

Comune di Arzachena

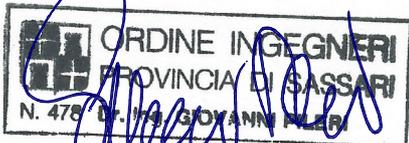
Loc. Marina di Porto Cervo

PROGETTO DI ADEGUAMENTO DELLA FLOTTA TIPO NELLA MARINA DI PORTO CERVO PER ATTRACCO DI GIGA YACHT

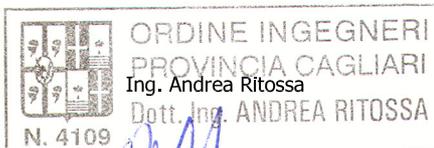
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE E GEOTECNICA

ELAB.	AFTPCM0011	DATA			
		AGOSTO 2018			

STUDIO PILERI ING. GIOVANNI
INGEGNERIA DEL MARE
URBANISTICA - DD. LL.



Via Nazionale, 89 07021 CANNIGIONE (OT)
Tel./Fax 0789 88450 E - mail: studiopileri@virgilio.it
www.studiopileri.com



Viale Trieste, 65/1 - 09123 Cagliari - Italy
Tel. +39 070 6848202 - Fax +39 070 6404743
www.martech.it e-mail: info@martech.it

IL CONCESSIONARIO:
PORTO CERVO MARINA Srl

SOMMARIO

1	GENERALITA'	2
1.1	SCOPO DEL LAVORO	2
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
1.3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED UBICAZIONE DELL'AREA	3
2	ANALISI DEGLI INTERVENTI PROPOSTI	5
3	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	6
3.1	AZIONI AGENTI SULLE OPERE IN PROGETTO	7
3.1.1	CARICO DI BANCHINA	7
3.1.2	TIRO ALLA BITTA	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	8
4.1	<i>CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA QUALITATIVA DEI TERRENI</i>	8
4.2	<i>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI</i>	10
5	PRINCIPI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA, PRESTAZIONI ATTESE E AZIONI	15
5.1	CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI	15
5.2	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	16
6	CALCOLI	21
6.1	DATI GENERALI	21
6.1.1	STRATIGRAFIA	22
6.1.2	CARICHI AGENTI	22
6.1.3	FATTORI DI COMBINAZIONE	24
6.2	ANALISI GEOTECNICA – CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI	59
6.2.1	STATO ATTUALE	59
6.2.2	STATO DI PROGETTO	64
6.3	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	70
7	CONCLUSIONI	73

1 GENERALITA'

1.1 Scopo del lavoro

La presente relazione costituisce lo Studio geotecnico e strutturale, relativo alla progettazione dei lavori necessari all'adeguamento dei sistemi di attracco della Marina di Porto Cervo per consentire l'ormeggio di Giga Yacht di lunghezza fino a 156 metri, larghezza fino a 24 metri e pescaggio fino a 6 metri.

Al fine di verificare la fattibilità del progetto, i progettisti hanno verificato la possibilità di poter adeguare gli ormeggi presso il Marina di Porto Cervo identificati con i posti barca 24-25-26, già utilizzati per l'ormeggio del Giga Yacht di lunghezza variabile tra i 100 ed i 120 metri.

Nell'ambito della progettazione sono state effettuate una serie di verifiche ed indagini finalizzate ad acquisire dati relativi alla situazione strutturale, dati batimetrici, dati di tipo tecnico relativi ai sistemi propulsivi e non ultimo alle condizioni meteo marine, sviluppando un apposito studio, che ha consentito di poter dimensionare i sistemi di ormeggio necessari a garantire l'ormeggio in sicurezza.

Sono inoltre stati effettuati tre sondaggi geotecnici a carotaggio continuo e relative prove di laboratorio che hanno consentito di determinare con certezza la stratigrafica del terreno di fondazione delle banchine oggetto di intervento.

Il progetto prevede il riempimento con calcestruzzo dei cassoni cellulari di banchina interessati, andando pertanto ad incrementare le sollecitazioni sul terreno di posa, inoltre, l'aumento della dimensione dell'imbarcazione che ormeggerà su tale banchina, provocherà delle maggiori azioni destabilizzanti sulla stessa. Per tali motivi nella presente relazione sono stati sviluppati i calcoli allo stato limite relativi alla stabilità globale del manufatto, al ribaltamento, allo scorrimento, al carico limite del terreno su cui si fonda la struttura ed il calcolo dei possibili cedimenti dello stesso del peso della banchina.

1.2 Normativa di riferimento

I calcoli riportati nella presente relazione, nonché i principi generali di progettazione, analisi e verifica, sono stati eseguiti sulla base della normativa vigente ed in particolare:

- D.M. 14/01/2008: Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni. (S.O. alla G.U. n.29 del 04-02.08 S.G.);
- Legge 05/11/1971 n. 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e da struttura metallica;

- Legge 02/02/1974 n. 64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

In particolare i calcoli sono stati condotti secondo il recente D.M. 14/01/2008 e secondo gli usuali metodi della Scienza e Tecnica delle Costruzioni, nel rispetto delle normative vigenti sopra citate. Le verifiche di sicurezza sono effettuate mediante il metodo degli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza.

1.3 Inquadramento geografico ed ubicazione dell'area

L'area interessata dalle opere in progetto è localizzata nella regione sarda denominata Gallura e ricade totalmente all'interno del territorio comunale di Arzachena (OT) in località Porto Cervo.

La stessa area è compresa nei fogli dell'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI) alla scala 1:50.000 n° 428 "Arzachena" e nella tavoletta alla scala 1:25.000, sempre IGMI, n° 428_I "Porto Cervo". In riferimento alla cartografia regionale l'area è compresa nella tavoletta 428070 "Porto Cervo", della Carta Tecnica Regionale Numerica (CTR) della Sardegna alla scala 1:10.000.

Di seguito è possibile osservare l'ubicazione dell'area studiata (Carta IGM Scala 1:25.000 - fig.1 e immagine satellitare - fig.2).

