



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 – Rampa A
Muro di Controripa OS15
da km 0+058.97 a km 0+074.96
Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LOPLSP E 1701

NOME FILE

T00OS15GETRE01A

CODICE ELAB. T00OS15GETRE01

REVISIONE

A

SCALA:

–

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+700

Svincolo di Bonorva Nord – Rampa A

Muro di Controripa OS15 da pk 0+058.97 a pk 0+074.96

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.....	9
6.	ANALISI DEI CARICHI.....	11
6.1	AZIONI PERMANENTI	11
6.1.1	<i>Pesi propri.....</i>	11
6.1.2	<i>Spinta delle terre.....</i>	11
6.1.3	<i>Sovraccarico permanente.....</i>	12
6.2	AZIONI VARIABILI	13
6.2.1	<i>Sovraccarico stradale.....</i>	13
6.3	AZIONE SISMICA	13
7.	ANALISI DELL'OPERA DI SOSTEGNO	15
7.1	ANALISI AGLI STATI LIMITE	15
7.1.1	<i>Verifiche agli SLU.....</i>	15
7.1.2	<i>Verifiche agli SLE.....</i>	17
7.2	VERIFICA A CARICO LIMITE DELL'INSIEME FONDAZIONE-TERRENO.....	17

7.3	RISULTATI.....	19
7.4	VERIFICHE GEOTECNICHE E DI EQUILIBRIO LIMITE DEL MURO DI SOSTEGNO.....	20
7.5	VERIFICHE DI RESISTENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	20
8.	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	23
9.	ALLEGATO 1: TABULATI DI VERIFICA DEL MURO DI SOSTEGNO.....	25
10.	ALLEGATO 2: TERMINOLOGIA UTILIZZATA NELLA VERIFICA DELLE SEZIONI IN C.A.	42
11.	ALLEGATO 3: ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE.....	43
11.1	ANALISI STATICA SLU	43
11.2	ANALISI SISMICA SLU	51

1. INTRODUZIONE

Nella presente relazione di calcolo si riportano le verifiche geotecniche e strutturali relative al Muro di Controripa OS15 previsto nell'ambito dello Svincolo di Bonorva Nord, dalla pk 0+058.97 a pk 0+074.96 relative alla Rampa A.

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_FG01÷2_A - "*Svincolo di Bonorva Nord - Asse Principale e adeguamento alla S.P. 125 - Sezioni geotecniche*".
- [6] T00_OS15_GET_DI01_A - "*Svincolo di Bonorva Nord – Rampa A - Muro di Controripa OS15 da pk 0+058.97 a pk 0+074.96 – Planimetria, Pianta e Prospetto*".
- [7] T00_OS15_GET_SZ01_A - "*Svincolo di Bonorva Nord – Rampa A - Muro di Controripa OS15 da pk 0+058.97 a pk 0+074.96 – Sezioni Trasversali e Sezione Tipd*".
- [8] T00_OS15_GET_CA01_A - "*Svincolo di Bonorva Nord – Rampa A - Muro di Controripa OS15 da pk 0+058.97 a pk 0+074.96 – Carpenterie e Armature*".
- [9] T00_TM05_GET_RE01_A - "*Tombino Scatolare TM05 alla pk 0+636.80 della S.S.131 – Scavi provvisionali – Relazione di calcolo*".
- [10] T00_TM05_GET_DI01÷02_A - "*Tombino Scatolare TM05 alla pk 0+636.80 della S.S.131 – Scavi provvisionali*".

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 della Rampa A, tra la pk 0+058.97 e pk 0+074.96, è previsto un muro di controripa su fondazione diretta, in prossimità della paratia di controripa OS04 e a cavallo del tombino scatolare TM05.

La realizzazione del tombino richiede uno scavo di sbancamento sulla scarpata esistente sagomato con pendenze stabili, come dettagliatamente rappresentato nell'elaborato grafico [10] e verificato nella relazione di calcolo [9], documenti ai quali si rimanda per gli approfondimenti.

Tale operazione di sbancamento richiede inoltre la parziale demolizione di un tratto del muro esistente (vedi foto in Figura 1).



Figura 1: Vista del muro di contenimento esistente

L'opera OS15 si rende pertanto necessaria al fine di raccordare il tombino TM05 con la paratia OS04 da una parte (verso nord) ed con il muro di contenimento esistente dall'altra (verso sud).

L'opera ha uno sviluppo in pianta di 16.1 m e presenta una fondazione di dimensioni 5.5 m x 0.9 m (larghezza x altezza), mentre il paramento in elevazione ha altezza variabile linearmente da 4.0 a 5.0 m, per raccordarsi alla paratia e al muro esistente.

In corrispondenza del tombino, la ciabatta è sagomata attorno al manufatto con un giunto strutturale di almeno 5 cm.

Il riempimento dello scavo verrà eseguito, nella parte iniziale, con materiale da rilevato compattato fino al piano di imposta delle fondazioni del muro, mentre il restante volume di ritombamento sarà eseguito con materiale proveniente dagli scavi. La configurazione finale ha un profilo medio di 20-25°.

Il paramento verrà realizzato con pietra esteticamente assimilabile al rivestimento presente sul contiguo muro esistente.

In figura seguente si riporta una sezione tipologia dell'opera.

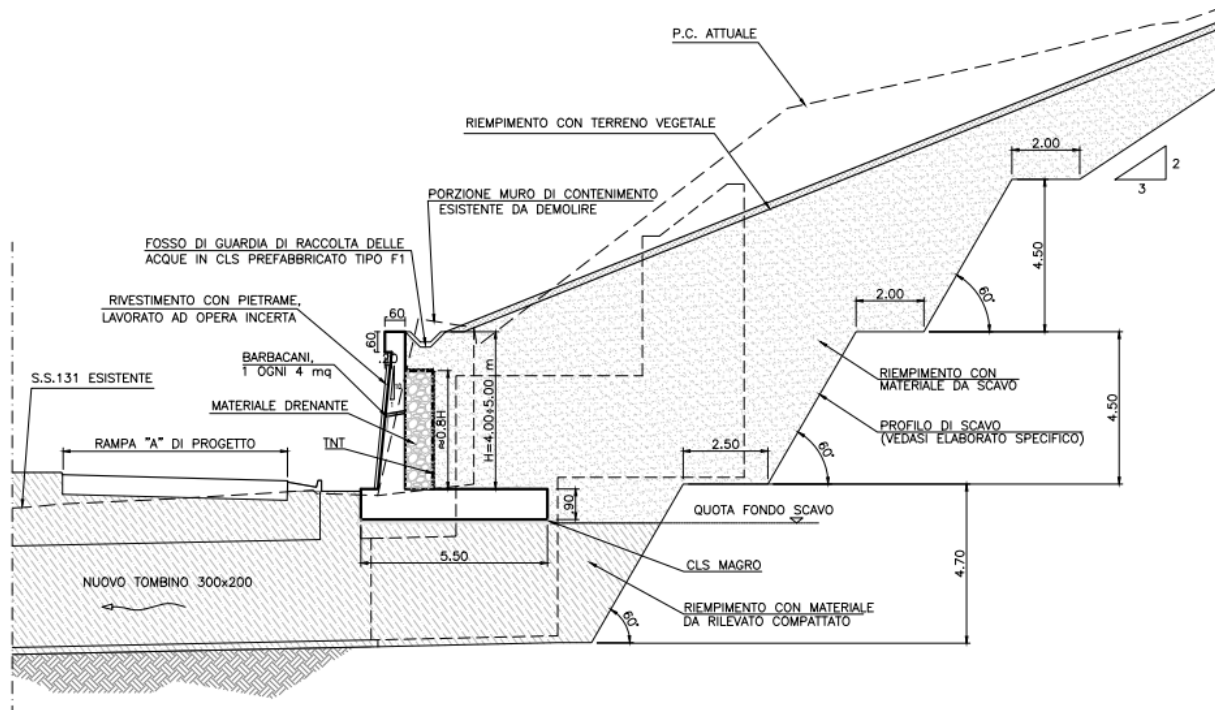


Figura 2: Sezione tipo

5. CONDIZIONI GEOTECNICHE

In corrispondenza dell'opera non sono state eseguite indagini; per delineare la stratigrafia in corrispondenza dell'opera si può fare riferimento alla sezione geotecnica fatta in corrispondenza della Rampa A al km 0+090. L'opera è interessata dalla coltre superficiale limoso argillosa sabbiosa (unità LAS) con spessore intorno ai 3 m circa, mentre il substrato è costituito dalla formazione di Mores in facies marnosa (unità M). Nella seguente figura si riporta la sezione stratigrafica di riferimento.

Sez. Rampa A - km 0+090

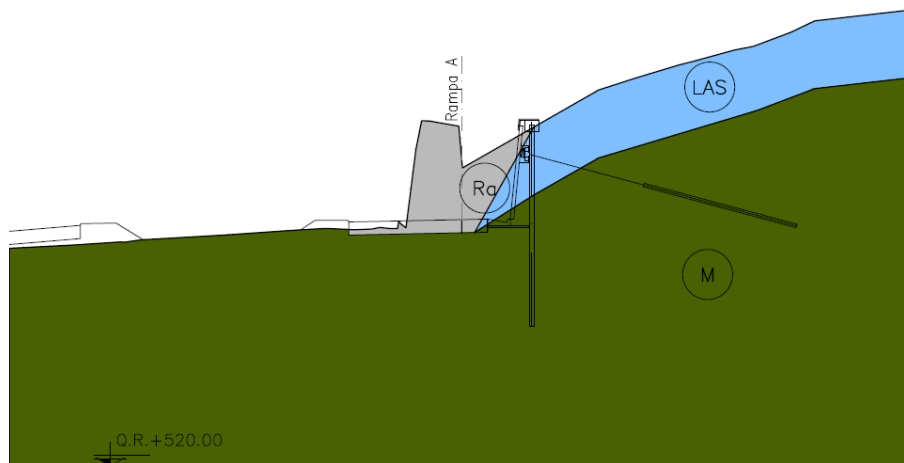


Figura 3: Sezione geologica di riferimento

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

Unità LAS (limo argilloso sabbioso) da 0.0 a 3.0 m di profondità da p.c.:

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 28\div 30^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5\div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E_0 = 70\div 100 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Unità M (Formazione di Mores marnosa) da 3.0 m alla massima profondità di interesse progettuale:

$\gamma = 22.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 26\div 29^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 28\div 35 \text{ kPa}$	coesione drenata
$E = 120\div 180 \text{ MPa}$	modulo di deformazione

La falda è assente alle profondità di interesse.

Al fine della verifica dell'opera di sostegno si assume come terreno spingente il riempimento con materiale di scavo e come terreno di fondazione l'unità LAS.

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 [-]	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [deg]
LAS	Terreno di fondazione	18.5	5	30
Riempimento	Terreno spingente	18.5	0	30

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 Pesì 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 dalle seguenti espressioni:

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

essendo k_h e k_v rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale (si veda il successivo 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:

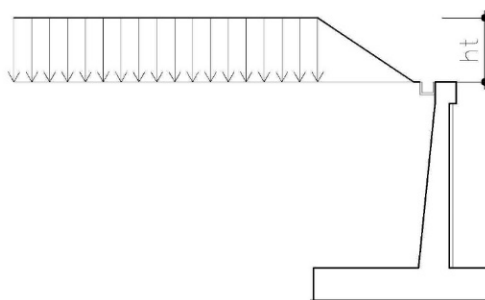
$$P_{AV} = P_A \cdot \sin \delta$$

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 (nastriiforme, ..).

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): $q_p = \gamma_t \cdot h_t$



Nel caso in esame si è cautelativamente scelto di considerare la scarpata sovrastante indefinita, con pendenza costante, determinando quindi i coefficienti di spinta con la teoria di Mononobe ed Okabe.

6.2 Azioni variabili

6.2.1 Sovraccarico stradale

Nel caso specifico, essendo un muro di controripa, non è previsto nessun sovraccarico accidentale da traffico stradale sul terreno di monte.

