

AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MARE DI SARDEGNA COMUNE DI OLBIA

TITOLO:

Progetto per la realizzazione di un
bacino d'alaggio nel Porto di Olbia
in località Cala Saccaia

ELABORATO:

E

RELAZIONE STRUTTURALE BANCHINA DI RIVA

RIF. ELABORATO: 09-037-P-

REVISIONI	DATA	OGGETTO
	00	13/11/2019
01		
02		
03		

RED.: AF VER.: GR APPR.: AR

PROGETTISTA:

ING. ANDREA RITOSSA S.R.L.



COMMITTENTE:

SNO SERVICE S.r.l.
Via Madagascar (Loc. Cala Saccaia - 07026 OLBIA)

Il presente progetto, o parte di esso, non può essere riprodotto in alcuna forma, in alcun modo e per nessuno scopo, senza autorizzazione.
Ogni infrazione sarà perseguita a termini di legge.

Sommario

1	Calcolo strutturale del muro di banchina	2
1.1	Premessa.....	2
1.2	Normative di riferimento:.....	2
1.3	Modellazione sottosuolo e materiali da costruzione.....	2
1.4	Sottosuolo e materiali da costruzione.....	3
1.4.1	Modello geotecnico adottato.....	3
1.4.2	Materiale da costruzione.....	4
2	Valutazione della stabilità della banchina, prestazioni attese e azioni	5
2.1	Combinazioni delle azioni.....	5
3	Analisi dei carichi	8
3.1	Carichi permanenti strutturali.....	8
3.2	Azioni variabili.....	8
3.3	Azione sismica.....	9
3.3.1	Incremento sismico sulla spinta del terreno.....	10
4	Modellazione	11
4.1.1	Dati generali.....	12
4.2	Verifica di stabilità globale.....	32

1 Calcolo strutturale del muro di banchina

1.1 Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale del banchinamento di riva del nuovo bacino di varo e alaggio previsto nel cantiere nautico SNO localizzato nel tratto di costa a Nord del Porto di Olbia. L'elaborato è comprensivo di descrizione generale dell'opera, di calcoli di analisi e verifiche come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

I calcoli sono stati condotti mediante l'utilizzo del programma di calcolo MDC della Geostru per le verifiche di equilibrio, capacità portante e strutturali e mediante Slope (Gestru) per le verifiche di stabilità globale.

1.2 Normative di riferimento:

Le fasi di analisi e verifica delle strutture sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziate nel prosieguo della presente relazione:

- **Decreto Ministeriale del 17/01/2018 – Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>>**;
- **Circolare 21 gennaio 2019, n.617** – “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- **Decreto Ministeriale del 14/01/2008** – “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni” (NTC 2008);

1.3 Modellazione sottosuolo e materiali da costruzione

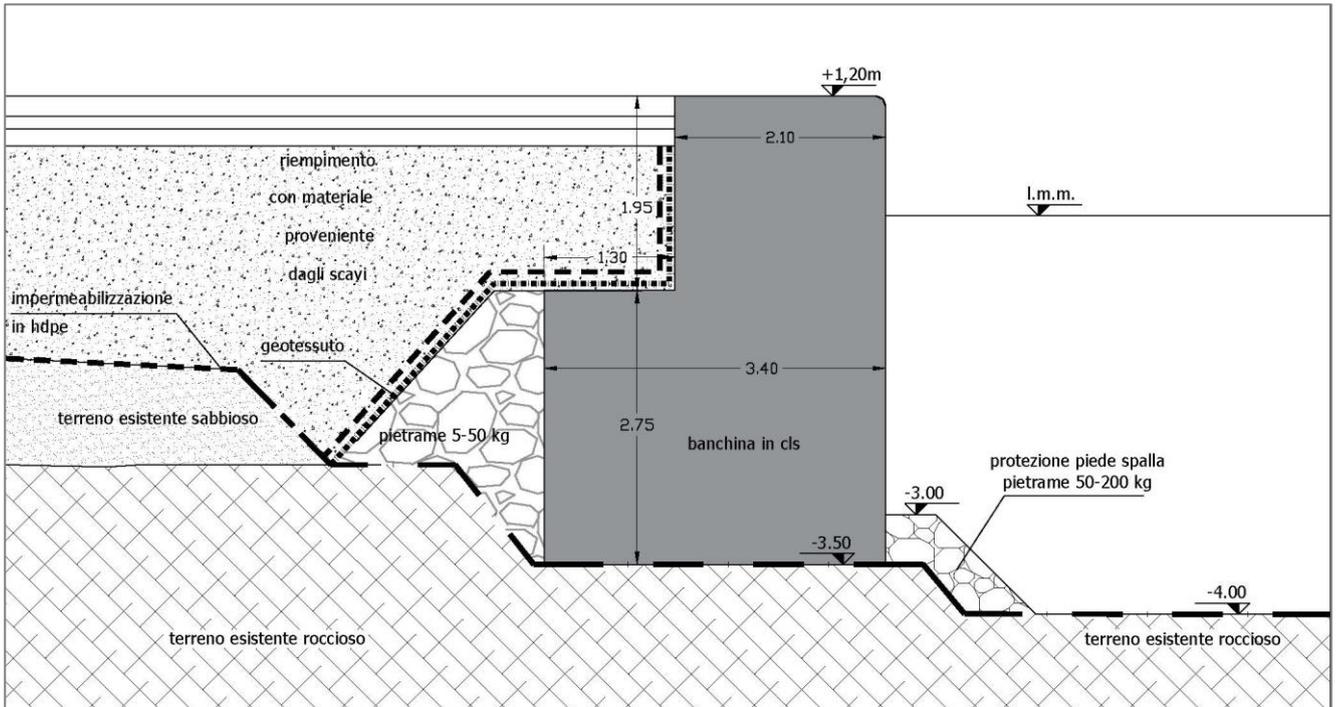
Come sopra riportato, l'opera in progetto è la banchina di riva del nuovo bacino per l'alaggio e varo di imbarcazioni sopra i 30 metri, mediante un Travel-lift da 160 t. Il banchinamento di riva sarà interposto tra i due sporgenti del Travel Lift e sarà realizzato in calcestruzzo e di tipo a gravità.

