture.

2.2 Riferimenti progettuali

- [4] T00_GE00_GET_RE01_A - "*Relazione geotecnica generale*".
- [5] T00_GE00_GET_PR01_A - "*Svincolo di Bonorva Nord - Asse Principale – Profilo geotecnico*".
- [6] T00_GE00_GET_FG01÷2_A - "*Svincolo di Bonorva Nord - Asse Principale e adeguamento alla S.P. 125 – Sezioni geotecniche*".
- [7] T00_OS09_GET_DI01_A - "*Svincolo di Bonorva Nord - Sottovia Scatolare – Muri Andatori da pk 0+959.00 a pk 1+028.33 e dalla pk 0+981.72 alla pk 1+110.06 – Planimetria e Pianta*".
- [8] T00_OS09_GET_DI02_A - "*Svincolo di Bonorva Nord - Sottovia Scatolare – Muri Andatori da pk 0+959.00 a pk 1+028.33 e dalla pk 0+981.72 alla pk 1+110.06 – Prospetti e Sezione Tip*".
- [9] T00_OS09_GET_SZ01_A - "*Svincolo di Bonorva Nord - Sottovia Scatolare - Muri Andatori da pk 0+959.00 a pk 1+028.33 e dalla pk 0+981.72 alla pk 1+110.06 – Sezioni Trasversali*".
- [10] T00_OS09_GET_CA01_A - "*Svincolo di Bonorva Nord - Sottovia Scatolare - Muri Andatori da pk 0+959.00 a pk 1+028.33 e dalla pk 0+981.72 alla pk 1+110.06 – Carpenterie e Armature*".

2.3 Software utilizzati

- [11] Rocscience - Slide 7. Il programma di calcolo è stato adottato per le verifiche di stabilità, è prodotto da Rocscience. E' validato ed utilizzato in svariati ambiti progettuali (Italferr, Autostrade, ecc.). In accordo a quanto prescritto nel paragrafo 10.2 del D.M. 14/01/2008, il progettista certifica la affidabilità del suddetto codice di calcolo e l'idoneità di utilizzo nel caso specifico.
- [12] SEZCA. Geostru. Programma per la verifica delle sezioni in c.a.

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali che costituiscono le opere di sostegno sono i seguenti:

Calcestruzzo per muri:

- Caratteristica di resistenza minima C28/35
- Classe di esposizione XC2
- Resistenza caratteristica cilindrica $f_{ck}=28$ MPa
- Resistenza caratteristica cubica $R_{ck}=35$ MPa
- Valore medio resistenza caratteristica cilindrica $f_{cm}=37$ MPa
- Valore medio resistenza a trazione assiale $f_{ctm}=2,835$ MPa
- Modulo di elasticità secante $E_{cm}=32580$ MPa
- Classe di consistenza S3

Acciaio per armature ordinarie:

- Tipo di acciaio B450C
- Modulo elastico $E_s=210000000$ kN/m²
- Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}\geq 450$ MPa
- Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}\geq 540$ MPa
- Tensione di calcolo $f_{yd} = 391$ MPa

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Lungo il tracciato, dalla pk 0+959.00 alla pk 1+028.33 e dalla pk 0+981.72 alla pk 1+110.06, sono previsti muri andatori del sottovia scatolare su fondazione diretta, di cui si riporta un tipologico in figura seguente.

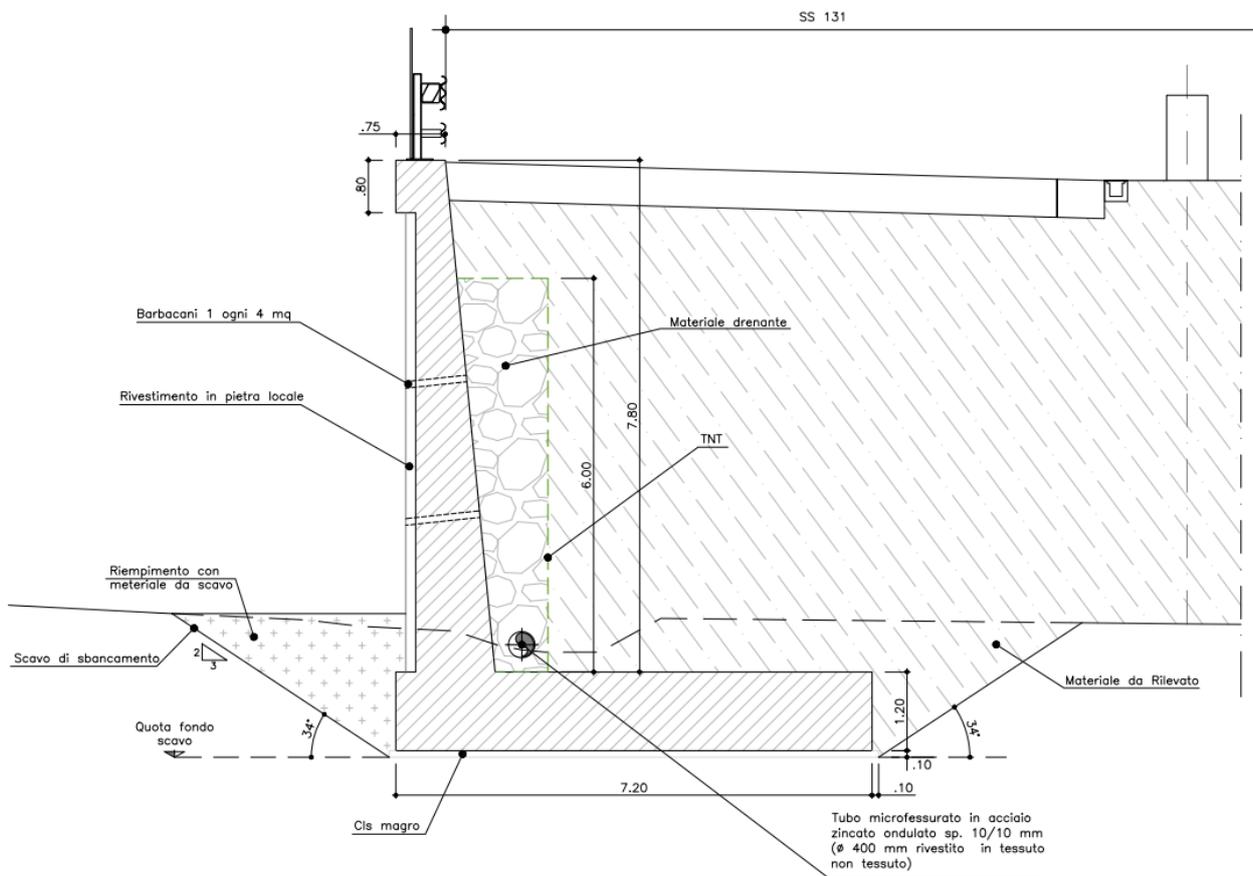


Figura 1: Sezione tipo

Lungo lo sviluppo dell'opera è presente una sola sezione tipo (H: altezza muro, B: larghezza fondazione, h: altezza fondazione):

- Sezione Tipo 1: H = 7.80 m, B = 7.20 m, h = 1.20 m

Lo scavo provvisorio verrà conformato con pendenza 2/3 (v/h).

5. CONDIZIONI GEOTECNICHE

In corrispondenza di questa opera è stato eseguito il sondaggio S4 della campagna geognostica del 2017, spinto fino alla profondità di 25 m da p.c.. L'indagine ha evidenziato la presenza in superficie di terreno di riporto antropico con spessore 4 m circa, poi limo argilloso sabbioso con clasti fino a 7 m ed a seguire la formazione di Mores, calcarenitica fino a 10.5 m poi microconglomerato arenaceo fino a 24 m e di nuovo arenaria fino a fine sondaggio. Nella seguente figura si riporta la sezione stratigrafica di riferimento.

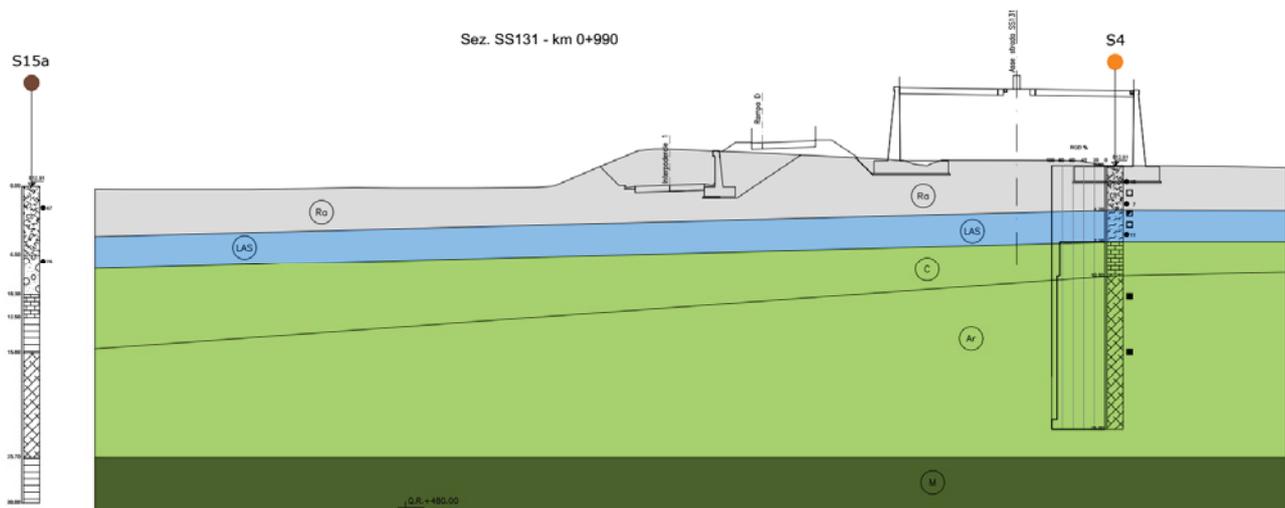


Figura 2: Sezione geotecnica di riferimento

Di seguito si riportano i parametri geotecnici di progetto; per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione geotecnica generale (Doc. Rif. [4]).

Unità Ra (riporto antropico):

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 30\div 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0\div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 80\div 140 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità LAS (limo argilloso sabbioso):

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 28\div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5\div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 55\div 80 \text{ kPa}$	resistenza al taglio non drenata
$E_0 = 100 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità C (Formazione di Mores calcarenitica):

$\gamma = 22.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 28\div 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 32\div 47 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E = 200\div 340 \text{ MPa}$	modulo di deformazione

Unità Ar (Formazione di Mores arenacea):

$\gamma = 22.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume
$\phi' = 29\div 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 30\div 39 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E = 90\div 460 \text{ MPa}$	modulo di deformazione

La falda è assente alle profondità di interesse.

Al fine della verifica dell'opera di sostegno si assume come terreno di fondazione il terreno di riporto (unità Ra) ed il rilevato come terreno spingente.

Di seguito si riassumono i parametri geotecnici assunti nell'analisi per il muro di sostegno:

Tabella 1 – Parametri geotecnici di progetto – Muro di sostegno

Unità [-]		$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]}$	$c' \text{ [kPa]}$	$\phi' \text{ [deg]}$
Terreno di riporto Ra	Terreno di fondazione	18.5	0	35
Terreno da rilevato	Terreno spingente	18.5	0	36

6. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguito si riassumono le condizioni di carico considerate nell'analisi di verifica delle strutture.

6.1 Azioni permanenti

6.1.1 Pesi propri

Per il calcolo del peso proprio delle strutture si assumono i pesi unitari di seguito indicati:

- Struttura in c.a. $\gamma_1 = 25.0 \text{ kN/m}^3$;
- Terreno di riempimento: $\gamma_2 = 18.5 \text{ kN/m}^3$.

6.1.2 Spinta delle terre

La valutazione delle spinte delle terre viene effettuata considerando quale paramento ideale del muro il piano verticale passante dal filo interno della platea di fondazione; l'angolo di attrito tra paramento verticale e terreno può essere considerato pari a $2/3\phi'$, con ϕ' angolo di resistenza al taglio di progetto.

Nelle verifiche la spinta del terreno viene determinata con la seguente espressione:

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_a - 2c' \sqrt{K_a}$$

dove:

$\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace alla generica quota z ;

K_a = coefficiente di spinta attiva;

q = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito;

c' = coesione efficace.

Per il calcolo di K_a si utilizza la formula di Mueller-Breslau (1924), valida per superfici di rottura piane, e generalizzata per tener conto delle condizioni sismiche in base alla teoria di Mononobe ed Okabe riportata di seguito (si veda Eurocodice 8 – Doc. Rif. [3]):

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

- per $\beta > \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \text{sen}^2 \psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

in cui:

ϕ = angolo di resistenza al taglio del terreno

β = inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)

ψ = inclinazione del muro rispetto all'orizzontale ($>90^\circ$ per parete inclinata verso valle)

δ = angolo di attrito muro-terreno

θ = angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalla seguente espressione:

$$\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$$

essendo k_h e k_v rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale (si veda par. § 6.3).

La spinta attiva risultante P_a risulta inclinata dell'angolo δ sull'orizzontale. Pertanto il valore della spinta orizzontale P_{AH} è pari a:

$$P_{AH} = P_a \cdot \cos \delta$$

mentre la componente verticale P_{AV} risulta:

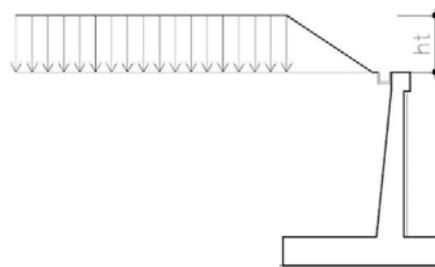
$$P_{AV} = P_a \cdot \sin \delta$$

Le componenti della spinta sono costituite in generale da due aliquote, l'una dovuta al peso proprio del terreno l'altra dovuta al sovraccarico, che avranno distribuzione diversa lungo l'altezza dell'opera: la prima di tipo triangolare l'altra di tipo rettangolare, se carico distribuito uniforme (permanente o accidentale che sia), o differente per aree di carico diverso (nastriforme, ..).

Le diverse aliquote saranno considerate distintamente in fase di combinazione dei carichi a seconda che si tratti di azioni permanenti, strutturali o non strutturali, o variabili.

6.1.3 Sovraccarico permanente

Ove le geometrie di progetto configurano una scarpata finita sopra il muro, la stessa viene cautelativamente considerata come sovraccarico permanente uniforme e indefinito dovuto al peso proprio del terreno sovrastante il muro (vedasi schema seguente): $q_p = \gamma_t \cdot h_t$



6.2 Azioni variabili

6.2.1 Sovraccarico stradale

Nel caso specifico si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme indefinito dovuto al traffico stradale pari a 20 kPa.

6.3 Azione sismica

L'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi dell'equilibrio limite in condizioni pseudostatiche.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i coefficienti di accelerazione sismica k_h e k_v valgono rispettivamente:

$$k_h = \beta_m a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito in considerazione

g = accelerazione di gravità

β_m = coefficiente riduttivo che tiene conto dei possibili spostamenti dell'opera

L'accelerazione massima è stata valutata come:

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

in cui:

a_g = accelerazione massima attesa al sito di riferimento sul substrato rigido

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente riduttivo β_m viene desunto dalla tabella 7.11.II della normativa vigente qui di seguito riprodotta:

Tabella 2 – Coefficiente riduttivo β_m per gli spostamenti dell'opera

Intervallo dell'accelerazione sismica	β_m Categoria di sottosuolo	
	A	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

Nel caso in esame, per $a_g/g = 0.06$, $S_T=1.2$, categoria sottosuolo C ($S_s=1.5$), $\beta_m = 0.18$, si ottiene:

$$k_h = 0.019 \quad ; \quad k_v = \pm 0.010$$

Per l'analisi di stabilità globale si considera $\beta_s = 0.20$ quindi:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.022 \cdot \text{coeff.sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h = \pm 0.011 \quad \text{coeff.sismico verticale}$$

6.4 Urto da traffico veicolare

Ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, paragrafo 3.6.3.3.2 "Traffico veicolare sopra i ponti", per tenere conto delle collisioni accidentali dei veicoli sugli elementi di sicurezza, viene applicata una forza orizzontale di 100 kN ed una coppia di 100 kNm in sommità del muro, considerate per metro lineare e spingenti verso l'esterno del muro.

Tale carico è concomitante con il carico variabile da traffico stradale di 20 kPa applicato a monte.

L'applicazione dei carichi suddetti costituisce per l'opera uno SLU di combinazione eccezionale, pertanto le azioni interne derivanti si verificano allo SLU STR, senza necessità di amplificare le azioni agenti (permanenti e variabili).

7. ANALISI DELL'OPERA DI SOSTEGNO

Tutte le verifiche geotecniche ed il calcolo delle azioni interne sulle principali sezioni in c.a. sono effettuate per mezzo di un foglio elettronico appositamente sviluppato per i muri di sostegno, dettagliatamente esposto in Allegato 1.

Tutte le analisi sono state effettuate con riferimento alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche delle costruzioni del 14/01/2008 (NTC) e alle Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicate a Febbraio del 2009.

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica.

7.1 Analisi agli stati limite

7.1.1 Verifiche agli SLU

Secondo la normativa vigente si ha:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

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

ovvero

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

con $\gamma_E = \gamma_F$, e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

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

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:

SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- ribaltamento.

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

Le verifiche allo SLU sono condotte secondo l'Approccio 1 e le combinazioni di seguito elencate:

- Combinazione 1 : (A1+M1+R1) (SLU STR)
- Combinazione 2 : (A2+M2+R2) (SLU GEO)

Per la sola verifica a ribaltamento si considera la sola combinazione (EQU+M2+R2).

La normativa vigente prevede i coefficienti riportati nelle seguenti tabelle.

Tabella 3 – Coefficienti parziali di normativa

COEFFICIENTI SULLE AZIONI γ_F

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_{Qi}	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.

COEFFICIENTI SUI MATERIALI γ_M

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

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

COEFFICIENTI SULLE RESISTENZE γ_R

Tabella 6.5.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

7.1.2 Verifiche agli SLE

È stata condotta un'analisi allo SLE, con i coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici di resistenza, al fine di indagare le sollecitazioni strutturali utili alle verifiche di fessurazione e delle tensioni di esercizio.