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 7.11.11 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:

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

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

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

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_{G3}	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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

COEFFICIENTI SULLE RESISTENZE γ_R

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:

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

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 per la sezione di altezza massima ($H=5.0$ m). 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 (+):

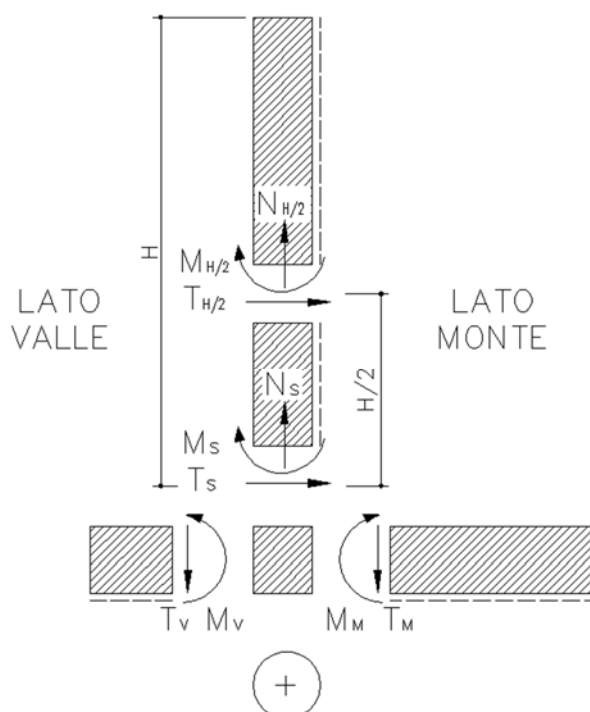


Tabella 5 - Azioni interne - Sezione H=5.0 m

		SLE	SLU STR	SLV STR	
Paramento in elevazione. Sezione di spiccato					
	N_S [kN] =	73.8	73.8	73.0	
$B = 1.00$	m	M_S [kN m] =	358.7	468.7	431.1
$H = 0.84$	m	T_S [kN] =	172.6	224.4	196.9
Mensola di monte. Sezione di attacco					
$B = 1.00$	m	M_M [kN m] =	-485.0	-632.9	-575.9
$H = 0.90$	m	T_M [kN] =	-105.8	-146.7	-124.6
Mensola di valle. Sezione di attacco					
$B = 1.00$	m	M_V [kN m] =	15.2	18.4	17.3
$H = 0.90$	m	T_V [kN] =	60.4	73.1	68.6

Nella tabella seguente sono riportate le sollecitazioni risultanti in fondazione (V = risultante forze verticali; H = risultante forze orizzontali) 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	772.0	404.6	0.50
	SLV GEO	769.7	427.1	0.59

Dal momento che il rapporto tra la risultante delle forze orizzontali e quella delle forze verticali risulta elevato ($H/V = 0.52 \div 0.55$) e quindi la risultante totale delle forze risulta particolarmente inclinata, il problema è governato dalla verifica allo scorrimento del piano di posa e al ribaltamento rispetto allo spigolo di valle; pertanto si omettono le verifiche di capacità portante in fondazione.

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 le sezioni di calcolo analizzate. 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.

Tabella 7 – Verifiche geotecniche e di equilibrio limite - Sezione H=5.0 m

	Verifica al ribaltamento		
	ΣM_{STAB} kNm/m	ΣM_{RIB} kNm/m	$\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ --
SLU EQU	2442.39	1078.65	2.26
SLV EQU	2463.07	1175.85	2.09
	Verifica dello scorrimento del piano di posa		
	Td kN/m	Rd kN/m	Rd / Td --
SLU GEO	404.60	445.70	1.10
SLV GEO	427.08	444.37	1.04

7.5 Verifiche di resistenza degli elementi strutturali

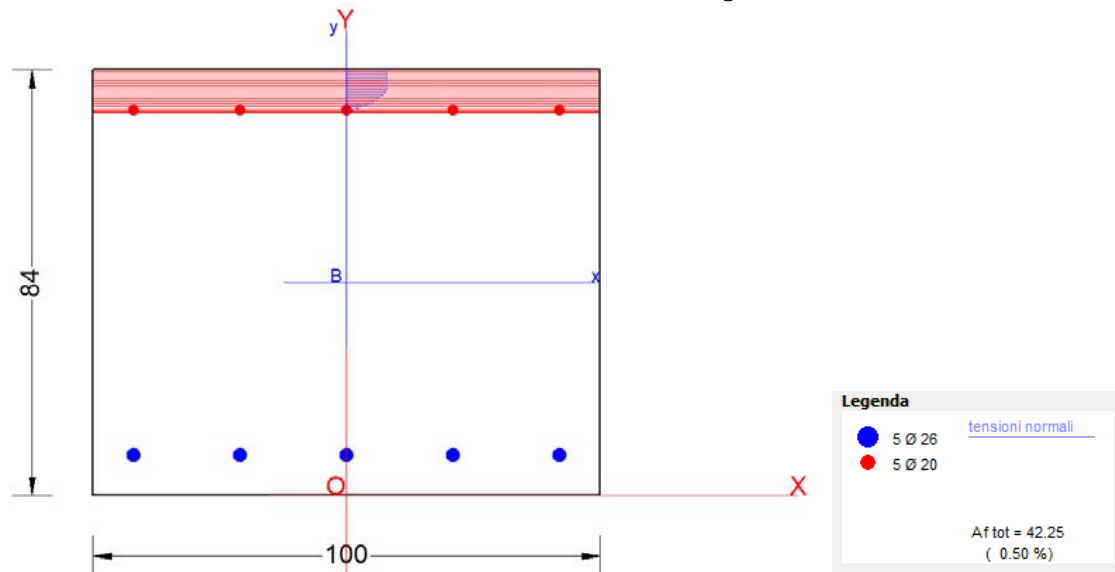
Di seguito si riportano le verifiche di resistenza della soletta di fondazione e del paramento in elevazione per la sezione analizzata, sia in forma grafica con rappresentazione della distribuzione delle tensioni in condizioni ultime, sia in forma numerica con l'output di verifica. Il significato della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

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: $\varnothing 26/20$
- 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	73.00	431.00	197.00	0.00
2	74.00	469.00	224.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx
1	74.00	359.00 (389.70)

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	73.00	431.00	72.88	779.62	1.808	75.7	742.14
2	S	74.00	469.00	74.03	780.02	1.662	75.7	742.41

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.78	84.0	-2.54	0.0	-30.5	76.0	0.0	0	37.2	0.0

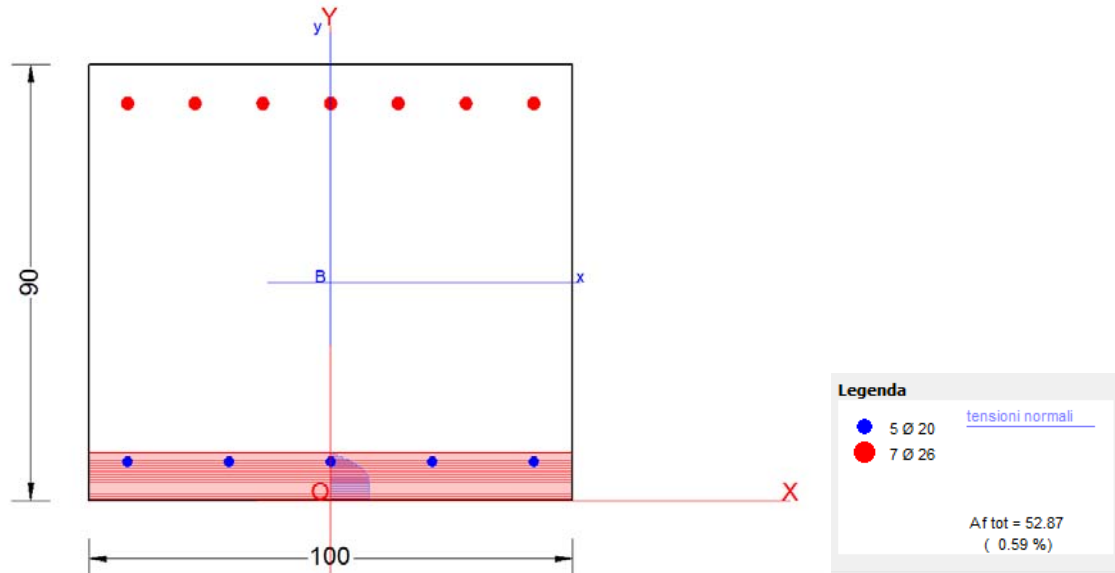
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.	M Fess.
1	S	2.78	-2.54	0.0	----	----	----	----	----	389.70

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	-576.00	-125.00	0.00
2	1.00	17.00	69.00	0.00
3	1.00	-633.00	-147.00	0.00
4	1.00	18.00	73.00	0.00

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

N°Comb.	N	Mx
1	1.00	-485.00 (-450.62)
2	1.00	15.00 (431.67)

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	-576.00	1.00	-1125.89	1.955	9.8	-1074.23
2	S	1.00	17.00	0.87	501.32	29.521	82.8	469.13
3	S	1.00	-633.00	1.00	-1125.89	1.779	9.8	-1074.23
4	S	1.00	18.00	0.87	501.32	27.879	82.8	469.13

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.84	0.0	0.00	23.9	-176.2	8.0	26.2	2620	37.2	14.0
2	S	0.19	90.0	0.00	74.4	-12.2	82.0	22.0	2200	15.7	21.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	ScI max	ScI min	Sc Eff	K3	Beta12	Eps	Srm	Ap.Fess.	M Fess.
1	S	3.14	-2.97	-11.9	0.175	0.50	0.000501	290	0.247	-450.62
2	S	0.09	-0.10	-0.5	0.190	0.50	0.000024	395	0.016	431.67

8. VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Si riporta nel seguito la verifica di stabilità globale per la sezione di altezza massima, 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 condotta secondo l'Approccio 1 Combinazione A2+M2; i parametri di resistenza del terreno devono quindi essere abbattuti a mezzo dei seguenti coefficienti parziali (vedasi Tabella 3):

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

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. L'analisi è stata effettuata in condizioni sia statiche che sismiche per la configurazione finale.

Per l'analisi della configurazione di scavo provvisoria si rimanda alla Relazione di calcolo del tombino scatolare TM05 (Doc. Rif. [9]).

Sono stati considerati i seguenti parametri geotecnici:

Riempimento con materiale di scavo

$\gamma = 18.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 30^\circ$	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 M (Formazione di Mores marnosa)

$\gamma = 22.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume
$\phi' = 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 28 \text{ kPa}$	coesione drenata

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

Le verifiche di stabilità globali 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).

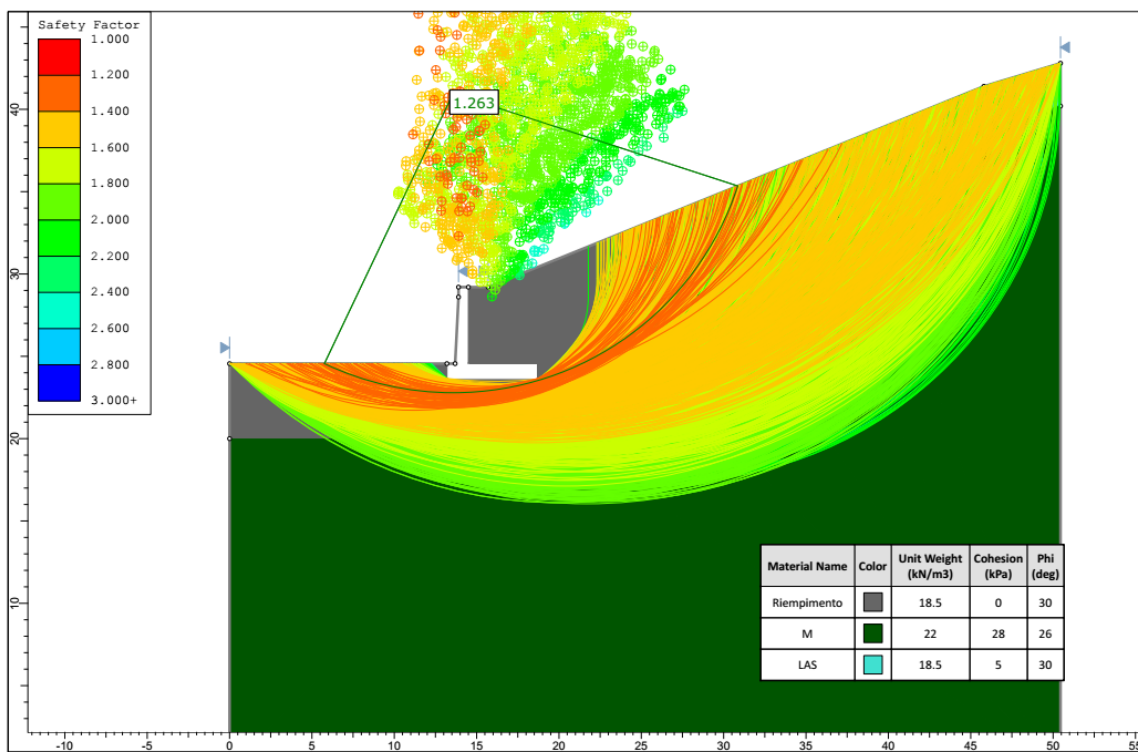


Figura 4: Analisi di stabilità globale - Configurazione finale - Statica SLU (FS=1.263)