La banchina risulta imbasata ad una quota pari a -3.50 m dal l.m.m. mentre la quota dell'impalcato è pari a $+1.20$ m sul l.m.m. pertanto la banchina avrà un'altezza complessiva di 4,70 m.

La verifica della banchina sarà articolata secondo il seguente schema:

- Verifica di equilibrio, a scorrimento, a carico limite dell'opera a gravità per effetto della spinta generata dal riempimento a tergo, dalla componente di spinta generata dai sovraccarichi accidentali e dalla sovraspinta sismica;

- Verifica di stabilità generale del sistema banchina-rilevato di supporto (verifiche effettuate secondo il metodo di Bishop);
- Verifiche strutturali delle sezioni di attacco muro-fondazione



Sezione tipo banchina di riva

1.4 Sottosuolo e materiali da costruzione

1.4.1 Modello geotecnico adottato

Si riportano di seguito i dati geotecnici assunti in sede di calcolo:

- Terreno di rinfiando del muro di banchina

Le caratteristiche geo-meccaniche del terreno impiegato per il rinfiando a tergo della banchina sono le seguenti:

Sotta falda

Peso specifico terreno asciutto $\gamma_s = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito: $\phi' = 38^\circ$

Coesione: $c = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Sopra falda

Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat}} = 21.00 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito: $\phi' = 35^\circ$

Coesione: $c = 0.00 \text{ kN/m}^2$

- Le caratteristiche geo-meccaniche del materiale impiegato per lo scanno d'imbasamento sono le seguenti:

Peso specifico terreno asciutto $\gamma_s = 26.00 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume immerso: $\gamma' = 16.00 \text{ kN/m}^3$

Peso di volume saturo $\gamma_{\text{sat}} = 22.56 \text{ kN/m}^3$

Angolo di attrito: $\phi = 45^\circ$

Coesione: $c = 0.00 \text{ kN/m}^2$

Le caratteristiche del terreno di fondazione su cui poggia la banchina in progetto, sono caratterizzate da un fondale roccioso, costituito da roccia, pertanto la banchina con uno scanno di imbasamento di andrà a poggiarsi poi direttamente sul sottostante substrato roccioso.

1.4.2 Materiale da costruzione

La banchina verrà realizzata mediante calcestruzzo:

Calcestruzzo Rck45

$\gamma = 25 \text{ (kN/m}^3)$ peso specifico

$E = 34625 \text{ MPa}$ modulo elastico secante

$R_{ck} = 45 \text{ (N/mm}^2)$ resistenza caratteristica cubica di compressione del calcestruzzo

$f_{ck} = 35 \text{ (N/mm}^2)$ resistenza caratteristica cilindrica di compressione del calcestruzzo

$f_{ctk} = 2,2 \text{ (N/mm)}$ resistenza caratteristica di trazione del calcestruzzo

$f_{ctm} = 1 \text{ (N/mm}^2)$ resistenza media di trazione del calcestruzzo

$\alpha_{cc} = 0.85$ coefficiente riduttivo per le resistenze a compressione di lunga durata

$\alpha_{ct} = 1$ coefficiente riduttivo per le resistenze a trazione di lunga durata

Valori di progetto

$f_{cd} = 19.83 \text{ (N/mm}^2)$ resistenza a compressione di progetto

$f_{ctd} = 1.50 \text{ (N/mm}^2)$ resistenza a trazione di progetto

copriferro (in accordo con le NTC) 40 mm.

Acciaio B450C

Resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente parziale di sicurezza $\gamma_s = 1,15$

Resistenza di calcolo $f_{yd} = 391,3 \text{ N/mm}^2$

Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza $f_{bk} = 4,465 \text{ N/mm}^2$

Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo in zona compressa $f_{bd} = 2,977 \text{ N/mm}^2$

Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo in zona tesa $f_{bd} = 2,977 \text{ N/mm}^2$

Tensione massima di trazione $\sigma_s 344 \text{ N/mm}^2$

2 Valutazione della stabilità della banchina, prestazioni attese e azioni

Il presente documento è redatto in conformità alle prescrizioni del Decreto Ministeriale Infrastrutture del 17 gennaio 2018.