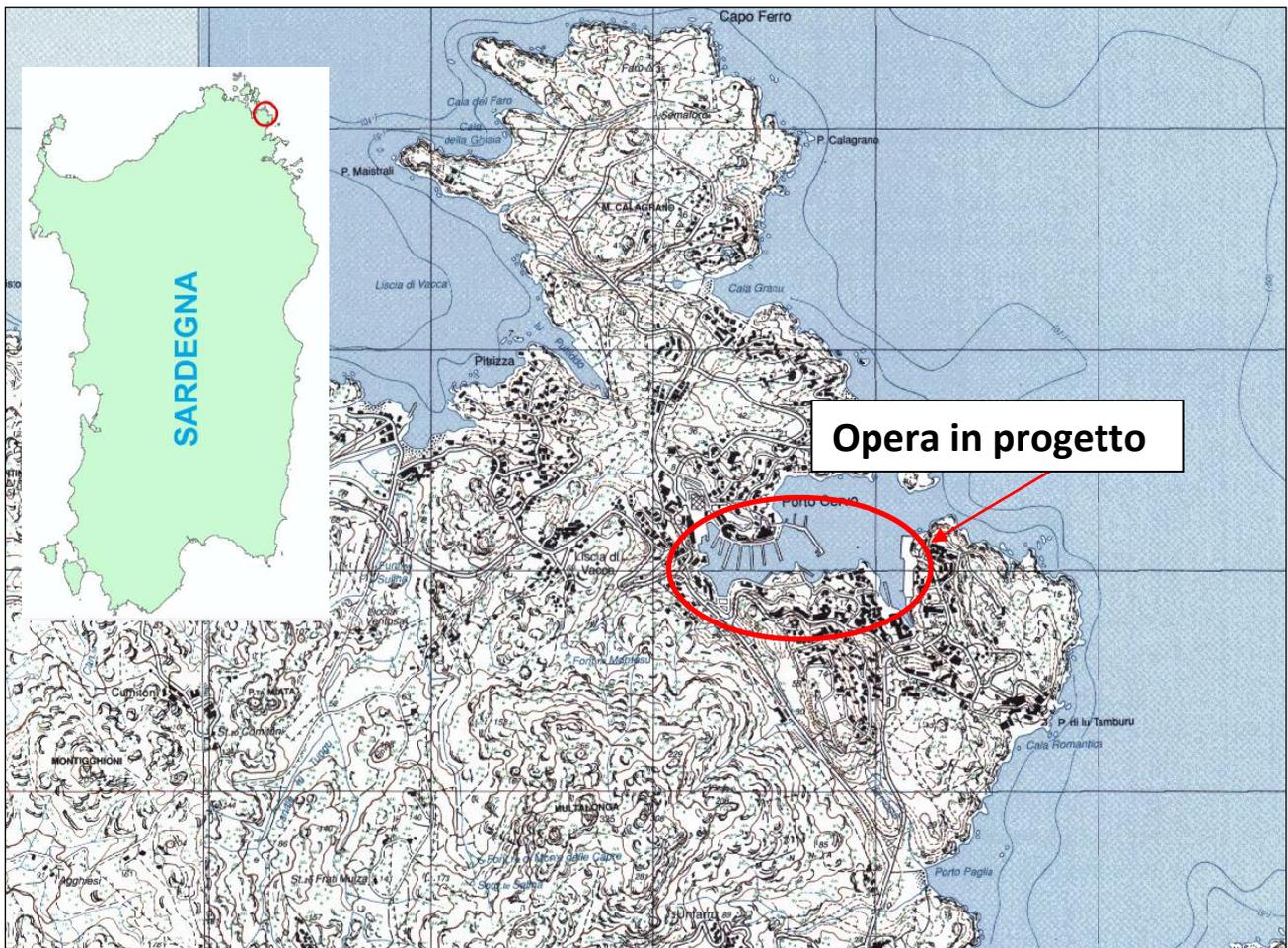


Fig. 1 - Inquadramento sito di indagine
Cartografia IGM alla Scala 1:25.000. (Immagine non in scala)

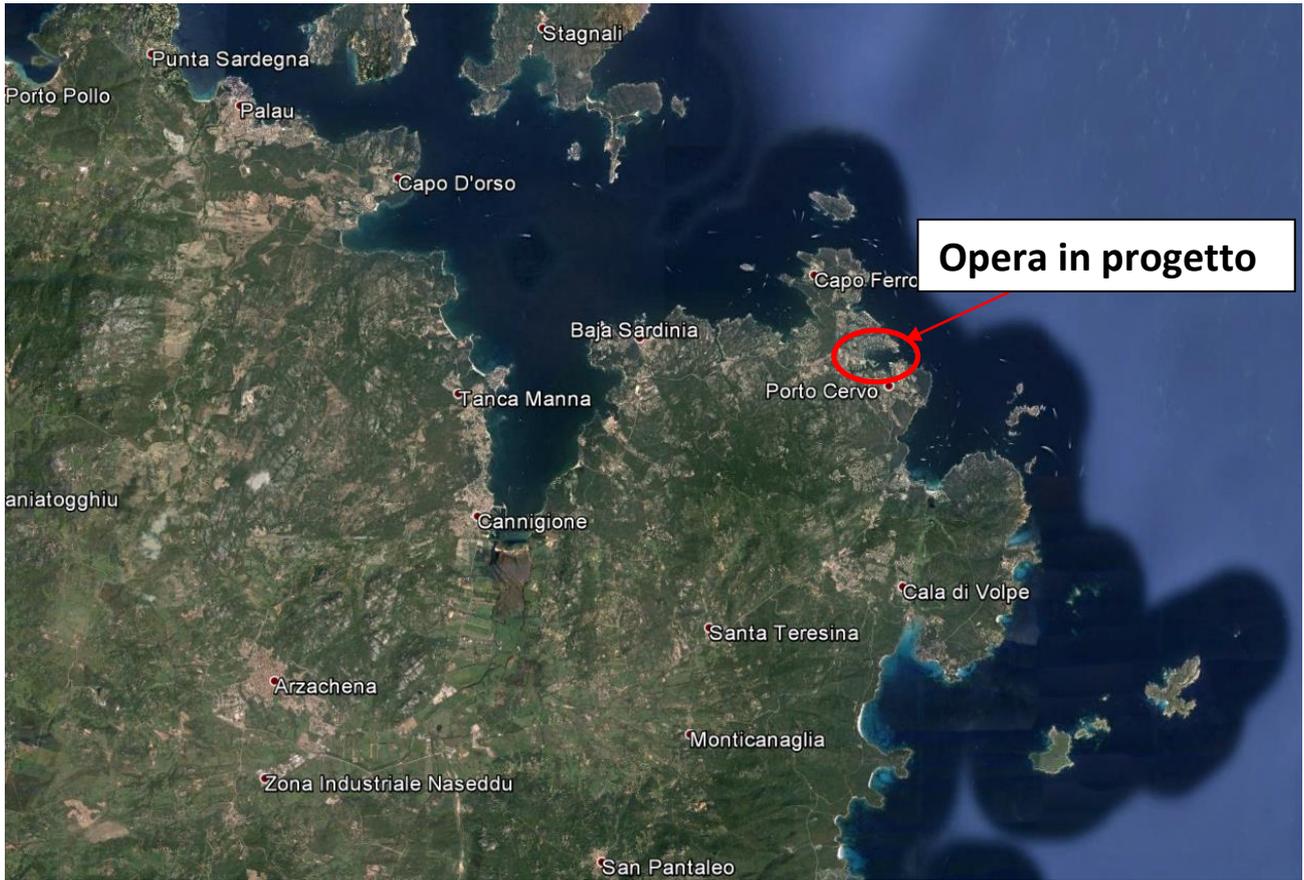


Fig. 2 –Immagine satellitare del sito di indagine

2 Analisi degli interventi proposti

Come descritto nei paragrafi precedenti l'intervento consiste nell'adeguamento di alcuni ormeggi della Marina di Porto Cervo per consentire l'ormeggio di Giga Yacht (lunghezza fino a 156 metri, larghezza fino a 24 metri e pescaggio fino a 6 metri) nello specifico l'adeguamento dei posti barca 24-25-26 del molo A.

Il tratto di banchina interessato, su cui insistono i posti barca, ha una lunghezza di 48 m, costituita da tre strutture modulari in cemento armato aventi ognuna dimensioni in pianta di m 19 x 16, ed a loro volta queste strutture possono essere suddivise in due tipologie strutturali, una lato interno ed una lato esterno. Quest'ultima interessa l'intervento in oggetto.

La struttura in esame, quella ricadente sul lato esterno, consiste in un cassone con pianta rettangolare (dimensioni 16 m x 8,15 m) che si eleva da una quota di imbasamento di circa 6,4 metri fino a + 1,00 metri sul l.m.m, dove è stato realizzato l'impalcato costituito da travi e soletta in c.a.

Il fusto del paramento frontale di detta struttura, al fine di smorzare l'onda residua interna del porto, presenta tre aperture, due laterali larghe 2,50 metri aventi altezza pari ad un metro ed una centrale a tutta altezza, interrotta da un pilastro, avente larghezza pari a 5,47 metri.

L'interno della struttura è vuoto.

Per poter assicurare l'ormeggio di poppa dell'unità navale, l'intervento di adeguamento consisterà nel potenziamento dei sistemi di attracco mediante il riempimento parziale di tre cassoni costituenti la banchina, con un getto in calcestruzzo subacqueo per un'altezza di 8,00 m (avente peso in acqua pari a 310,7 t) ai quali sarà assicurata la nave unitamente a 4 bitte aventi un carico di esercizio pari a circa 100 t.