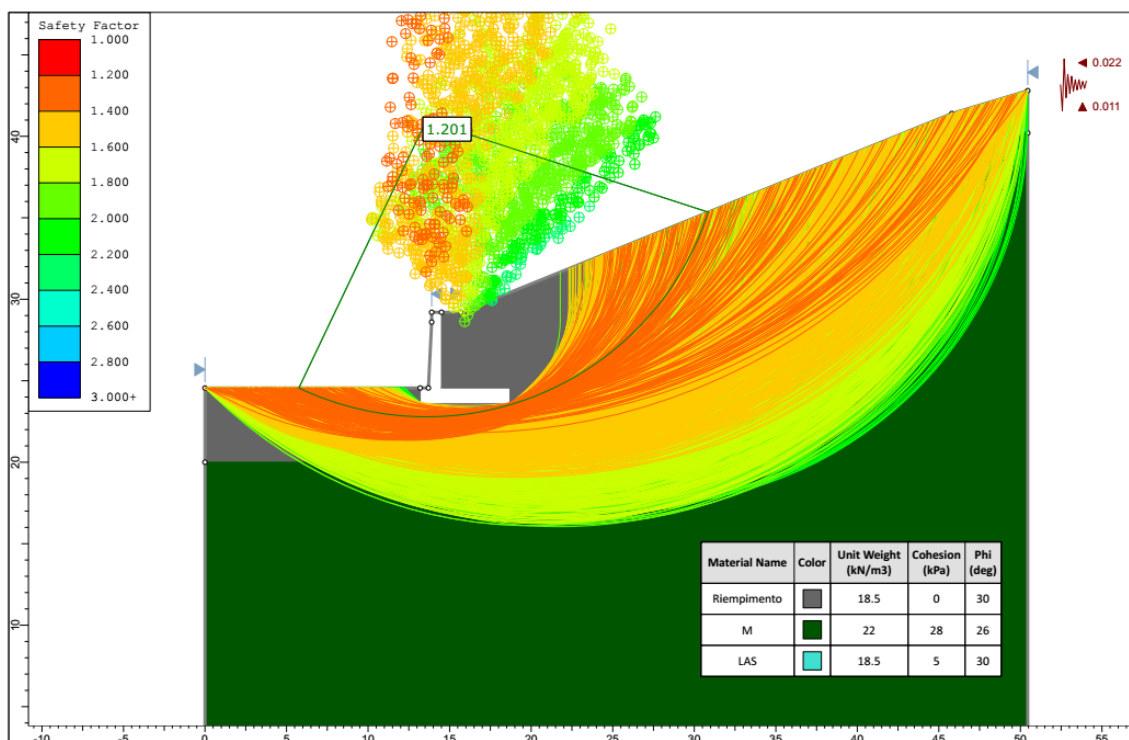
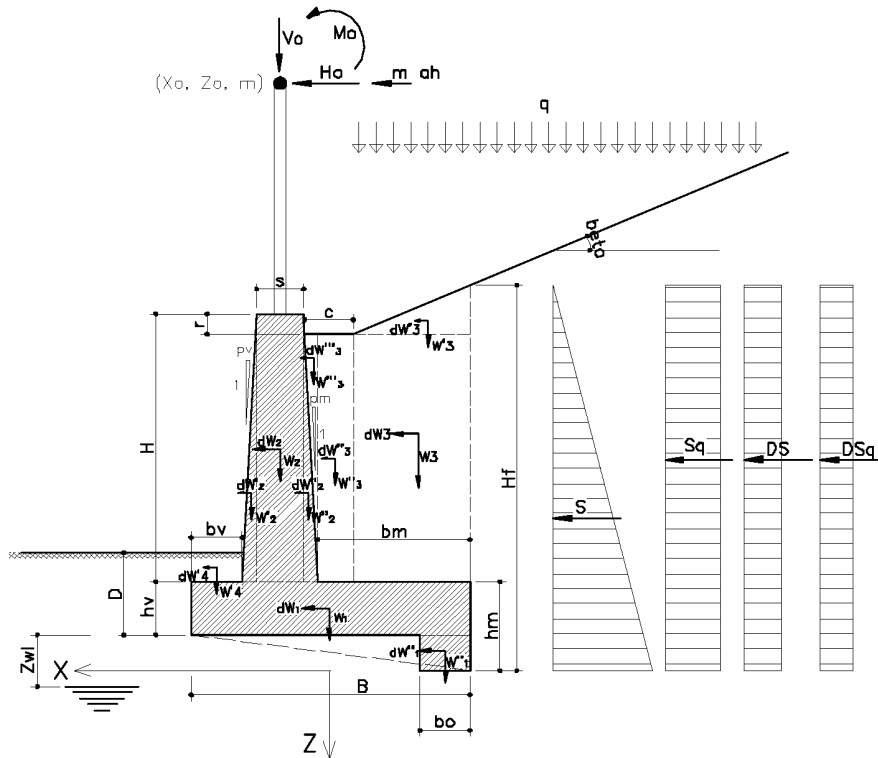


Figura 5: Analisi di stabilità globale - Configurazione finale - Sismica SLU (FS=1.201)

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

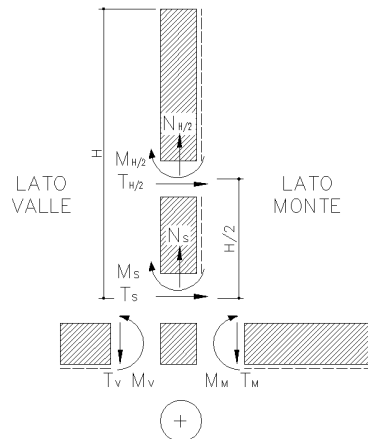
OS15_H500.xlsx - SCHEMI
Pag. 1/22

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.

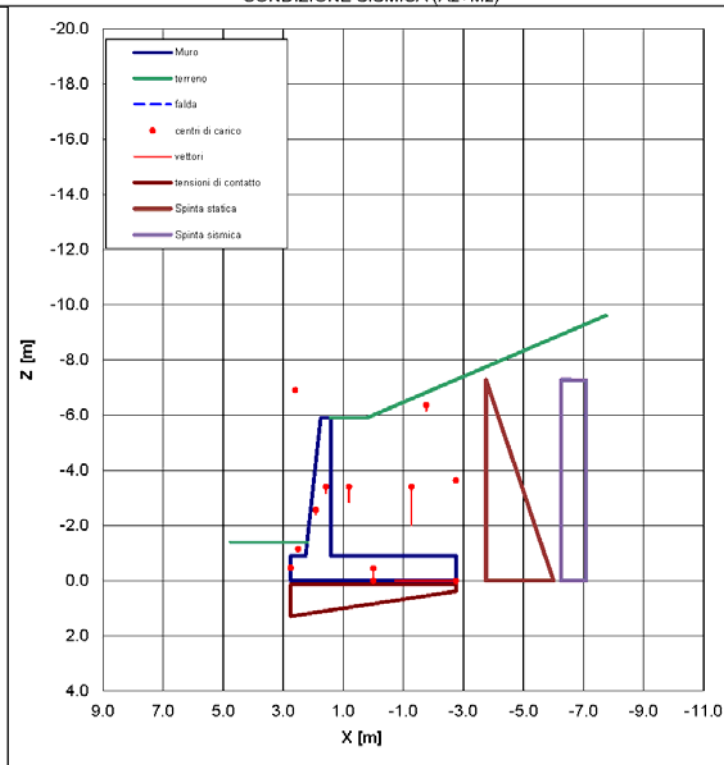
SCHEMA SOLLECITAZIONI



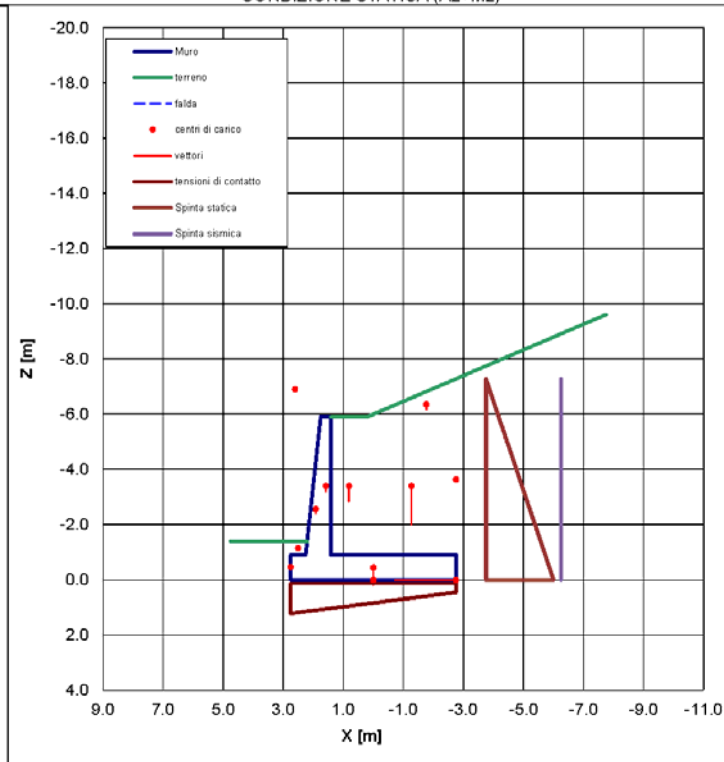
OS15_H500.xlsx - GRAFICI

Pag. 2/22

CONDIZIONE SISMICA (A2+M2)



CONDIZIONE STATICA (A2+M2)



OS15_H500.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 3/22

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	γ_{K90} [-] = 1.00
$\gamma_{v,d}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto	
$\psi_{i,k}$ [gradi]	30.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	ψ_0 [-] = 1.25
$\psi_{i,d}$ [gradi]	24.8	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	γ_c [-] = 1.25
$c'_{i,d}$ [kPa]	0.0	24.0	24.0	4.0	4.0	coesione di progetto	
$\delta'_{i,k}$ [gradi]	20.0	32.0	32.0	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno	ψ_0 [-] = 1.00
$\delta'_{i,d}$ [gradi]	20.0	32.0	32.0	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio di progetto muro-terreno	
z _{top} [m]	-7.3	12.7	12.7	12.7	12.7	quota di testa dell'unità	
z _{bot} [m]	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	quota di base dell'unità	

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (L.A.S)

$\gamma_{v,k}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{K90} [-] = 1.00
$\gamma_{v,d}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
$\psi_{i,k}$ [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	ψ_0 [-] = 1.25
$\psi_{i,d}$ [gradi]	24.8	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.433 [rad]
$c'_{i,k}$ [kPa]	5.0	coesione caratteristica	γ_c [-] = 1.25
$c'_{i,d}$ [kPa]	4.0	coesione di progetto	
$\delta'_{i,k}$ [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	ψ_0 [-] = 1.00
$\delta'_{i,d}$ [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.524 [rad]

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	γ_{K90} [-] = 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 [-]	0.060	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 [-]	0.019	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 x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	5.00	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h _m [m]	0.90	altezza della fondazione a filo monte	
h _v [m]	0.90	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	5.50	larghezza della fondazione	
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m]	0.50	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m]	4.16	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.34	spessore del muro in elevazione	
pv [-]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
pm [-]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	1.20	plano di riferimento sopra il muro	
β [gradi]	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.436 [rad]
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle	
H _f [m]	7.28	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	γ_{K90} [-] = 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 _{per,k} [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_q [-] = 1.00
q _{acc,k} [kN/m ²]	0.0	sovraccarico accidentale caratteristico	γ_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)	γ_0 [-] = 1.00
H ₀ [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_0 [-] = 1.00
M ₀ [kN/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_0 [-] = 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]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X _m [m]	2.60	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z _m [m]	-6.90	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

OS15_H500.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 4/22

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 [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte				1.571	1.571 [rad]	
φ [grad]	25.0	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno				0.436	0.436 [rad]	
θ [grad]	0.0	1.1					0.000	0.020 [rad]	