L'analisi della sicurezza della banchina in progetto e le sue prestazioni verranno effettuate con il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Tale metodo consiste nella verifica dell'opera, per gli stati limite che possono presentarsi, in conseguenza delle diverse combinazioni delle azioni basandosi sull'utilizzo di coefficienti parziali di sicurezza, in conformità con i principi di cui al cap.2 delle NTC.

2.1 Combinazioni delle azioni

Le valutazioni ed i calcoli di cui alla presente relazione sono effettuati considerando le seguenti combinazioni di carico (p.2.5.3 NTC 2018).

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

– Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

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

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni come sopra definite.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$Ed \leq Rd$$

Dove:

- Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma F^* F_k$, dei parametri geotecnici di progetto $X_k/\gamma M$ e della geometria di progetto a_d .

Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema. La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Coefficienti di combinazione per le azioni

I valori dei coefficienti di combinazione ψ si ricavano dalla Tabella 2.5.I NTC 2018:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Coefficienti parziali per le azioni

I valori dei coefficienti parziali per le azioni (e per gli effetti delle azioni) si ricavano dalla Tabella 6.2.1

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

I valori dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno si ricavano dalla Tabella 2.6.II NTC2018.

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

I coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno sono quelli riportati in Tabella 6.5.I-NTC18

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

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

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)

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

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici.

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

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

Nell'ambito delle verifiche in condizioni sismiche si ricorda che le azioni vengono combinate senza amplificare i carichi permanenti ed utilizzando il coefficiente di combinazione per gli eventuali carichi variabili.

3 Analisi dei carichi

3.1 Carichi permanenti strutturali

- *Peso proprio*: il peso proprio viene calcolato facendo riferimento al peso specifico dei materiali costituenti la struttura e viene valutato in automatico dal programma sulla base dei dati inseriti.
- *Spinta del terreno*: valutata in funzione dei parametri geotecnici dei terreni naturali e di riempimento e viene valutato in automatico dal programma sulla base dei dati inseriti

3.2 Azioni variabili

- *Sovraccarico destinazione d'uso*: il piazzale retrostante la banchina in progetto verrà utilizzato esclusivamente come spazio di manovra del travel lift, in funzione della quale è stato adottato un carico distribuito pari a 25 kN/m²
- *Transito travel lift*: la banchina oltre al carico piazzale, è sottoposta anche a quello determinato dal passaggio del travel. Considerato che il carico totale trasmesso dal Travel Lift alla è di 2200 kN, che suddetto carico, dato dal peso proprio del travel e dalla sua portata massima, sia uniformemente distribuito sulla banchina si determina un valore di carico verticale distribuito pari a 189,65 kN/m².

3.3 Azione sismica

Per le azioni sismiche si rispetta quanto riportato al §3.2 del D.M. 17/01/2018.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei vari stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica di base per una determinata probabilità di superamento P_{VR} , si può ritenere definita quando vengono designati un’accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per definire le forme spettrali sono necessari quindi i seguenti parametri:

a_g → accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi valori sono riportati nell’allegato B del D.M. 14/01/2008 per nove diversi periodi di ritorno T_R ed in funzione delle coordinate del sito considerato.

Chiaramente il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2 delle NTC 2018).

Gli spettri di risposta e quindi l’azione sismica applicata vengono calcolati dal software una volta definiti i parametri che caratterizzano il sito in esame.

- Tipo di costruzione: 2
- Classe d’uso II
- Vita nominale 50
- Categoria del suolo: B
- Categoria topografica T1
- Periodo di riferimento per l’azione sismica: $VR = 50$ anni

$$-a_g = 0,49 \text{ m/s}^2;$$

$$-F_0 = 2,88;$$

$$- T_e^* = 0,34 \text{ sec.}$$

3.3.1 Incremento sismico sulla spinta del terreno

Per effetto del sisma la spinta del terreno subisce un incremento dinamico che è stato tenuto in conto attraverso un'analisi pseudostatica secondo quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 § 7.11.6.

$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K \cdot k_v$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

In cui

k_h e k_v sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale;

- β_m è un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- a_{max} rappresenta l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g è l'accelerazione di gravità

L'accelerazione massima viene valutata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g$$

dove

- S è un fattore di amplificazione che a sua volta dipende dal coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e dal coefficiente di amplificazione topografica S_T ;
- a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento rigido