7.2 Verifica a carico limite dell'insieme fondazione-terreno

La valutazione della capacità portante delle fondazioni superficiali viene condotta in accordo all'equazione:

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

Le espressioni che forniscono i valori dei fattori di capacità portante (N) e dei fattori correttivi (s, i, b, g) sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 4 – Coefficienti per il calcolo della capacità portante in condizioni drenate

Fattori di capacità portante	Nc	$(Nq-1)\cot\phi$	Hansen
	N_γ	$1,5*(Nq-1)\tan\phi$	Hansen
	Nq	$e^{\pi\tan\phi}\tan^2(45+\phi/2)$	Hansen
Fattori correttivi	forma		
	sc	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	s_γ	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	sq	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	approfondimento		
	dc	$1+0,4k$	Hansen e Vesic
	d_γ	1	Hansen e Vesic
	d_q	$1+2\tan\phi(1-\sin\phi)k$	Hansen e Vesic
	Inclinazione carico		
	ic	$iq-(1-iq)/(Nq-1)$	Hansen e Vesic
	i_γ	$(1-(0,7*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	iq	$(1-(0,5*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	Inclinazione fondazione*		
	bc	$1-\eta/147^\circ$	Hansen
	b_γ	$\exp(-2,7*\eta\tan\phi)$	Hansen
	bq	$\exp(-2*\eta\tan\phi)$	Hansen
	Inclinazione piano campagna**		
	gc	$gq-[(1-gq)/(Nc*\tan\phi)]$	Hansen
	g_γ	$(1-\tan\beta)^2$	Hansen
	gq	g_γ	Hansen

* η = inclinazione base fondazione

** β = inclinazione pendio (dipende dall'angolo d'inclinazione del rilevato e dall'altezza del rilevato)

Le formule utilizzate si riferiscono alla fondazione efficace equivalente ovvero quella fondazione rispetto alla quale il carico verticale (N) risulta centrato; la fondazione equivalente è caratterizzata dalle dimensioni B' e L' valutate sulla base dei criteri proposti da Meyerhof. Il coefficiente di sicurezza a capacità portante è dato da:

$$F_s = \frac{q_{lim} - q}{q_{adm} - q}$$

dove:

q_{lim} = capacità portante limite del terreno

q = pressione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione

q_{adm} = pressione verticale uniforme sulla fondazione di area ridotta

FS = coefficiente di sicurezza valutato con Approcci di normativa.

7.3 Risultati

Nelle seguenti tabelle si riportano le azioni interne derivanti dalle analisi SLE e SLU/SLV STR. Esse sono determinate sulle seguenti sezioni:

- spiccato del paramento in elevazione (pedice S)
- all'incastro della mensola di monte (pedice M)
- all'incastro della mensola di valle (pedice V)

Si riportano la simbologia e i segni convenzionali (+):

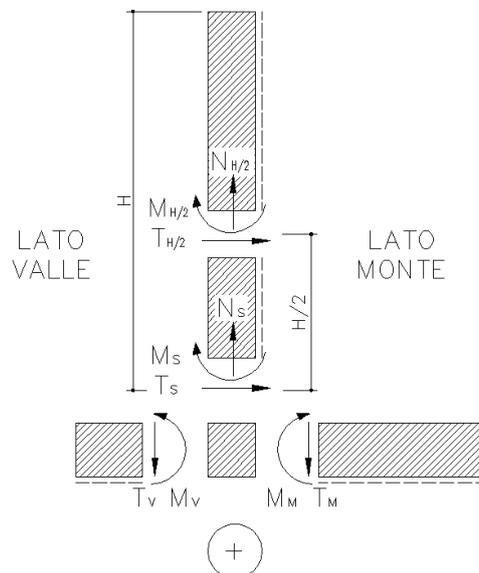


Tabella 5 – Azioni interne - Sezione Tipo 1 (H=7.8 m)

			SLE	SLU STR	SLV STR	Urto SLU STR
Paramento in elevazione. Sezione di spiccato	N_S [kN] =		214.8	231.0	212.7	214.8
B = 1.00 m	M_S [kN m] =		320.6	604.7	420.4	1331.0
H = 1.20 m	T_S [kN] =		120.6	206.9	146.3	254.0
Mensola di monte. Sezione di attacco						
B = 1.00 m	M_M [kN m] =		-425.1	-776.7	-549.0	-1382.8
H = 1.20 m	T_M [kN] =		-41.9	-102.1	-60.0	-184.5
Mensola di valle. Sezione di attacco						
B = 1.00 m	M_V [kN m] =		7.6	9.8	8.2	12.8
H = 1.20 m	T_V [kN] =		50.3	65.5	54.3	84.7

Nella tabella seguente sono riportate le sollecitazioni risultanti in fondazione (V = risultante forze verticali; H = risultante forze orizzontali) per le successive verifiche di portanza della fondazione e la relativa eccentricità rispetto al baricentro della fondazione.

Tabella 6 – Risultati delle azioni ad intradosso fondazione

Sezione tipo	Analisi	V [kN]	H [kN]	e [m]
Tipo 1	SLU GEO	1375.4	267.5	0.33
	SLV GEO	1337.6	234.6	0.29
	Urto SLU GEO	1367.5	350.0	0.95

7.4 Verifiche geotecniche e di equilibrio limite del muro di sostegno

Nelle seguenti tabelle si riportano i principali risultati di verifica geotecnica e all'equilibrio limite per la sezione di calcolo analizzata. In particolare, risultando sempre $R_d \geq E_d$ (resistenza di progetto non inferiore alla sollecitazione di progetto), le verifiche sono sempre soddisfatte. Nelle seguenti tabelle è anche fornita una misura della sicurezza allo SLU/SLV, rapportando la resistenza con la sollecitazione. In particolare, per la verifica di capacità portante, si forniscono i seguenti:

$$FS_1 = \frac{q_{lim} - q_0}{q - q_0}$$

incremento della pressione limite q_{lim} rapportato all'incremento della pressione di progetto q , rispetto alla pressione iniziale q_0

$$FS_2 = \frac{Q_{lim}}{V}$$

carico limite complessivo rapportato alla risultante delle azioni verticali in fondazione

Tabella 7 – Verifiche geotecniche e di equilibrio limite - Sezione Tipo 1 (H=7.8 m)

	Verifica al ribaltamento		
	ΣM_{STAB} kNm/m	ΣM_{RIB} kNm/m	$\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ --
SLU EQU	4860.34	990.62	4.91
SLV EQU	4697.52	867.11	5.42
Urto SLU EQU	4809.59	1903.65	2.53
	Verifica dello scorrimento del piano di posa		
	Td kN/m	Rd kN/m	Rd / Td --
SLU GEO	267.54	593.27	2.22
SLV GEO	234.58	576.98	2.46
Urto SLU GEO	349.95	589.89	1.69

	Verifica del carico limite in fondazione						
	V [kN/m] kN/m	q kPa	q ₀ kPa	q _{lim} kPa	Q _{lim} kN/m	FS ₁ --	FS ₂ --
SLU GEO	1375.36	210.19	31.45	1039.31	6800.70	5.64	4.94
SLV GEO	1337.60	202.18	31.45	1111.89	7356.03	6.33	5.50
Urto SLU GEO	1367.53	258.13	31.45	749.87	3972.73	3.17	2.91

7.5 Verifiche di resistenza degli elementi strutturali

Di seguito si riportano le verifiche di resistenza della soletta di fondazione e del paramento in elevazione per la sezione tipo, sia in forma grafica con rappresentazione della distribuzione delle tensioni in condizioni ultime, sia in forma numerica con l'output di verifica. Il significato della terminologia utilizzata è riportato in Allegato 2.

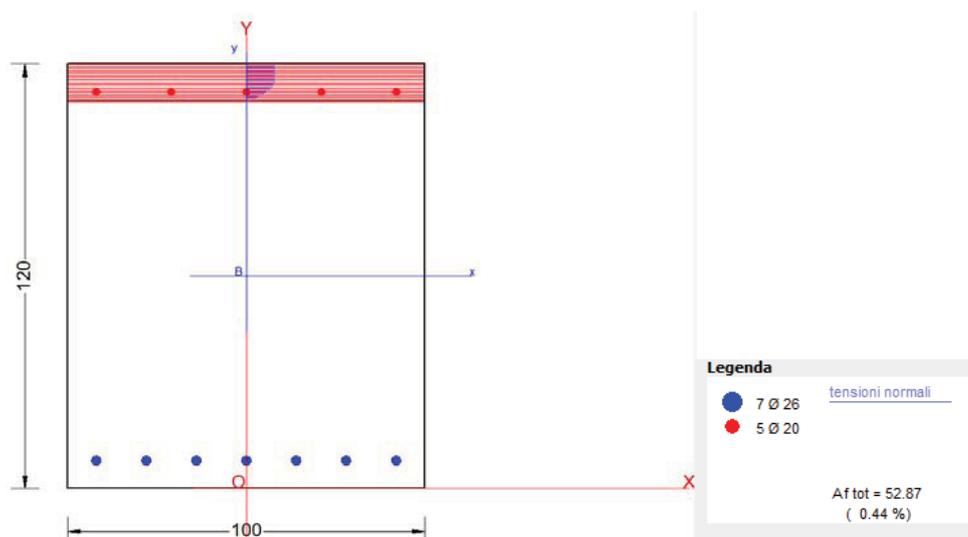
7.5.1 Sezione Tipo 1 (H=7.8 m)

Le verifiche sono condotte per tutte le terne di sollecitazioni esposte in Tabella 5.

Per il paramento in elevazione si prevede la seguente armatura di calcolo:

- Ferri longitudinali lato monte: $\varnothing 26/20 + \varnothing 26/40$
- Ferri longitudinali lato valle: $\varnothing 20/20$

La figura seguente mostra la schermata del codice di verifica per la combinazione maggiormente critica, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime. Il tabulato successivo mostra i risultati di dettaglio di tutte le verifiche effettuate.



ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	212.70	420.40	146.30	0.00
2	231.00	604.70	206.90	0.00
3	214.80	1331.00	254.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx
1	214.80	320.60 (902.07)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn
1	S	212.70	420.40	212.60	1671.65	3.946	109.2	1587.87
2	S	231.00	604.70	230.98	1681.08	2.766	109.1	1596.11
3	S	214.80	1331.00	214.71	1672.74	1.256	109.2	1588.66

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min
1	S	1.37	120.0	-0.98	0.0	-12.4	112.0

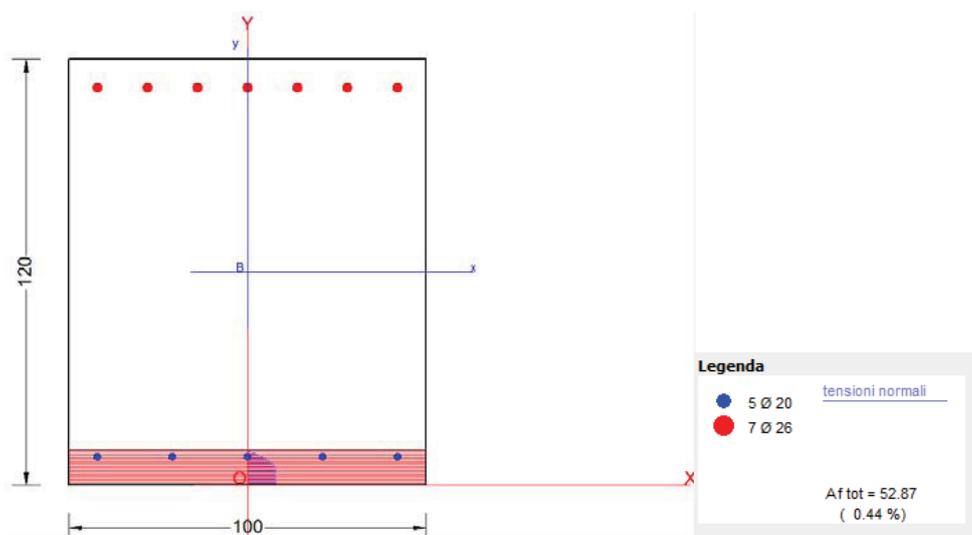
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.	M Fess.
1	S	1.37	-0.98	0.0	---	---	---	---	---	902.07

Per la soletta di fondazione si prevede la seguente armatura di calcolo:

- Ferri longitudinali superiori: $\varnothing 26/20 + \varnothing 26/40$
- Ferri longitudinali inferiori: $\varnothing 20/20$

La figura seguente mostra la schermata del codice di verifica per la combinazione maggiormente critica, evidenziando la geometria della sezione, le armature longitudinali di calcolo e la distribuzione delle tensioni in condizioni ultime. Il tabulato successivo mostra i risultati di dettaglio di tutte le verifiche effettuate.



ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	1.00	-549.00	-60.00	0.00
2	1.00	8.20	54.30	0.00
3	1.00	-776.70	-102.10	0.00
4	1.00	9.80	65.50	0.00
5	1.00	-1382.80	-184.50	0.00
6	1.00	12.80	84.70	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N°Comb.	N	Mx
1	1.00	-425.10 (-777.36)
2	1.00	7.60 (766.39)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn
1	S	1.00	-549.00	1.03	-1562.34	2.846	9.8	-1490.92
2	S	1.00	8.20	1.18	686.01	83.869	112.8	649.60
3	S	1.00	-776.70	1.03	-1562.34	2.011	9.8	-1490.92
4	S	1.00	9.80	1.18	686.01	70.147	112.8	649.60
5	S	1.00	-1382.80	1.03	-1562.34	1.130	9.8	-1490.92
6	S	1.00	12.80	1.18	686.01	53.680	112.8	649.60

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min
1	S	1.58	0.0	-1.51	120.0	-19.6	8.0
2	S	0.03	120.0	-0.03	0.0	-0.4	112.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.	M Fess.
1	S	1.58	-1.51	0.0	----	----	----	----	----	-777.36
2	S	0.03	-0.03	0.0	----	----	----	----	----	766.39

8. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Si riporta nel seguito la verifica di stabilità globale per la sezione analizzata, effettuata con il programma Rockscience Slide 7. La verifica è stata condotta mediante un calcolo all'equilibrio limite considerando il metodo di Bishop semplificato valido per superfici di scivolamento circolari.

L'analisi è stata effettuata in condizioni sia statiche che sismiche con la Combinazione A2+M2. Secondo la normativa i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei seguenti coefficienti parziali:

$\gamma_{\phi'} = 1.25$ coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_c = 1.25$ coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\phi'k) = \tan(\phi'k) / \gamma_{\phi'}$ angolo di resistenza al taglio

$c'k = c'k / \gamma_c$ coesione drenata

I carichi accidentali vengono amplificati con il coefficiente parziale $\gamma_M = 1.3$ in condizioni statiche; mentre in condizioni sismiche il carico accidentale è nullo. L'azione sismica applicata è stata calcolata al par. 6.3.

I parametri di resistenza del terreno e le azioni vengono fattorizzati direttamente all'interno del programma.

Sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

Rilevato

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\phi' = 36^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata

Unità Ra (riporto antropico)

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\phi' = 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata

Unità LAS (limo argilloso sabbioso)

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale

$\phi' = 30^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 5 \text{ kPa}$ coesione drenata

Unità C (Formazione di Mores calcarenitica):

$\gamma = 22.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume

$\phi' = 28^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 32 \text{ kPa}$ coesione drenata

Unità Ar (Formazione di Mores arenacea):

$\gamma = 22.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume

$\phi' = 29^\circ$ angolo di resistenza al taglio

$c' = 30 \text{ kPa}$ coesione drenata

I tabulati di calcolo completi sono riportati in Allegato 3 al presente documento.

Le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte, in quanto il fattore di sicurezza minimo è sempre maggiore del valore limite richiesto da normativa vigente, pari a 1.1 (FS > 1.1) sia in condizioni statiche che sismiche.