	Unità 1		---		---		---		---		
	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	
φ' [grad]	24.8	24.8	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]	20.0	20.0	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio muro-terreno
ka, kaE [-]	0.877	0.899	0.447	0.484	0.447	0.484	0.926	0.948	0.926	0.948	coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	2.444	2.371	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]	7.28	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]	431	spinta statica efficace			γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
S'a _E ,k [kN/m]	442	spinta sismica efficace			γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica			
γ _t [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagente			
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle			
kp (1+k _v) [-]	2.348	coefficiente di resistenza passiva			
Rp,k [kN/m]	59.73	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)			γ _R [-] = 1.00
Rp,d [kN/m]	59.73	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 _y [kN]	x [m]	z [m]	M _{STAB} [kNm]	M _{UBB} [kNm]		γ _{G(EQU)} [-] = 0.90
S	404.60	147.26	-2.75	-	728.95	1078.65	spinta statica	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
ΔS	10.33	3.76	-2.75	-3.64	20.69	37.62	Δ spinta sismica applicata a 0.50-Hf	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
Rp	0.00	0.00	2.75	-0.47			resistenza passiva applicata a D/3	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
V ₀ , H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
m ₀	0.00	0.00	2.60	-6.90			massa sismica concentrata	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	123.75	0.00	-0.45	306.28		peso della fondazione (soletta)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W"1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W2	0.00	42.50	1.58	-3.40	44.75		peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W'2	0.00	31.25	1.92	-2.57	23.44		peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W"2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	273.80	-1.27	-3.40	990.61		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W'3	0.00	37.79	-1.76	-6.36	153.51		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W"3	0.00	111.00	0.81	-3.40	193.81		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W"3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
W4	0.00	4.63	2.50	-1.15	1.04		peso del terreno sulla fondazione di valle	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW1	2.41	-1.20	0.00	-0.45		4.83	inerzia della fondazione (soletta)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW"1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW*1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW2	0.83	-0.41	1.58	-3.40		3.62	inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW"2	0.61	-0.30	1.92	-2.57		1.99	inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW*2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW3	5.32	-2.66	-1.27	-3.40		31.68	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW"3	0.73	-0.37	-1.76	-6.36		6.96	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW*3	2.16	-1.08	0.81	-3.40		10.37	inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW**3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
dW4	0.09	-0.04	2.50	-1.15		0.13	inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _G (amplificazione M _{RIB})
ΣF	427.1	769.7			ΣM =	2463.1 1175.9		

Risultanti sul piano di fondazione

Dy [m] = 1.00 passo longitudinale di calcolo

V [kN]	ΣF _y	769.7	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN]	ΣF _x	427.1	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]		2.16	distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]		0.59	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M/V)
Bex [m]		4.32	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

OS15_H500.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 5/22

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] =	2463.1	sommatoria dei momenti stabilizzanti
ΣM_{RIB} [kNm/m] =	1175.9	sommatoria dei momenti ribaltanti
$\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ =	2.09	misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] =	427.1	azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)
Nd [kN] =	769.7	azione ortogonale al piano di fondazione
Td [kN] =	427.1	azione tangenziale al piano di fondazione
Rd [kN] =	444.4	resistenza di progetto
Rd / Td =	1.04	misura della sicurezza allo slittamento

OS15_H500.xlsx - Sismica SLV GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 6/22

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] =	41.8	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
$T_{H/3}$ [kN / m] =	180.1	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	B [m]= 1.00
$M_{H/3}$ [kN m / m] =	281.9	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.67
N_{S+R} [kN / m] =	85.4	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{S+R} [kN / m] =	277.1	taglio sul muro al p.c. di valle	B [m]= 1.00
M_{S+R} [kN m / m] =	543.4	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.79
N_S [kN / m] =	73.0	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_S [kN / m] =	328.4	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	B [m]= 1.00
M_S [kN m / m] =	703.3	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.84

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] =	4.16	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.90
L'_M [m] =	4.16	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
p_{VB} [kN / m ²] =	139.17	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{VB} [kN / m ²] =	113.88	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V0} [kN / m] =	151.02	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] =	-186.6	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] =	-935.4	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] =	0.50	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.90
L'_V [m] =	0.50	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
p_{VA} [kN / m ²] =	31.44	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{VA} [kN / m ²] =	31.44	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] =	95.2	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] =	24.1	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_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)	

OS15_H500.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 7/22

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

Riempimento	Unità 1	--	--	--	--		
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità	
γ_k [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{k0} [—] = 1.00
γ_d [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto	
ψ_k [gradi]	30.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	ψ_0 [—] = 1.25
ψ_d [gradi]	24.8	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'_0 [—] = 1.25
c'_d [kPa]	0.0	24.0	24.0	4.0	4.0	coesione di progetto	
δ'_k [gradi]	20.0	32.0	32.0	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno	δ'_0 [—] = 1.00
δ'_d [gradi]	20.0	32.0	32.0	22.2	22.2	angolo di resistenza al taglio muro-terreno	
z_{top} [m]	-7.3	12.7	12.7	12.7	12.7	quota di testa dell'unità	
z_{bot} [m]	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	quota di base dell'unità	

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (L.AS)

γ_k [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	γ_{k0} [—] = 1.00
γ_d [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ψ_k [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	ψ_0 [—] = 1.25
ψ_d [gradi]	24.8	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.433 [rad]
c'_k [kPa]	5.0	coesione caratteristica	c'_0 [—] = 1.25
c'_d [kPa]	4.0	coesione di progetto	
δ'_k [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	δ'_0 [—] = 1.00
δ'_d [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.524 [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_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 [gradi]	0.00		statico 0.000 sismico 0.000 [rad]
Hf x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	5.00	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_{fil} [m]	0.90	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m]	0.90	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	5.50	larghezza della fondazione	
b_0 [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
b_v [m]	0.50	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
b_m [m]	4.16	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.34	spessore del muro in elevazione	
p_v [—]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
p_m [—]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	1.20	planorottolo sopra il muro	
β [gradi]	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.436 [rad]
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m]	7.28	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)	
$\gamma_{0s,k}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	γ_{k0} [—] = 1.00
$\gamma_{0s,d}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	
i [gradi]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico

$q_{p,k}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_0 [—] = 1.00
$q_{p,k}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico accidentale caratteristico	γ_0 [—] = 1.36
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)	γ_0 [—] = 1.00
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_0 [—] = 1.00
M_b [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_0 [—] = 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_b [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	
X_H [m]	2.60	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_H [m]	-8.90	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

OS15_H500.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 8/22

Detemnazione dei coefficienti di spinta

	statico	sismico			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)						1.571	1.571 [rad]
ψ [grad]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte						0.436	0.436 [rad]
β [grad]	25.0	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno						0.000	0.000 [rad]
ε [grad]	0.0	0.0								

	Unità 1		***		***		***		***	
	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico
φ* [grad]	24.8	24.8	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2
δ' [grad]	20.0	20.0	32.0	32.0	32.0	32.0	22.2	22.2	22.2	22.2
ka, ka _c [-]	0.877	0.877	0.447	0.447	0.447	0.447	0.926	0.926	0.926	0.926

Detemnazione del coefficiente di resistenza passiva

kp [-]	2.444	2.444	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]	7.28	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]	431	spinta statica efficace							γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
S'a _s [kN/m]	431	spinta sismica efficace							γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
S _w [kN/m]	0.00	spinta idrostatica							
γ _t [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagente							
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle							
kp (1+kv) [-]	2.444	coefficiente di resistenza passiva							γ _R [-] = 1.00
R _{p,k} [kN/m]	61.82	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)							
R _{p,d} [kN/m]	61.82	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 _v	F _h	x	z	M _{STAB}	M _{RIB}			γ _{G(EQU)} [-] = 0.90
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]			
S	404.60	147.26	-2.75	-	728.95	1078.65	spinta statica		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
ΔS	0.00	0.00	-2.75	-3.64			Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
R _p	0.00	0.00	2.75	-0.47			resistenza passiva applicata a D/3		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
V ₀ H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
m ₀	0.00	0.00	2.60	-6.90			massa sismica concentrata		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	123.75	0.00	-0.45	306.28		peso della fondazione (soletta)		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W''1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W2	0.00	42.50	1.58	-3.40	44.75		peso del paramento in elevazione		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W'2	0.00	31.25	1.92	-2.57	23.44		peso del paramento in elevazione		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W''2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	273.80	-1.27	-3.40	990.61		peso del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W'3	0.00	37.79	-1.76	-6.36	153.51		peso del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W''3	0.00	111.00	0.81	-3.40	193.81		peso del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
W4	0.00	4.63	2.50	-1.15	1.04		peso del terreno sulla fondazione di valle		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.45			inerzia della fondazione (soletta)		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW'1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW''1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW2	0.00	0.00	1.58	-3.40			inerzia del paramento in elevazione		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW'2	0.00	0.00	1.92	-2.57			inerzia del paramento in elevazione		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW''2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW3	0.00	0.00	-1.27	-3.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW'3	0.00	0.00	-1.76	-6.36			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW''3	0.00	0.00	0.81	-3.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
dW4	0.00	0.00	2.50	-1.15			inerzia del terreno sulla fondazione di valle		X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIB})
ΣF	404.6	772.0			ΣM = 2442.4	1078.6			

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN] = ΣF _v	= 772.0	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN] = ΣF _h	= 404.6	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	= 2.25	distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]	= 0.50	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M/V)
Bex [m]	= 4.49	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

OS15_H500.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 9/22

Verifica al ribaltamento

$\Sigma M_{STA B}$ [kNm/m] =	2442.4	sommatoria dei momenti stabilizzanti
ΣM_{RIB} [kNm/m] =	1078.6	sommatoria dei momenti ribaltanti
$\Sigma M_{STA B} / \Sigma M_{RIB}$ =	2.26	misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] =	404.6	azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)
Nd [kN] =	772.0	azione ortogonale al piano di fondazione
Td [kN] =	404.6	azione tangenziale al piano di fondazione
Rd [kN] =	445.7	resistenza di progetto
Rd / Td =	1.10	misura della sicurezza allo slittamento

OS15_H500.xlsx - Statica SLU GEO (A2+M2) + EQU

Pag. 10/22

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] =	42.2	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00
$T_{H/3}$ [kN / m] =	169.5	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	H [m]= 0.67
$M_{H/3}$ [kN m / m] =	260.3	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
N_{S+R} [kN / m] =	85.8	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00
T_{S+R} [kN / m] =	264.0	taglio sul muro al p.c. di valle	H [m]= 0.79
M_{S+R} [kN m / m] =	508.2	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	
N_S [kN / m] =	73.8	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00
T_S [kN / m] =	310.8	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	H [m]= 0.84
M_S [kN m / m] =	652.1	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] =	4.16	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	
L'_M [m] =	4.16	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
p_{V_B} [kN / m ²] =	140.54	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{V_B} [kN / m ²] =	115.00	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V_O} [kN / m] =	147.26	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00
T_M [kN / m] =	-173.2	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	H [m]= 0.90
M_M [kN m / m] =	-872.1	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] =	0.50	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	
L'_V [m] =	0.50	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
p_{V_A} [kN / m ²] =	31.75	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{V_A} [kN / m ²] =	31.75	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] =	89.4	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00
M_V [kN m / m] =	22.7	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	H [m]= 0.90

Sollecitazioni sul dente di fondazione (NESSUN DENTE)

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

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	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{tc} [-] = 1.00$
γ_{td} [kN/m ³] =	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ'_k [grad] =	30.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	$\gamma_\phi [-] = 1.00$
ϕ'_d [grad] =		30.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	
c'_k [kPa] =		0.0	30.0	30.0	5.0	coesione caratteristica	$\gamma_c [-] = 1.00$
c'_d [kPa] =		0.0	30.0	30.0	5.0	coesione di progetto	
δ'_k [grad] =		20.0	38.0	38.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno	$\gamma_\delta [-] = 1.00$
δ'_d [grad] =		20.0	38.0	38.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno	
z_{top} [m] =		-7.3	12.7	12.7	12.7	quota di testa dell'unità	
z_{bot} [m] =		12.7	12.7	12.7	12.7	quota di base dell'unità	

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (LAS)

γ_{tk} [kN/m ³] =	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{tc} [-] = 1.00$
γ_{td} [kN/m ³] =	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ϕ'_k [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	$\gamma_\phi [-] = 1.00$
ϕ'_d [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.524 [rad]
c'_k [kPa] =	5.0	coesione caratteristica	$\gamma_c [-] = 1.00$
c'_d [kPa] =	5.0	coesione di progetto	
δ'_k [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	$\gamma_\delta [-] = 1.00$
δ'_d [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.524 [rad]

Falda

γ_{wk} [kN/m ³] =	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{tc} [-] = 1.00$
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

$a_g/g [-]$ =	0.060	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	
$\beta_m [-]$ =	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 [grad] =	1.12		statico 0.000 sismico 0.020 [rad]
$H_f \times$	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. $H_f \times 0.50$)	

Caratteristiche geometriche

H [m] =	5.00	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_{hi} [m] =	0.90	altezza della fondazione a filo monte	
h_v [m] =	0.90	altezza della fondazione a filo valle	
B [m] =	5.50	larghezza della fondazione	
bo [m] =	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m] =	0.50	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m] =	4.16	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m] =	0.34	spessore del muro in elevazione	
$\rho_v [-]$ =	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
$\rho_m [-]$ =	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m] =	1.20	planerottolo sopra il muro	
β [grad] =	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.436 [rad]
r [m] =	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m] =	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m] =	1.40	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m] =	7.28	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	$\gamma_{tc} [-] = 1.00$
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_{sk} [kN/m ²] =	0.0	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_M [m] =	2.60	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_M [m] =	-6.90	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m] =	0.00	massa sismica concentrata	