La figura 3 illustra il sistema di ormeggio sopra descritto ed evidenzia i cassoni oggetto di riempimento in calcestruzzo.

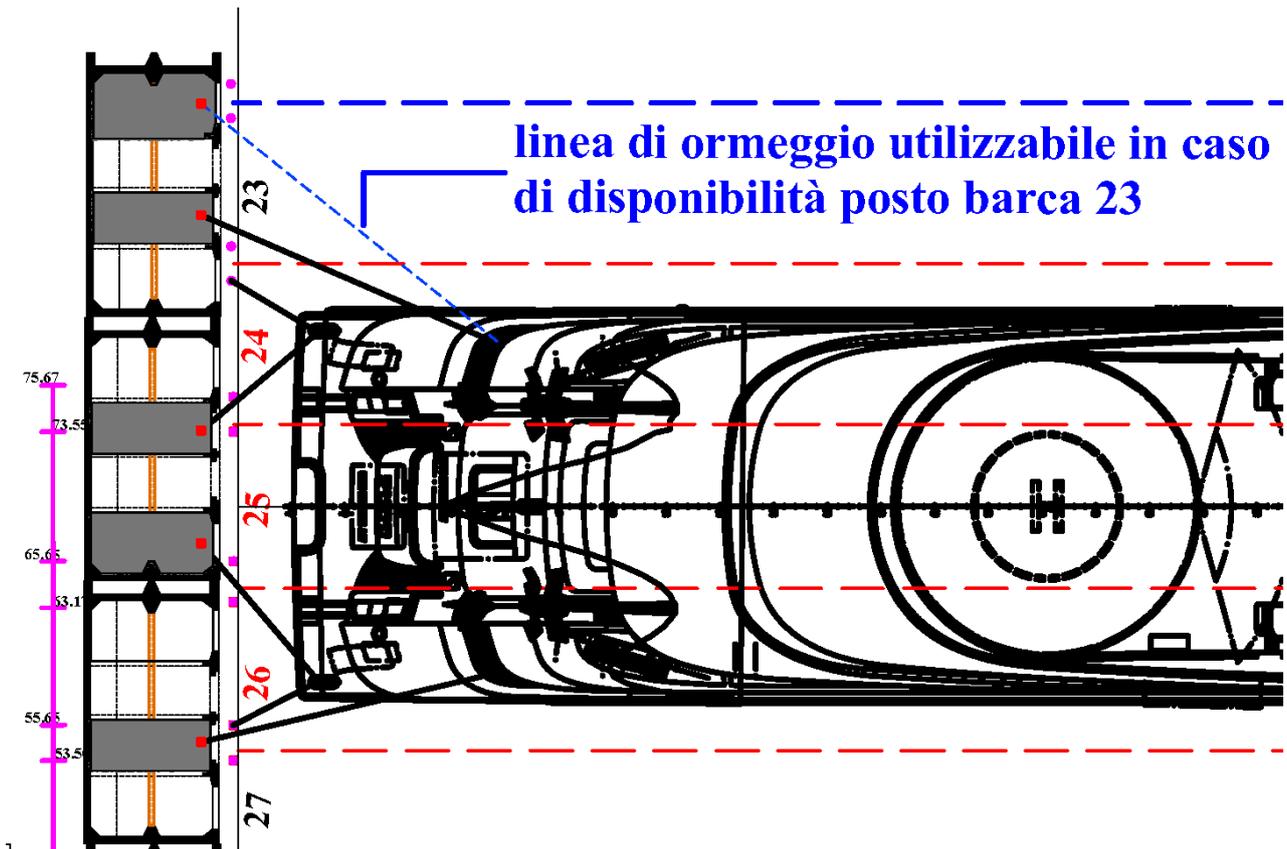


Fig. 3-Ipotesi di ormeggio

3 Modellazione della struttura

Ai fini del predimensionamento, analisi e verifica, la struttura in esame è stata modellata mediante il software di calcolo per muri di sostegno MDC della Geostru. Le verifiche geotecniche di calcolo della portanza e del calcolo dei cedimenti sono state svolte con il programma LoadCap della Geostru.

La modellazione utilizzata per il predimensionamento della struttura è quella di blocco in calcestruzzo delle dimensioni 3,8 m x 8,15 m per 8,00 m di altezza, è stato considerato un peso specifico fittizio pari a 21 kN/m³.

Il peso specifico fittizio di 21 kN/m³ attribuito al modello deriva dalla somma del peso proprio del blocco in calcestruzzo di riempimento più il peso della struttura portante del cassone, all'interno del quale ricade il blocco (cassone lato esterno). Nella figura sottostante (Fig. 4) è rappresentata la schematizzazione della struttura così come considerata per i calcoli.

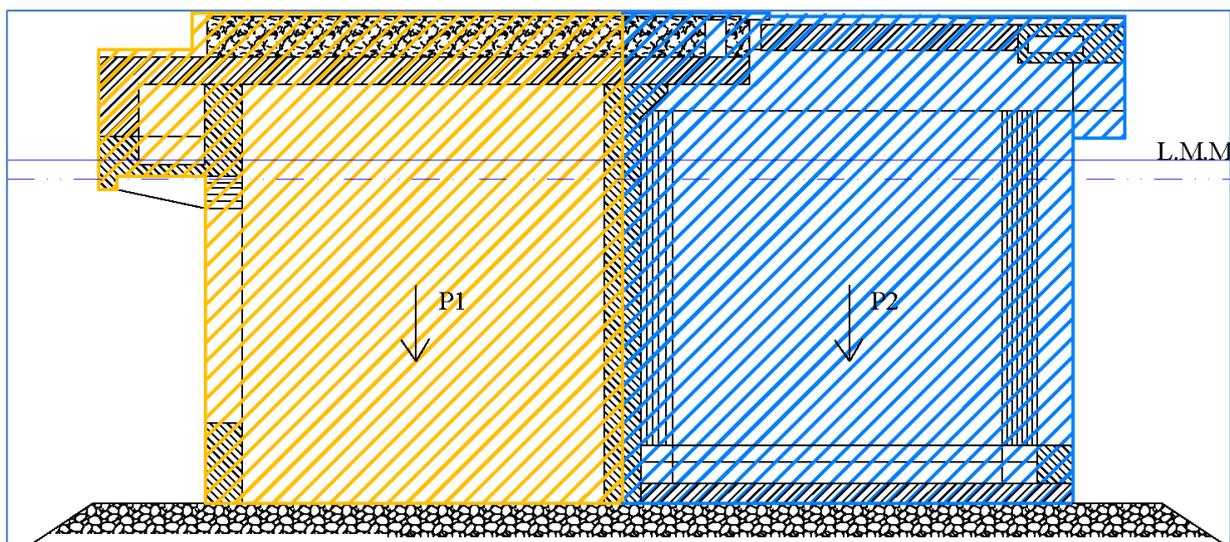


Fig. 4–Schematizzazione della struttura

$P_2=5205,98$ kN (Peso complessivo cassone lato esterno con riempimento,peso dell'unità di volume degli elementi in c.a. sotto il l.m.m pari a 15 kN/m^3 e sopra l.m.m. 25 kN/m^3)

$P_1= 1190,54$ kN (Peso complessivo cassone lato interno)

Il carico P_1 rappresenta il peso del cassone lato interno, perfettamente collaborante con il cassone lato esterno in quanto costituenti un unico manufatto. Questo carico verrà considerato al fine del calcolo come un carico orizzontale posto all'altezza dell'impalcato del cassone, di intensità uguale e contraria al tiro che verrà esercitato sul lato esterno dall'unità navale.