4 Modellazione

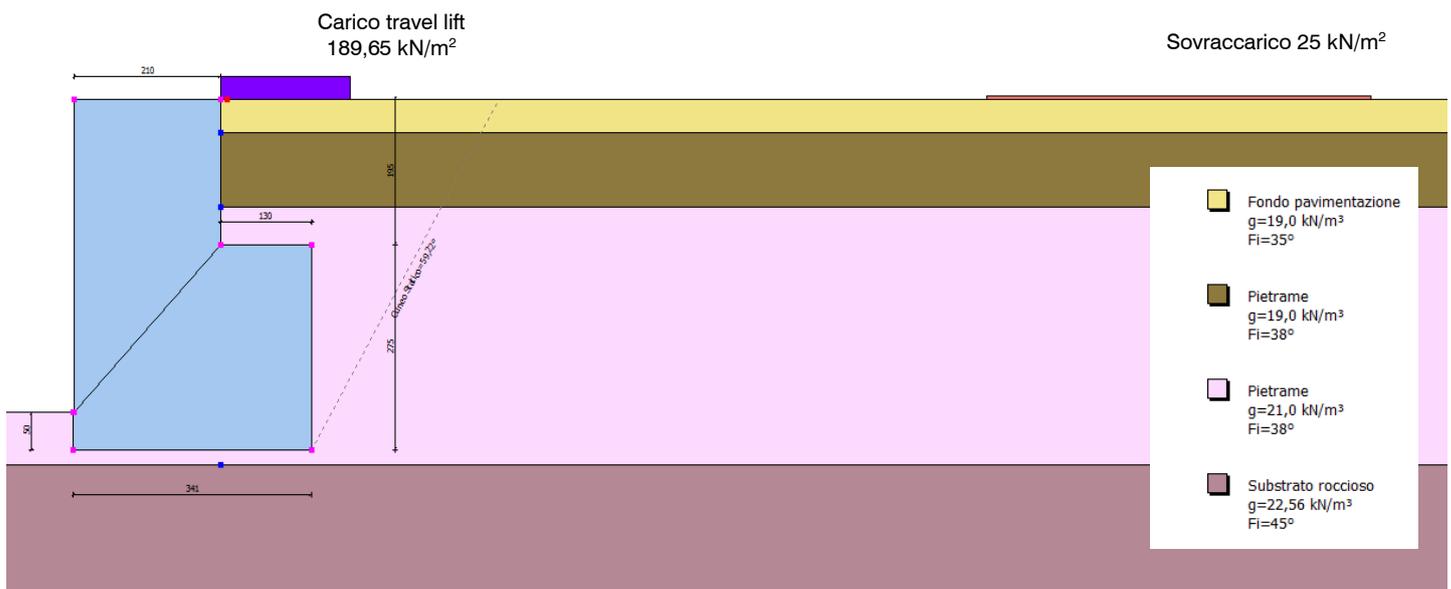
Ai fini del predimensionamento e delle verifiche dell'opera in oggetto, si è proceduto alla modellazione della stessa mediante il programma di calcolo MDC della GEOSTRU.

La banchina è stata modellata come un muro a gravità in calcestruzzo C35/45 con $R_{ck}45$ N/mm².

I carichi agenti sulla struttura sono:

- sovraccarico uniformemente distribuito : 25 kN/m²
- carico variabile del travel lift : 189,65 kN/m²

Il travel lift avente portata pari a 160 t consentirà di operare con imbarcazioni di lunghezza fino a circa 30 metri.



Modellazione della struttura in MDC

4.1.1 Dati generali

Dati generali

Descrizione	SNO SERVICE SRL
Comune di	OLBIA CALA SACCAIA
Data	31/10/2019
Condizioni ambientali	Molto aggressive
Zona	Olbia
Lat./Long. [WGS84]	40,086143/8,980026
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	195,0 cm
Spessore testa muro	210,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	1,0 cm
Sporgenza mensola a monte	130,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	275,0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,19	2,61	0,27
S.L.D.	50,0	0,24	2,67	0,3
S.L.V.	475,0	0,49	2,88	0,34
S.L.C.	975,0	0,59	2,98	0,37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe II
--------	-----------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,228	1,0	0,0233	0,0116
S.L.D.	0,288	0,47	0,0138	0,0069
S.L.V.	0,588	0,38	0,0228	0,0114

S.L.C.	0,708	1,0	0,0722	0,0361
--------	-------	-----	--------	--------

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	24,52 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,81 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	1 N/mm ²

Copriferro, Elevazione	3,0 cm
Copriferro, Fondazione	3,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	180	0	19,00	35	0,00	0	No		Fondo pavimentazione
2	100	0	19,00	38	0,00	0	No		Pietrame
3	345	0	21,00	38	0,00	0	Si		Pietrame
4	980	0	22,56	45	0,00	0	Si		Substrato roccioso

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
sovraccarico	1100,0	1650,0	25,0	25,0	0,0
travel	0,0	186,0	189,65	189,65	0,0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3 rib

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,30
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	sovraccarico	1,05
8	travel	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1,4
2	Scorrimento	1,1
3	Partecipazione spinta passiva	1,4
	Ribaltamento	1,15

A1+m1+r3 scor

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,30
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	sovraccarico	1,05
8	travel	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1,4
2	Scorrimento	1,1
3	Partecipazione spinta passiva	1,4
	Ribaltamento	1,15

qlim

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,30
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	sovraccarico	1,05
8	travel	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1,4
2	Scorrimento	1,1
3	Partecipazione spinta passiva	1,4
	Ribaltamento	1,15