OS15_H500.xlsx - Sismica SLV STR (A1+M1)

Pag. 12/22

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 l'alto)		
ψ [gradi]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte		
β [gradi]	25.0	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		
θ [gradi]	0.0	1.1			

	Unità 1		---		---		---		---	
	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico
φ' [gradi]	30.0	30.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0
δ' [gradi]	20.0	20.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0
ka, ka _e [-]	0.487	0.528	0.327	0.351	0.327	0.351	0.632	0.726	0.632	0.726

Deteminazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	3.000	2.901	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]	7.28	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]	239	spinta statica efficace		γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
S'a _s ,k [kN/m]	259	spinta sismica efficace		
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica		γ _{p(EQU)} [-] = 1.10
γ ₁ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagente		
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle		
kp (1+kv) [-]	2.873	coefficiente di resistenza passiva		
Rp,k [kN/m]	75.81	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)		γ _p [-] = 1.00
Rp,d [kN/m]	75.81	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	224.72	81.79	-2.75	-	404.87	599.10	spinta statica
ΔS	19.00	6.92	-2.75	-3.64	38.04	69.18	Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf
Rp	0.00	0.00	2.75	-0.47			resistenza passiva applicata a D/3
V ₀ H ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)
M ₀	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato
m ₀	0.00	0.00	2.60	-6.90			massa sismica concentrata
W1	0.00	123.75	0.00	-0.45	306.28		peso della fondazione (soletta)
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)
W2	0.00	42.50	1.58	-3.40	44.75		peso del paramento in elevazione
W'2	0.00	31.25	1.92	-2.57	23.44		peso del paramento in elevazione
W'2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione
W3	0.00	273.80	-1.27	-3.40	990.61		peso del terreno sulla fondazione di monte
W'3	0.00	37.79	-1.76	-6.36	153.51		peso del terreno sulla fondazione di monte
W'3	0.00	111.00	0.81	-3.40	193.81		peso del terreno sulla fondazione di monte
W''3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte
W4	0.00	4.63	2.50	-1.15	1.04		peso del terreno sulla fondazione di valle
dW1	2.41	-1.20	0.00	-0.45		4.83	inerzia della fondazione (soletta)
dW'1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)
dW''1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)
dW2	0.83	-0.41	1.58	-3.40		3.62	inerzia del paramento in elevazione
dW'2	0.61	-0.30	1.92	-2.57		1.99	inerzia del paramento in elevazione
dW''2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione
dW3	5.32	-2.66	-1.27	-3.40		31.68	inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW'3	0.73	-0.37	-1.76	-6.36		6.96	inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW''3	2.16	-1.08	0.81	-3.40		10.37	inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW'''3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte
dW4	0.09	-0.04	2.50	-1.15		0.13	inerzia del terreno sulla fondazione di valle
ΣF	255.9	707.4			ΣM	2156.4	727.9

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN]	= ΣF _z	= 707.4	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN]	= ΣF _x	= 255.9	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	= 2.44	distanza risultante dallo spigolo di valle	
ex [m]	= 0.31	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)	
Bex [m]	= 4.87	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]	

OS15_H500.xlsx - Sismica SLV STR (A1+M1)

Pag. 13/22

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] =	2156.4	sommatoria dei momenti stabilizzanti
ΣM_{RIB} [kNm/m] =	727.9	sommatoria dei momenti ribaltanti
$\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ =	2.96	<u>misura della sicurezza al ribaltamento</u>

Verifica allo slittamento

Hd [kN] =	255.9	azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)
Nd [kN] =	707.4	azione ortogonale al piano di fondazione
Td [kN] =	255.9	azione tangenziale al piano di fondazione
Rd [kN] =	408.4	resistenza di progetto
Rd / Td =	1.60	<u>misura della sicurezza allo slittamento</u>

OS15_H500.xlsx - Sismica SLV STR (A1+M1)

Pag. 14/22

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] =	41.8	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.67
$T_{H/3}$ [kN / m] =	108.4	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	
$M_{H/3}$ [kN m / m] =	172.1	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	
N_{S-R} [kN / m] =	85.4	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.79
T_{S-R} [kN / m] =	165.3	taglio sul muro al p.c. di valle	
M_{S-R} [kN m / m] =	330.3	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.84
N_S [kN / m] =	73.0	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	
T_S [kN / m] =	196.9	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	
M_S [kN m / m] =	431.1	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] =	4.16	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.90
L_M^* [m] =	4.16	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
p_{VB} [kN / m ²] =	139.17	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{VB}^* [kN / m ²] =	113.88	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V0} [kN / m] =	88.71	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	
T_M [kN / m] =	-124.6	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	
M_M [kN m / m] =	-575.9	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] =	0.50	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	Dimensioni sezione B [m]= 1.00 H [m]= 0.90
L_V^* [m] =	0.50	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
p_{VA} [kN / m ²] =	31.44	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{VA}^* [kN / m ²] =	31.44	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] =	68.6	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	
M_V [kN m / m] =	17.3	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_D [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)	

OS15_H500.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)
Pag. 15/22

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

	Riempimento	Unità 1	—	—	—		
Hs [m] =	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità	
$\gamma_{t,k}$ [kN/m ³] =	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico
$\gamma_{t,d}$ [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] =	30.0	30.0	30.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio caratteristico
ϕ'_d [grad] =	30.0	30.0	30.0	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] =	20.0	30.0	30.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno
δ'_d [grad] =	20.0	30.0	30.0	27.0	27.0		angolo di resistenza al taglio muro-terreno
z_{top} [m] =	-7.3	12.7	12.7	12.7	12.7		quota di testa dell'unità
z_{bot} [m] =	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7		quota di base dell'unità

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (LAS)

$\gamma_{t,k}$ [kN/m ³] =	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{t(d)}$ [kN/m ³] =	18.5	peso di volume del terreno di progetto
ϕ'_k [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	ϕ'_d [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto
c'_k [kPa] =	5.0	coesione caratteristica	c'_d [kPa] =	5.0	coesione di progetto
δ'_k [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	δ'_d [grad] =	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³] =	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{w,d}$ [kN/m ³] =	13.0	peso di volume dell'acqua di progetto
$z_{AK, fond}$ [m] =	20.00	quota della falda in fondazione (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)	$z_{VA, monte}$ [m] =	20.00	quota della falda a monte (+ se sotto il piano fondazione, - se sopra il piano fondazione)

Caratterizzazione sismica

$a_{q/g}$ [-] =	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	
Hf x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)

Caratteristiche geometriche

H [m] =	5.00	altezza del muro (da estradosso fondazione)
h_{fd} [m] =	0.90	altezza della fondazione a filo monte
h_v [m] =	0.90	altezza della fondazione a filo valle
B [m] =	5.50	larghezza della fondazione
bo [m] =	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)
bv [m] =	0.50	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle
bm [m] =	4.16	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante
s [m] =	0.34	spessore del muro in elevazione
pv [-] =	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle
pm [-] =	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte
c [m] =	1.20	planerottolo sopra il muro
β [grad] =	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
r [m] =	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte
R [m] =	0.50	ricoprimento della fondazione a valle
D [m] =	1.40	approfondimento della fondazione a valle
Hf [m] =	7.28	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)
$\gamma_{t(s,k)}$ [kN/m ³] =	25.0	peso di volume del muro
$\gamma_{t(s,d)}$ [kN/m ³] =	25.0	peso di volume del muro
i [grad] =	0.0	contropendenza del piano di fondazione

Sovraccarico

$q_{p(ik)}$ [kN/m ²] =	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	γ_4 [-] =	1.30
$q_{s(ik)}$ [kN/m ²] =	0.0	sovraccarico accidentale caratteristico	γ_4 [-] =	1.50
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)	γ_4 [-] =	1.00
H_0 [kN/m] =	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	γ_4 [-] =	1.00
M_0 [kN m/m] =	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	γ_4 [-] =	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] =	2.60	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica		
Z_M [m] =	-6.90	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica		
massa [kg/m] =	0.00	massa sismica concentrata		

OS15_H500.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 16/22

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		
ρ [grad]	25.0	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		
θ [grad]	0.0	0.0			
			statico	sismico	
			1.571	1.571 [rad]	
			0.436	0.436 [rad]	
			0.000	0.000 [rad]	

	Unità 1		---		---		---		---	
	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico
φ' [grad]	30.0	30.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0
δ' [grad]	20.0	20.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0
ka, kaE [-]	0.487	0.487	0.327	0.327	0.327	0.327	0.632	0.632	0.632	0.632

 angolo di resistenza al taglio del terreno
 angolo di resistenza al taglio muro-terreno
 coefficiente di spinta attiva

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	3.000	3.000	coefficiente di resistenza passiva (in condizioni sismiche con attrito terra-muro nullo)	
kp [-]	3	3	coefficiente di resistenza passiva di progetto (calcolato con la formulazione di [Lancellotta, '07])	

Calcolo delle spinte e dei vari contributi

Hf [m]	7.28	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]	311	spinta statica efficace		γp(EQU) [-] = 1.10
S'aE,k [kN/m]	311	spinta sismica efficace		γp(EQU) [-] = 1.10
Sw [kN/m]	0.00	spinta idrostatica		
γi [kN/m³]	18.5	peso di volume del terreno reagente		
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle		
kp (1+kv) [-]	3.000	coefficiente di resistenza passiva		
Rp,k [kN/m]	78.64	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)		γR [-] = 1.00
Rp,d [kN/m]	78.64	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 _s [kN]	F _s [kN]	x [m]	z [m]	M _{STAB} [kNm]	M _{RIE} [kNm]		γG(EQU) [-] = 0.90
S	292.14	106.33	-2.75	-	526.34	778.84	spinta statica	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
ΔS	0.00	0.00	-2.75	-3.64			Δ spinta sismica applicata a 0,50·Hf	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
Rp	0.00	0.00	2.75	-0.47			resistenza passiva applicata a D/3	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
V _h , H _h	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
M _h	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
m _h	0.00	0.00	2.60	-6.90			massa sismica concentrata	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W1	0.00	123.75	0.00	-0.45	306.28		peso della fondazione (soletta)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W2	0.00	42.50	1.58	-3.40	44.75		peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W'2	0.00	31.25	1.92	-2.57	23.44		peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W'2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W3	0.00	355.94	-1.27	-3.40	1287.79		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W'3	0.00	49.13	-1.76	-6.36	199.56		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W'3	0.00	144.30	0.81	-3.40	251.95		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W''3	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
W4	0.00	6.01	2.50	-1.15	1.35		peso del terreno sulla fondazione di valle	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.45			inerzia della fondazione (soletta)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW'1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW'1	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia della fondazione (dente)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW2	0.00	0.00	1.58	-3.40			inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW'2	0.00	0.00	1.92	-2.57			inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW''2	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW3	0.00	0.00	-1.27	-3.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW'3	0.00	0.00	-1.76	-6.36			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW''3	0.00	0.00	0.81	-3.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW'''3	0.00	0.00	0.00	0.00			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
dW4	0.00	0.00	2.50	-1.15			inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _F (amplificazione M _{RIE})
ΣF	292.1	859.2			ΣM = 2641.5	778.8		

Risultanti sul piano di fondazione

Dy [m] = 1.00 passo longitudinale di calcolo

V [kN]	= ΣF _v	= 859.2	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN]	= ΣF _h	= 292.1	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	= 2.59	distanza risultante dallo spigolo di valle	
ex [m]	= 0.16	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)	
Bex [m]	= 5.18	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]	

OS15_H500.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 17/22

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] =	2641.5	sommatoria dei momenti stabilizzanti
ΣM_{RIE} [kNm/m] =	778.8	sommatoria dei momenti ribaltanti
$\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIE}$ =	3.39	misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] =	292.1	azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)
Nd [kN] =	859.2	azione ortogonale al piano di fondazione
Td [kN] =	292.1	azione tangenziale al piano di fondazione
Rd [kN] =	496.1	resistenza di progetto
Rd / Td =	1.70	misura della sicurezza allo slittamento

OS15_H500.xlsx - Statica SLU STR (A1+M1)

Pag. 18/22

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] =	42.2	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
$T_{H/3}$ [kN / m] =	122.4	taglio sul muro allo spiccato fondazione + H/3	B [m]= 1.00
$M_{H/3}$ [kN m / m] =	186.3	momento sul muro allo spiccato fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.67
N_{S-R} [kN / m] =	85.8	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{S-R} [kN / m] =	190.6	taglio sul muro al p.c. di valle	B [m]= 1.00
M_{S-R} [kN m / m] =	364.6	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.79
N_S [kN / m] =	73.8	forza assiale sul muro allo spiccato fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_S [kN / m] =	224.4	taglio sul muro allo spiccato fondazione	B [m]= 1.00
M_S [kN m / m] =	468.7	momento sul muro allo spiccato fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.84