3.1 Azioni agenti sulle opere in progetto

3.1.1 Carico di banchina

Il valore del sovraccarico accidentale di banchina è stato considerato pari a 15 KN/m^2 .

3.1.2 Tiro alla bitta

Nel caso in esame sono trascurate le azioni indotte dalle correnti e dal moto ondoso sull'imbarcazione (il banchinamento è ridossato rispetto agli stati di mare prevalenti ed al suo interno possono verificarsi solo correnti di marea di minima intensità), mentre si sono prese in considerazione le condizioni più sfavorevoli di esposizione ai venti regnanti, per i quali si avrà un tiro massimo sugli ormeggi di 100 t.

Nel caso in esame, il tiro verrà ripartito equamente su due bitte, ma ai fini dei calcoli e a vantaggio della sicurezza, si ipotizza che tutta l'azione venga assorbita da una sola bitta.

Nella modellazione la bitta viene considerata direttamente posizionata sul blocco di calcestruzzo, a 9 metri dal fondo, la cui azione a cui è sottoposta viene schematizzata come una forza orizzontale agente in direzione ortogonale al filo banchina.

Carico = 100 t (1000 kN)

Interasse: 3,8 m

Nel caso in esame il calcolo delle azioni che le relative verifiche, verranno eseguite per un tratto di banchina di lunghezza pari a 3,8 m, coincidente con lo sviluppo longitudinale del singolo blocco di riempimento come da modellazione.

L'opera è stata modellata opportunamente imbasata su uno scanno in pietrame e successivi terreni sottostanti. La caratterizzazione stratigrafica dei terreni è opportunamente descritta nel capitolo successivo.

4 Caratterizzazione geotecnica

4.1 Caratterizzazione stratigrafica e litotecnica qualitativa dei terreni

Lo scopo di questa sezione è quello di fornire un'analisi tecnico applicativa di tipo qualitativo, attinente ai terreni di posa delle future opere che verranno realizzate, sulla base dei dati esposti nei precedenti paragrafi.

Come riportato nella Relazione Geologica sono stati eseguiti n. 3 sondaggi geotecnici verticali a rotazione e a carotaggio continuo. L'ubicazione dei punti di sondaggio è riportata in figura 5. La seguente tabella riassume le profondità raggiunte nei rispettivi sondaggi.

Sondaggio	Profondità investigata (ml da p.c. ovvero dal piano della banchina portuale)
S1	15.50
S2	15.50
S3	21.00

L'analisi dei materiali prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi a rotazione a campionamento continuo ha permesso di ricostruire la stratigrafia del sito. Le perforazioni sono state impostate a partire dalla banchina del molo esistente ed hanno attraversato nei primi 8 metri circa il cassone esistente intercettando la superficie ed il fondo dello stesso entrambe in conglomerato cementizio armato.

Al disotto della base del cassone è presente uno scanno in pietrame di varia pezzatura composto prevalentemente da ciottoli a spigoli vivi di natura cristallina. Questo primo materiale, avente un spessore costante di circa 6 metri, è stato messo in posto per la realizzazione della banchina e ricopre differenti materiali di seguito descritti.

Sulla base di quanto osservato si rileva che sotto lo scanno in pietrame, si rileva un basamento lapideo cristallino paleozoico che interessa in modo discontinuo l'intera area di indagine e presenta caratteristiche differenti. Lo stesso basamento affiora in modo diffuso alla base dello scanno di sottofondazione esistente e si presenta da compatto ad alterato e fratturato (sondaggi S1 ed S2). In ogni caso manifesta un'estrema tenacità ed una forte resistenza alla perforazione, caratteristica dei materiali cristallini. In relazione alle proprietà geotecniche dei terreni, il materiale cristallino paleozoico/pre-paleozoico, alterato/fratturato e non, offre un'elevata resistenza alle sollecitazioni meccaniche essendo caratterizzato da un comportamento perfettamente lapideo.

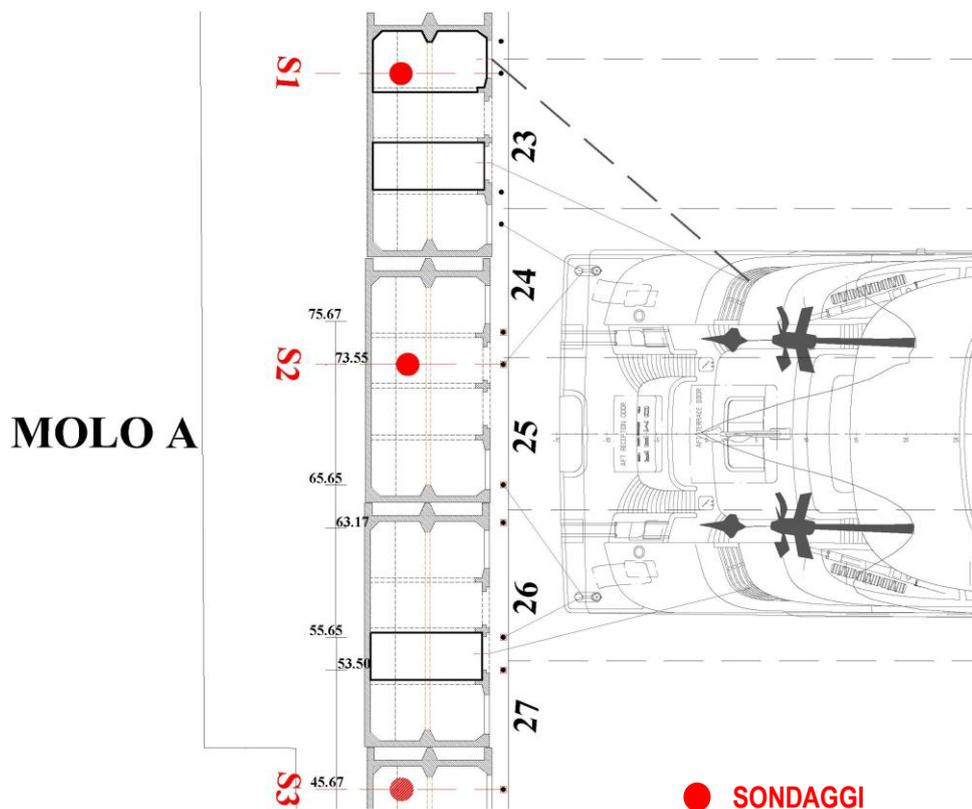


Fig. 5 – Planimetria ubicazione sondaggi.

Nella parte profonda del sondaggio S3 (al di sotto dello scanno di imbasamento) è stata individuata una sabbia medio-fine-limosa intercettata per uno spessore osservato di circa 6 m (fino a fondo foro). Tale materiale è interpretabile come deposito di spiaggia sommersa attuale associato al materiale di riempimento delle depressioni, associate alla paleo idrografia relitta, colmate dai depositi trasgressivi di risalita dall'ultimo

low stand wurmiano; si presenta discretamente resistente alla perforazione e ciò può essere legato ad una precoce cementazione non rilevata nel materiale carotato che potrebbe risultare completamente disgregato a seguito delle stesse operazioni di perforazione.

4.2 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Nel presente paragrafo si riportano le caratteristiche geotecniche relative ai differenti livelli stratigrafici incontrati. Tali parametrizzazioni verranno utilizzate nei calcoli geotecnici esposti nei seguenti paragrafi.

Il materiale superficiale, indicato come pietrame costituente lo scanno dell'attuale banchinamento (spessore 6 m circa), è caratterizzato dei seguenti parametri:

Peso unità di volume γ (g/cm ³)	Peso unità di volume sat. γ (g/cm ³)	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione non drenata c_u (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
1.8 - 1.9	2.0 - 2.1	38 - 45	0.00	300

Secondo la classificazione qualitativa A.G.I. (1977) il materiale è definito ADDENSATO, ha un comportamento esclusivamente ATTRITIVO e caratteristiche buone.