SISMA scor

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	sovraccarico	0,70
8	travel	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
-----	-----------	-----------------------

1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1,2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1,2
	Ribaltamento	1

SISMA rib

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	sovraccarico	0,70
8	travel	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1,2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1,2
	Ribaltamento	1

SISMA qlim

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00
7	sovraccarico	0,70
8	travel	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1,2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1,2
	Ribaltamento	1

A1+M1+R3 rib [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
470,0	431,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
431,0	425,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
425,0	392,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
392,0	353,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
353,0	325,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
325,0	314,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda
314,0	275,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	470,0	431,0	0,0	0,0	450,5	450,5
2	431,0	425,0	0,0	0,0	428,0	428,0
3	425,0	392,0	24,71	0,0	408,43	392,0
4	392,0	353,0	30,03	0,0	372,4	353,0
5	353,0	325,0	22,11	0,0	338,95	325,0
6	325,0	314,0	8,88	0,0	319,48	314,0

7 314,0 275,0 33,05 0,0 294,26 275,0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
 Px Forza inerziale (kN);
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
431,0	0,0	20,08	106,0	450,5
425,0	0,0	23,17	106,0	447,5
392,0	0,0	40,16	106,0	431,0
353,0	0,0	60,24	106,0	411,5
325,0	0,0	74,65	106,0	397,5
314,0	0,0	80,32	106,0	392,0
275,0	0,0	100,4	106,0	372,5

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
431,0	0,0	20,08	0,0	210,0
425,0	0,0	23,17	0,0	210,0
392,0	24,71	40,16	4,06	210,0
353,0	54,74	60,24	19,52	210,0
325,0	76,85	74,65	37,94	210,0
314,0	85,73	80,32	46,88	210,0
275,0	118,78	100,4	86,68	210,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1, yr1) = (341,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(xr2, yr2) = (341,0/245,0)$
 Centro di rotazione $(xro, yro) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 G Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
275,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
245,0	0,0	19,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
K_a	Coefficiente di spinta attiva.
K_d	Coefficiente di spinta dinamica.
D_k	Coefficiente di incremento dinamico.
K_{ax}, K_{ay}	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
D_{kx}, D_{ky}	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,27	0,0	0,0	0,27	0,0	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i	Quota inizio strato.
Q_f	Quota inizio strato.
R_{px}, R_{py}	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	275,0	245,0	0,0	0,0	260,0	260,0
2	245,0	0,0	226,39	0,0	118,88	0,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Q_i	Quota iniziale strato (cm);
Q_f	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
E_{ps}	Inclinazione dello strato. (°);
F_i	Angolo di resistenza a taglio (°);
Δ	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Q_i	Q_f	G	E_{ps}	F_i	Δ	c	β	Note
50,0	0,0	21,0	180,0	38,0	0,0	0,0	180,0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i	Quota inizio strato.
Q_f	Quota inizio strato.
R_{px}, R_{py}	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
$Z(R_{px})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
$Z(R_{py})$	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	50,0	0,0	-1,23	0,0	16,67	0,0

Sollecitazioni total i

F_x	Forza in direzione x (kN);
F_y	Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	226,39	0,0	269,12
Peso muro	0,0	158,3	-147,54
Peso fondazione	0,0	171,44	-350,95
Sovraccarico	0,0	403,94	-1114,88
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-1,23	0,0	-0,2
	225,16	733,69	-1344,45

Momento stabilizzante -1613,37 kNm
 Momento ribaltante 268,92 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -1613,37 kNm
 Momento ribaltante 268,92 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 5,22

Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione 210,00 cm
 Eccentricità 86,33 cm
 Tensione di compressione 0,36 N/mm²
 Eccentricità eccessiva

A1+M1+R3 scor [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 G Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;
 c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
470,0	431,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
431,0	425,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
425,0	392,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
392,0	353,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
353,0	325,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
325,0	314,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda
314,0	275,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	470,0	431,0	0,0	0,0	450,5	450,5
2	431,0	425,0	0,0	0,0	428,0	428,0
3	425,0	392,0	24,71	0,0	408,43	392,0
4	392,0	353,0	30,03	0,0	372,4	353,0
5	353,0	325,0	22,11	0,0	338,95	325,0
6	325,0	314,0	8,88	0,0	319,48	314,0
7	314,0	275,0	33,05	0,0	294,26	275,0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
431,0	0,0	20,08	106,0	450,5
425,0	0,0	23,17	106,0	447,5
392,0	0,0	40,16	106,0	431,0
353,0	0,0	60,24	106,0	411,5
325,0	0,0	74,65	106,0	397,5
314,0	0,0	80,32	106,0	392,0
275,0	0,0	100,4	106,0	372,5

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
-------	----	----	---	---

431,0	0,0	20,08	0,0	210,0
425,0	0,0	23,17	0,0	210,0
392,0	24,71	40,16	4,06	210,0
353,0	54,74	60,24	19,52	210,0
325,0	76,85	74,65	37,94	210,0
314,0	85,73	80,32	46,88	210,0
275,0	118,78	100,4	86,68	210,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1, yr1) = (341,0/0,0)$