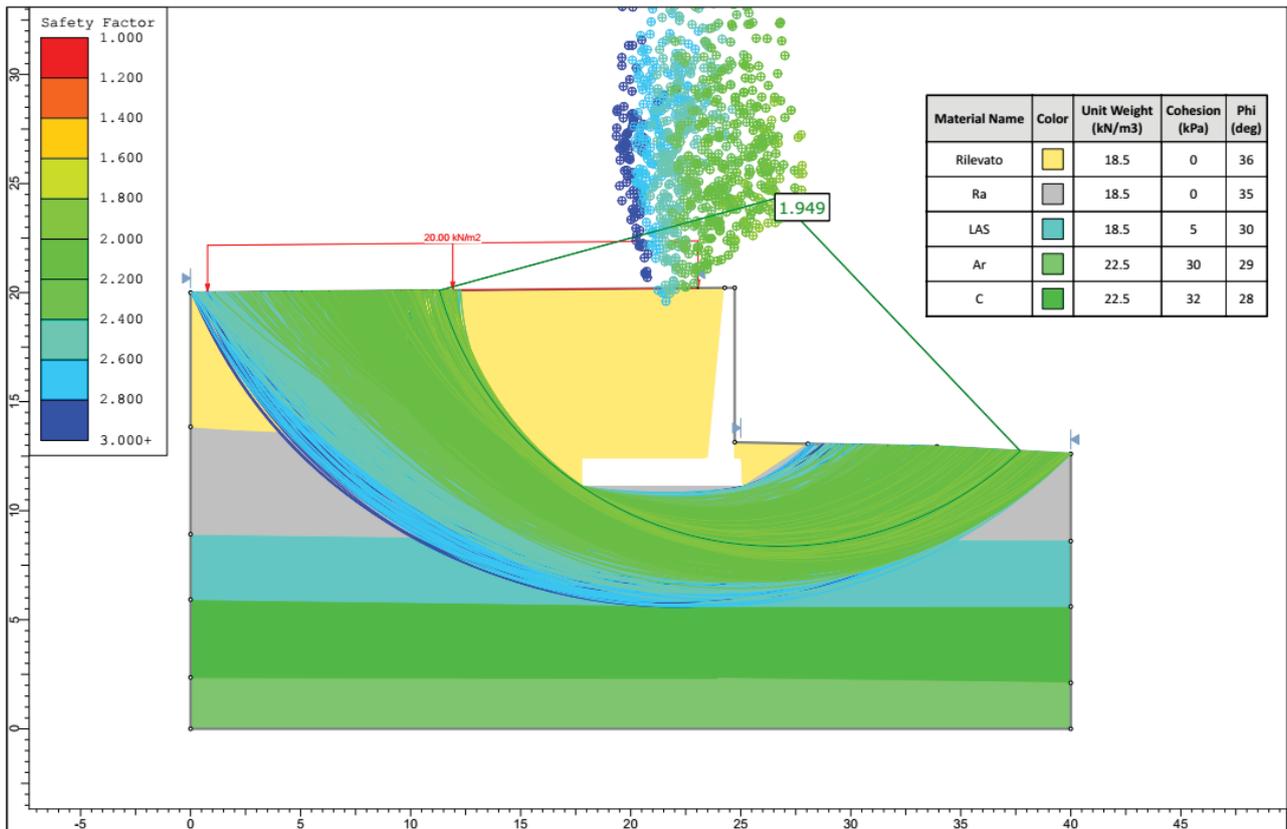


Figura 3: Analisi di stabilità globale – Statica SLU

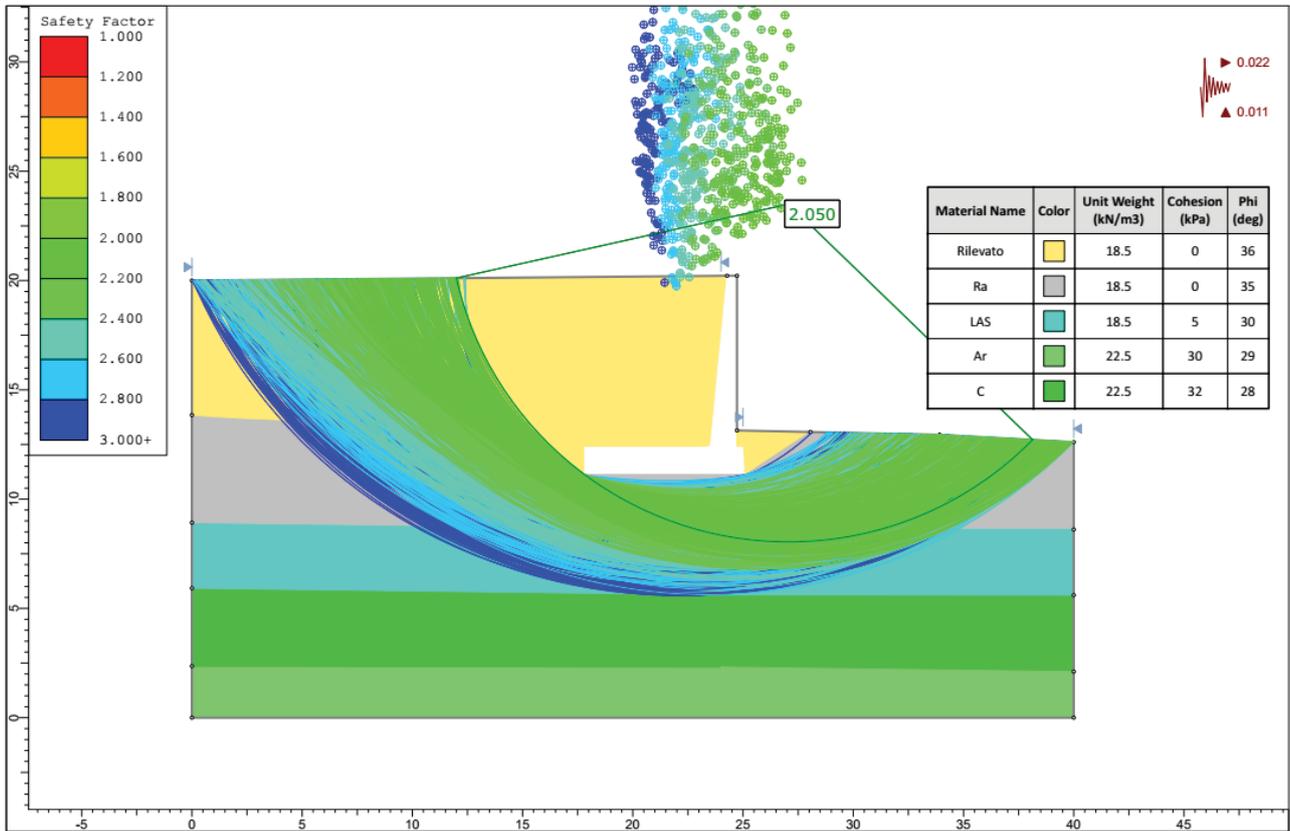


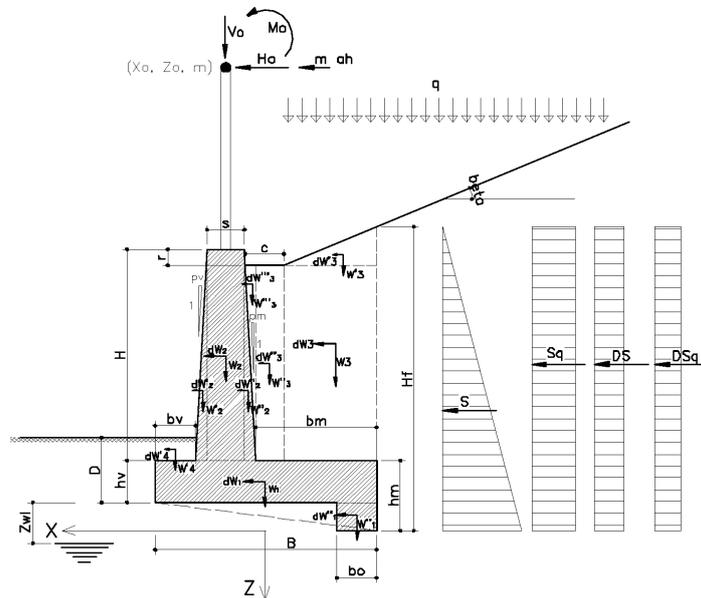
Figura 4: Analisi di stabilità globale – Sismica SLU

9. ALLEGATO 1: TABULATI DI VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO

9.1 Sezione Tipo 1

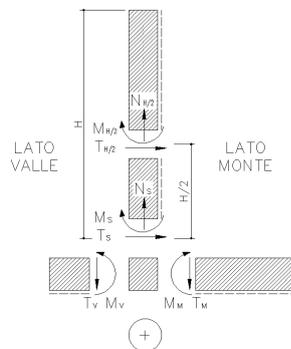
MST01_MST02_H780.xlsx - SCHEMI
 Pag. 1/30

SCHEMA DI INPUT



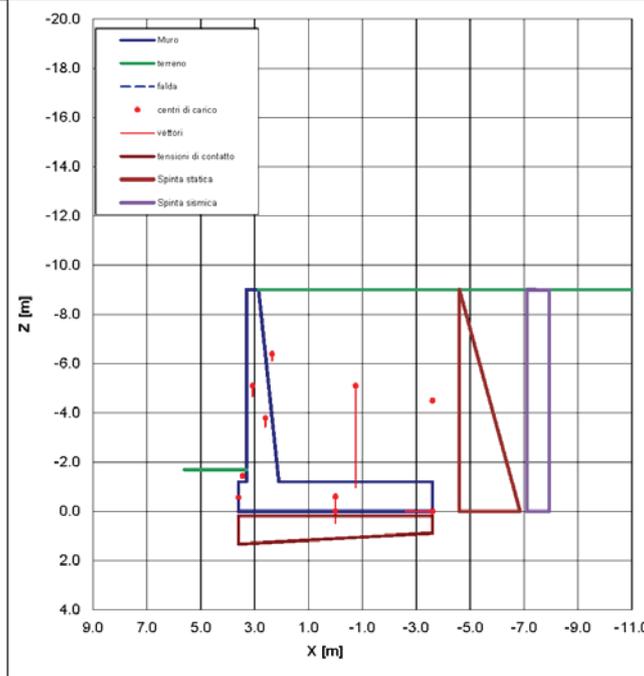
N.B. Se $bo \neq 0$ $hm > hv$ il dente viene posizionato a monte;
 Se $bo \neq 0$ $hv > hm$ il dente viene posizionato a valle;
 Se $bo = 0$ e $hm > hv$ si considera la fondazione su piano inclinato.

SCHEMA SOLLECITAZIONI

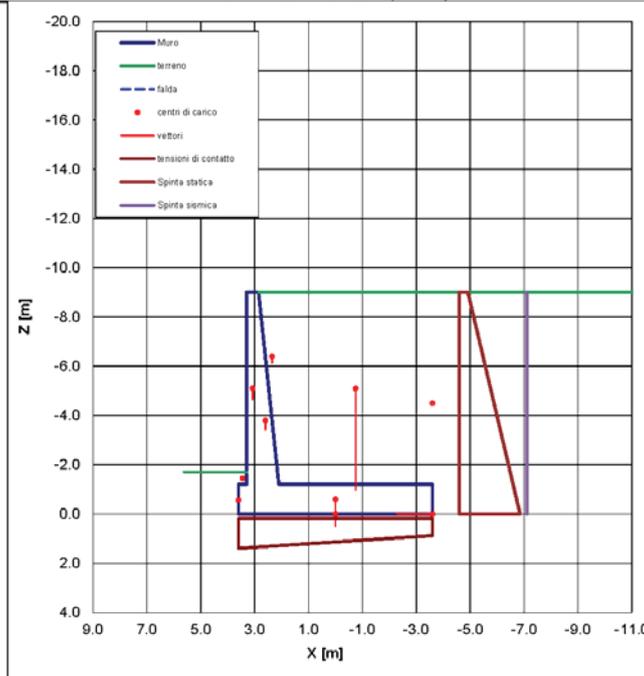


MST01_MST02_H780.xlsx - GRAFICI
 Pag. 2/30

CONDIZIONE SISMICA (A2+M2)



CONDIZIONE STATICA (A2+M2)



MST01_MST02_H780.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 3/30

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	--	--	--		
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità	
$\gamma_{v,k}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{v,d}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
$\phi_{i,c}$ [gradi]	36.0	38.0	38.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio caratteristico
$\phi_{i,d}$ [gradi]	30.2	32.0	32.0	22.2	22.2		angolo di resistenza al taglio di progetto
$c_{i,c}$ [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0		coesione caratteristica
$c_{i,d}$ [kPa]	0.0	24.0	24.0	4.0	4.0		coesione di progetto
$\delta'_{i,c}$ [gradi]	24.0	32.0	32.0	22.2	22.2		angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
$\delta'_{i,d}$ [gradi]	24.0	32.0	32.0	22.2	22.2		angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m]	-9.0	11.0	11.0	11.0	11.0		quota di testa dell'unità
z_{bot} [m]	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0		quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (unità Ra)

$\gamma_{v,k}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{c\phi}$ [—]	1.00
$\gamma_{v,d}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto		
$\phi_{i,c}$ [gradi]	35.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_{ϕ} [—]	1.25
$\phi_{i,d}$ [gradi]	29.3	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.511 [rad]	
$c_{i,c}$ [kPa]	0.0	coesione caratteristica	γ_c [—]	1.25
$c_{i,d}$ [kPa]	0.0	coesione di progetto		
$\delta'_{i,c}$ [gradi]	23.3	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	γ_{δ} [—]	1.00
$\delta'_{i,d}$ [gradi]	23.3	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.407 [rad]	

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{c\phi}$ [—]	1.00
$\gamma_{w,d}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto		
$z_{WL,fond}$ [m]	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)		
$z_{WL,monte}$ [m]	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)		

Caratterizzazione sismica

a_g/g [—]	0.060	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	Determinazione delle spinte sismiche con Mononobe Okabe	
S_s [—]	1.50	fattore di amplificazione stratigrafica		
S_T [—]	1.20	fattore di amplificazione topografica		
β_{red} [—]	0.18	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima		
K_h [—]	0.019	coefficiente sismico orizzontale		
K_v [—]	-0.010	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	statico	sismico
θ [gradi]	1.12		0.000	0.020 [rad]
H/x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. H/x 0.50)		

Caratteristiche geometriche

H [m]	7.80	altezza del muro (da estradosso fondazione)		
h _u [m]	1.20	altezza della fondazione a filo monte		
h _v [m]	1.20	altezza della fondazione a filo valle		
B [m]	7.20	larghezza della fondazione		
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)		
bv [m]	0.30	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle		
bm [m]	5.70	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante		
s [m]	0.45	spessore del muro in elevazione		
p _v [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle		
p _m [—]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte		
c [m]	0.00	planerottolo sopra il muro		
β [gradi]	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.000 [rad]	
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte		
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle		
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle		
Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)		
ψ [gradi]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)		
$\gamma_{v,k}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	$\gamma_{c\phi}$ [—]	1.00
$\gamma_{v,d}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro		
i [gradi]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]	

Sovraccarico

$q_{s,k}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_q [—]	1.00
$q_{s,d}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico accidentale caratteristico	γ_q [—]	0.00
q_d [kN/m ²]	0.0	valore di progetto (cautevolmente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)		

Carichi concentrati

X_0 [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)		
Z_0 [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)		
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_s [—]	1.00
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_s [—]	1.00
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_s [—]	1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)		
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)		
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)		
X_u [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica		
Z_u [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica		
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata		

MST01_MST02_H780.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 4/30

Deteminazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.019	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	-0.010	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso falto)		
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte	1.571	1.571 [rad]
β [grad]	0.0	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno	0.000	0.000 [rad]
θ [grad]	0.0	1.1		0.000	0.020 [rad]

	Unità 1		-		-		-		-		angolo di resistenza al taglio del terreno
	statico	sismico									
φ' [grad]	30.2	30.2	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
δ' [grad]	24.0	24.0	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2	coefficiente di spinta attiva
ka, kaE [-]	0.294	0.307	0.277	0.290	0.277	0.290	0.394	0.409	0.394	0.409	

Deteminazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	2.912	2.817	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)
kp [-]			coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancelotta, '07])

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
Hw [m]	0.00	altezza d'acqua spingente	
S'a,k [kN/m]	221	spinta statica efficace	γp(EQU) [-] = 1.10
S'a_s,k [kN/m]	230	spinta sismica efficace	
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica	γp(EQU) [-] = 1.10
γ [kN/m³]	18.5	peso di volume del terreno reagente	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
kp (1+kv) [-]	2.789	coefficiente di resistenza passiva	
Rp,k [kN/m]	74.57	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)	γR [-] = 1.00
Rp,d [kN/m]	74.57	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento	

	F _x [kN]	F _z [kN]	x [m]	z [m]	M _{STAB} [kNm]	M _{RIB} [kNm]		γ _R (EQU) [-] = 0.90
S	201.58	89.75	-3.60	-	581.57	664.47	spinta statica	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
ΔS	8.58	3.82	-3.60	-4.50	27.50	38.60	Δ spinta sismica applicata a 0.50-Hf	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
Rp	0.00	0.00	3.60	-0.57			resistenza passiva applicata a D/3	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
V ₀ , H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
m ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			massa sismica concentrata	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	216.00	0.00	-0.60	699.84		peso della fondazione (soletta)	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W''1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W2	0.00	87.75	3.08	-5.10	41.46		peso del paramento in elevazione	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W'2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W''2	0.00	73.01	2.60	-3.80	65.68		peso del paramento in elevazione	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	822.68	-0.75	-5.10	3220.36		peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W'3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W''3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W''''3	0.00	54.03	2.35	-6.40	60.74		peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
W4	0.00	2.78	3.45	-1.45	0.37		peso del terreno sulla fondazione di valle	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW1	4.20	-2.10	0.00	-0.60		11.09	inerzia della fondazione (soletta)	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW'1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW''1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW2	1.71	-0.85	3.08	-5.10		10.06	inerzia del paramento in elevazione	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW'2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW''2	1.42	-0.71	2.60	-3.80		6.71	inerzia del paramento in elevazione	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW3	15.99	-8.00	-0.75	-5.10		127.98	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW'3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW''3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW'''3	1.05	-0.53	2.35	-6.40		8.12	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
dW4	0.05	-0.03	3.45	-1.45		0.09	inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X Y ₀ (riduzione M _{STAB}) X Y _p (amplificazione M _{RIB})
ΣF	234.6	1337.6			ΣM = 4697.5	867.1		

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF _z	1337.6	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN] = ΣF _x	234.6	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	3.31	distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]	0.29	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M/V)
Bex [m]	6.62	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

Dy [m] = 1.00 passo longitudinale di calcolo

MST01_MST02_H780.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU
Pag. 5/30

Verifica al ribaltamento

$\Sigma M_{STA,B}$ [kNm/m] =	4697.5	sommatoria dei momenti stabilizzanti
ΣM_{RIE} [kNm/m] =	867.1	sommatoria dei momenti ribaltanti
$\Sigma M_{STA,B} / \Sigma M_{RIE}$	5.42	misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] =	234.6	azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)
Nd [kN] =	1337.6	azione ortogonale al piano di fondazione
Td [kN] =	234.6	azione tangenziale al piano di fondazione
Rd [kN] =	577.0	resistenza di progetto
Rd / Td =	2.46	misura della sicurezza allo slittamento

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ [kN/m ³] =	18.5	peso di volume del terreno	
z_B [m] =	6.14	profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+ $\phi/2$)]	
z_{VL} [m] =	20.00	profondità della falda (positiva se sotto il piano fondazione)	
$\gamma'_{1,eq}$ [kN/m ³] =	18.5	peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)	
ϕ_d [grad] =	29.3	angolo di resistenza al taglio di progetto	
c'_d [kPa] =	0.0	coesione di progetto	0.511 [rad]

Caratteristiche geometriche

B [m] =	7.20	larghezza della fondazione	
L [m] =	100.0	lunghezza della fondazione	
D' [m] =	1.70	approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)	
i [grad] =	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Caratteristiche carico in fondazione

V [kN/m] =	1337.6	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN/m] =	234.6	risultante delle forze orizzontali in fondazione
ex [m] =	0.29	eccentricità del carico in fondazione (= M / V)
B' [m] =	6.62	larghezza efficace della fondazione
py [kPa] =	202.2	pressione di Meyerhof

	γ	c	q_0			
$\gamma'_{1,eq} B / 2$ [kN/m ²] =	61.20	/	/	peso efficace	K_{AE}	K_{PE}
c'_d [kPa] =	/	0.00	/	coesione	ρ_{AE} [deg]	
q'_d [kPa] =	/	/	31.45	pressione efficace di confinamento		
N =	20.07	28.42	16.92	fattori di portanza		
S =	1.02	1.04	1.02	fattori forma	K_p [-] = 2.912	coeff. di resistenza passiva
D =	1.00	1.08	1.08	fattori di approfondimento		
I =	0.57	0.67	0.69	fattori di inclinazione del carico		
B =	1.00	1.00	1.00	fattori di inclinazione del piano di fondazione		
$q_{lim,v}$ [kPa] =	710.6	0.0	401.3	prodotto dei contributi		

q_{lim} [kPa] =	1111.9	pressione limite
Q_{lim} [kN/m] =	7356.0	carico limite
FS [-] =	6.33	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$
FS [-] =	5.50	$FS = Q_{lim} / V$

Tensioni di contatto in fondazione

ex [m] =	0.29	< B/6	eccentricità		
Bx [m] =	7.20	larghezza sezione reagente in fondazione		$x_{w=0}$ [m] = -14.79	punto tensione di contatto nulla
s_w [kPa] =	185.8	tensione di contatto media		x_A [m] = 3.60	filo fondazione valle
α_v [kPa] =	227.2	tensione di contatto filo muro valle		x_M [m] = 3.30	filo paramento valle
α_m [kPa] =	212.2	tensione di contatto filo muro monte		x_B [m] = 2.10	filo paramento monte
α_s [kPa] =	140.6	tensione di contatto spigolo monte		x_E [m] = -3.60	filo fondazione monte

dx/dx [-]
12.56

MST01_MST02_H780.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 6/30

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 137.6	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.95
$T_{H/3}$ [kN / m] = 83.3	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] = 160.8	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
N_{S+R} [kN / m] = 223.8	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.15
T_{S+R} [kN / m] = 151.3	taglio sul muro al p.c. di valle	
M_{S+R} [kN m / m] = 402.0	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_S [kN / m] = 212.7	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_S [kN / m] = 177.6	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	
M_S [kN m / m] = 503.0	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] = 5.70	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_M [m] = 5.70	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
pV_B [kN / m ²] = 172.61	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV_D [kN / m ²] = 172.61	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V_0} [kN / m] = 93.57	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] = -72.1	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] = -666.4	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] = 0.30	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_V [m] = 0.30	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
pV_A [kN / m ²] = 38.87	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV'_A [kN / m ²] = 38.87	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] = 57.1	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] = 8.6	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sul dente di fondazione
(NESSUN DENTE)