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] =	4.16	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	
L'_M [m] =	4.16	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
p_{Vd} [kN / m ²] =	175.95	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{Vd} [kN / m ²] =	142.75	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{Vd} [kN / m] =	106.33	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	Dimensioni sezione
T_M [kN / m] =	-146.7	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	B [m]= 1.00
M_M [kN m / m] =	-632.9	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	H [m]= 0.90

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] =	0.50	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	
L'_V [m] =	0.50	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
p_{VA} [kN / m ²] =	34.53	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{VA} [kN / m ²] =	34.53	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] =	73.1	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	Dimensioni sezione
M_V [kN m / m] =	18.4	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	B [m]= 1.00
			H [m]= 0.90

Sollecitazioni sul dente di fondazione (NESSUN DENTE)

H_D [m] =	0.00	altezza del dente di fondazione	
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	Dimensioni sezione
M_D [kN m / m] =	#DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	B [m]= 1.00
			H [m]= 0.00

OS15_H500.xlsx - Statica SLE
Pag. 19/22

Caratteristiche geotecniche del terreno spingente

Riempimento	Unità 1	---	---	---	---		
Hs [m]	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	spessore dell'unità	
$\gamma_{t,k}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{t(k)} [-] = 1.00$
$\gamma_{t,d}$ [kN/m ³]	18.5	18.5	20.0	0.0	0.0	peso di volume del terreno di progetto	
ψ'_k [gradi]	30.0	38.0	38.0	38.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	$\gamma_\theta [-] = 1.00$
ψ'_d [gradi]	30.0	38.0	38.0	38.0	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'_d [kPa]	0.0	30.0	30.0	5.0	5.0	coesione di progetto	
δ'_k [gradi]	20.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico muro-terreno	$\gamma_\theta [-] = 1.00$
δ'_d [gradi]	20.0	38.0	38.0	27.0	27.0	angolo di resistenza al taglio muro-terreno	
z_{top} [m]	-7.3	12.7	12.7	12.7	12.7	quota di testa dell'unità	
z_{inf} [m]	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	quota di base dell'unità	

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione (LAS)

$\gamma_{t,k}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno caratteristico	$\gamma_{t(k)} [-] = 1.00$
$\gamma_{t,d}$ [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno di progetto	
ψ'_k [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico	$\gamma_\theta [-] = 1.00$
ψ'_d [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto	0.524 [rad]
c'_k [kPa]	5.0	coesione caratteristica	$\gamma_c [-] = 1.00$
c'_d [kPa]	5.0	coesione di progetto	
δ'_k [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio caratteristico fondazione-terreno	$\gamma_\theta [-] = 1.00$
δ'_d [gradi]	30.0	angolo di resistenza al taglio di progetto fondazione-terreno	0.524 [rad]

Falda

$\gamma_{w,k}$ [kN/m ³]	10.0	peso di volume dell'acqua caratteristico	$\gamma_{w(k)} [-] = 1.00$
$\gamma_{w,d}$ [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

$a_{y/g} [-]$	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	
$\beta_m [-]$	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)	statico 0.000 sismico 0.000 [rad]
θ [gradi]	0.00		
Hf x	0.500	posizione risultante incremento spinta sismica misurata dalla base (es. Hfx0.50)	

Caratteristiche geometriche

H [m]	5.00	altezza del muro (da estradosso fondazione)	
h_M [m]	0.90	altezza della fondazione a filo monte	
h_V [m]	0.90	altezza della fondazione a filo valle	
B [m]	5.50	larghezza della fondazione	
bo [m]	0.00	larghezza del dente di fondazione (se 0.0 fondazione piana o inclinata)	
bv [m]	0.50	larghezza fondazione su cui grava il terreno di valle	
bm [m]	4.16	larghezza della ciabatta su cui grava il terreno retrostante	
s [m]	0.34	spessore del muro in elevazione	
p_v [-]	0.10	pendenza rispetto alla verticale del paramento di valle	
p_m [-]	0.00	pendenza rispetto alla verticale del paramento di monte	
c [m]	1.20	plano di fondazione sopra il muro	
β [gradi]	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno	0.436 [rad]
r [m]	0.00	rialzo del muro sopra terreno di monte	
R [m]	0.50	ricoprimento della fondazione a valle	
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle	
Hf [m]	7.28	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)	
$\gamma_{t(k),k}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	$\gamma_{t(k)} [-] = 1.00$
$\gamma_{t(k),d}$ [kN/m ³]	25.0	peso di volume del muro	
i [gradi]	0.0	contropendenza del piano di fondazione	0.000 [rad]

Sovraccarico

$q_{p,k}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico permanente caratteristico	$\gamma_i [-] = 1.00$
$q_{a,k}$ [kN/m ²]	0.0	sovraccarico accidentale caratteristico	$\gamma_i [-] = 0.00$
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)	$\gamma_i [-] = 1.00$
H_0 [kN/m]	0.00	componente orizzontale della forza (positiva se verso valle)	$\gamma_i [-] = 1.00$
M_0 [kN m/m]	0.00	momento concentrato (positivo se ribaltante verso valle)	$\gamma_i [-] = 1.00$
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]	2.60	coordinata X del centro di applicazione della massa sismica	
Z_M [m]	-6.90	ascissa Z del centro di applicazione della massa sismica	
massa [kg/m]	0.00	massa sismica concentrata	

OS15_H500.xlsx - Statica SLE

Pag. 20/22

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 [gradi]	90.0	90.0	inclinazione rispetto all'orizzontale della parete di monte		1.571	1.571 [rad]		
β [gradi]	25.0	25.0	inclinazione rispetto all'orizzontale superficie del terrapieno		0.436	0.436 [rad]		
θ [gradi]	0.0	0.0			0.000	0.000 [rad]		

	Unità 1		---		---		---		---	
	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico	statico	sismico
φ' [gradi]	30.0	30.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0
δ' [gradi]	20.0	20.0	38.0	38.0	38.0	38.0	27.0	27.0	27.0	27.0
ka, ka _c [-]	0.487	0.487	0.327	0.327	0.327	0.327	0.632	0.632	0.632	0.632

Determinazione dei coefficienti di resistenza passiva

kp [-]	3.000	3.000	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]	7.28	altezza totale per determinazione delle spinte (valutata a filo fondazione lato monte)						
H _w [m]	0.00	altezza d'acqua spingente						
S'a _{s,k} [kN/m]	239	spinta statica efficace				γ _{p(EQU)} [-] = 1.10		
S'a _{s,k} [kN/m]	239	spinta sismica efficace						
S _w [kN/m]	0.00	spinta idrostatica				γ _{p(EQU)} [-] = 1.10		
γ _t [kN/m ³]	18.5	peso di volume del terreno reagent						
D [m]	1.40	approfondimento della fondazione a valle						
kp (1+kv) [-]	3.000	coefficiente di resistenza passiva						
R _{p,k} [kN/m]	78.64	resistenza passiva disponibile a valle (valore caratteristico)					γ _R [-] = 1.00	
R _{p,d} [kN/m]	78.64	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 _{SIAB}	M _{RIB}	γ _{G(EQU)} [-] = 0.90	
	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[kNm]	[kNm]		
S	224.72	81.79	-2.75	-	404.87	599.10	spinta statica	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
ΔS	0.00	0.00	-2.75	-3.64			Δ spinta sismica applicata a 0.50·Hf	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
R _p	0.00	0.00	2.75	-0.47			resistenza passiva applicata a D/3	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
V _h H _h	0.00	0.00	0.00	0.00			forze concentrate (verticale e orizzontale)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
M _h	0.00	0.00	0.00	0.00			momento concentrato	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
m _h	0.00	0.00	2.60	-6.90			massa sismica concentrata	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W1	0.00	123.75	0.00	-0.45	306.28		peso della fondazione (soletta)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W'1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (cuneo inclinato)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W''1	0.00	0.00	0.00	0.00			peso della fondazione (dente)	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W2	0.00	42.50	1.58	-3.40	44.75		peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W'2	0.00	31.25	1.92	-2.57	23.44		peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W''2	0.00	0.00	0.00	0.00			peso del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W3	0.00	273.80	-1.27	-3.40	990.61		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W'3	0.00	37.79	-1.76	-6.36	153.51		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W''3	0.00	111.00	0.81	-3.40	193.81		peso del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (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 _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
W4	0.00	4.63	2.50	-1.15	1.04		peso del terreno sulla fondazione di valle	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW1	0.00	0.00	0.00	-0.45			inerzia della fondazione (soletta)	X γ _G (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 _G (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 _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW2	0.00	0.00	1.58	-3.40			inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW'2	0.00	0.00	1.92	-2.57			inerzia del paramento in elevazione	X γ _G (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 _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW3	0.00	0.00	-1.27	-3.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW'3	0.00	0.00	-1.76	-6.36			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW''3	0.00	0.00	0.81	-3.40			inerzia del terreno sulla fondazione di monte	X γ _G (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 _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
dW4	0.00	0.00	2.50	-1.15			inerzia del terreno sulla fondazione di valle	X γ _G (riduzione M _{STAB}) X γ _D (amplificazione M _{RIB})
ΣF	224.7	706.5			ΣM = 2118.3	599.1		

Risultanti sul piano di fondazione

V [kN]	= ΣF _z	= 706.5	risultante delle forze verticali in fondazione
H [kN]	= ΣF _x	= 224.7	risultante delle forze orizzontali in fondazione
u [m]	=	2.56	distanza risultante dallo spigolo di valle
ex [m]	=	0.19	<B/6 eccentricità del carico in fondazione (= M / V)
Bex [m]	=	5.12	larghezza equivalente ridotta per eccentricità del carico [Meyerhof, 1953]

OS15_H500.xlsx - Statica SLE

Pag. 21/22

Verifica al ribaltamento

ΣM_{STAB} [kNm/m] =	2118.3	sommatoria dei momenti stabilizzanti
ΣM_{RIB} [kNm/m] =	599.1	sommatoria dei momenti ribaltanti
$\Sigma M_{STAB} / \Sigma M_{RIB}$ =	3.54	misura della sicurezza al ribaltamento

Verifica allo slittamento

Hd [kN] =	224.7	azione orizzontale destabilizzante (senza considerare il contributo della resistenza passiva)
Nd [kN] =	706.5	azione ortogonale al piano di fondazione
Td [kN] =	224.7	azione tangenziale al piano di fondazione
Rd [kN] =	407.9	resistenza di progetto
Rd / Td =	1.82	misura della sicurezza allo slittamento

OS15_H500.xlsx - Statica SLE

Pag. 22/22

Sollecitazioni sul paramento in elevazione

$N_{H/3}$ [kN / m] =	42.2	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
$T_{H/3}$ [kN / m] =	94.1	taglio sul muro allo spiccatto fondazione + H/3	B [m]= 1.00
$M_{H/3}$ [kN m / m] =	141.9	momento sul muro allo spiccatto fondazione + H/3 (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.67
N_{S+R} [kN / m] =	85.8	forza assiale sul muro al p.c. di valle (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_{S+R} [kN / m] =	146.6	taglio sul muro al p.c. di valle	B [m]= 1.00
M_{S+R} [kN m / m] =	278.5	momento sul muro al p.c. di valle (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.79
N_S [kN / m] =	73.8	forza assiale sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se di compressione)	Dimensioni sezione
T_S [kN / m] =	172.6	taglio sul muro allo spiccatto fondazione	B [m]= 1.00
M_S [kN m / m] =	358.7	momento sul muro allo spiccatto fondazione (positivo se tende le fibre di monte)	H [m]= 0.84

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di monte

L_M [m] =	4.16	luce di calcolo della trave incastrata soletta di monte	
L'_M [m] =	4.16	luce di calcolo soletta di monte effettiva per le sottopressioni	
p_{VB} [kN / m ²] =	140.54	pressione verticale a filo monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{VB} [kN / m ²] =	115.00	pressione verticale a filo paramento monte dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
F_{V0} [kN / m] =	81.79	forza verticale concentrata a filo monte fondazione (agente verso il basso)	Dimensioni sezione
T_M [kN / m] =	-105.8	taglio sulla sezione di attacco della soletta di monte	B [m]= 1.00
M_M [kN m / m] =	-485.0	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	H [m]= 0.90

Sollecitazioni sulla sezione di attacco della mensola di valle

L_V [m] =	0.50	luce di calcolo della trave incastrata soletta di valle	
L'_V [m] =	0.50	luce di calcolo soletta di valle, effettiva per le sottopressioni	
p_{VA} [kN / m ²] =	31.75	pressione verticale a filo valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
p_{VA} [kN / m ²] =	31.75	pressione verticale a filo paramento valle dovuta al p.p. + peso terreno portato (agente verso il basso)	
T_V [kN / m] =	60.4	taglio sulla sezione di attacco della soletta di valle	Dimensioni sezione
M_V [kN m / m] =	15.2	momento sulla sezione di attacco della soletta di monte (positivo se tende le fibre inferiori)	B [m]= 1.00
			H [m]= 0.90