Piano di rottura passante per $(xr2, yr2) = (341,0/245,0)$

Centro di rotazione $(xro, yro) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
275,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
245,0	0,0	19,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,27	0,0	0,0	0,27	0,0	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	275,0	245,0	0,0	0,0	260,0	260,0
2	245,0	0,0	226,39	0,0	118,88	0,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	21,0	180,0	38,0	0,0	0,0	180,0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50,0	0,0	-1,23	0,0	16,67	0,0

Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	226,39	0,0	269,12
Peso muro	0,0	158,3	-147,54
Peso fondazione	0,0	171,44	-350,95
Sovraccarico	0,0	403,94	-1114,88
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-1,23	0,0	-0,2
	225,16	733,69	-1344,45

Momento stabilizzante	-1613,37 kNm
Momento ribaltante	268,92 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	226,39 kN
Sommatoria forze verticali	733,69 kN
Coefficiente di attrito	0,7
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	733,69 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	226,39 kN
Resistenza terreno	514,96 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,07

Traslazione verificata $C_{sd} > 1$

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	210,00 cm
Eccentricità	86,33 cm
Tensione di compressione	0,36 N/mm ²
Eccentricità eccessiva	

Q_{lim} [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Q _i	Quota iniziale strato (cm);
Q _f	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
E _{ps}	Inclinazione dello strato. (°);
F _i	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Q _i	Q _f	G	E _{ps}	F _i	Delta	c	β	Note
470,0	431,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
431,0	425,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
425,0	392,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
392,0	353,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
353,0	325,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
325,0	314,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda
314,0	275,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
K _a	Coefficiente di spinta attiva.
K _d	Coefficiente di spinta dinamica.
D _k	Coefficiente di incremento dinamico.
K _{ax} , K _{ay}	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
D _{kx} , D _{ky}	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K _a	K _d	D _k	K _{ax}	K _{ay}	D _{kx}	D _{ky}
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,0	0,0	0,24	0,0	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q _i	Quota inizio strato.
Q _f	Quota inizio strato.
R _{px} , R _{py}	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	470,0	431,0	0,0	0,0	450,5	450,5
2	431,0	425,0	0,0	0,0	428,0	428,0
3	425,0	392,0	24,71	0,0	408,43	392,0
4	392,0	353,0	30,03	0,0	372,4	353,0
5	353,0	325,0	22,11	0,0	338,95	325,0
6	325,0	314,0	8,88	0,0	319,48	314,0
7	314,0	275,0	33,05	0,0	294,26	275,0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);
 Px Forza inerziale (kN);
 Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
431,0	0,0	26,1	106,0	450,5
425,0	0,0	30,12	106,0	447,5
392,0	0,0	52,21	106,0	431,0
353,0	0,0	78,31	106,0	411,5
325,0	0,0	97,05	106,0	397,5
314,0	0,0	104,41	106,0	392,0
275,0	0,0	130,51	106,0	372,5

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
431,0	0,0	26,1	0,0	210,0
425,0	0,0	30,12	0,0	210,0
392,0	24,71	52,21	4,06	210,0
353,0	54,74	78,31	19,52	210,0
325,0	76,85	97,05	37,94	210,0
314,0	85,73	104,41	46,88	210,0
275,0	118,78	130,51	86,68	210,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (341,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (341,0/245,0)$
 Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 G Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);

Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
275,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
245,0	0,0	19,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,27	0,0	0,0	0,27	0,0	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	275,0	245,0	0,0	0,0	260,0	260,0
2	245,0	0,0	226,39	0,0	118,88	0,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	21,0	180,0	38,0	0,0	0,0	180,0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50,0	0,0	-1,23	0,0	16,67	0,0

Sollecitazioni total i

Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	226,39	0,0	269,12
Peso muro	0,0	205,8	-191,8
Peso fondazione	0,0	222,88	-456,23
Sovraccarico	0,0	403,94	-1114,88
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-1,23	0,0	-0,2
	225,16	832,62	-1494,0

Momento stabilizzante -1762,91 kNm
 Momento ribaltante 268,92 kNm

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	225,16 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	832,62 kN
Somma momenti	-1494,0 kNm
Larghezza fondazione	341,0 cm
Lunghezza	100,0 cm
Eccentricità su B	8,93 cm
Peso unità di volume	19,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	50,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	0,0 KN/m ³
Nq	33,3
Nc	46,12
Ng	48,03
Fattori di forma	
sq	1,22
sc	1,22
sg	0,88
Inclinazione carichi	
iq	0,68
ic	0,67
ig	0,49
Fattori di profondità	
dq	1,04
dc	1,06
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	2062,39 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,77

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	179,43 cm
Larghezza della fondazione	341,0 cm
x = 0,0 cm	205,79 kPa
x = 341,0 cm	282,55 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	210,00 cm
Eccentricità	66,41 cm
Tensione di compressione	0,23 N/mm ²