H_0 [m] = 0.00	altezza del dente di fondazione	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_d [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla spinta attiva	
M_a [kN m / m] = 0.00	momento dovuto alla spinta attiva	
T_p [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla resistenza passiva	
M_p [kN m / m] = #DIV/0!	momento dovuto alla resistenza passiva	
T_D [kN / m] = 0.0	taglio sulla sezione di attacco del dente di fondazione	
M_D [kN m / m] = #DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU
Pag. 7/30

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	---	---	---	---	
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
$\gamma_{s,k}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{s,d}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
ϕ_k [gradi]	36.0	38.0	38.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio caratteristico
ϕ_d [gradi]	30.2	32.0	32.0	22.2	22.2		angolo di resistenza al taglio di progetto
c'_k [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0		coesione caratteristica
c'_d [kPa]	0.0	24.0	24.0	4.0	4.0		coesione di progetto
δ_k [gradi]	24.0	32.0	32.0	22.2	22.2		angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
δ_d [gradi]	24.0	32.0	32.0	22.2	22.2		angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m]	-9.0	11.0	11.0	11.0	11.0		quota di testa dell'unità
z_{bot} [m]	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0		quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (unità Ra)

$\gamma_{s,k}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{s0} [—] = 1.00
$\gamma_{s,d}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ_k [gradi]	35.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_ϕ [—] = 1.25
ϕ_d [gradi]	29.3	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.511 [rad]
c'_k [kPa]	0.0	coesione caratteristica	γ_c [—] = 1.25
c'_d [kPa]	0.0	coesione di progetto	
δ_k [gradi]	23.3	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	γ_δ [—] = 1.00
δ_d [gradi]	23.3	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.407 [rad]

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	γ_{w0} [—] = 1.00
$\gamma_{w,d}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto	
$z_{wL,fond}$ [m]	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	
$z_{wL,monte}$ [m]	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	

Caratterizzazione sismica

a_y/g [—]	0.000	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	
S_s [—]	1.50	fattore di amplificazione stratigrafica	
S_T [—]	1.20	fattore di amplificazione topografica	
β_m [—]	0.18	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	
K_h [—]	0.000	coefficiente sismico orizzontale	
K_v [—]	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	statico sismico
θ [gradi]	0.00		0.000 0.000 [rad]
Hf x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	7.80	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_M [m]	1.20	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m]	1.20	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	7.20	larghezza della fondazione	
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m]	0.30	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m]	5.70	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.45	spessore del muro in elevazione	
pv [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
pm [—]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	0.00	pianerottolo sopra il muro	
β [gradi]	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.000 [rad]
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
ψ [gradi]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)	
$\gamma_{s,k}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	γ_{s0} [—] = 1.00
$\gamma_{s,d}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	
i [gradi]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico

$q_{s,k}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_q [—] = 1.00
$q_{s,d}$ [kN/m ²]	20.0	sovraccarico accidentale caratteristico	
q_d [kN/m ²]	27.3	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	γ_q [—] = 1.36

Carichi concentrati

X_0 [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)	
Z_0 [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)	
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_z [—] = 1.00
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_z [—] = 1.00
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_z [—] = 1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_M [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_M [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 8/30

Deteminazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso falto)		
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte		
β [grad]	0.0	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		
θ [grad]	0.0	0.0			

	Unità 1		-		-		-		-		angolo di resistenza al taglio del terreno
	statico	sismico									
φ' [grad]	30.2	30.2	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [grad]	24.0	24.0	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, kc [-]	0.294	0.294	0.277	0.277	0.277	0.277	0.394	0.394	0.394	0.394	coefficiente di spinta attiva

Deteminazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	2.912	2.912	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)	
kp [-]			coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])	

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
Hw [m]	0.00	altezza d'acqua spingente	
S'a,k [kN/m]	293	spinta statica efficace	
S'a_e,k [kN/m]	293	spinta sismica efficace	
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica	
γt [kN/m³]	18.5	peso di volume del terreno reagente	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
kp (1+kv) [-]	2.912	coefficiente di resistenza passiva	
Rp,k [kN/m]	77.83	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)	
Rp,d [kN/m]	77.83	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento	

	F _x [kN]	F _z [kN]	x [m]	z [m]	M _{STAB} [kNm]	M _{RIB} [kNm]		
S	267.54	119.12	-3.60	-	771.86	990.62	spinta statica	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
ΔS	0.00	0.00	-3.60	-4.50			Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
Rp	0.00	0.00	3.60	-0.57			resistenza passiva applicata a D/3	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
V ₀ , H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
m ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			massa sismica concentrata	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	216.00	0.00	-0.60	699.84		peso della fondazione (soletta)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W2	0.00	87.75	3.08	-5.10	41.46		peso del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W2	0.00	73.01	2.60	-3.80	65.68		peso del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	822.68	-0.75	-5.10	3220.36		peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	54.03	2.35	-6.40	60.74		peso del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
W4	0.00	2.78	3.45	-1.45	0.37		peso del terreno sulla fondazione di valle	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.60			inerzia della fondazione (soletta)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW2	0.00	0.00	3.08	-5.10			inerzia del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW3	0.00	0.00	-0.75	-5.10			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW3	0.00	0.00	2.35	-6.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
dW4	0.00	0.00	3.45	-1.45			inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X _{Y0} (riduzione M _{STAB}) X _{Yp} (amplificazione M _{RIB})
ΣF =	267.5	1375.4			ΣM = 4860.3	990.6		

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF _z	= 1375.4	risultante delle forze verticali in fondazione	
H [kN] = ΣF _x	= 267.5	risultante delle forze orizzontali in fondazione	
u [m]	= 3.27	distanza risultante dallo spigolo di valle	
ex [m]	= 0.33	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)	
Bex [m]	= 6.54	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]	

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 9/30

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] = **4860.3** *sommatoria dei momenti stabilizzanti*
 ΣM_{RIB} [kNm/m] = **990.6** *sommatoria dei momenti ribaltanti*
 $\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ = **4.91** *misura della sicurezza al ribaltamento*

Verifica allo slittamento

H_d [kN] = **267.5** *azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)*
 N_d [kN] = 1375.4 *azione ortogonale al piano di fondazione*
 T_d [kN] = **267.5** *azione tangenziale al piano di fondazione*
 R_d [kN] = **593.3** *resistenza di progetto*
 R_d / T_d = **2.22** *misura della sicurezza allo slittamento*

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume del terreno*
 z_B [m] = 6.14 *profondità del meccanismo di rottura ($= 0.5 B \tan(45 + \phi/2)$)*
 z_{WL} [m] = 20.00 *profondità della falda (positiva se sotto il piano fondazione)*
 $\gamma_{1,eq}$ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)*
 ϕ_d [gradi] = 29.3 *angolo di resistenza al taglio di progetto* 0.511 [rad]
 c'_d [kPa] = 0.0 *coesione di progetto*

Caratteristiche geometriche

B [m] = 7.20 *larghezza della fondazione*
 L [m] = **100.0** *lunghezza della fondazione*
 D' [m] = 1.70 *approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)*
 i [gradi] = 0.0 *contropendenza del piano di fondazione* 0.000 [rad]

Caratteristiche carico in fondazione

V [kN/m] = 1375.4 *risultante delle forze verticali in fondazione*
 H [kN/m] = 267.5 *risultante delle forze orizzontali in fondazione*
 ex [m] = 0.33 *eccentricità del carico in fondazione (= M/V)*
 B' [m] = **6.54** *larghezza efficace della fondazione*
 py [kPa] = **210.2** *pressione di Meyerhof*

	γ	c	q_0			
$\gamma_{1,k} B / 2$ [kN/m ²]	60.53	/	/	peso efficace	K_{AE}	K_{PE}
c'_d [kPa]	/	0.00	/	coesione	ρ_{AE} [deg]	
q' [kPa]	/	/	31.45	pressione efficace di confinamento		
N	20.07	26.42	16.92	fattori di portanza		
S	1.02	1.04	1.02	fattori forma	K_p [-]	2.912 <i>coeff. di resistenza passiva</i>
D	1.00	1.08	1.08	fattori di approfondimento		
I	0.53	0.64	0.66	fattori di inclinazione del carico		
B	1.00	1.00	1.00	fattori di inclinazione del piano di fondazione		
$q_{lim,x}$ [kPa]	655.7	0.0	383.6	prodotto dei contributi		
q_{lim} [kPa]	1039.3			pressione limite		
Q_{lim} [kN/m]	6800.7			carico limite		
FS [-]	5.64	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$				
FS [-]	4.94	$FS = Q_{lim} / V$				

Tensioni di contatto in fondazione

ex [m] = **0.33** *< B/6 eccentricità*
 Bx [m] = 7.20 *larghezza sezione reagente in fondazione*
 s_M [kPa] = 191.0 *tensione di contatto media*
 σ_A [kPa] = 243.3 *tensione di contatto spigolo valle*
 σ_A' [kPa] = 238.9 *tensione di contatto filo muro valle*
 σ_B' [kPa] = 221.5 *tensione di contatto filo muro monte*
 σ_B [kPa] = 138.8 *tensione di contatto spigolo monte*

$x_{=0}$ [m] = **-13.16** *punto tensione di contatto nulla*
 x_A [m] = **3.60** *filo fondazione valle*
 x_A' [m] = **3.30** *filo paramento valle*
 x_B' [m] = **2.10** *filo paramento monte*
 x_B [m] = **-3.60** *filo fondazione monte*

dci/dx [-] = 14.52

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 10/30

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 139.0	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.95
$T_{H/3}$ [kN / m] = 105.1	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] = 217.3	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
N_{S+R} [kN / m] = 225.1	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.15
T_{S+R} [kN / m] = 185.7	taglio sul muro al p.c. di valle	
M_{S+R} [kN m / m] = 527.3	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_S [kN / m] = 214.8	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_S [kN / m] = 208.1	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	
M_S [kN m / m] = 622.5	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] = 5.70	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_M [m] = 5.70	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
p_{VB} [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
$p_{VB'}$ [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V0} [kN / m] = 119.12	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] = -85.8	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] = -808.3	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] = 0.30	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_V [m] = 0.30	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
p_{VA} [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
$p_{VA'}$ [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] = 60.6	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] = 9.1	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sul dente di fondazione

(NESSUN DENTE)

H_D [m] = 0.00	altezza del dente di fondazione	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_D [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla spinta attiva	
M_D [kN m / m] = 0.00	momento dovuto alla spinta attiva	
T_P [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla resistenza passiva	
M_P [kN m / m] = #DIV/0!	momento dovuto alla resistenza passiva	
T_D [kN / m] = 0.0	taglio sulla sezione di attacco del dente di fondazione	
M_D [kN m / m] = #DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU GEO (A2+M2) + EQU
Pag. 11/30

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	--	--	--	
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
$\gamma_{v,k}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{v,d}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
ϕ_i [gradi]	36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico
ϕ_d [gradi]	30.2	32.0	32.0	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio di progetto
$c'_{i,k}$ [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	coesione caratteristica
$c'_{i,d}$ [kPa]	0.0	24.0	24.0	4.0	4.0	coesione di progetto
$\delta'_{i,k}$ [gradi]	24.0	32.0	32.0	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
$\delta'_{i,d}$ [gradi]	24.0	32.0	32.0	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m]	-9.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di testa dell'unità
z_{bot} [m]	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (unità Ra)

$\gamma_{v,k}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{v(s)}$ [—] = 1.00
$\gamma_{v,d}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ_i [gradi]	35.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_b [—] = 1.25
ϕ_d [gradi]	29.3	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.511 [rad]
$c'_{i,k}$ [kPa]	0.0	coesione caratteristica	γ_c [—] = 1.25
$c'_{i,d}$ [kPa]	0.0	coesione di progetto	
$\delta'_{i,k}$ [gradi]	23.3	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	γ_b [—] = 1.00
$\delta'_{i,d}$ [gradi]	23.3	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.407 [rad]

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{w(s)}$ [—] = 1.00
$\gamma_{w,d}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto	
$z_{WL,fond}$ [m]	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	
$z_{WL,monte}$ [m]	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	

Caratterizzazione sismica

a_g/g [—]	0.000	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	
S_s [—]	1.50	fattore di amplificazione stratigrafica	
S_T [—]	1.20	fattore di amplificazione topografica	
β_m [—]	0.18	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	
K_h [—]	0.000	coefficiente sismico orizzontale	
K_v [—]	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	statico 0.000 sismico 0.000 [rad]
θ [gradi]	0.00		
H/x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. H/x 0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	7.80	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_w [m]	1.20	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m]	1.20	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	7.20	larghezza della fondazione	
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m]	0.30	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m]	5.70	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.45	spessore del muro in elevazione	
pv [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
pm [—]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	0.00	planerotolo sopra il muro	
β [gradi]	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.000 [rad]
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
ψ [gradi]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)	
$\gamma_{dis,k}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	$\gamma_{c(s)}$ [—] = 1.00
$\gamma_{dis,d}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	
i [gradi]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico

$q_{s,k}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_q [—] = 1.00
$q_{s,k}$ [kN/m ²]	20.0	sovraccarico accidentale caratteristico	γ_q [—] = 1.00
$q_{s,d}$ [kN/m ²]	20.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	

Carichi concentrati

X_0 [m]	3.08	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)	
Z_0 [m]	-9.00	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)	
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_G [—] = 1.00
H_0 [kN/m]	100.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_G [—] = 1.00
M_0 [kN/m]	100.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_G [—] = 1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	
H_0 [kN/m]	100.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	
M_0 [kN/m]	100.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_M [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_M [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 12/30

Determinazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte	1.571	1.571 [rad]
β [grad]	0.0	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno	0.000	0.000 [rad]
θ [grad]	0.0	0.0		0.000	0.000 [rad]

	Unità 1		---		---		---		---		
	statico	sismico									
φ' [grad]	30.2	30.2	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [grad]	24.0	24.0	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, ka; [-]	0.294	0.294	0.277	0.277	0.277	0.277	0.394	0.394	0.394	0.394	coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	2.912	2.912	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)
kp [-]			coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)									
Hw [m]	0.00	altezza d'acqua spingente									
S'a,k [kN/m]	274	spinta statica efficace			γp(EQU) [-] = 1.10						
S'a;_k [kN/m]	274	spinta sismica efficace									
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica			γp(EQU) [-] = 1.10						
γt [kN/m³]	18.5	peso di volume del terreno reagente									
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione e valle									
kp (1+kv) [-]	2.912	coefficiente di resistenza passiva									
Rp,k [kN/m]	77.83	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)			γR [-] = 1.00						
Rp,d [kN/m]	77.83	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)									
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo									
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento									
	F _x	F _z	x	z	M _{STAB}	M _{RUB}					
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]					γG(EQU) [-] = 0.90
S	249.95	111.29	-3.60	-	721.13	903.65	spinta statica		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
ΔS	0.00	0.00	-3.60	-4.50			Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
Rp	0.00	0.00	3.60	-0.57			resistenza passiva applicata a D/3		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
Va H0	100.00	0.00	3.08	-9.00		900.00	forze concentrate (verticale e orizzontale)		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
M0	0.00	0.00	3.08	-9.00		100.00	momento concentrato		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
m0	0.00	0.00	0.00	0.00			massa sismica concentrata		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W1	0.00	216.00	0.00	-0.60		699.84	peso della fondazione (soletta)		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W1'	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W1''	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W2	0.00	87.75	3.08	-5.10		41.46	peso del paramento in elevazione		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W2'	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W2''	0.00	73.01	2.60	-3.80		65.68	peso del paramento in elevazione		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W3	0.00	822.68	-0.75	-5.10		3220.36	peso del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W3'	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W3''	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W3'''	0.00	54.03	2.35	-6.40		60.74	peso del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
W4	0.00	2.78	3.45	-1.45		0.37	peso del terreno sulla fondazione di valle		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.60			inerzia della fondazione (soletta)		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW1'	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW1''	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW2	0.00	0.00	3.08	-5.10			inerzia del paramento in elevazione		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW2'	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW2''	0.00	0.00	2.60	-3.80			inerzia del paramento in elevazione		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW3	0.00	0.00	-0.75	-5.10			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW3'	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW3''	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW3'''	0.00	0.00	2.35	-6.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
dW4	0.00	0.00	3.45	-1.45			inerzia del terreno sulla fondazione di valle		X γG (riduzione M _{STAB})	X γD (amplificazione M _{RUB})	
ΣF	350.0	1367.5			ΣM	4809.6	1903.6				

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF _v	= 1367.5	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN] = ΣF _x	= 350.0	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	= 2.65	distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]	= 0.95	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)
Bex [m]	= 5.30	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 13/30

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] = **4809.6** *sommatoria dei momenti stabilizzanti*
 ΣM_{RIB} [kNm/m] = **1903.6** *sommatoria dei momenti ribaltanti*
 $\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ = **2.53** *misura della sicurezza al ribaltamento*

Verifica allo slittamento

Hd [kN] = **350.0** *azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)*
Nd [kN] = 1367.5 *azione ortogonale al piano di fondazione*
Td [kN] = **350.0** *azione tangenziale al piano di fondazione*
Rd [kN] = **589.9** *resistenza di progetto*
Rd / Td = **1.69** *misura della sicurezza allo slittamento*

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume del terreno*
 z_B [m] = 6.14 *profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+ ϕ /2)]*
 z_{wL} [m] = 20.00 *profondità della falda (positiva se sotto il piano fondazione)*
 $\gamma_{1,eq}$ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)*
 ϕ_d [gradi] = 29.3 *angolo di resistenza al taglio di progetto* 0.511 [rad]
 c'_d [kPa] = 0.0 *coesione di progetto*

Caratteristiche geometriche

B [m] = 7.20 *larghezza della fondazione*
L [m] = **100.0** *lunghezza della fondazione*
D' [m] = 1.70 *approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)*
i [gradi] = 0.0 *contropendenza del piano di fondazione* 0.000 [rad]

Caratteristiche carico in fondazione

V [kN/m] = 1367.5 *risultante delle forze verticali in fondazione*
H [kN/m] = 350.0 *risultante delle forze orizzontali in fondazione*
ex [m] = 0.95 *eccentricità del carico in fondazione (= M / V)*
B' [m] = **5.30** *larghezza efficace della fondazione*
py [kPa] = **288.1** *pressione di Meyerhof*

	γ	c	q_0		Brinch-Hansen, 1970		
$\gamma_{1,k} B / 2$ [kN/m ²]	49.01	/	/	peso efficace	K_{AE}	K_{PE}	ρ_{AE} [deg]
c'_d [kPa]	/	0.00	/	coesione			
q'_d [kPa]	/	/	31.45	pressione efficace di confinamento			
N	20.07	28.42	16.92	fattori di portanza			
S	1.02	1.03	1.02	fattori forma	K_p [-] = 2.912		coeff. di resistenza passiva
D	1.00	1.10	1.09	fattori di approfondimento			
I	0.42	0.53	0.56	fattori di inclinazione del carico			
B	1.00	1.00	1.00	fattori di inclinazione del piano di fondazione			
$q_{lim,x}$ [kPa]	417.7	0.0	332.2	prodotto dei contributi			
q_{lim} [kPa]	749.9			pressione limite			
Q_{lim} [kN/m]	3972.7			carico limite			
FS [-]	3.17	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$					
FS [-]	2.91	$FS = Q_{lim} / V$					