Il materiale lapideo cristallino (spessore non definito), è caratterizzato dei seguenti parametri:

Peso unità di volume γ (g/cm ³)	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione non drenata c_u (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
2.0-3.0	45 - 60	-	50.000

Secondo la classificazione qualitativa A.G.I. (1977) il materiale è definito MOLTO CONSISTENTE, ha un comportamento lapideo e caratteristiche geotecniche ottime.

In riferimento alle analisi eseguite (i certificati sono riportati nelle pagine seguenti) sui materiali incoerenti (sabbia fine limosa) intercettati nel sondaggio S3, questi sono caratterizzati dai seguenti valori:

Peso unità di volume γ (g/cm ³)	Peso unità di volsat γ (g/cm ³)	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione non drenata c_u (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
1.60 - 1.80	17.50 - 20.00	26 - 38	0,05	150 - 300

Secondo la classificazione qualitativa A.G.I. (1977) il materiale è definito MEDIAMENTE ADDENSATO, ha un comportamento prevalentemente attritivo.

Servizi Geotecnici s.a.s.

Sede : Via Libeccio 32 - 09126 Cagliari ☎ 070/371705
Laboratorio Geotecnico :
Via Di Vittorio Lottizzazione ex Fornaci Usai 09028 Sestu (CA)

e-mail info@servizigeotecnici.com
web www.servizigeotecnici.com

Associazione Italiani Consulenti Ambientali



ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA

Pagina 1 di 1

Spettabile
Dott. Geol. Giuseppe Puliga
Via Arno,7 C
09040 Senorbì (CA)

P.IVA N. 02783110923

Cagliari, 4 maggio 2016

Oggetto : "Località Porto Cervo"

Trasmissione certificati

Settore terre

Cert. N.	Tipo prova	Data
11228	Analisi granulometrica CNR-UNI	03.05.2016
11229	Prova di Taglio	03.05.2016

Servizi Geotecnici sas
Dott. Geol. Alessandro Melis



www.servizigeotecnici.com
info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.
Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari
Tel Fax +39070371705

ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Committente: Dott. Geol. Giuseppe Puliga - Senorbì (CA)
Cantiere: Località Porto Cervo

№ 1 1 2 2 8

Sondaggio : S3
Campione: S3C1
Profondità campionamento (m da p.c.): -18,0
Data prelievo: 21/04/2016

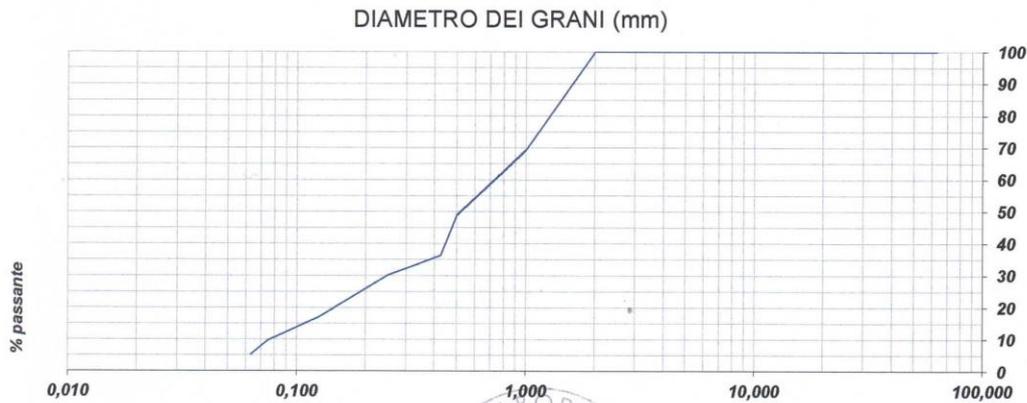
Certificato N.
Data 03/05/2016

Setacciatura	
Setacci (mm)	Passante (%)
63	100,00
31,5	100,00
20	100,00
16	100,00
14	100,00
1205	100,00
10	100,00
8	100,00
4	100,00
2	100,00
1	69,39
0,5	48,98
0,425	36,33
0,2500	30,20
0,1250	17,14
0,0750	9,80
0,0630	5,31

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	N.D.
Limite Plastico	N.D.
Indice Plastico	N.P.
Classificazione	A3
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI		
Ghiaia ($\phi > 2$ mm)	%	0,0
Sabbia ($2 > \phi > 0,06$ mm)	%	94,7
Limo ($0,06 > \phi > 0,002$ mm)	%	5,3
Descrizione: Ghiaia limoso sabbiosa		

Tipo campionamento: Campione rimaneggiato



IL TECNICO
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE
Dott. Geol. Alessandro Melis

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D3080-90

Committente: Dott. Geol. Giuseppe Puliga - Senorbì (CA)
Cantiere: Località Porto Cervo

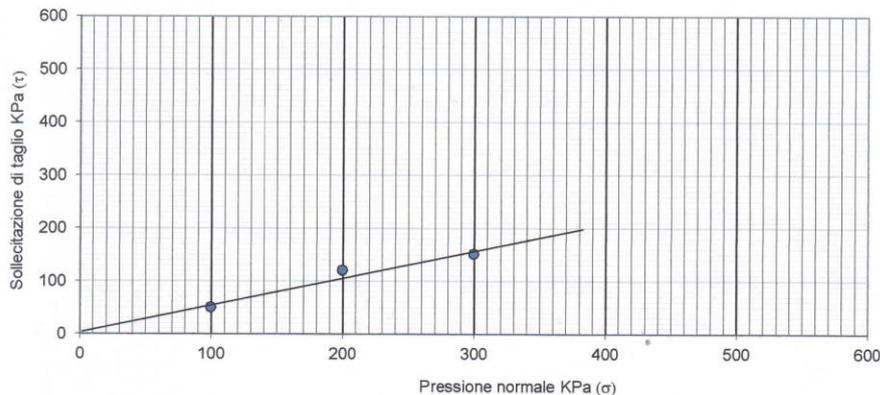
Certificato N. **№ 11229**
Data 03.05.2016

Sondaggio S3
Campione S3C1
Profondità campione: -18,0 m da p.c.
Data prelievo: 21.04.2016

CONSOLIDAZIONE		1	2	3
PRESSIONE VERTICALE	σ KPa	100	200	300
CEDIMENTO	mm	0,221	0,242	0,391

ROTTURA		1	2	3
SOLLECITAZIONE DI TAGLIO	τ KPa	49,6	119,8	150,5

Tipo campione: Campione rimaneggiato ricostruito in laboratorio	
Descrizione: Sabbia fine	
Peso di volume (g/cm ³)	1,46



Angolo di resistenza al taglio
Coesione efficace

27,0 °
5 KPa

Note:

IL TECNICO
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE
Dott. Geol. Alessandro Melis

M41/0705 Prova di taglio/C
Rev.0 25/10/12

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert.N.SG0022/09

In riferimento alle NTC del 2008, si indicano di seguito le informazioni stimate relative alla categoria di sottosuolo ed alla topografia:

NTC2008 - Categorie di sottosuolo: Categoria A

NTC2008 - Categorie topografiche: T1

Categorie di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-08)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.5 delle NTC-08. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II delle NTC-08).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Condizioni topografiche (§ 3.2.2 NTC-08)

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV delle NTC-08):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Si specifica che ai fini dei calcoli, si considereranno i dati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite sul campione S3C1, prelevato ad una profondità di 18 m nel sondaggio S3.

5 Principi per la valutazione della sicurezza, prestazioni attese e azioni

L'analisi della sicurezza verrà effettuata con il metodo degli stati limite. Tale metodo si basa sull'utilizzo di coefficienti parziali di sicurezza, in conformità con i principi di cui al cap.2 delle NTC.