SISMA scor, equ, qlim[GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0228
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0114

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
470,0	431,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
431,0	425,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
425,0	392,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
392,0	353,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
353,0	325,0	19,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	
325,0	314,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda
314,0	275,0	21,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,24	0,25	0,01	0,24	0,0	0,01	0,0
0,0	0,24	0,25	0,01	0,24	0,0	0,01	0,0

0,0	0,24	0,25	0,01	0,24	0,0	0,01	0,0
0,0	0,24	0,26	0,02	0,24	0,0	0,02	0,0
0,0	0,24	0,26	0,02	0,24	0,0	0,02	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	470,0	431,0	0,0	0,0	450,5	450,5
2	431,0	425,0	0,0	0,0	428,0	428,0
3	425,0	392,0	17,5	0,0	408,42	392,0
4	392,0	353,0	21,36	0,0	372,39	353,0
5	353,0	325,0	15,78	0,0	338,94	325,0
6	325,0	314,0	6,59	0,0	319,48	314,0
7	314,0	275,0	24,61	0,0	294,24	275,0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	431,0	0,46	20,08	106,0	450,5
	425,0	0,53	23,17	106,0	447,5
	392,0	0,92	40,16	106,0	431,0
	353,0	1,37	60,24	106,0	411,5
	325,0	1,7	74,65	106,0	397,5
	314,0	1,83	80,32	106,0	392,0
	275,0	2,29	100,4	106,0	372,5

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
431,0	0,46	20,08	0,09	210,0
425,0	0,53	23,17	0,12	210,0
392,0	18,42	40,16	3,23	210,0
353,0	40,23	60,24	14,64	210,0
325,0	56,34	74,65	28,15	210,0
314,0	63,06	80,32	34,72	210,0
275,0	88,13	100,4	64,14	210,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (341,0/0,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (341,0/245,0)$
 Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
275,0	245,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
245,0	0,0	19,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,27	0,28	0,02	0,27	0,0	0,02	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	275,0	245,0	0,0	0,0	260,0	260,0
2	245,0	0,0	161,72	0,0	118,38	0,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	21,0	180,0	38,0	0,0	0,0	180,0	Falda

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50,0	0,0	-1,23	0,0	16,67	0,0

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	161,72	0,0	191,44
Peso muro	3,61	158,3	-136,37
Peso fondazione	3,91	171,44	-346,4
Sovraccarico	6,14	269,3	-728,21
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-1,23	0,0	-0,2
	174,15	599,04	-1019,75

Momento stabilizzante	-1241,74 kNm
Momento ribaltante	221,99 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	175,38 kN
Sommatoria forze verticali	599,04 kN
Coefficiente di attrito	0,7
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	599,04 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	175,38 kN
Resistenza terreno	420,68 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,4
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-1241,74 kNm
Momento ribaltante	221,99 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	5,59
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	174,15 kN
---------------------------------	-----------

Somma forze in direzione y (Fy)	599,04 kN
Somma momenti	-1019,75 kNm
Larghezza fondazione	341,0 cm
Lunghezza	100,0 cm
Eccentricità su B	0,27 cm
Peso unità di volume	19,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	35,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	50,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	0,0 KN/m ³
Nq	33,3
Nc	46,12
Ng	48,03
Fattori di forma	
sq	1,21
sc	1,21
sg	0,88
Inclinazione carichi	
iq	0,66
ic	0,65
ig	0,47
Fattori di profondità	
dq	1,04
dc	1,06
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	2171,96 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3,02

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	170,23 cm
Larghezza della fondazione	341,0 cm
x = 0,0 cm	176,51 kPa
x = 341,0 cm	174,84 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	210,00 cm
Eccentricità	63,89 cm
Tensione di compressione	0,16 N/mm ²

Dalle verifiche sopra riportate si evince che le verifiche sono ampiamente verificate.

COMBINAZIONI	VERIFICHE	Fattore di sicurezza
A1+M1+R3	a ribaltamento	5,22>1

	a scorrimento	2,07>1
	cap. portante	1,77>1
SISMA A1+M1+R3	a scorrimento	2,4>1
	cap. portante	3,02>1
	a ribaltamento	5,59>1

4.2 Verifica di stabilità globale

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,25 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,21 m
Ascissa vertice destro superiore xs	4,9 m
Ordinata vertice destro superiore ys	15,93 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,019
Coefficiente azione sismica verticale	0,0095

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-5,0	5,25
2	5,0	5,25
3	5,01	5,25
4	7,11	9,45
5	7,11	9,45
6	7,11	9,45
7	27,11	9,45
8	30,04	9,45

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-5,0	8,3

2	5,0	8,3
3	7,07	8,24
4	30,07	8,27

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-5,0	5,25
2	5,0	5,25
3	5,01	5,25
4	7,11	9,25
5	30,04	9,25

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-5,0	5,25
2	5,0	5,25
3	5,01	5,25
4	7,11	8,25
5	30,04	8,25

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	-5,0	4,8
2	7,11	4,8
3	30,04	4,8