Tensioni di contatto in fondazione

ex [m] = **0.95** *<B/6 eccentricità*
Bx [m] = **7.20** *larghezza sezione reagente in fondazione*
 s_M [kPa] = **189.9** *tensione di contatto media*
 σ_A [kPa] = **340.5** *tensione di contatto spigolo valle*
 σ_A' [kPa] = **327.9** *tensione di contatto filo muro valle*
 σ_B [kPa] = **277.8** *tensione di contatto filo muro monte*
 σ_B' [kPa] = **39.4** *tensione di contatto spigolo monte*

$x_{c=0}$ [m] = **-4.54** *punto tensione di contatto nulla*
 x_A [m] = **3.60** *filo fondazione valle*
 x_A' [m] = **3.30** *filo paramento valle*
 x_B [m] = **2.10** *filo paramento monte*
 x_B' [m] = **-3.60** *filo fondazione monte*

dx/dx [-]
41.81

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 14/30

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 139.0	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.95
$T_{H/3}$ [kN / m] = 195.0	taglio sul muro allo spiccato fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] = 810.9	momento sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.15
N_{S+R} [kN / m] = 225.1	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	
T_{S+R} [kN / m] = 271.5	taglio sul muro al p.c. di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
M_{S+R} [kN m / m] = 1305.3	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_S [kN / m] = 214.8	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_S [kN / m] = 292.9	taglio sul muro allo spiccato fondazione	
M_S [kN m / m] = 1443.2	momento sul muro allo spiccato fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] = 5.70	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_M [m] = 5.70	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
p_{VB} [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
p_{VB} [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V0} [kN / m] = 111.29	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_M [kN / m] = -200.8	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] = -1535.4	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] = 0.30	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_V [m] = 0.30	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
p_{VA} [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
p_{VA} [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] = 88.5	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
M_V [kN m / m] = 13.4	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sul dente di fondazione (NESSUN DENTE)

H_D [m] = 0.00	altezza del dente di fondazione	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_a [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla spinta attiva	
M_a [kN m / m] = 0.00	momento dovuto alla spinta attiva	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_p [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla resistenza passiva	
M_p [kN m / m] = #DIV/0!	momento dovuto alla resistenza passiva	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_D [kN / m] = 0.0	taglio sulla sezione di attacco del dente di fondazione	
M_D [kN m / m] = #DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	

MST01_MST02_H780.xlsx - Sismica SLV STR (A1+M1)
Pag. 15/30

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	---	---	---	---	
Hs [m] =	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
$\gamma_{l,k}$ [kN/m ³] =	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{l,d}$ [kN/m ³] =	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
ψ'_{k} [gradi] =	36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico
ψ'_{d} [gradi] =	36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
c'_{k} [kPa] =	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione caratteristica
c'_{d} [kPa] =	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione di progetto
δ'_{k} [gradi] =	24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
δ'_{d} [gradi] =	24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m] =	-9.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di testa dell'unità
z_{bot} [m] =	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (unità Ra)

$\gamma_{l,k}$ [kN/m ³] =	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{rc} [—] = 1.00
$\gamma_{l,d}$ [kN/m ³] =	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ψ'_{k} [gradi] =	35.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_{ϕ} [—] = 1.00
ψ'_{d} [gradi] =	35.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.611 [rad]
c'_{k} [kPa] =	0.0	coesione caratteristica	γ_c [—] = 1.00
c'_{d} [kPa] =	0.0	coesione di progetto	
δ'_{k} [gradi] =	23.3	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	γ_{δ} [—] = 1.00
δ'_{d} [gradi] =	23.3	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.407 [rad]

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³] =	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	γ_{rc} [—] = 1.00
$\gamma_{w,d}$ [kN/m ³] =	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto	
$z_{w,fond}$ [m] =	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	
$z_{w,monte}$ [m] =	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	

Caratterizzazione sismica

$a_{0,g}$ [—] =	0.060	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	
S_3 [—] =	1.50	fattore di amplificazione stratigrafica	
S_T [—] =	1.20	fattore di amplificazione topografica	
β_m [—] =	0.18	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	
K_h [—] =	0.019	coefficiente sismico orizzontale	
K_v [—] =	-0.010	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	
θ [gradi] =	1.12		statico 0.000 sismico 0.020 [rad]
$H_f \times$	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m] =	7.80	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_{fd} [m] =	1.20	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m] =	1.20	altezza della fondazione a filo valle	
B [m] =	7.20	larghezza della fondazione	
bo [m] =	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m] =	0.30	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m] =	5.70	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m] =	0.45	spessore del muro in elevazione	
ρ_v [—] =	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
ρ_m [—] =	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m] =	0.00	pianerottolo sopra il muro	
β [gradi] =	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.000 [rad]
r [m] =	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m] =	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m] =	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m] =	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
ψ [gradi] =	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)	
$\gamma_{cfs,k}$ [kN/m ³] =	25.0	peso di volume del muro	γ_{rc} [—] = 1.00
$\gamma_{cfs,d}$ [kN/m ³] =	25.0	peso di volume del muro	
i [gradi] =	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico

$q_{p,sk}$ [kN/m ²] =	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_q [—] = 1.00
$q_{a,sk}$ [kN/m ²] =	0.0	sovraccarico accidentale caratteristico	γ_q [—] = 0.00
q_d [kN/m ²] =	0.0	valore di progetto (cautelatamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	

Carichi concentrati

X_0 [m] =	0.00	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)	
Z_0 [m] =	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)	
V_0 [kN/m] =	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_q [—] = 1.00
H_0 [kN/m] =	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_q [—] = 1.00
M_0 [kN m/m] =	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_q [—] = 1.00
V_0 [kN/m] =	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	
H_0 [kN/m] =	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	
M_0 [kN m/m] =	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_{0s} [m] =	0.00	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_{0s} [m] =	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m] =	0.00	massa sismica concentrata	

MST01_MST02_H780.xlsx - Sismica SLV STR (A1+M1)

Pag. 16/30

Determinazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.019	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	-0.010	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
ψ [gradi]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte	1.571	1.571 [rad]
β [gradi]	0.0	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno	0.000	0.000 [rad]
θ [gradi]	0.0	1.1		0.000	0.020 [rad]

	Unità 1		---		---		---		---		
	statico	sismico									
φ' [gradi]	36.0	36.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [gradi]	24.0	24.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, ka' [-]	0.235	0.246	0.225	0.237	0.225	0.237	0.330	0.344	0.330	0.344	coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	3.690	3.555	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)
kp [-]	\		coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancelotta, '07])

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
Hw [m]	0.00	altezza d'acqua spingente	
S'a,k [kN/m]	176	spinta statica efficace	γ _{DEOU} [-] = 1.10
S'a _e ,k [kN/m]	184	spinta sismica efficace	γ _{DEOU} [-] = 1.10
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica	
γ _i [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagente	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
kp (1+kv) [-]	3.521	coefficiente di resistenza passiva	
Rp,k [kN/m]	94.12	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)	γ _R [-] = 1.00
Rp,d [kN/m]	94.12	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento	

	F _k	F _z	x	z	M _{STAB}	M _{RIB}		γ _{DEOU} [-]
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]		
S	169.95	71.66	-3.60	-	464.37	530.56	spinta statica	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
ΔS	7.41	3.30	-3.60	-4.50	23.77	33.37	Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
Rp	0.00	0.00	3.60	-0.57			resistenza passiva applicata a D/3	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
V ₀ , H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)	X γ _D (riduzione M _{STAB})
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato	X γ _D (riduzione M _{STAB})
m ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			massa sismica concentrata	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	216.00	0.00	-0.60	699.84		peso della fondazione (soletta)	X γ _D (riduzione M _{STAB})
W*1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _D (riduzione M _{STAB})
W**1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X γ _D (riduzione M _{STAB})
W2	0.00	87.75	3.08	-5.10	41.46		peso del paramento in elevazione	X γ _D (riduzione M _{STAB})
W*2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X γ _D (riduzione M _{STAB})
W**2	0.00	73.01	2.60	-3.80	65.68		peso del paramento in elevazione	X γ _D (riduzione M _{STAB})
W3	0.00	822.68	-0.75	-5.10	3220.36		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W*3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W**3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	54.03	2.35	-6.40	60.74		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W4	0.00	2.78	3.45	-1.45	0.37		peso del terreno sulla fondazione di valle	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW1	4.20	-2.10	0.00	-0.60		11.09	inerzia della fondazione (soletta)	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW*1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW**1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW2	1.71	-0.85	3.08	-5.10		10.06	inerzia del paramento in elevazione	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW*2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW**2	1.42	-0.71	2.60	-3.80		6.71	inerzia del paramento in elevazione	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW3	15.99	-8.00	-0.75	-5.10		127.98	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW*3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW**3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW3	1.05	-0.53	2.35	-6.40		8.12	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW4	0.05	-0.03	3.45	-1.45		0.09	inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X γ _D (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
ΣF	192.8	1319.0			ΣM =	4576.6	728.0	

Risultanti sul piano di fondazione

Dy [m]	=	1.00	passo longitudinale di calcolo
V [kN] = ΣF _z	=	1319.0	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN] = ΣF _x	=	192.8	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	=	3.35	distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]	=	0.25	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M/V)
Bex [m]	=	6.70	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

MST01_MST02_H780.xlsx - Sismica SLV STR (A1+M1)

Pag. 17/30

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] = **4576.6** *sommatoria dei momenti stabilizzanti*
 ΣM_{RIB} [kNm/m] = **728.0** *sommatoria dei momenti ribaltanti*
 $\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ = **6.29** *misura della sicurezza al ribaltamento*

Verifica allo slittamento

H_d [kN] = **192.8** *azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)*
 N_d [kN] = 1319.0 *azione ortogonale al piano di fondazione*
 T_d [kN] = **192.8** *azione tangenziale al piano di fondazione*
 R_d [kN] = **569.0** *resistenza di progetto*
 R_d / T_d = **2.95** *misura della sicurezza allo slittamento*

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume del terreno*
 z_B [m] = 6.92 *profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+ ϕ /2)]*
 z_{VL} [m] = 20.00 *profondità della falda (positiva se sotto il piano fondazione)*
 $\gamma_{1,eq}$ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)*
 ϕ_d [gradi] = 35.0 *angolo di resistenza al taglio di progetto* 0.611 [rad]
 c_d [kPa] = 0.0 *coesione di progetto*

Caratteristiche geometriche

B [m] = 7.20 *larghezza della fondazione*
 L [m] = **100.0** *lunghezza della fondazione*
 D' [m] = 1.70 *approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)*
 i [gradi] = 0.0 *contropendenza del piano di fondazione* 0.000 [rad]

Caratteristiche carico in fondazione

V [kN/m] = 1319.0 *risultante delle forze verticali in fondazione*
 H [kN/m] = 192.8 *risultante delle forze orizzontali in fondazione*
 e_x [m] = 0.25 *eccentricità del carico in fondazione (= M / V)*
 B' [m] = **6.70** *larghezza efficace della fondazione*
 p_y [kPa] = **196.9** *pressione di Meyerhof*

	γ	c	q_0		Brinch-Hansen, 1970		
$\gamma_{t,k} B / 2$ [kN/m ²]	61.96	/	/	peso efficace	K_{AE}	K_{PE}	DAE [deg]
c_d [kPa]	/	0.00	/	coesione			
q' [kPa]	/	/	31.45	pressione efficace di confinamento			
N	48.03	46.12	33.30	fattori di portanza			
S	1.02	1.05	1.02	fattori forma	K_p [-]	= 3.690	coeff. di resistenza passiva
D	1.00	1.07	1.06	fattori di approfondimento			
I	0.63	0.73	0.74	fattori di inclinazione del carico			
B	1.00	1.00	1.00	fattori di inclinazione del piano di fondazione			
$q_{m,x}$ [kPa]	1917.1	0.0	841.1	prodotto dei contributi			
q_{lim} [kPa]	2758.3			pressione limite			
Q_{lim} [kN/m]	18476.4			carico limite			
FS [-]	16.48	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$					
FS [-]	14.01	$FS = Q_{lim} / V$					

Tensioni di contatto in fondazione

e_x [m] = **0.25** *<B/6 eccentricità*
 B_x [m] = 7.20 *larghezza sezione reagente in fondazione*
 s_m [kPa] = **183.2** *tensione di contatto media*
 σ_k [kPa] = **221.5** *tensione di contatto spigolo valle*
 σ_k [kPa] = **218.3** *tensione di contatto filo muro valle*
 σ_B [kPa] = **205.5** *tensione di contatto filo muro monte*
 σ_B [kPa] = **144.9** *tensione di contatto spigolo monte*

$x_{m=0}$ [m] = **-17.23** *punto tensione di contatto nulla*
 x_A [m] = **3.60** *filo fondazione valle*
 x_A [m] = **3.30** *filo paramento valle*
 x_B [m] = **2.10** *filo paramento monte*
 x_B [m] = **-3.60** *filo fondazione monte*

dx/dx [-] = 10.63

MST01_MST02_H780.xls - Sismica SLV STR (A1+M1)

Pag. 18/30

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 137.6	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.95
$T_{H/3}$ [kN / m] = 69.4	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] = 136.3	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
N_{S+R} [kN / m] = 223.8	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.15
T_{S+R} [kN / m] = 123.9	taglio sul muro al p.c. di valle	
M_{S+R} [kN m / m] = 334.2	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_S [kN / m] = 212.7	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_S [kN / m] = 146.3	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	
M_S [kN m / m] = 420.4	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] = 5.70	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_M [m] = 5.70	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
pV_B [kN / m ²] = 172.61	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV_B' [kN / m ²] = 172.61	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
FV_0 [kN / m] = 74.96	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] = -60.0	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] = -549.0	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] = 0.30	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_V [m] = 0.30	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
pV_A [kN / m ²] = 38.87	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV_A' [kN / m ²] = 38.87	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] = 54.3	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] = 8.2	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sul dente di fondazione

(NESSUN DENTE)

H_D [m] = 0.00	altezza del dente di fondazione	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_D [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla spinta attiva	
M_A [kN m / m] = 0.00	momento dovuto alla spinta attiva	
T_p [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla resistenza passiva	
M_p [kN m / m] = #DIV/0!	momento dovuto alla resistenza passiva	
T_D [kN / m] = 0.0	taglio sulla sezione di attacco del dente di fondazione	
M_D [kN m / m] = #DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 19/30

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	---	---	---	---	
Hs [m]		20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
γ_{tk} [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
γ_{td} [kN/m ³]	24.1	24.1	26.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
ϕ'_k [grad]		36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico
ϕ'_d [grad]		36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
c'_k [kPa]		0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	coesione caratteristica
c'_d [kPa]		0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	coesione di progetto
δ'_k [grad]		24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
δ'_d [grad]		24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m]		-9.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di testa dell'unità
z_{bot} [m]		11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (unità Ra)

γ_{tk} [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{rc} [—] = 1.00
γ_{td} [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ'_k [grad]	35.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	γ_b [—] = 1.00
ϕ'_d [grad]	35.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.611 [rad]
c'_k [kPa]	0.0	coesione caratteristica	γ_c [—] = 1.00
c'_d [kPa]	0.0	coesione di progetto	
δ'_k [grad]	23.3	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	γ_b [—] = 1.00
δ'_d [grad]	23.3	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.407 [rad]

Falda

γ_{wtk} [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	γ_{rc} [—] = 1.30
γ_{wd} [kN/m ³]	13.0	peso di volume dell'acqua di progetto	
$z_{M, fondo}$ [m]	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	
$z_{M, monte}$ [m]	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	

Caratterizzazione sismica

a_g/g [—]	0.000	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	
S_s [—]	1.50	fattore di amplificazione stratigrafica	
S_T [—]	1.20	fattore di amplificazione topografica	
β_m [—]	0.18	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	
K_h [—]	0.000	coefficiente sismico orizzontale	
K_v [—]	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	
θ [grad]	0.00		statico 0.000 sismico 0.000 [rad]
H/x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. H/x0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	7.80	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_h [m]	1.20	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m]	1.20	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	7.20	larghezza della fondazione	
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m]	0.30	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m]	5.70	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.45	spessore del muro in elevazione	
pv [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
pm [—]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	0.00	planerottolo sopra il muro	
β [grad]	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.000 [rad]
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
ψ [grad]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)	
$\gamma_{c,tk}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	γ_{rc} [—] = 1.00
$\gamma_{c,td}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	
i [grad]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico

$q_{p,tk}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_0 [—] = 1.30
$q_{s,tk}$ [kN/m ²]	20.0	sovraccarico accidentale caratteristico	γ_1 [—] = 1.50
q_d [kN/m ²]	30.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	

Carichi concentrati

X_0 [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)	
Z_0 [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)	
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	γ_0 [—] = 1.00
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_1 [—] = 1.00
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_1 [—] = 1.00
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_M [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_M [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 20/30

Determinazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso fatto)		
ψ [gradi]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte		
β [gradi]	0.0	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		
θ [gradi]	0.0	0.0		1.571	1.571 [rad]
				0.000	0.000 [rad]
				0.000	0.000 [rad]

	Unità 1		-		-		-		-		
	statico	sismico									
ϕ' [gradi]	36.0	36.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio del terreno
ϕ'' [gradi]	24.0	24.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, kaE [-]	0.235	0.235	0.225	0.225	0.225	0.225	0.330	0.330	0.330	0.330	coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	3.690	3.690	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)	
kp [-]	\		coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])	

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)					
Hw [m]	0.00	altezza d'acqua spingente					
S'a,k [kN/m]	292	spinta statica efficace					$\gamma_{p(EQU)} [-] = 1.10$
S'aE,k [kN/m]	292	spinta sismica efficace					
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica					$\gamma_{p(EQU)} [-] = 1.10$
γ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagente					
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle					
kp (1+kv) [-]	3.690	coefficiente di resistenza passiva					
Rp,k [kN/m]	98.65	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)					$\gamma_R [-] = 1.00$
Rp,d [kN/m]	98.65	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)					
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo					
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento					
	F_x	F_z	x	z	M _{STAB}	M _{RIB}	$\gamma_{G(EQU)} [-] = 0.90$
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	
S	267.18	118.96	-3.60	-	770.83	976.20	
ΔS	0.00	0.00	-3.60	-4.50			$X \gamma_G$ (riduzione M _{STAB})
Rp	0.00	0.00	3.60	-0.57			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
V ₀ H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
m ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
W1	0.00	216.00	0.00	-0.60	699.84		$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
W''1	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
W2	0.00	87.75	3.08	-5.10	41.46		$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
W'2	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
W''2	0.00	73.01	2.60	-3.80	65.68		$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
W3	0.00	1069.49	-0.75	-5.10	4186.47		$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
W'3	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
W''3	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
W'''3	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
W4	0.00	3.61	3.45	-1.45	0.49		$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.60			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
dW'1	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
dW''1	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
dW2	0.00	0.00	3.08	-5.10			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
dW'2	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
dW''2	0.00	0.00	2.60	-3.80			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
dW3	0.00	0.00	-0.75	-5.10			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
dW'3	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
dW''3	0.00	0.00	0.00	0.00			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
dW'''3	0.00	0.00	2.35	-6.40			$X \gamma_D$ (riduzione M _{STAB})
dW4	0.00	0.00	3.45	-1.45			$X \gamma_D$ (amplificazione M _{RIB})
ΣF	267.2	1639.0			$\Sigma M = 5843.7$	976.2	