In particolare sono state eseguite le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) e di esercizio (SLE).

Al fine della valutazione della sicurezza e delle prestazioni attese si assumono le seguenti posizioni.

- Vita Nominale 50 anni
- Classe d'uso II
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: VR =75 anni

5.1 Classificazione delle azioni

Al fine della formulazione delle combinazioni di carico, sono state considerate le seguenti tipologie di azioni:

Azioni Permanenti:

- Permanenti strutturali (G1): peso proprio blocco in calcestruzzo $\gamma=21$ kN/m³;
- Permanenti non strutturali (G2): peso proprio elementi non strutturali (pavimentazione);

Azioni Variabili (Qi):

- Sovraccarico variabile (Q1): sovraccarico di 15 kN/m² uniformemente distribuito;
- Sovraccarico variabile (Q2): tiro alla bitta 100 t

Azioni Eccezionali (E): azione derivante dal moto ondoso.

L'azione eccezionale derivante dal moto ondoso è stata trascurata in quanto la banchina in esame è collocata internamente al porto, e viene sollecitata dall'imbarcazione sottoposta all'azione del vento trasversale proveniente da Nord Ovest che non genera moto ondoso all'interno del bacino.

5.2 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 2008).

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

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- 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:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

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

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

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

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F \cdot F_k$, dei parametri geotecnici di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto.

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).

Coefficienti di combinazione per le azioni

I valori dei coefficienti di combinazione ψ si ricavano dalla Tabella 2.5.I NTC 2008:

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 2.6.I

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

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

I valori dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno si ricavano dalla Tabella 2.6.II NTC08.

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
Coesione 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_γ	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-NTC08

VERIFICA	COEFF. PARZIALE (R1)	COEFF. PARZIALE (R2)	COEFF. 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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

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;
- carico limite;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

Equilibrio di corpo rigido (EQU)

- ribaltamento;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

Secondo la Normativa (p.2.6.1. e 6.2.3) le verifiche (scorrimento sul piano di posa e collasso per carico limite dell'insieme fondazione terreno) devono essere effettuate secondo almeno uno dei seguenti approcci:

Approccio 1:

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

Approccio 2: (A1+M1+R3)

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.1 e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Nel presente lavoro le verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO) sono state effettuate secondo l'Approccio 1 ed i coefficienti di combinazione delle azioni adottati sono:

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{2j}
Sovraccarico di banchina	0.7	0.3
Tiro alla bitta	0.6	0

I valori dei coefficienti di combinazione del tiro alla bitta sono stati associati per analogia quello previsto dal D.M. 14/08/08 per il vento ($\Psi_{0j}=0.6, \Psi_{2j}=0$).

6 Calcoli

6.1 Dati generali

Data	20/03/2018
Condizioni ambientali	Molto aggressive
Lat./Long. [WGS84]	41,1358582786156/9,53187243819498
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	800,0 cm
Spessore testa muro	800,0 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:	75,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
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.	35,0	0,24	2,67	0,3
S.L.V.	332,0	0,49	2,88	0,34
S.L.C.	682,0	0,59	2,98	0,37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,19	0,2	0,0039	0,0019
S.L.D.	0,24	0,2	0,0049	0,0024
S.L.V.	0,49	0,2	0,01	0,005
S.L.C.	0,59	0,2	0,012	0,006

Caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati

Peso specifico muro	21 KN/m ³
Resistenza a compressione di calcolo	9,81 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	1 N/mm ²

6.1.1 Stratigrafia

Si precisa che al fine di mettersi nelle condizioni geotecniche peggiori, la stratigrafia considerata in tutte le verifiche, su cui poggia la struttura è la seguente:

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
									Acqua
1	590	0	20,00	38	0,00	0	Si		Pietrame
2	950	0	18,50	27	5,00	0	Si		Sabbia fine limosa

La presenza di materiale lapideo cristallino riscontrato nei sondaggi, non viene preso in considerazione in quanto è stato classificato come materiale molto consistente con caratteristiche geotecniche ottime.

6.1.2 CARICHI AGENTI

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
tiro alla bitta	0,0	800,0	263,16	0	0,0
tiro cassone lato interno	802,0	800,0	-100,00	0,0	0,0

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
sovraccarico	-800,0	0,0	15,0	15,0	0,0

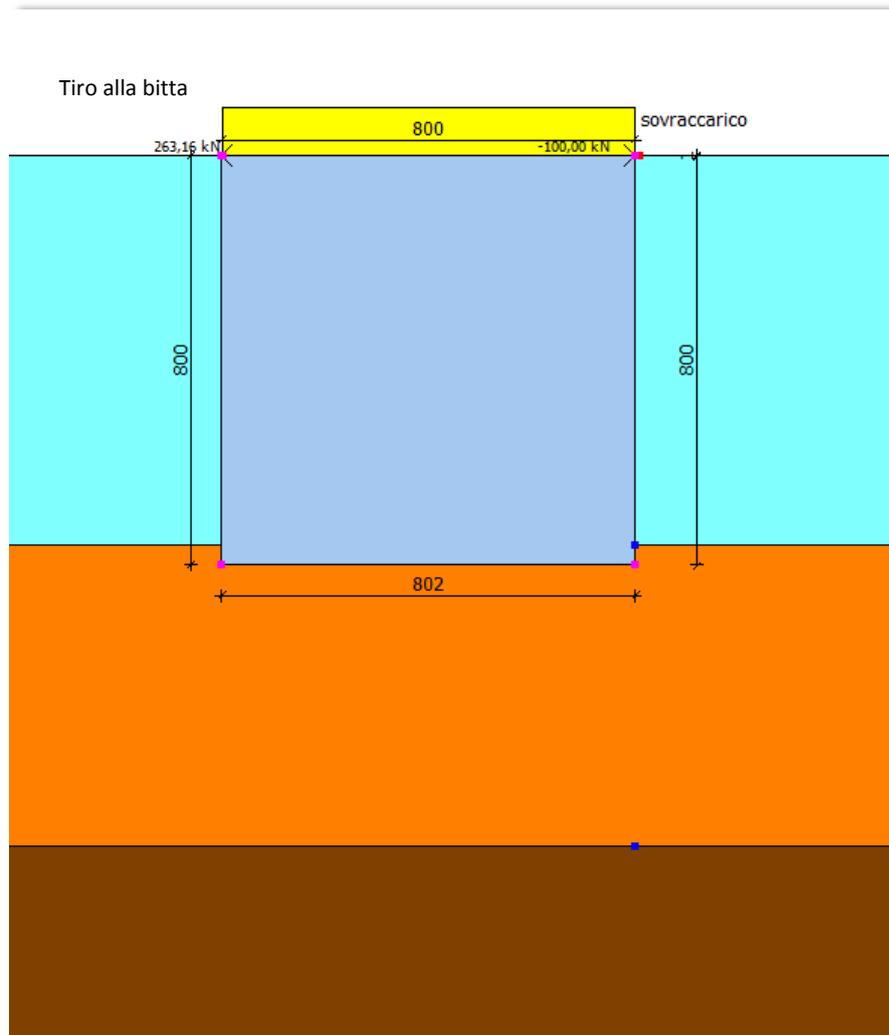


Figura 1 Carichi agenti sulla banchina in progetto

6.1.3 FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1 (a carico limite)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,50
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	sovraccarico	1,05
8	Tiro bitta	1,50
9	tiro cassone adiacente	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	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1

A2+M2+R2 a scorrimento(per la verifica a scorrimento si è considerato il contributo del sovraccarico nullo, con lo scopo di mettersi nella condiziona peggiore ai fini dello scorrimento)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	sovraccarico	0,00
8	tiro bitta	1,30
9	tiro cassone lato interno	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