Sollecitazioni sul dente di fondazione (NESSUN DENTE)

H_D [m] =	0.00	altezza del dente di fondazione	
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	Dimensioni sezione
M_D [kN m / m] =	#DIV/0!	momento sulla sezione di attacco del dente di fondazione (positivo se tende le fibre di valle)	B [m]= 1.00
			H [m]= 0.00

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
MT	Momento torcente [kN m]

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.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)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione se Dbarre >140 viene posto Dbarre=140 nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/'96])

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 = $0,25 (ScImin + ScEff) / (2 ScImin)$
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*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: OS15.slmd - Configurazione finale - Analisi statica
Slide Modeler Version: 7.026

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: seconds
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
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

Material Properties

Property	Riempimento	M	LAS	Muro
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	18.5	22	18.5	25
Cohesion [kPa]	0	28	5	
Friction Angle [deg]	30	26	30	
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.262680
Center:	13.572, 40.968
Radius:	18.179
Left Slip Surface Endpoint:	5.757, 24.555
Right Slip Surface Endpoint:	30.859, 35.344
Resisting Moment:	17075.7 kN-m
Driving Moment:	13523.4 kN-m
Total Slice Area:	107.42 m2

Surface Horizontal Width: 25.1019 m

Surface Average Height: 4.27936 m

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.26268

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	0.502038	1.06694	-24.5907	Riempimento	0	24.7913	0.933514	1.1783	2.55203	0	2.55203	2.12482	2.12482
2	0.502038	3.11687	-22.862	Riempimento	0	24.7913	2.68468	3.38989	7.33933	0	7.33933	6.20737	6.20737
3	0.502038	5.00204	-21.155	Riempimento	0	24.7913	4.24488	5.35993	11.6046	0	11.6046	9.96194	9.96194
4	0.502038	6.72832	-19.4674	Riempimento	0	24.7913	5.62961	7.10839	15.3901	0	15.3901	13.4002	13.4002
5	0.502038	8.30083	-17.7973	Riempimento	0	24.7913	6.85197	8.65184	18.7318	0	18.7318	16.5322	16.5322
6	0.502038	9.72404	-16.1427	Riempimento	0	24.7913	7.92323	10.0045	21.6604	0	21.6604	19.3671	19.3671
7	0.502038	11.0019	-14.5018	Riempimento	0	24.7913	8.853	11.1785	24.202	0	24.202	21.9122	21.9122
8	0.502038	12.1377	-12.873	Riempimento	0	24.7913	9.64963	12.1844	26.38	0	26.38	24.1747	24.1747
9	0.502038	13.1344	-11.2548	Riempimento	0	24.7913	10.3205	13.0315	28.2141	0	28.2141	26.1603	26.1603
10	0.502038	13.9946	-9.64553	Riempimento	0	24.7913	10.872	13.7278	29.7217	0	29.7217	27.874	27.874
11	0.502038	14.7203	-8.04395	Riempimento	0	24.7913	11.3096	14.2804	30.9179	0	30.9179	29.3196	29.3196
12	0.502038	15.3133	-6.44869	Riempimento	0	24.7913	11.6383	14.6954	31.8165	0	31.8165	30.501	30.501
13	0.502038	15.7754	-4.85843	Riempimento	0	24.7913	11.8624	14.9784	32.4292	0	32.4292	31.4209	31.4209
14	0.502038	16.1064	-3.27192	Riempimento	0	24.7913	11.9859	15.1343	32.7667	0	32.7667	32.0815	32.0815
15	0.502038	16.8412	-1.68792	Riempimento	0	24.7913	12.4044	15.6628	33.911	0	33.911	33.5455	33.5455
16	0.502038	21.4622	0.105208	Riempimento	0	24.7913	15.6482	19.7587	42.7787	0	42.7787	42.75	42.75
17	0.502038	72.8235	1.47742	Riempimento	0	24.7913	52.565	66.3728	143.701	0	143.701	145.057	145.057
18	0.502038	68.5396	3.06118	Riempimento	0	24.7913	48.9818	61.8484	133.906	0	133.906	136.525	136.525
19	0.502038	61.9048	4.64729	Riempimento	0	24.7913	43.8037	55.31	119.75	0	119.75	123.31	123.31
20	0.502038	61.4956	6.23697	Riempimento	0	24.7913	43.086	54.4038	117.788	0	117.788	122.496	122.496

21	0.50203 8	62.194 4	7.8315	Riempimen to	0	24.7913	43.147	54.480 9	117.95 5	0	117.95 5	123.88 9	123.88 9
22	0.50203 8	63.376 4	9.43216	Riempimen to	0	24.7913	43.5341	54.969 7	119.01 3	0	119.01 3	126.24 5	126.24 5
23	0.50203 8	64.424 2	11.0403	Riempimen to	0	24.7913	43.8163	55.326	119.78 4	0	119.78 4	128.33 3	128.33 3
24	0.50203 8	65.335 8	12.6573	Riempimen to	0	24.7913	43.994	55.550 4	120.27	0	120.27	130.15	130.15
25	0.50203 8	66.108 6	14.2846	Riempimen to	0	24.7913	44.0675	55.643 1	120.47 1	0	120.47 1	131.69 1	131.69 1
26	0.50203 8	66.077 9	15.9238	Riempimen to	0	24.7913	43.5995	55.052 2	119.19 2	0	119.19 2	131.63 1	131.63 1
27	0.50203 8	64.289 3	17.5765	Riempimen to	0	24.7913	41.9822	53.010 1	114.77	0	114.77	128.06 9	128.06 9
28	0.50203 8	64.626 9	19.2444	Riempimen to	0	24.7913	41.7603	52.729 9	114.16 4	0	114.16 4	128.74 2	128.74 2
29	0.50203 8	64.811 3	20.9295	Riempimen to	0	24.7913	41.4317	52.315	113.26 5	0	113.26 5	129.11 1	129.11 1
30	0.50203 8	64.837 6	22.6338	Riempimen to	0	24.7913	40.995	51.763 6	112.07 2	0	112.07 2	129.16 5	129.16 5
31	0.50203 8	64.699 9	24.3595	Riempimen to	0	24.7913	40.4486	51.073 6	110.57 8	0	110.57 8	128.89 1	128.89 1
32	0.50203 8	64.391 7	26.1091	Riempimen to	0	24.7913	39.7902	50.242 3	108.77 8	0	108.77 8	128.27 9	128.27 9
33	0.50203 8	63.905 5	27.8853	Riempimen to	0	24.7913	39.0175	49.266 6	106.66 5	0	106.66 5	127.31 1	127.31 1
34	0.50203 8	63.232 5	29.6912	Riempimen to	0	24.7913	38.1274	48.142 7	104.23 2	0	104.23 2	125.97 2	125.97 2
35	0.50203 8	62.362 8	31.5302	Riempimen to	0	24.7913	37.1165	46.866 3	101.46 8	0	101.46 8	124.24	124.24
36	0.50203 8	61.284 8	33.4062	Riempimen to	0	24.7913	35.9807	45.432 1	98.363 5	0	98.363 5	122.09 4	122.09 4
37	0.50203 8	59.985	35.3237	Riempimen to	0	24.7913	34.7154	43.834 4	94.904 3	0	94.904 3	119.50 6	119.50 6
38	0.50203 8	58.447 6	37.2879	Riempimen to	0	24.7913	33.315	42.066 2	91.075 9	0	91.075 9	116.44 4	116.44 4
39	0.50203 8	56.653 7	39.3049	Riempimen to	0	24.7913	31.7732	40.119 4	86.861 1	0	86.861 1	112.87 2	112.87 2
40	0.50203 8	54.581 1	41.3819	Riempimen to	0	24.7913	30.0825	37.984 6	82.239 2	0	82.239 2	108.74 4	108.74 4
41	0.50203 8	52.202 5	43.5276	Riempimen to	0	24.7913	28.2344	35.651	77.186 6	0	77.186 6	104.00 6	104.00 6
42	0.50203 8	49.484 4	45.7528	Riempimen to	0	24.7913	26.2184	33.105 5	71.675 4	0	71.675 4	98.592 1	98.592 1
43	0.50203 8	46.385 2	48.0708	Riempimen to	0	24.7913	24.0226	30.332 8	65.672 5	0	65.672 5	92.418 6	92.418 6
44	0.50203 8	42.851 4	50.4988	Riempimen to	0	24.7913	21.6324	27.314 8	59.138 3	0	59.138 3	85.379 3	85.379 3
45	0.50203 8	38.812 8	53.0592	Riempimen to	0	24.7913	19.0306	24.029 5	52.025 2	0	52.025 2	77.334	77.334
46	0.50203 8	34.174	55.7828	Riempimen to	0	24.7913	16.1959	20.450 3	44.276 3	0	44.276 3	68.092 6	68.092 6
47	0.50203 8	28.799 2	58.7135	Riempimen to	0	24.7913	13.1034	16.545 4	35.821 7	0	35.821 7	57.384 5	57.384 5
48	0.50203 8	22.483	61.9181	Riempimen to	0	24.7913	9.72226	12.276 1	26.578 5	0	26.578 5	44.800 5	44.800 5

49	0.50203 8	14.885 8	65.5077	Riempimen to	0	24.7913	6.01822	7.5990 9	16.452 5	0	16.452 5	29.663	29.663
50	0.50203 8	5.3566 1	69.6972	Riempimen to	0	24.7913	1.96343	2.4791 9	5.3676 1	0	5.3676 1	10.674 7	10.674 7

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.26268

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	5.75696	24.5547	0	0	0
2	6.25899	24.325	1.05456	0	0
3	6.76103	24.1133	3.95469	0	0
4	7.26307	23.919	8.33828	0	0
5	7.76511	23.7416	13.8931	0	0
6	8.26715	23.5804	20.3487	0	0
7	8.76918	23.4351	27.4702	0	0
8	9.27122	23.3053	35.0533	0	0
9	9.77326	23.1905	42.92	0	0
10	10.2753	23.0906	50.9153	0	0
11	10.7773	23.0053	58.9043	0	0
12	11.2794	22.9343	66.7705	0	0
13	11.7814	22.8776	74.4134	0	0
14	12.2835	22.8349	81.7471	0	0
15	12.7855	22.8062	88.6993	0	0
16	13.2875	22.7914	95.4227	0	0
17	13.7896	22.7905	103.311	0	0
18	14.2916	22.8035	127.815	0	0
19	14.7936	22.8303	148.788	0	0
20	15.2957	22.8711	165.872	0	0
21	15.7977	22.926	181.02	0	0
22	16.2998	22.995	194.516	0	0
23	16.8018	23.0784	206.426	0	0
24	17.3038	23.1764	216.67	0	0
25	17.8059	23.2891	225.176	0	0
26	18.3079	23.417	231.88	0	0
27	18.8099	23.5602	236.676	0	0
28	19.312	23.7192	239.482	0	0
29	19.814	23.8945	240.419	0	0
30	20.3161	24.0865	239.452	0	0
31	20.8181	24.2958	236.554	0	0
32	21.3201	24.5231	231.707	0	0
33	21.8222	24.7692	224.901	0	0
34	22.3242	25.0348	216.135	0	0
35	22.8263	25.3211	205.422	0	0
36	23.3283	25.6291	192.785	0	0
37	23.8303	25.9602	178.262	0	0

38	24.3324	26.316	161.91	0	0
39	24.8344	26.6983	143.803	0	0
40	25.3364	27.1092	124.041	0	0
41	25.8385	27.5516	102.754	0	0
42	26.3405	28.0285	80.1066	0	0
43	26.8426	28.5439	56.315	0	0
44	27.3446	29.1028	31.6559	0	0
45	27.8466	29.7118	6.49131	0	0
46	28.3487	30.3795	-18.6988	0	0
47	28.8507	31.1177	-43.2623	0	0
48	29.3527	31.9439	-66.284	0	0
49	29.8548	32.8848	-86.4165	0	0
50	30.3568	33.9868	-101.529	0	0
51	30.8589	35.3438	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0	24.5547
0	20
0	0
50.45	0
50.45	40.2
50.45	42.8
45.8	41.4
15.7009	29.1997
14.5009	29.1997
13.9009	29.1997
13.9009	28.5997
13.6964	24.5547
13.1964	24.5547

Material Boundary

X	Y
38.4986	36.4683
50.45	40.2

Material Boundary

X	Y
---	---

13.1964	24.5547
13.1964	23.6548
18.6968	23.6547
18.6968	24.5547
14.5009	24.5547
14.5009	29.1997