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF_z	1639.0	$D_y [m] = 1.00$	passo longitudinale di calcolo
H [kN] = ΣF_x	267.2		risultante delle forze verticali in fondazione
u [m]	3.42		risultante delle forze orizzontali in fondazione
ex [m]	0.18		distanza risultante dallo spigolo di valle
Bex [m]	6.84		<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)
			larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 21/30

Verifica al ribaltamento

$\Sigma M_{STA B}$ [kNm/m] = **5843.7** *sommatoria dei momenti stabilizzanti*
 ΣM_{RIB} [kNm/m] = **976.2** *sommatoria dei momenti ribaltanti*
 $\Sigma M_{STA B} / \Sigma M_{RIB}$ = **5.99** *misura della sicurezza al ribaltamento*

Verifica allo slittamento

H_d [kN] = **267.2** *azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)*
 N_d [kN] = 1639.0 *azione ortogonale al piano di fondazione*
 T_d [kN] = **267.2** *azione tangenziale al piano di fondazione*
 R_d [kN] = **707.0** *resistenza di progetto*
 R_d / T_d = **2.65** *misura della sicurezza allo slittamento*

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume del terreno*
 z_B [m] = 6.92 *profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+φ/2)]*
 z_{wl} [m] = 20.00 *profondità della falda (positiva se sotto il piano fondazione)*
 $\gamma_{1,eq}$ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)*
 ϕ_d [gradi] = 35.0 *angolo di resistenza al taglio di progetto* 0.611 [rad]
 c_d [kPa] = 0.0 *coesione di progetto*

Caratteristiche geometriche

B [m] = 7.20 *larghezza della fondazione*
 L [m] = **100.0** *lunghezza della fondazione*
 D [m] = 1.70 *approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)*
 i [gradi] = 0.0 *contropendenza del piano di fondazione* 0.000 [rad]

Caratteristiche carico in fondazione

V [kN/m] = 1639.0 *risultante delle forze verticali in fondazione*
 H [kN/m] = 267.2 *risultante delle forze orizzontali in fondazione*
 e_x [m] = 0.18 *eccentricità del carico in fondazione (= M / V)*
 B' [m] = **6.84** *larghezza efficace della fondazione*
 p_y [kPa] = **239.6** *pressione di Meyerhof*

	γ	c	q_0		Brinch-Hansen, 1970		
$\gamma_{1,k} B / 2$ [kN/m ²]	63.27	/	/	peso efficace	K_{AE}	K_{PE}	ρ_{AE} [deg]
c_d [kPa]	/	0.00	/	coesione			
q' [kPa]	/	/	31.45	pressione efficace di confinamento			
N	48.03	46.12	33.30	fattori di portanza			
S	1.03	1.05	1.03	fattori forma	K_p [-] = 3.690		coeff. di resistenza passiva
D	1.00	1.07	1.06	fattori di approfondimento			
I	0.59	0.70	0.71	fattori di inclinazione del carico			
B	1.00	1.00	1.00	fattori di inclinazione del piano di fondazione			
$q_{lim,x}$ [kPa]	1847.7	0.0	808.9	prodotto dei contributi			

q_{lim} [kPa] = 2656.6 *pressione limite*
 Q_{lim} [kN/m] = 18171.4 *carico limite*
 FS [-] = **12.61** $FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$
 FS [-] = **11.09** $FS = Q_{lim} / V$

Tensioni di contatto in fondazione

e_x [m] = **0.18** $< B/6$ *eccentricità*
 B_x [m] = 7.20 *larghezza sezione reagente in fondazione*
 s_m [kPa] = **227.6** *tensione di contatto media*
 σ_A [kPa] = **261.8** *tensione di contatto spigolo valle*
 σ_V [kPa] = **258.9** *tensione di contatto filo muro valle*
 σ_B [kPa] = **247.6** *tensione di contatto filo muro monte*
 σ_0 [kPa] = **193.5** *tensione di contatto spigolo monte*

$x_{=0}$ [m] = **-24.00** *punto tensione di contatto nulla*
 x_A [m] = **3.60** *filo fondazione valle*
 x_V [m] = **3.30** *filo paramento valle*
 x_B [m] = **2.10** *filo paramento monte*
 x_0 [m] = **-3.60** *filo fondazione monte*

dx/dx [-]
 9.48

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 22/30

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 153.4	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.95
$T_{H/3}$ [kN / m] = 103.0	taglio sul muro allo spiccato fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] = 204.6	momento sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
$N_{S/R}$ [kN / m] = 239.5	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.15
$T_{S/R}$ [kN / m] = 184.2	taglio sul muro al p.c. di valle	
$M_{S/R}$ [kN m / m] = 510.8	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_S [kN / m] = 231.0	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_S [kN / m] = 206.9	taglio sul muro allo spiccato fondazione	
M_S [kN m / m] = 604.7	momento sul muro allo spiccato fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] = 5.70	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_M [m] = 5.70	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
pv_M [kN / m ²] = 217.59	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pv'_M [kN / m ²] = 217.59	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V0} [kN / m] = 118.96	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] = -102.1	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] = -776.7	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] = 0.30	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_V [m] = 0.30	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
pv_V [kN / m ²] = 42.03	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pv'_V [kN / m ²] = 42.03	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] = 65.5	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] = 9.8	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sul dente di fondazione

(NESSUN DENTE)

H_D [m] = 0.00	altezza del dente di fondazione	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_a [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla spinta attiva	
M_a [kN m / m] = 0.00	momento dovuto alla spinta attiva	
T_p [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla resistenza passiva	
M_p [kN m / m] = #DIV/0!	momento dovuto alla resistenza passiva	
T_D [kN / m] = 0.0	taglio sulla sezione di attacco del dente di fondazione	
M_D [kN m / m] = #DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU STR (A1+M1)

Pag. 23/30

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	---	---	---	---	
Hs [m]		20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
γ_{tk} [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico $\gamma_{rc} [-] = 1.00$
γ_{td} [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
ϕ'_k [grad]		36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico $\gamma_\phi [-] = 1.00$
ϕ'_{td} [grad]		36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
c'_k [kPa]		0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	coesione caratteristica $\gamma_c [-] = 1.00$
c'_{td} [kPa]		0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	coesione di progetto
δ'_k [grad]		24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno $\gamma_\delta [-] = 1.00$
δ'_{td} [grad]		24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m]		-9.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di testa dell'unità
z_{bot} [m]		11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (unità Ra)

γ_{tk} [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{rc} [-] = 1.00$
γ_{td} [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ'_k [grad]	35.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	$\gamma_\phi [-] = 1.00$
ϕ'_{td} [grad]	35.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.611 [rad]
c'_k [kPa]	0.0	coesione caratteristica	$\gamma_c [-] = 1.00$
c'_{td} [kPa]	0.0	coesione di progetto	
δ'_k [grad]	23.3	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	$\gamma_\delta [-] = 1.00$
δ'_{td} [grad]	23.3	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.407 [rad]

Falda

γ_{wk} [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{rc9} [-] = 1.00$
γ_{wd} [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto	
z_{M_fond} [m]	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	
z_{M_monte} [m]	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	

Caratterizzazione sismica

a_g/g [-]	0.000	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	
S_z [-]	1.50	fattore di amplificazione stratigrafica	
S_T [-]	1.20	fattore di amplificazione topografica	
β_m [-]	0.18	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	
Kh [-]	0.000	coefficiente sismico orizzontale	
Kv [-]	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)	statico sismico
θ [grad]	0.00		0.000 0.000 [rad]
H/x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. H/x0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	7.80	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_u [m]	1.20	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m]	1.20	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	7.20	larghezza della fondazione	
b_0 [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
b_v [m]	0.30	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
b_m [m]	5.70	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.45	spessore del muro in elevazione	
p_v [-]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
p_m [-]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	0.00	planerottolo sopra il muro	
β [grad]	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.000 [rad]
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
ψ [grad]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)	
γ_{cisk} [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	$\gamma_{rc} [-] = 1.00$
γ_{cisd} [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	
i [grad]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico

q_{pk} [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	$\gamma_q [-] = 1.00$
q_{sk} [kN/m ²]	20.0	sovraccarico accidentale caratteristico	$\gamma_q [-] = 1.00$
q_d [kN/m ²]	20.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)	

Carichi concentrati

X_0 [m]	3.08	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)	
Z_0 [m]	-9.00	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)	
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	$\gamma_{q1} [-] = 1.00$
H_0 [kN/m]	100.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	$\gamma_{q1} [-] = 1.00$
M_0 [kN m/m]	100.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	$\gamma_{q1} [-] = 1.00$
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)	
H_0 [kN/m]	100.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	
M_0 [kN m/m]	100.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_m [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_m [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU STR (A1+M1)

Pag. 24/30

Deteminazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte	1.571	1.571 [rad]
β [grad]	0.0	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno	0.000	0.000 [rad]
ϵ [grad]	0.0	0.0		0.000	0.000 [rad]

	Unità 1		---		---		---		---		
	statico	sismico									
ϕ' [grad]	36.0	36.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [grad]	24.0	24.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, ka _s [-]	0.235	0.235	0.225	0.225	0.225	0.225	0.330	0.330	0.330	0.330	coefficiente di spinta attiva

Deteminazione del coefficiente di resistenza passiva

kp [-]	3.690	3.690	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)
kp [-]			coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancelotta, '07])

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
H _w [m]	0.00	altezza d'acqua spingente	
S'a,k [kN/m]	218	spinta statica efficace	$\gamma_{D(EQU)} [-] = 1.10$
S'a _s ,k [kN/m]	218	spinta sismica efficace	$\gamma_{D(EQU)} [-] = 1.10$
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica	
γ_1 [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagente	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
kp (1+kv) [-]	3.690	coefficiente di resistenza passiva	
Rp,k [kN/m]	98.65	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)	$\gamma_R [-] = 1.00$
Rp,d [kN/m]	98.65	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento	

	F _k [kN]	F _s [kN]	x [m]	z [m]	M _{STAB} [kNm]	M _{RIE} [kNm]		$\gamma_{D(EQU)} [-] = 0.90$
S	199.58	88.86	-3.60	-	575.80	721.54	spinta statica	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
ΔS	0.00	0.00	-3.60	-4.50			Δ spinta sismica applicata a 0.50 Hf	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
Rp	0.00	0.00	3.60	-0.57			resistenza passiva applicata a D/3	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
V ₀ H ₀	100.00	0.00	3.08	-9.00		900.00	forze concentrate (verticale e orizzontale)	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
M ₀	0.00	0.00	3.08	-9.00		100.00	momento concentrato	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
m ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			massa sismica concentrata	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W1	0.00	216.00	0.00	-0.60	699.84		peso della fondazione (soletta)	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W1*	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W1*	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W2	0.00	87.75	3.08	-5.10	41.46		peso del paramento in elevazione	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W2*	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W2*	0.00	73.01	2.60	-3.80	65.68		peso del paramento in elevazione	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W3	0.00	822.68	-0.75	-5.10	3220.36		peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W3*	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W3*	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W3*	0.00	54.03	2.35	-6.40	60.74		peso del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
W4	0.00	2.78	3.45	-1.45	0.37		peso del terreno sulla fondazione di valle	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.60			inerzia della fondazione (soletta)	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW1*	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW1*	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW2	0.00	0.00	3.08	-5.10			inerzia del paramento in elevazione	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW2*	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW2*	0.00	0.00	2.60	-3.80			inerzia del paramento in elevazione	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW3	0.00	0.00	-0.75	-5.10			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW3*	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW3*	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW3*	0.00	0.00	2.35	-6.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
dW4	0.00	0.00	3.45	-1.45			inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X Y _G (riduzione M _{STAB}) X Y _P (amplificazione M _{RIE})
ΣF	299.6	1345.1			$\Sigma M = 4664.3$	1721.5		

Risultanti sul piano di fondazione

Dy [m]	1.00	passo longitudinale di calcolo
V [kN]	$\Sigma F_z = 1345.1$	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN]	$\Sigma F_x = 299.6$	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	2.70	distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]	0.90	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)
Bex [m]	5.39	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU STR (A1+M1)

Pag. 25/30

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STR} [kNm/m] = **4664.3** *sommatoria dei momenti stabilizzanti*
 ΣM_{RIE} [kNm/m] = **1721.5** *sommatoria dei momenti ribaltanti*
 $\Sigma M_{STR} / \Sigma M_{RIE}$ = **2.71** *misura della sicurezza al ribaltamento*

Verifica allo slittamento

Hd [kN] = **299.6** *azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)*
Nd [kN] = 1345.1 *azione ortogonale al piano di fondazione*
Td [kN] = **299.6** *azione tangenziale al piano di fondazione*
Rd [kN] = **580.2** *resistenza di progetto*
Rd / Td = **1.94** *misura della sicurezza allo slittamento*

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume del terreno*
z_B [m] = 6.92 *profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+ φ/2)]*
z_{wl} [m] = 20.00 *profondità della falda (positiva se sotto il piano fondazione)*
 $\gamma_{1,eq}$ [kN/m³] = 18.5 *peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)*
φ_d [gradi] = 35.0 *angolo di resistenza al taglio di progetto* 0.611 [rad]
c'_d [kPa] = 0.0 *coesione di progetto*

Caratteristiche geometriche

B [m] = 7.20 *larghezza della fondazione*
L [m] = **100.0** *lunghezza della fondazione*
D' [m] = 1.70 *approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)*
i [gradi] = 0.0 *contropendenza del piano di fondazione* 0.000 [rad]

Caratteristiche carico in fondazione

V [kN/m] = 1345.1 *risultante delle forze verticali in fondazione*
H [kN/m] = 299.6 *risultante delle forze orizzontali in fondazione*
ex [m] = 0.90 *eccentricità del carico in fondazione (= M / V)*
B' [m] = **5.39** *larghezza efficace della fondazione*
py [kPa] = **249.5** *pressione di Meyerhof*

	γ	c	q ₀		Brinch-Hansen, 1970		
$\gamma_{1,k} B / 2$ [kN/m ²]	49.68	/	/	peso efficace	K _{AE}	K _{PE}	PAE [deg]
c' _d [kPa]	/	0.00	/	coesione			
q' [kPa]	/	/	31.45	pressione efficace di confinamento			
N	48.08	46.12	33.30	fattori di portanza			
S	1.02	1.04	1.02	fattori forma	K _p [-] = 3.690		coeff. di resistenza passiva
D	1.00	1.08	1.08	fattori di approfondimento			
i	0.48	0.60	0.61	fattori di inclinazione del carico			
B	1.00	1.00	1.00	fattori di inclinazione del piano di fondazione			
q _{lim,x} [kPa]	1162.3	0.0	706.1	prodotto dei contributi			
q _{lim} [kPa]	1868.4			pressione limite			
Q _{lim} [kN/m]	10074.6			carico limite			
FS [-]	8.43	FS = (q_{lim} - q₀) / (q - q₀)					
FS [-]	7.49	FS = Q_{lim} / V					

Tensioni di contatto in fondazione

ex [m] = **0.90** *<B/6 eccentricità*
Bx [m] = **7.20** *larghezza sezione reagente in fondazione*
s_M [kPa] = **186.8** *tensione di contatto media*
σ_v [kPa] = **327.5** *tensione di contatto spigolo valle*
σ_{v'} [kPa] = **315.8** *tensione di contatto filo muro valle*
σ_B [kPa] = **269.0** *tensione di contatto filo muro monte*
σ_{B'} [kPa] = **46.1** *tensione di contatto spigolo monte*

x_{m=0} [m] = **-4.78** *punto tensione di contatto nulla*
x_v [m] = **3.60** *filo fondazione valle*
x_{v'} [m] = **3.30** *filo paramento valle*
x_B [m] = **2.10** *filo paramento monte*
x_{B'} [m] = **-3.60** *filo fondazione monte*

dx/dx [-]
39.09

MST01_MST02_H780.xlsx - Urto SLU STR (A1+M1)
Pag. 26/30

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 139.0	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.95
$T_{H/3}$ [kN / m] = 175.8	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] = 772.8	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
N_{S+R} [kN / m] = 225.1	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.15
T_{S+R} [kN / m] = 236.9	taglio sul muro al p.c. di valle	
M_{S+R} [kN m / m] = 1211.5	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_S [kN / m] = 214.8	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_S [kN / m] = 254.0	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	
M_S [kN m / m] = 1331.0	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] = 5.70	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_M [m] = 5.70	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
pV_B [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV_D [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
FV_D [kN / m] = 88.86	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] = -184.5	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] = -1382.8	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] = 0.30	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_V [m] = 0.30	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
pV_A [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV_C [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] = 84.7	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] = 12.8	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sul dente di fondazione (NESSUN DENTE)

H_D [m] = 0.00	altezza del dente di fondazione	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_A [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla spinta attiva	
M_A [kN m / m] = 0.00	momento dovuto alla spinta attiva	
T_p [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla resistenza passiva	
M_p [kN m / m] = #DIV/0!	momento dovuto alla resistenza passiva	
T_D [kN / m] = 0.0	taglio sulla sezione di attacco del dente di fondazione	
M_D [kN m / m] = #DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLE

Pag. 27/30

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	---	---	---	---	
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità
γ_{tk} [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico $\gamma_{ref} [-] = 1.00$
γ_{td} [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto
ϕ'_k [grad]	36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico $\gamma_\phi [-] = 1.00$
ϕ'_d [grad]	36.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
c'_k [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione caratteristica $\gamma_c [-] = 1.00$
c'_d [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	5.0	coesione di progetto
δ'_k [grad]	24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno $\gamma_\delta [-] = 1.00$
δ'_d [grad]	24.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m]	-9.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di testa dell'unità
z_{bot} [m]	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (unità Ra)

γ_{tk} [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico $\gamma_{ref} [-] = 1.00$
γ_{td} [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto
ϕ'_k [grad]	35.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico $\gamma_\phi [-] = 1.00$
ϕ'_d [grad]	35.0	angolo di resistenza al taglio di progetto 0.611 [rad]
c'_k [kPa]	0.0	coesione caratteristica $\gamma_c [-] = 1.00$
c'_d [kPa]	0.0	coesione di progetto
δ'_k [grad]	23.3	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno $\gamma_\delta [-] = 1.00$
δ'_d [grad]	23.3	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno 0.407 [rad]