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

A1+M1+R1 a scorrimento

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

8	tiro bitta	1,50
9	tiro cassone lato interno	1,00

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

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

EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,50
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	sovraccarico	1,05
8	tiro bitta	1,50
9	tiro cassone lato interno	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coazione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

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

E+A2+M2+R2

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	0,00
8	tiro bitta	0,90
9	tiro cassone lato interno	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coazione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

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

E+A1+M1+R1

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	1,00
8	tiro bitta	0,60
9	tiro cassone lato interno	1,00

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

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

A2+M2+R2 carico limite

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	0,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	0,00
6	Spinta sismica in y	0,00
7	sovraccarico	1,30
8	tiro bitta	0,78
9	tiro cassone lato interno	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coazione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

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

A1+M1+R1 [GEO]

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	Coazione (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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,8
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,6
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,4
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,0

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
800,8	0,0	0,34	401,1	801,0
800,6	0,0	0,67	401,0	800,8
800,4	0,0	1,01	401,0	800,7
800,2	0,0	1,34	401,0	800,6
800,0	0,0	1,68	401,0	800,5

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
800,8	0,03	0,34	0,0	800,0
800,6	0,06	0,67	0,0	800,0
800,4	0,09	1,01	0,0	800,0
800,2	0,13	1,34	0,0	800,0
800,0	0,16	1,68	0,0	800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (802,0/0,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (802,0/801,0)$

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	38,0	0,0	0,1	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
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,38	0,0	0,0	0,38	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,9
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,7
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,5
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,1
6	800,0	40,0	411,81	0,0	330,31	420,0
7	40,0	0,0	34,34	0,0	19,76	20,0

SPINTE IN FONDAZIONE

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
800,0	0,0	20,0	180,0	38,0	0,0	0,1	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	446,3	0,0	1368,31
Carichi esterni	294,74	0,0	2357,92
Peso muro	0,0	1,68	-6,74
Peso fondazione	0,0	1347,11	-5401,9
Sovraccarico	0,0	0,16	-1,26
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	427,23	1348,94	-2520,5

Momento stabilizzante	-6209,89 kNm
Momento ribaltante	3689,39 kNm

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	427,23 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	1348,94 kN
Somma momenti	-2520,5 kNm
Larghezza fondazione	802,0 cm
Lunghezza	380,0 cm
Eccentricità su B	214,15 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	38,0 °
Coesione	0,1 kPa
Terreno sulla fondazione	800,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	10,0 KN/m ³
Nq	48,93
Nc	61,35
Ng	78,02
Fattori di forma	
sq	1,77
sc	1,78
sg	0,61
Inclinazione carichi	
iq	0,56
ic	0,55
ig	0,39
Fattori di profondità	
dq	1,26
dc	1,45
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	15912,8 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	11,8

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	186,85 cm
Larghezza della fondazione	802,0 cm
x = 0,0 cm	481,29 kPa
x = 560,55 cm	0,00 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	800,00 cm
Eccentricità	0,05 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

**A2+M2+R2 (a scorrimento) [GEO
I]**

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,8
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,6
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,4
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,0

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
800,8	0,0	0,34	401,1	801,0
800,6	0,0	0,67	401,0	800,8
800,4	0,0	1,01	401,0	800,7
800,2	0,0	1,34	401,0	800,6
800,0	0,0	1,68	401,0	800,5

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
800,8	0,03	0,34	0,0	800,0
800,6	0,05	0,67	0,0	800,0
800,4	0,08	1,01	0,0	800,0
800,2	0,11	1,34	0,0	800,0
800,0	0,14	1,68	0,0	800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (802,0/0,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (802,0/801,0)$

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	32,01	0,0	0,08	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
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,47	0,0	0,0	0,47	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,9
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,7
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,5
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,1
6	800,0	40,0	394,81	0,0	326,81	420,0
7	40,0	0,0	34,41	0,0	19,75	20,0

SPINTE IN FONDAZIONE

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
800,0	0,0	20,0	180,0	32,01	0,0	0,08	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	429,35	0,0	1298,15
Carichi esterni	242,11	0,0	1936,86
Peso muro	0,0	1,68	-6,74
Peso fondazione	0,0	1347,11	-5401,9
Sovraccarico	0,0	0,14	-1,09
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	357,65	1348,92	-3011,55

Momento stabilizzante -6209,73 kNm
 Momento ribaltante 3198,18 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	671,46 kN
Sommatoria forze verticali	1348,92 kN
Coefficiente di attrito	0,63
Adesione	0,06 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	1348,92 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	671,46 kN
Resistenza terreno	1157,38 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,72
Traslazione verificata Csd>1	

EQU+M2

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,8
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,6
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,4
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,0

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
800,8	0,0	0,3	401,1	801,0
800,6	0,0	0,6	401,0	800,8
800,4	0,0	0,91	401,0	800,7
800,2	0,0	1,21	401,0	800,6
800,0	0,0	1,51	401,0	800,5

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
800,8	0,03	0,3	0,0	800,0
800,6	0,06	0,6	0,0	800,0
800,4	0,09	0,91	0,0	800,0
800,2	0,13	1,21	0,0	800,0
800,0	0,16	1,51	0,0	800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (802,0/0,0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (802,0/801,0)

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	32,01	0,0	0,08	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
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,47	0,0	0,0	0,47	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,9
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,7
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,5
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,1

6	800,0	40,0	411,86	0,0	330,32	420,0
7	40,0	0,0	34,99	0,0	19,74	20,0

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
800,0	0,0	20,0	180,0	32,01	0,0	0,08	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	447,01	0,0	1368,64
Carichi esterni	294,74	0,0	2357,92
Peso muro	0,0	1,51	-6,06
Peso fondazione	0,0	1212,4	-4861,71
Sovraccarico	0,0	0,16	-1,26
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	427,93	1214,07	-1979,31

Momento stabilizzante	-5669,03 kNm
Momento ribaltante	3689,72 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-5669,03 kNm
Momento ribaltante	3689,72 kNm

Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} **1,54**

Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	163,03 cm
Larghezza della fondazione	802,0 cm
x = 0,0 cm	496,45 kPa
x = 489,09 cm	0,00 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	800,00 cm
Eccentricità	0,05 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

E+A2+M2+R2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0039
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0019

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,0	0,0	800,87	800,8
2	800,8	800,6	0,0	0,0	800,69	800,6
3	800,6	800,4	0,0	0,0	800,49	800,4
4	800,4	800,2	0,0	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,0	0,0	800,1	800,0

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
800,8	0,0	0,34	401,1	801,0
800,6	0,0	0,67	401,0	800,8
800,4	0,0	1,01	401,0	800,7
800,2	0,01	1,34	401,0	800,6
800,0	0,01	1,68	401,0	800,5

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
800,8	0,0	0,34	0,0	800,0
800,6	0,0	0,67	0,0	800,0
800,4	0,0	1,01	0,0	800,0
800,2	0,01	1,34	0,0	800,0
800,0	0,01	1,68	0,0	800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (802,0/0,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (802,0/801,0)$

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	32,01	0,0	0,08	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
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,47	0,31	0,0	0,47	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	801,0	800,8	0,0	0,0	800,87	800,87
2	800,8	800,6	0,0	0,0	800,69	800,69
3	800,6	800,4	0,0	0,0	800,49	800,49
4	800,4	800,2	0,0	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,0	0,0	800,1	800,1
6	800,0	40,0	289,46	0,0	293,61	420,0
7	40,0	0,0	31,57	0,0	19,75	20,0

SPINTE IN FONDAZIONE

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
800,0	0,0	20,0	180,0	32,01	0,0	0,08	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	321,03	0,0	856,13
Carichi esterni	136,84	0,0	1094,75
Peso muro	0,01	1,68	-6,68
Peso fondazione	5,25	1347,11	-5380,88
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	149,32	1348,79	-4273,51