Material Boundary

X	Y
0	20
20	20
22.7	24.7
25.2	24.7
27.8	29.2
29.8	29.2
32.4	33.7
34.4	33.7
38.4986	36.4683
45.8	41.4

11.2 Analisi Sismica SLU

Slide Analysis Information

Project Summary

File Name: OS15.slmd - Configurazione finale - Analisi sismica
Slide Modeler Version: 7.026

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: seconds
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
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 $m_{\alpha} < 0.2$: 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/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

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

Material Properties

Property	Riempimento	M	LAS	Muro
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	18.5	22	18.5	25
Cohesion [kPa]	0	28	5	
Friction Angle [deg]	30	26	30	
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS

1.201190

Center:	13.572, 40.968
Radius:	18.179
Left Slip Surface Endpoint:	5.757, 24.555
Right Slip Surface Endpoint:	30.859, 35.344
Resisting Moment:	16769.1 kN-m
Driving Moment:	13960.5 kN-m
Total Slice Area:	107.42 m ²
Surface Horizontal Width:	25.1019 m
Surface Average Height:	4.27936 m

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20119

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	0.502038	1.06694	-24.5907	Riempimento	0	24.7913	0.980661	1.17796	2.55037	0	2.55037	2.10158	2.10158
2	0.502038	3.11687	-22.862	Riempimento	0	24.7913	2.817539	3.38439	7.32742	0	7.32742	6.13945	6.13945
3	0.502038	5.00204	-21.155	Riempimento	0	24.7913	4.450897	5.34637	11.5752	0	11.5752	9.85287	9.85287
4	0.502038	6.72832	-19.4674	Riempimento	0	24.7913	5.89788	7.08438	15.3381	0	15.3381	13.2534	13.2534
5	0.502038	8.30083	-17.7973	Riempimento	0	24.7913	7.172651	8.61571	18.6536	0	18.6536	16.3516	16.3516
6	0.502038	9.72404	-16.1427	Riempimento	0	24.7913	8.287723	9.95513	21.5534	0	21.5534	19.1546	19.1546
7	0.502038	11.0019	-14.5018	Riempimento	0	24.7913	9.253573	11.1153	24.0655	0	24.0655	21.6721	21.6721
8	0.502038	12.1377	-12.873	Riempimento	0	24.7913	10.07943	12.1073	26.213	0	26.213	23.9095	23.9095
9	0.502038	13.1344	-11.2548	Riempimento	0	24.7913	10.77315	12.9405	28.017	0	28.017	25.8732	25.8732
10	0.502038	13.9946	-9.64553	Riempimento	0	24.7913	11.34153	13.6233	29.4953	0	29.4953	27.5678	27.5678
11	0.502038	14.7203	-8.04395	Riempimento	0	24.7913	11.79091	14.1631	30.6639	0	30.6639	28.9975	28.9975
12	0.502038	15.3133	-6.44869	Riempimento	0	24.7913	12.12641	14.5661	31.5366	0	31.5366	30.1666	30.1666
13	0.502038	15.7754	-4.85843	Riempimento	0	24.7913	12.35292	14.8382	32.1257	0	32.1257	31.0757	31.0757
14	0.502038	16.1064	-3.27192	Riempimento	0	24.7913	12.47453	14.9843	32.442	0	32.442	31.7288	31.7288
15	0.502038	16.8412	-1.68792	Riempimento	0	24.7913	12.90322	15.4992	33.5568	0	33.5568	33.1766	33.1766
16	0.502038	21.4622	-0.105208	Riempimento	0	24.7913	16.26893	19.5427	42.3097	0	42.3097	42.2798	42.2798

17	0.50203 8	72.823 5	1.47742	Riempimen to	0	24.7913	54.6218	65.611 1	142.05 2	0	142.05 2	143.46 1	143.46 1
18	0.50203 8	68.539 6	3.06118	Riempimen to	0	24.7913	50.8726	61.107 7	132.30 2	0	132.30 2	135.02 3	135.02 3
19	0.50203 8	61.904 8	4.64729	Riempimen to	0	24.7913	45.4718	54.620 3	118.25 6	0	118.25 6	121.95 3	121.95 3
20	0.50203 8	61.495 6	6.23697	Riempimen to	0	24.7913	44.7048	53.699	116.26 2	0	116.26 2	121.14 7	121.14 7
21	0.50203 8	62.194 4	7.8315	Riempimen to	0	24.7913	44.7465	53.749	116.37	0	116.37	122.52 5	122.52 5
22	0.50203 8	63.376 4	9.43216	Riempimen to	0	24.7913	45.1262	54.205 1	117.35 7	0	117.35 7	124.85 4	124.85 4
23	0.50203 8	64.424 2	11.0403	Riempimen to	0	24.7913	45.3969	54.530 3	118.06 1	0	118.06 1	126.91 9	126.91 9
24	0.50203 8	65.335 8	12.6573	Riempimen to	0	24.7913	45.5593	54.725 4	118.48 4	0	118.48 4	128.71 5	128.71 5
25	0.50203 8	66.108 6	14.2846	Riempimen to	0	24.7913	45.6136	54.790 6	118.62 5	0	118.62 5	130.23 9	130.23 9
26	0.50203 8	66.077 9	15.9238	Riempimen to	0	24.7913	45.1077	54.182 9	117.30 9	0	117.30 9	130.17 9	130.17 9
27	0.50203 8	64.289 3	17.5765	Riempimen to	0	24.7913	43.4137	52.148 1	112.90 4	0	112.90 4	126.65 6	126.65 6
28	0.50203 8	64.626 9	19.2444	Riempimen to	0	24.7913	43.1634	51.847 5	112.25 3	0	112.25 3	127.32 2	127.32 2
29	0.50203 8	64.811 3	20.9295	Riempimen to	0	24.7913	42.803	51.414 5	111.31 6	0	111.31 6	127.68 6	127.68 6
30	0.50203 8	64.837 6	22.6338	Riempimen to	0	24.7913	42.331	50.847 6	110.08 8	0	110.08 8	127.73 8	127.73 8
31	0.50203 8	64.699 9	24.3595	Riempimen to	0	24.7913	41.7459	50.144 8	108.56 7	0	108.56 7	127.46 8	127.46 8
32	0.50203 8	64.391 7	26.1091	Riempimen to	0	24.7913	41.0456	49.303 6	106.74 5	0	106.74 5	126.86 1	126.86 1
33	0.50203 8	63.905 5	27.8853	Riempimen to	0	24.7913	40.2276	48.321	104.61 8	0	104.61 8	125.90 4	125.90 4
34	0.50203 8	63.232 5	29.6912	Riempimen to	0	24.7913	39.289	47.193 6	102.17 7	0	102.17 7	124.57 9	124.57 9
35	0.50203 8	62.362 8	31.5302	Riempimen to	0	24.7913	38.2264	45.917 2	99.413 6	0	99.413 6	122.86 7	122.86 7
36	0.50203 8	61.284 8	33.4062	Riempimen to	0	24.7913	37.0357	44.486 9	96.317 1	0	96.317 1	120.74 3	120.74 3
37	0.50203 8	59.985	35.3237	Riempimen to	0	24.7913	35.7123	42.897 3	92.875 3	0	92.875 3	118.18 3	118.18 3
38	0.50203 8	58.447 6	37.2879	Riempimen to	0	24.7913	34.2508	41.141 7	89.074 4	0	89.074 4	115.15 5	115.15 5
39	0.50203 8	56.653 7	39.3049	Riempimen to	0	24.7913	32.6447	39.212 5	84.897 6	0	84.897 6	111.62 2	111.62 2
40	0.50203 8	54.581 1	41.3819	Riempimen to	0	24.7913	30.8868	37.100 9	80.325 8	0	80.325 8	107.53 9	107.53 9
41	0.50203 8	52.202 5	43.5276	Riempimen to	0	24.7913	28.9684	34.796 5	75.336 7	0	75.336 7	102.85 3	102.85 3
42	0.50203 8	49.484 4	45.7528	Riempimen to	0	24.7913	26.8793	32.287 2	69.903 8	0	69.903 8	97.498 9	97.498 9
43	0.50203 8	46.385 2	48.0708	Riempimen to	0	24.7913	24.6076	29.558 4	63.995 8	0	63.995 8	91.393 4	91.393 4
44	0.50203 8	42.851 4	50.4988	Riempimen to	0	24.7913	22.139	26.593 2	57.576	0	57.576	84.431 6	84.431 6

45	0.50203 8	38.812 8	53.0592	Riempimen to	0	24.7913	19.4566	23.371 1	50.599 8	0	50.599 8	76.475 2	76.475 2
46	0.50203 8	34.174	55.7828	Riempimen to	0	24.7913	16.5398	19.867 4	43.014 1	0	43.014 1	67.335 9	67.335 9
47	0.50203 8	28.799 2	58.7135	Riempimen to	0	24.7913	13.3639	16.052 6	34.754 8	0	34.754 8	56.746 3	56.746 3
48	0.50203 8	22.483	61.9181	Riempimen to	0	24.7913	9.90002	11.891 8	25.746 5	0	25.746 5	44.301 7	44.301 7
49	0.50203 8	14.885 8	65.5077	Riempimen to	0	24.7913	6.11635	7.3469	15.906 5	0	15.906 5	29.332 4	29.332 4
50	0.50203 8	5.3566 1	69.6972	Riempimen to	0	24.7913	1.99025	2.3906 7	5.1759 6	0	5.1759 6	10.555 5	10.555 5

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.20119

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	5.75696	24.5547	0	0	0
2	6.25899	24.325	1.05452	0	0
3	6.76103	24.1133	3.95068	0	0
4	7.26307	23.919	8.32262	0	0
5	7.76511	23.7416	13.8557	0	0
6	8.26715	23.5804	20.2782	0	0
7	8.76918	23.4351	27.3545	0	0
8	9.27122	23.3053	34.8804	0	0
9	9.77326	23.1905	42.6782	0	0
10	10.2753	23.0906	50.5937	0	0
11	10.7773	23.0053	58.493	0	0
12	11.2794	22.9343	66.2608	0	0
13	11.7814	22.8776	73.7978	0	0
14	12.2835	22.8349	81.0197	0	0
15	12.7855	22.8062	87.8555	0	0
16	13.2875	22.7914	94.4556	0	0
17	13.7896	22.7905	102.185	0	0
18	14.2916	22.8035	126.15	0	0
19	14.7936	22.8303	146.615	0	0
20	15.2957	22.8711	163.243	0	0
21	15.7977	22.926	177.941	0	0
22	16.2998	22.995	190.989	0	0
23	16.8018	23.0784	202.449	0	0
24	17.3038	23.1764	212.245	0	0
25	17.8059	23.2891	220.308	0	0
26	18.3079	23.417	226.577	0	0
27	18.8099	23.5602	230.953	0	0
28	19.312	23.7192	233.366	0	0
29	19.814	23.8945	233.928	0	0
30	20.3161	24.0865	232.605	0	0

31	20.8181	24.2958	229.373	0	0
32	21.3201	24.5231	224.218	0	0
33	21.8222	24.7692	217.132	0	0
34	22.3242	25.0348	208.118	0	0
35	22.8263	25.3211	197.191	0	0
36	23.3283	25.6291	184.378	0	0
37	23.8303	25.9602	169.721	0	0
38	24.3324	26.316	153.277	0	0
39	24.8344	26.6983	135.125	0	0
40	25.3364	27.1092	115.366	0	0
41	25.8385	27.5516	94.1327	0	0
42	26.3405	28.0285	71.5927	0	0
43	26.8426	28.5439	47.9618	0	0
44	27.3446	29.1028	23.5171	0	0
45	27.8466	29.7118	-1.38091	0	0
46	28.3487	30.3795	-26.256	0	0
47	28.8507	31.1177	-50.4643	0	0
48	29.3527	31.9439	-73.1051	0	0
49	29.8548	32.8848	-92.8586	0	0
50	30.3568	33.9868	-107.646	0	0
51	30.8589	35.3438	0	0	0

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
0	24.5547
0	20
0	0
50.45	0
50.45	40.2
50.45	42.8
45.8	41.4
15.7009	29.1997
14.5009	29.1997
13.9009	29.1997
13.9009	28.5997
13.6964	24.5547
13.1964	24.5547

Material Boundary

X	Y
---	---

38.4986	36.4683
50.45	40.2

Material Boundary

X	Y
13.1964	24.5547
13.1964	23.6548
18.6968	23.6547
18.6968	24.5547
14.5009	24.5547
14.5009	29.1997

Material Boundary

X	Y
0	20
20	20
22.7	24.7
25.2	24.7
27.8	29.2
29.8	29.2
32.4	33.7
34.4	33.7
38.4986	36.4683
45.8	41.4