Falda

γ_{mk} [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico $\gamma_{ref} [-] = 1.00$
γ_{md} [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua di progetto
$z_{M, fondo}$ [m]	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)
$z_{M, monte}$ [m]	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)

Caratterizzazione sismica

			statico	sismico
$a_g/g [-]$	0.000	accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido	0.000	0.000 [rad]
$S_s [-]$	1.50	fattore di amplificazione stratigrafica		
$S_t [-]$	1.20	fattore di amplificazione topografica		
$\beta_m [-]$	0.18	coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima		
$K_h [-]$	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
$K_v [-]$	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
θ [grad]	0.00			
HF x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)		

Caratteristiche geometriche

H [m]	7.80	altezza del muro (da estradosso fondazione)		
h_u [m]	1.20	altezza della fondazione a filo monte		
h_v [m]	1.20	altezza della fondazione a filo valle		
B [m]	7.20	larghezza della fondazione		
b_o [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)		
b_v [m]	0.30	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle		
b_m [m]	5.70	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante		
s [m]	0.45	spessore del muro in elevazione		
p_v [-]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle		
p_m [-]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte		
c [m]	0.00	pianerottolo sopra il muro		
β [grad]	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno 0.000 [rad]		
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte		
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle		
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle		
HF [m]	9.00	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)		
ψ [grad]	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di spinta a monte (=90° per i muri a mensola)		
γ_{ctsk} [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro $\gamma_{ref} [-] = 1.00$		
γ_{ctsd} [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro		
i [grad]	0.0	contropendenza del piano di fondazione 0.000 [rad]		

Sovraccarico

q_{psk} [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico $\gamma_q [-] = 1.00$
q_{ak} [kN/m ²]	20.0	sovraccarico accidentale caratteristico $\gamma_q [-] = 0.00$
q_d [kN/m ²]	0.0	valore di progetto (cautelativamente non si considera il contributo gravante sopra la fondazione)

Carichi concentrati

X_0 [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della forza concentrata (positiva verso valle)		
Z_0 [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della forza concentrata (negativa sopra il piano di fondazione)		
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso) $\gamma_q [-] = 1.00$		
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle) $\gamma_q [-] = 1.00$		
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle) $\gamma_q [-] = 1.00$		
V_0 [kN/m]	0.00	componente verticale della forza (positiva se verso il basso)		
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)		
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)		
X_{s1} [m]	0.00	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica		
Z_{s1} [m]	0.00	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica		
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata		

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLE

Pag. 28/30

Deteminazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico		statico	sismico
Kh [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico orizzontale		
Kv [-]	0.000	0.000	coefficiente sismico verticale (+ verso il basso, - verso l'alto)		
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte	1.571	1.571 [rad]
β [grad]	0.0	0.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie dei terrapieno	0.000	0.000 [rad]
θ [grad]	0.0	0.0		0.000	0.000 [rad]

	Unità 1		---		---		---		---		
	statico	sismico									
ψ' [grad]	36.0	36.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio del terreno
δ' [grad]	24.0	24.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, ka _c [-]	0.235	0.235	0.225	0.225	0.225	0.225	0.330	0.330	0.330	0.330	coefficiente di spinta attiva

Deteminazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	3.690	3.690	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)
kp [-]			coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	9.00	altezza totale per deteminazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)	
H _w [m]	0.00	altezza d'acqua spingente	
S'a,k [kN/m]	176	spinta statica efficace	γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
S'a _c ,k [kN/m]	176	spinta sismica efficace	
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica	γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
γ _t [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagente	
D [m]	1.70	approfondimento della fondazione a valle	
kp (1+kv) [-]	3.690	coefficiente di resistenza passiva	
Rp,k [kN/m]	98.65	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)	γ _t [-] = 1.00
Rp,d [kN/m]	98.65	resistenza passiva disponibile a valle (valore di progetto)	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per il calcolo	
	0%	percentuale della resistenza passiva da considerare per la verifica a ribaltamento	

	F _k [kN]	F _z [kN]	x [m]	z [m]	M _{STAB} [kNm]	M _{RIE} [kNm]		γ _{p(EQU)} [-] = 0.90
S	160.95	71.66	-3.60	-	464.37	530.56	spinta statica	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
ΔS	0.00	0.00	-3.60	-4.50			Δ spinta sismica applicata a 0.50-Hf	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
Rp	0.00	0.00	3.60	-0.57			resistenza passiva applicata a D/3	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
V ₀ , H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
m ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			massa sismica concentrata	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W1	0.00	216.00	0.00	-0.60	699.84		peso della fondazione (soletta)	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W*1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W^1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W2	0.00	87.75	3.08	-5.10	41.46		peso del paramento in elevazione	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W*2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W^2	0.00	73.01	2.60	-3.80	65.68		peso del paramento in elevazione	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W3	0.00	822.68	-0.75	-5.10	3220.36		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W*3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W^3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W**3	0.00	54.03	2.35	-6.40	60.74		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
W4	0.00	2.78	3.45	-1.45	0.37		peso del terreno sulla fondazione di valle	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.60			inerzia della fondazione (soletta)	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW*1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW^1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW2	0.00	0.00	3.08	-5.10			inerzia del paramento in elevazione	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW*2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW^2	0.00	0.00	2.60	-3.80			inerzia del paramento in elevazione	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW3	0.00	0.00	-0.75	-5.10			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW*3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW^3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW**3	0.00	0.00	2.35	-6.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
dW4	0.00	0.00	3.45	-1.45			inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X γ _p (riduzione M _{STAB}) X γ _p (amplificazione M _{RIE})
ΣF	161.0	1327.9			ΣM = 4552.8	530.6		

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF _z	1327.9	risultante delle forze verticali in fondazione	Dy [m] = 1.00	passo longitudinale di calcolo
H [kN] = ΣF _x	161.0	risultante delle forze orizzontali in fondazione		
u [m]	3.45	distanza risultante dallo spigolo di valle		
ex [m]	0.15	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M/V)		
Bex [m]	6.89	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]		

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLE

Pag. 29/30

Verifica ai ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] = **4552.8** sommatoria dei momenti stabilizzanti
 ΣM_{RIB} [kNm/m] = **530.6** sommatoria dei momenti ribaltanti
 $\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ = **8.58** misura della sicurezza ai ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] = **161.0** azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)
Nd [kN] = 1327.9 azione ortogonale al piano di fondazione
Td [kN] = **161.0** azione tangenziale al piano di fondazione
Rd [kN] = **572.8** resistenza di progetto
Rd / Td = **3.56** misura della sicurezza allo slittamento

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione

γ [kN/m³] = 18.5 peso di volume del terreno
 z_B [m] = 6.92 profondità del meccanismo di rottura [= 0.5 B tan (45+ ϕ /2)]
 z_{VL} [m] = 20.00 profondità della falda (positiva se sotto il piano fondazione)
 $\gamma_{1,eq}$ [kN/m³] = 18.5 peso di volume equivalente (alleggerito se in presenza di falda, Bowles cap.4-7)
 ϕ_d [grad] = 35.0 angolo di resistenza al taglio di progetto **0.611 [rad]**
 c'_d [kPa] = 0.0 coesione di progetto

Caratteristiche geometriche

B [m] = 7.20 larghezza della fondazione
L [m] = **100.0** lunghezza della fondazione
D' [m] = 1.70 approfondimento piano di fondazione a valle (valore di calcolo per la capacità portante)
I [grad] = 0.0 contropendenza del piano di fondazione **0.000 [rad]**

Caratteristiche carico in fondazione

V [kN/m] = 1327.9 risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN/m] = 161.0 risultante delle forze orizzontali in fondazione
ex [m] = 0.15 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)
B' [m] = **6.89** larghezza efficace della fondazione
py [kPa] = **192.7** pressione di Meyerhof

	γ	c	q_0		Brinch-Hansen, 1970		
$\gamma_{1,k} B / 2$ [kN/m ²]	63.76	/	/	peso efficace	K_{AE}	K_{PE}	PAE [deg]
c'_d [kPa]	/	0.00	/	coesione			
q' [kPa]	/	/	31.45	pressione efficace di confinamento			
N	48.03	46.12	33.30	fattori di portanza			
S	1.03	1.05	1.03	fattori forma	K_p [-] = 3.690		coeff. di resistenza passiva
D	1.00	1.06	1.06	fattori di approfondimento			
I	0.68	0.77	0.78	fattori di inclinazione del carico			
B	1.00	1.00	1.00	fattori di inclinazione del piano di fondazione			
$q_{lim,x}$ [kPa]	2148.9	0.0	888.7	prodotto dei contributi			
q_{lim} [kPa]	3037.6			pressione limite			
Q_{lim} [kN/m]	20936.9			carico limite			
FS [-]	18.65	$FS = (q_{lim} - q_0) / (q - q_0)$					
FS [-]	15.77	$FS = Q_{lim} / V$					

Tensioni di contatto in fondazione

ex [m] = **0.15** <B/6 eccentricità
Bx [m] = **7.20** larghezza sezione reagente in fondazione
 s_H [kPa] = **184.4** tensione di contatto media
 σ_A [kPa] = **208.1** tensione di contatto spigolo valle
 σ_V [kPa] = **206.1** tensione di contatto filo muro valle
 σ_E [kPa] = **198.2** tensione di contatto filo muro monte
 σ_B [kPa] = **160.8** tensione di contatto spigolo monte
 $x_{p=0}$ [m] = **-28.11** punto tensione di contatto nulla
 x_A [m] = **3.60** filo fondazione valle
 x_V [m] = **3.30** filo paramento valle
 x_E [m] = **2.10** filo paramento monte
 x_B [m] = **-3.60** filo fondazione monte

dx/dx [-]
6.56

MST01_MST02_H780.xlsx - Statica SLE
Pag. 30/30

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] = 139.0	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.95
$T_{H/3}$ [kN / m] = 53.6	taglio sul muro allo spiccato fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] = 94.9	momento sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
N_{S+R} [kN / m] = 225.1	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.15
T_{S+R} [kN / m] = 105.6	taglio sul muro al p.c. di valle	
M_{S+R} [kN m / m] = 267.3	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_s [kN / m] = 214.8	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
T_s [kN / m] = 120.6	taglio sul muro allo spiccato fondazione	
M_s [kN m / m] = 320.6	momento sul muro allo spiccato fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] = 5.70	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_M [m] = 5.70	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
pV_M [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV_B [kN / m ²] = 174.30	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
FV_O [kN / m] = 71.66	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] = -41.9	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] = -425.1	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] = 0.30	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 1.20
L'_V [m] = 0.30	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
pV_A [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
pV_B [kN / m ²] = 39.25	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] = 50.3	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] = 7.6	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	

Sollecitazioni sui dente di fondazione

(NESSUN DENTE)

H_O [m] = 0.00	altezza del dente di fondazione	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.00
T_d [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla spinta attiva	
M_a [kN m / m] = 0.00	momento dovuto alla spinta attiva	
T_p [kN / m] = 0.00	taglio dovuto alla resistenza passiva	
M_p [kN m / m] = #DIV/0!	momento dovuto alla resistenza passiva	
T_f [kN / m] = 0.0	taglio sulla sezione di attacco del dente di fondazione	
M_f [kN m / m] = #DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	

10.ALLEGATO 2: TERMINOLOGIA UTILIZZATA NELLA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Coppia concentrata [kN m] applicata all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale

COMB. QUASI PERMANENTI (S.I.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
ScImin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore teso efficace nello STATO I [Mpa]
K3	Coeff. di normativa = $0,25 (ScImin + ScEff) / (2 ScImin)$
Betal2	Prodotto dei Coeff. di aderenza $Betal * Beta2$
Eps	Deformazione unitaria media tra le fessure
Srm	Distanza media in mm tra le fessure
Ap.fess.	Apertura delle fessure in mm = $1,7 * Eps * Srm$
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

11. ALLEGATO 3: ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

11.1 Analisi Statica SLU

Slide Analysis Information

Project Summary

File Name: OS09.slmd - Analisi di stabilit Statica
Slide Modeler Version: 7.026

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: seconds
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Analisi statica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1.3
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25

Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

Bishop simplified

Number of slices: 50

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 75

Check $m_{\alpha} < 0.2$: Yes

Initial trial value of FS: 1

Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces

Pore Fluid Unit Weight [kN/m³]: 9.81

Use negative pore pressure cutoff: Yes

Maximum negative pore pressure [kPa]: 0

Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Slope Search
Number of Surfaces:	5000
Upper Angle:	Not Defined
Lower Angle:	Not Defined
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Create Tension Crack
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

-
- 1 Distributed Load present

Distributed Load 1

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	20
Orientation:	Vertical
Load Action:	Variable

Material Properties

Property	Rilevato	Ra	LAS	Ar	Muro	C
Color						

Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	18.5	18.5	18.5	22.5	25	22.5
Cohesion [kPa]	0	0	5	30		32
Friction Angle [deg]	36	35	30	29		28
Water Surface	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.949130
Center:	26.726, 24.360
Radius:	15.993
Left Slip Surface Endpoint:	11.311, 20.102
Right Slip Surface Endpoint:	37.707, 12.733
Resisting Moment:	30789.5 kN-m
Driving Moment:	15796.6 kN-m
Total Slice Area:	155.728 m ²
Surface Horizontal Width:	26.3964 m
Surface Average Height:	5.89961 m

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.94913

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.53731 1	8.0140 1	-71.5188	Rilevato	0	30.1666	6.4491 3	12.5702	21.626 7	0	21.6267	40.922 1	40.9221
2	0.53731 1	22.079 6	-66.1043	Rilevato	0	30.1666	11.960 1	23.3117	40.107 3	0	40.1073	67.102 2	67.1022
3	0.53731 1	33.114 3	-61.6972	Rilevato	0	30.1666	16.820 2	32.7848	56.405 5	0	56.4055	87.640 3	87.6403
4	0.53731 1	42.371 5	-57.8574	Rilevato	0	30.1666	21.207 5	41.3362	71.118 1	0	71.1181	104.87	104.87
5	0.53731 1	50.399 1	-54.3946	Rilevato	0	30.1666	25.223 6	49.1641	84.585 8	0	84.5858	119.81 1	119.811

6	0.53731 1	57.498 5	-51.2048	Rilevato	0	30.1666	28.934 6	56.3973	97.030 2	0	97.0302	133.02 4	133.024
7	0.53731 1	63.857 9	-48.2236	Rilevato	0	30.1666	32.386 7	63.1259	108.60 7	0	108.607	144.85 9	144.859
8	0.53731 1	69.604	-45.4077	Rilevato	0	30.1666	35.613 9	69.4162	119.42 9	0	119.429	155.55 4	155.554
9	0.53731 1	74.827 4	-42.7263	Rilevato	0	30.1666	38.642 2	75.3186	129.58 4	0	129.584	165.27 5	165.275
10	0.53731 1	79.595 2	-40.1566	Rilevato	0	30.1666	41.491 5	80.8723	139.13 9	0	139.139	174.14 8	174.148
11	0.53731 1	83.959 2	-37.6809	Rilevato	0	30.1666	44.178 1	86.1089	148.14 8	0	148.148	182.27	182.27
12	0.53731 1	87.959 6	-35.2855	Rilevato	0	30.1666	46.715 1	91.0539	156.65 6	0	156.656	189.71 4	189.714
13	0.51331 6	91.244 8	-33.0098	Ra	0	29.2561	49.347 6	96.1849	171.70 8	0	171.708	203.76 7	203.767
14	0.51331 6	94.885 4	-30.8422	Ra	0	29.2561	51.723 1	100.815	179.97 4	0	179.974	210.85 9	210.859
15	0.51331 6	97.720 3	-28.7226	Ra	0	29.2561	53.725	104.717	186.94	0	186.94	216.38 1	216.381
16	0.51331 6	100.32 3	-26.6453	Ra	0	29.2561	55.622 3	108.415	193.54 1	0	193.541	221.45	221.45
17	0.51331 6	102.70 6	-24.6051	Ra	0	29.2561	57.42	111.919	199.79 6	0	199.796	226.09 1	226.091
18	0.51331 6	104.88	-22.5977	Ra	0	29.2561	59.122 3	115.237	205.72	0	205.72	230.32 8	230.328
19	0.51331 6	106.85 5	-20.6192	Ra	0	29.2561	60.732 7	118.376	211.32 3	0	211.323	234.17 4	234.174
20	0.51331 6	108.64	-18.6661	Ra	0	29.2561	62.255	121.343	216.62	0	216.62	237.65 1	237.651
21	0.51331 6	110.24	-16.7353	Ra	0	29.2561	63.691	124.142	221.61 5	0	221.615	240.76 6	240.766
22	0.51331 6	111.66 2	-14.8239	Ra	0	29.2561	65.043 4	126.778	226.32 3	0	226.323	243.53 7	243.537
23	0.51331 6	112.91	-12.9292	Ra	0	29.2561	61.610 1	120.086	214.37 6	0	214.376	228.52	228.52
24	0.51331 6	119.23	-11.0489	Ra	0	29.2561	63.207 7	123.2	219.93 6	0	219.936	232.27 9	232.279
25	0.50863 9	135.34 9	-9.18896	LAS	4	24.7913	62.706 4	122.223	255.96 1	0	255.961	266.10 5	266.105
26	0.50863 9	102.00 6	-7.34725	LAS	4	24.7913	48.105 7	93.7643	194.34 5	0	194.345	200.54 8	200.548
27	0.50863 9	44.860 3	-5.51316	LAS	4	24.7913	22.438 9	43.7364	86.031 7	0	86.0317	88.197 5	88.1975
28	0.50863 9	44.391	-3.68472	LAS	4	24.7913	22.391 7	43.6444	85.832 6	0	85.8326	87.274 6	87.2746
29	0.50863 9	44.520 1	-1.86003	LAS	4	24.7913	22.619 4	44.0882	86.793 5	0	86.7935	87.528 1	87.5281
30	0.50863 9	44.496 6	0.037236 9	LAS	4	24.7913	22.779	44.3993	87.467	0	87.467	87.481 8	87.4818