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0		35	1937,461	1937,461	Fondo pavimentazione
2	0		38	1937,461	1937,461	Pietrame
3	0		38	2141,404	2141,404	Pietrame
4	0		45	2300,48	2300,48	Substrato roccioso

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	18,11	9,45	23,61	9,45	0,3314078
2	7,11	9,45	8,969999	9,45	2,51406

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2 (Sisma)]

Fs minimo individuato	1,23
Ascissa centro superficie	4,9 m
Ordinata centro superficie	10,21 m
Raggio superficie	6,55 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 4,895 yc = 10,209 Rc = 6,551 Fs=1,23

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,08	-35,0	1,32	515,55	9,8	4,9	0,0	38,0	3747,1	1001,2	529,9
2	1,08	-24,1	1,18	1363,27	25,9	12,95	0,0	45,0	4403,1	2142,1	1451,2
3	1,08	-14,0	1,11	1884,08	35,8	17,9	0,0	45,0	4803,6	2338,5	1584,2
4	1,08	-4,4	1,08	2129,45	40,46	20,23	0,0	45,0	4992,2	2254,4	1527,3
5	1,08	5,0	1,08	3194,0	60,69	30,34	0,0	45,0	4966,9	3025,6	2049,8
6	1,1	14,8	1,14	10523,0	199,94	99,97	0,0	45,0	4823,9	5000,7	3387,8
7	1,06	24,9	1,1638	115,87	724,2	362,1	0,0	45,0	4197,3	28452,1	19275,4
8	1,08	35,8	1,3330	509,59	579,68	289,84	0,0	38,0	3619,3	23993,1	12699,5
9	1,08	48,8	1,64	8057,4	153,09	76,55	0,0	38,0	2574,5	5186,7	2745,3
10	1,08	69,7	3,1	4226,93	80,31	40,16	0,0	38,0	798,6	4062,0	2150,0

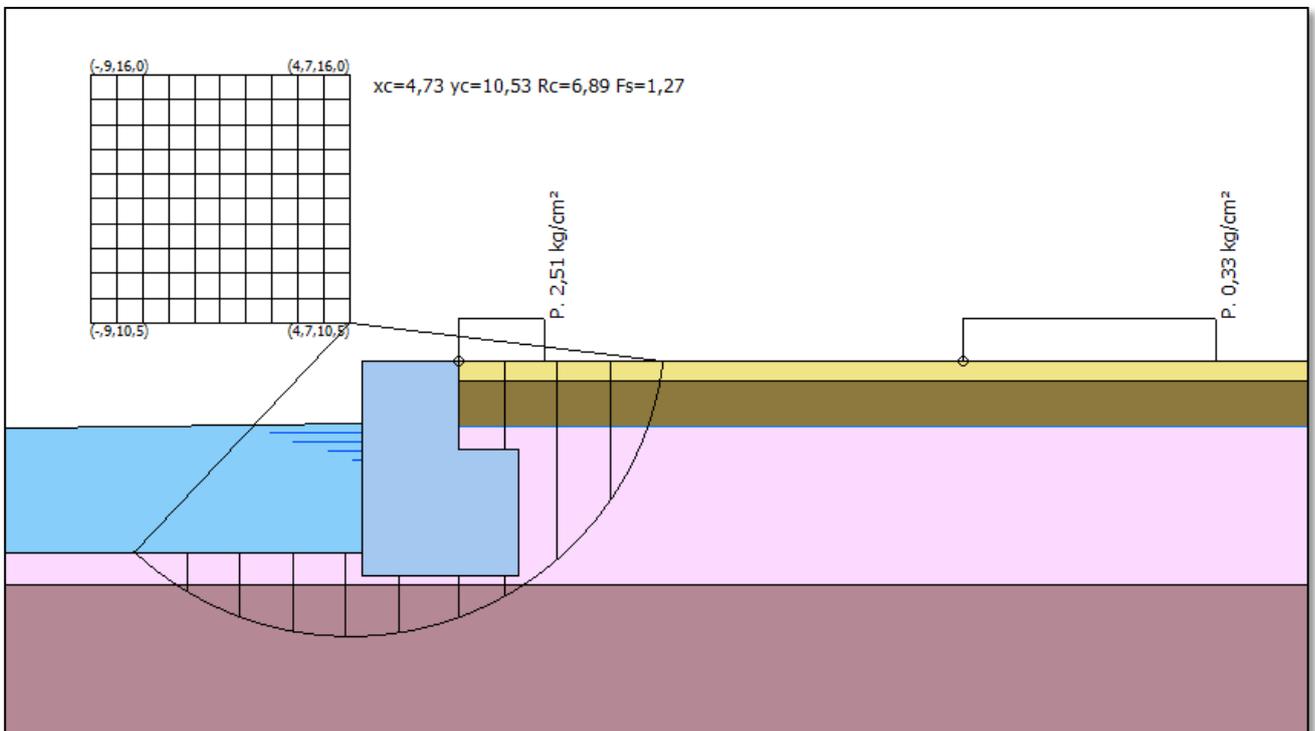


Figura 1 Verifica a stabilità