31	0.50863 9	44.320 9	1.78552	LAS	4	24.7913	22.869 5	44.5757	87.849	0	87.849	87.136 1	87.1361
32	0.50863 9	43.992 6	3.61009	LAS	4	24.7913	22.889 8	44.6152	87.934 5	0	87.9345	86.490 3	86.4903
33	0.50863 9	43.511	5.43834	LAS	4	24.7913	22.838 4	44.5151	87.717 8	0	87.7178	85.543 5	85.5435
34	0.50863 9	42.875 1	7.27217	LAS	4	24.7913	22.713 7	44.272	87.191 5	0	87.1915	84.293	84.293
35	0.50863 9	42.083 1	9.11352	LAS	4	24.7913	22.513 6	43.882	86.347 1	0	86.3471	82.735 6	82.7356
36	0.54625 7	44.130 6	11.0333	Ra	0	29.2561	24.595 5	47.9399	85.581 6	0	85.5816	80.785 8	80.7858
37	0.54625 7	42.835	13.0347	Ra	0	29.2561	24.141 8	47.0555	84.002 8	0	84.0028	78.413 8	78.4138
38	0.54625 7	41.335 2	15.0525	Ra	0	29.2561	23.568	45.937	82.006	0	82.006	75.667 9	75.6679
39	0.54625 7	39.625 8	17.0896	Ra	0	29.2561	22.867 5	44.5718	79.568 8	0	79.5688	72.538 4	72.5384
40	0.54625 7	37.700 3	19.1492	Ra	0	29.2561	22.032 7	42.9446	76.664	0	76.664	69.013 3	69.0133
41	0.54625 7	35.550 8	21.2349	Ra	0	29.2561	21.054 3	41.0375	73.259 4	0	73.2594	65.078 2	65.0782
42	0.54625 7	33.168 2	23.3506	Ra	0	29.2561	19.921 1	38.8289	69.316 8	0	69.3168	60.716 5	60.7165
43	0.54625 7	30.541 6	25.5007	Ra	0	29.2561	18.620 1	36.2929	64.789 5	0	64.7895	55.907 9	55.9079
44	0.54625 7	27.575	27.69	Ra	0	29.2561	17.083 3	33.2975	59.442 2	0	59.4422	50.477 1	50.4771
45	0.54625 7	24.231 6	29.9242	Ra	0	29.2561	15.274 5	29.7719	53.148 4	0	53.1484	44.356 6	44.3566
46	0.54625 7	20.597 5	32.2099	Ra	0	29.2561	13.231 4	25.7898	46.039 6	0	46.0396	37.704 1	37.7041
47	0.54625 7	16.651 2	34.5546	Ra	0	29.2561	10.921 4	21.2872	38.001 5	0	38.0015	30.480 1	30.4801
48	0.54625 7	12.366 3	36.9676	Ra	0	29.2561	8.3011 9	16.1801	28.884 5	0	28.8845	22.636 4	22.6364
49	0.54625 7	7.7102 6	39.4599	Ra	0	29.2561	5.3129 9	10.3557	18.486 8	0	18.4868	14.113 3	14.1133
50	0.54625 7	2.6424 7	42.0451	Ra	0	29.2561	1.8764 2	3.65738	6.5291	0	6.5291	4.8368 9	4.83689

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.94913

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	11.3108	20.1018	0	0	0



2	11.8481	18.4942	31.303	0	0
3	12.3854	17.2814	73.5191	0	0
4	12.9228	16.2836	120.764	0	0
5	13.4601	15.4285	170.188	0	0
6	13.9974	14.6781	220.109	0	0
7	14.5347	14.0098	269.421	0	0
8	15.072	13.4083	317.346	0	0
9	15.6093	12.8633	363.307	0	0
10	16.1466	12.367	406.859	0	0
11	16.6839	11.9137	447.653	0	0
12	17.2212	11.4987	485.404	0	0
13	17.7585	11.1184	519.877	0	0
14	18.2719	10.7849	551.814	0	0
15	18.7852	10.4784	580.436	0	0
16	19.2985	10.1971	605.452	0	0
17	19.8118	9.93959	626.757	0	0
18	20.3251	9.70452	644.257	0	0
19	20.8384	9.49087	657.87	0	0
20	21.3518	9.29773	667.519	0	0
21	21.8651	9.12432	673.136	0	0
22	22.3784	8.96997	674.659	0	0
23	22.8917	8.83412	672.028	0	0
24	23.405	8.71628	665.674	0	0
25	23.9183	8.61605	655.283	0	0
26	24.427	8.53377	644.459	0	0
27	24.9356	8.46818	632.744	0	0
28	25.4443	8.41909	625.558	0	0
29	25.9529	8.38633	616.983	0	0
30	26.4615	8.36981	606.916	0	0
31	26.9702	8.36948	595.362	0	0
32	27.4788	8.38534	582.34	0	0
33	27.9874	8.41743	567.879	0	0
34	28.4961	8.46585	552.018	0	0
35	29.0047	8.53076	534.81	0	0
36	29.5134	8.61235	516.316	0	0
37	30.0596	8.71886	493.77	0	0
38	30.6059	8.84533	469.963	0	0
39	31.1521	8.99223	445.046	0	0
40	31.6984	9.16017	419.195	0	0
41	32.2446	9.34986	392.621	0	0
42	32.7909	9.56212	365.573	0	0
43	33.3372	9.79795	338.348	0	0
44	33.8834	10.0585	311.298	0	0
45	34.4297	10.3452	284.929	0	0
46	34.9759	10.6596	259.877	0	0



47	35.5222	11.0037	236.808	0	0
48	36.0684	11.3799	216.548	0	0
49	36.6147	11.7911	200.139	0	0
50	37.161	12.2407	188.925	0	0
51	37.7072	12.7334	0	0	0

List Of Coordinates

Distributed Load

X	Y
0.772383	20.0069
23.0605	20.2075

External Boundary

X	Y
24.2746	20.2184
0	20
0	13.8444
0	8.92331
0	5.92341
0	2.35654
0	0
40	0
40	2.10605
40	5.60605
40	8.60605
40	12.606
33.9164	12.9439
28.0515	13.0697
24.7246	13.1411
24.7246	20.2184

Material Boundary

X	Y
24.2746	20.2184
23.5246	12.4184



17.8246	12.4184
17.8246	11.1184
25.0246	11.1184
25.0246	12.4184
24.7246	12.4184
24.7246	13.1411

Material Boundary

X	Y
25.0246	11.1184
25.1246	11.1184
28.0515	13.0697

Material Boundary

X	Y
0	13.8444
2.00074	13.7121
5.20294	13.5756
7.52269	13.6422
12.5	13.4907
14.2462	13.4373
17.7246	11.1184
17.8246	11.1184

Material Boundary

X	Y
0	8.92331
23.9451	8.6157
40	8.60605

Material Boundary

X	Y
0	5.92341
23.9451	5.6157
40	5.60605



Material Boundary

X	Y
0	2.35654
23.9451	2.3157
40	2.10605

11.2 Analisi Sismica SLU

Slide Analysis Information

Project Summary

File Name: OS09.slmd - Analisi di stabilit Sismica
Slide Modeler Version: 7.026

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: seconds
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Left to Right
Data Output: Standard
Maximum Material Properties: 20
Maximum Support Properties: 20

Design Standard

Selected Type: Eurocode 7 (User Defined)
Name: Analisi sismica

Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	0
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1

Shear strength (other models)	1.25
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1.1
Shear strength	1.1
Compressive strength	1.1
Bond strength	1.1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type: Vertical

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:	10116
Random Number Generation Method:	Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Slope Search
Number of Surfaces:	5000
Upper Angle:	Not Defined
Lower Angle:	Not Defined
Composite Surfaces:	Disabled
Reverse Curvature:	Create Tension Crack
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.022
Seismic Load Coefficient (Vertical):	-0.011

Material Properties

Property	Rilevato	Ra	LAS	Ar	Muro	C
Color						
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18.5	18.5	18.5	22.5	25	22.5
Cohesion [kPa]	0	0	5	30		32
Friction Angle [deg]	36	35	30	29		28

Water Surface	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	2.050140
Center:	27.072, 23.499
Radius:	15.457
Left Slip Surface Endpoint:	11.992, 20.108
Right Slip Surface Endpoint:	38.141, 12.709
Resisting Moment:	26797 kN-m
Driving Moment:	13070.9 kN-m
Total Slice Area:	158.089 m2
Surface Horizontal Width:	26.1491 m
Surface Average Height:	6.04567 m

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.05014

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.52964 2	8.9578 3	-73.8053	Rilevato	0	30.1666	2.4020 2	4.92447	8.4724 2	0	8.47242	16.743 1	16.7431
2	0.52964 2	24.264 6	-67.6961	Rilevato	0	30.1666	7.6019 2	15.585	26.813 6	0	26.8136	45.345 4	45.3454
3	0.52964 2	35.718 5	-62.9498	Rilevato	0	30.1666	12.167 1	24.9442	42.915 9	0	42.9159	66.743 5	66.7435
4	0.52964 2	45.146 6	-58.8905	Rilevato	0	30.1666	16.271 1	33.3581	57.391 9	0	57.3919	84.354 8	84.3548
5	0.52964 2	53.236 5	-55.2672	Rilevato	0	30.1666	20.014 3	41.0321	70.594 9	0	70.5949	99.463 8	99.4638
6	0.52964 2	60.340 9	-51.9511	Rilevato	0	30.1666	23.462	48.1004	82.755 6	0	82.7556	112.73 3	112.733
7	0.52964 2	66.673 9	-48.8659	Rilevato	0	30.1666	26.659 9	54.6566	94.035 4	0	94.0354	124.56	124.56
8	0.52964 2	72.374 9	-45.9612	Rilevato	0	30.1666	29.641 5	60.7693	104.55 2	0	104.552	135.20 5	135.205



9	0.52964 2	77.541 8	-43.2022	Rilevato	0	30.1666	32.432 1	66.4903	114.39 5	0	114.395	144.85 3	144.853
10	0.52964 2	82.246 6	-40.5632	Rilevato	0	30.1666	35.051 3	71.8601	123.63 4	0	123.634	153.63 7	153.637
11	0.52964 2	86.543 5	-38.0248	Rilevato	0	30.1666	37.515	76.911	132.32 4	0	132.324	161.66	161.66
12	0.50317 1	90.060 6	-35.6311	Ra	0	29.2561	40.458 9	82.9464	148.07 5	0	148.075	177.07 4	177.074
13	0.50317 1	93.382 4	-33.367	Ra	0	29.2561	42.515 7	87.1631	155.60 2	0	155.602	183.60 1	183.601
14	0.50317 1	96.383	-31.1605	Ra	0	29.2561	44.435 2	91.0984	162.62 7	0	162.627	189.49 6	189.496
15	0.50317 1	99.139 6	-29.0042	Ra	0	29.2561	46.250 4	94.8198	169.27 1	0	169.271	194.91 2	194.912
16	0.50317 1	101.66 8	-26.8922	Ra	0	29.2561	47.966 7	98.3385	175.55 2	0	175.552	199.87 9	199.879
17	0.50317 1	103.98 1	-24.819	Ra	0	29.2561	49.588 8	101.664	181.48 9	0	181.489	204.42 3	204.423
18	0.50317 1	106.08 9	-22.78	Ra	0	29.2561	51.120 9	104.805	187.09 7	0	187.097	208.56 5	208.565
19	0.50317 1	108.00 3	-20.771	Ra	0	29.2561	52.566 2	107.768	192.38 6	0	192.386	212.32 3	212.323
20	0.50317 1	109.73 1	-18.7885	Ra	0	29.2561	53.927 5	110.559	197.36 9	0	197.369	215.71 5	215.715
21	0.50317 1	111.27 8	-16.8291	Ra	0	29.2561	55.207 9	113.184	202.05 5	0	202.055	218.75 3	218.753
22	0.52376 9	117.28 8	-14.8504	LAS	4	24.7913	48.928 8	100.311	208.51 9	0	208.519	221.49 3	221.493
23	0.52376 9	123.27	-12.8504	LAS	4	24.7913	51.737	106.068	220.98 4	0	220.984	232.78 6	232.786
24	0.52376 9	141.42 8	-10.8662	LAS	4	24.7913	59.545 2	122.076	255.64 2	0	255.642	267.07 2	267.072
25	0.52376 9	107.21 1	-8.89506	LAS	4	24.7913	45.942 5	94.1885	195.26 4	0	195.264	202.45 4	202.454
26	0.52376 9	48.871 7	-6.93452	LAS	4	24.7913	22.136	45.3819	89.594 3	0	89.5943	92.286 6	92.2866
27	0.52376 9	48.615 1	-4.98213	LAS	4	24.7913	22.197 1	45.5071	89.865 6	0	89.8656	91.800 6	91.8006
28	0.52376 9	48.861 9	-3.03552	LAS	4	24.7913	22.469 3	46.0652	91.073 8	0	91.0738	92.265 3	92.2653
29	0.52376 9	48.936	-1.09242	LAS	4	24.7913	22.671 5	46.4797	91.971 2	0	91.9712	92.403 5	92.4035
30	0.52376 9	48.837 8	0.849417	LAS	4	24.7913	22.803	46.7493	92.554 9	0	92.5549	92.216 9	92.2169
31	0.52376 9	48.567 5	2.79224	LAS	4	24.7913	22.862 7	46.8717	92.819 8	0	92.8198	91.704 8	91.7048
32	0.52376 9	48.124 5	4.73828	LAS	4	24.7913	22.849 3	46.8443	92.760 8	0	92.7608	90.866 9	90.8669
33	0.52376 9	47.507 6	6.68982	LAS	4	24.7913	22.761 4	46.664	92.370 2	0	92.3702	89.700 5	89.7005

34	0.52376 9	46.715	8.64921	LAS	4	24.7913	22.596 7	46.3265	91.639 6	0	91.6396	88.202 3	88.2023
35	0.52376 9	45.744 3	10.6188	LAS	4	24.7913	22.353 3	45.8274	90.559	0	90.559	86.368 1	86.3681
36	0.52376 9	44.592 4	12.6013	LAS	4	24.7913	22.028 2	45.1608	89.115 9	0	89.1159	84.191 5	84.1915
37	0.52376 9	43.255 2	14.5992	LAS	4	24.7913	21.618 2	44.3203	87.295 9	0	87.2959	81.665 1	81.6651
38	0.53161 5	42.340 1	16.6307	Ra	0	29.2561	23.430 6	48.036	85.753 1	0	85.7531	78.754 5	78.7545
39	0.53161 5	40.562 2	18.6993	Ra	0	29.2561	22.714 9	46.5688	83.134	0	83.134	75.445 7	75.4457
40	0.53161 5	38.572 5	20.7935	Ra	0	29.2561	21.871 9	44.8404	80.048 5	0	80.0485	71.743	71.743
41	0.53161 5	36.362 4	22.9173	Ra	0	29.2561	20.892 2	42.8319	76.462 9	0	76.4629	67.630 3	67.6303
42	0.53161 5	33.921 8	25.0749	Ra	0	29.2561	19.764 8	40.5207	72.337	0	72.337	63.089	63.089
43	0.53161 5	31.159 1	27.2713	Ra	0	29.2561	18.429 4	37.7828	67.449 2	0	67.4492	57.948 8	57.9488
44	0.53161 5	28.041 6	29.5121	Ra	0	29.2561	16.855 9	34.5569	61.690 5	0	61.6905	52.149 2	52.1492
45	0.53161 5	24.650 4	31.8038	Ra	0	29.2561	15.080 3	30.9168	55.192 3	0	55.1923	45.840 7	45.8407
46	0.53161 5	20.965 5	34.1539	Ra	0	29.2561	13.076 2	26.8081	47.857 4	0	47.8574	38.986 2	38.9862
47	0.53161 5	16.962 2	36.5715	Ra	0	29.2561	10.808 9	22.1598	39.559 4	0	39.5594	31.540 4	31.5404
48	0.53161 5	12.610 4	39.0676	Ra	0	29.2561	8.2323 6	16.8775	30.129 4	0	30.1294	23.446 9	23.4469
49	0.53161 5	7.8725	41.6555	Ra	0	29.2561	5.2834	10.8317	19.336 6	0	19.3366	14.636 6	14.6366
50	0.53161 5	2.7009 1	44.3524	Ra	0	29.2561	1.8719 9	3.83785	6.8512 7	0	6.85127	5.0211 2	5.02112

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 2.05014

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	11.9916	20.1079	0	0	0
2	12.5212	18.2842	14.3782	0	0
3	13.0508	16.9931	45.514	0	0
4	13.5805	15.9559	84.3819	0	0
5	14.1101	15.0782	127.145	0	0
6	14.6398	14.3142	171.669	0	0
7	15.1694	13.6375	216.596	0	0



8	15.699	13.0311	260.994	0	0
9	16.2287	12.4834	304.183	0	0
10	16.7583	11.986	345.646	0	0
11	17.288	11.5326	384.978	0	0
12	17.8176	11.1184	421.856	0	0
13	18.3208	10.7578	456.922	0	0
14	18.824	10.4264	489.187	0	0
15	19.3271	10.1222	518.473	0	0
16	19.8303	9.84319	544.647	0	0
17	20.3335	9.58801	567.594	0	0
18	20.8366	9.35531	587.211	0	0
19	21.3398	9.144	603.407	0	0
20	21.843	8.95316	616.101	0	0
21	22.3462	8.78197	625.219	0	0
22	22.8493	8.62978	630.694	0	0
23	23.3731	8.4909	636.656	0	0
24	23.8969	8.37142	638.726	0	0
25	24.4206	8.27088	636.413	0	0
26	24.9444	8.1889	630.761	0	0
27	25.4682	8.1252	625.972	0	0
28	25.9919	8.07954	619.542	0	0
29	26.5157	8.05177	611.4	0	0
30	27.0395	8.04178	601.544	0	0
31	27.5632	8.04954	589.98	0	0
32	28.087	8.07509	576.726	0	0
33	28.6108	8.1185	561.813	0	0
34	29.1345	8.17994	545.285	0	0
35	29.6583	8.25961	527.199	0	0
36	30.1821	8.35781	507.627	0	0
37	30.7059	8.4749	486.659	0	0
38	31.2296	8.61132	464.4	0	0
39	31.7612	8.77011	439.283	0	0
40	32.2929	8.95005	413.165	0	0
41	32.8245	9.15192	386.249	0	0
42	33.3561	9.37667	358.779	0	0
43	33.8877	9.62542	331.045	0	0
44	34.4193	9.89947	303.467	0	0
45	34.9509	10.2004	276.577	0	0
46	35.4825	10.5301	250.923	0	0
47	36.0142	10.8907	227.186	0	0
48	36.5458	11.2851	206.222	0	0
49	37.0774	11.7166	189.129	0	0
50	37.609	12.1896	177.355	0	0
51	38.1406	12.7093	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
24.2746	20.2184
0	20
0	13.8444
0	8.92331
0	5.92341
0	2.35654
0	0
40	0
40	2.10605
40	5.60605
40	8.60605
40	12.606
33.9164	12.9439
28.0515	13.0697
24.7246	13.1411
24.7246	20.2184

Material Boundary

X	Y
24.2746	20.2184
23.5246	12.4184
17.8246	12.4184
17.8246	11.1184
25.0246	11.1184
25.0246	12.4184
24.7246	12.4184
24.7246	13.1411

Material Boundary

X	Y
25.0246	11.1184
25.1246	11.1184
28.0515	13.0697



Material Boundary

X	Y
0	13.8444
2.00074	13.7121
5.20294	13.5756
7.52269	13.6422
12.5	13.4907
14.2462	13.4373
17.7246	11.1184
17.8246	11.1184

Material Boundary

X	Y
0	8.92331
23.9451	8.6157
40	8.60605

Material Boundary

X	Y
0	5.92341
23.9451	5.6157
40	5.60605

Material Boundary

X	Y
0	2.35654
23.9451	2.3157
40	2.10605