Momento stabilizzante	-6208,63 kNm
Momento ribaltante	1935,12 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	463,13 kN
Sommatoria forze verticali	1348,79 kN
Coefficiente di attrito	0,63
Adesione	0,06 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	1348,79 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	463,13 kN
Resistenza terreno	1157,29 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,5
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-6208,63 kNm
Momento ribaltante	1935,12 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	3,21
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	149,32 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	1348,79 kN

Somma momenti	-4273,51 kNm
Larghezza fondazione	802,0 cm
Lunghezza	380,0 cm
Eccentricità su B	84,16 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	32,01 °
Coesione	0,08 kPa
Terreno sulla fondazione	800,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	10,0 KN/m ³
Nq	23,19
Nc	35,51
Ng	30,24
Fattori di forma	
sq	1,37
sc	1,39
sg	0,76
Inclinazione carichi	
iq	0,85
ic	0,84
ig	0,76
Fattori di profondità	
dq	1,25
dc	1,36
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	17341,42 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	12,86

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	316,84 cm
Larghezza della fondazione	802,0 cm
x = 0,0 cm	274,07 kPa
x = 802,0 cm	62,29 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	800,00 cm
Eccentricità	0,00 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A2+M2+R2 carico limite [GEO]

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,8
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,6
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,4
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,0

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
800,8	0,0	0,34	401,1	801,0
800,6	0,0	0,67	401,0	800,8
800,4	0,0	1,01	401,0	800,7
800,2	0,0	1,34	401,0	800,6
800,0	0,0	1,68	401,0	800,5

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
800,8	0,03	0,34	0,0	800,0
800,6	0,05	0,67	0,0	800,0
800,4	0,08	1,01	0,0	800,0
800,2	0,11	1,34	0,0	800,0
800,0	0,14	1,68	0,0	800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (802,0/0,0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (802,0/801,0)

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	32,01	0,0	0,08	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
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,47	0,0	0,0	0,47	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,9
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,7
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,5
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,1
6	800,0	40,0	394,81	0,0	326,81	420,0
7	40,0	0,0	34,41	0,0	19,75	20,0

SPINTE IN FONDAZIONE

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
800,0	0,0	20,0	180,0	32,01	0,0	0,08	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	429,35	0,0	1298,15
Carichi esterni	242,11	0,0	1936,86
Peso muro	0,0	1,68	-6,74
Peso fondazione	0,0	1347,11	-5401,9
Sovraccarico	0,0	0,14	-1,09
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	357,65	1348,92	-3011,55

Momento stabilizzante -6209,73 kNm
 Momento ribaltante 3198,18 kNm

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	357,65 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	1348,92 kN
Somma momenti	-3011,55 kNm
Larghezza fondazione	802,0 cm
Lunghezza	380,0 cm
Eccentricità su B	177,74 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	32,01 °
Coesione	0,08 kPa
Terreno sulla fondazione	800,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	10,0 KN/m ³
Nq	23,19
Nc	35,51
Ng	30,24
Fattori di forma	
sq	1,53
sc	1,56
sg	0,66
Inclinazione carichi	
iq	0,64
ic	0,62
ig	0,47
Fattori di profondità	
dq	1,29
dc	1,42
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	9060,0 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	6,72

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	223,26 cm
Larghezza della fondazione	802,0 cm
x = 0,0 cm	402,80 kPa
x = 669,77 cm	0,00 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	800,00 cm
Eccentricità	0,04 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

A1+M1+R1 a scorrimento [GEO]

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,8
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,6
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,4
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,0

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
800,8	0,0	0,34	401,1	801,0
800,6	0,0	0,67	401,0	800,8
800,4	0,0	1,01	401,0	800,7
800,2	0,0	1,34	401,0	800,6
800,0	0,0	1,68	401,0	800,5

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
800,8	0,03	0,34	0,0	800,0
800,6	0,06	0,67	0,0	800,0
800,4	0,09	1,01	0,0	800,0
800,2	0,13	1,34	0,0	800,0
800,0	0,16	1,68	0,0	800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (802,0/0,0)$

Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (802,0/801,0)$

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	38,0	0,0	0,1	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
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0

0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,38	0,0	0,0	0,38	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,9
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,7
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,5
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,1
6	800,0	40,0	411,81	0,0	330,31	420,0
7	40,0	0,0	34,34	0,0	19,76	20,0

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
800,0	0,0	20,0	180,0	38,0	0,0	0,1	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	446,3	0,0	1368,31
Carichi esterni	294,74	0,0	2357,92
Peso muro	0,0	1,68	-6,74
Peso fondazione	0,0	1347,11	-5401,9

Sovraccarico	0,0	0,16	-1,26
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	427,23	1348,94	-2520,5

Momento stabilizzante	-6209,89 kNm
Momento ribaltante	3689,39 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	741,04 kN
Sommatoria forze verticali	1348,94 kN
Coefficiente di attrito	0,78
Adesione	0,07 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	1348,94 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	741,04 kN
Resistenza terreno	1368,28 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,85
Traslazione verificata Csd>1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	186,85 cm
Larghezza della fondazione	802,0 cm
x = 0,0 cm	481,29 kPa
x = 560,55 cm	0,00 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	800,00 cm
Eccentricità	0,05 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

E+A1+M1+R1

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0039
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0019

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,8
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,6
3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,4
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

P_y	Peso del muro (kN);
P_x	Forza inerziale (kN);
X_p, Y_p	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
800,8	0,0	0,34	401,1	801,0
800,6	0,0	0,67	401,0	800,8
800,4	0,0	1,01	401,0	800,7
800,2	0,01	1,34	401,0	800,6
800,0	0,01	1,68	401,0	800,5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	F_x	F_y	M	H
800,8	0,03	0,34	0,0	800,0
800,6	0,06	0,67	0,0	800,0
800,4	0,09	1,01	0,0	800,0
800,2	0,13	1,34	0,0	800,0

800,0 0,16 1,68 0,0 800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (802,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (802,0/801,0)$
 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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	38,0	0,0	0,1	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
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,38	0,24	0,0	0,38	0,0	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota fine 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	801,0	800,8	0,03	0,0	800,9	800,9
2	800,8	800,6	0,03	0,0	800,7	800,7

3	800,6	800,4	0,03	0,0	800,5	800,5
4	800,4	800,2	0,03	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,03	0,0	800,1	800,1
6	800,0	40,0	403,85	0,0	329,41	420,0
7	40,0	0,0	33,82	0,0	19,78	20,0

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
800,0	0,0	20,0	180,0	38,0	0,0	0,1	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	437,83	0,0	1338,25
Carichi esterni	163,16	0,0	1305,28
Peso muro	0,01	1,68	-6,68
Peso fondazione	5,25	1347,11	-5380,88
Sovraccarico	0,0	0,15	-1,2
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	292,44	1348,94	-3582,06

Momento stabilizzante	-6209,83 kNm
Momento ribaltante	2627,77 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	606,25 kN
Sommatoria forze verticali	1348,94 kN
Coefficiente di attrito	0,78
Adesione	0,07 kPa

Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	1348,94 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	606,25 kN
Resistenza terreno	1368,28 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	2,26

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-6209,83 kNm
Momento ribaltante	2627,77 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	2,36

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	292,44 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	1348,94 kN
Somma momenti	-3582,06 kNm
Larghezza fondazione	802,0 cm
Lunghezza	380,0 cm
Eccentricità su B	135,45 cm
Peso unità di volume	20,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	38,0 °
Coesione	0,1 kPa
Terreno sulla fondazione	800,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	10,0 KN/m ³
Nq	48,93
Nc	61,35
Ng	78,02
Fattori di forma	
sq	1,56
sc	1,57
sg	0,71
Inclinazione carichi	
iq	0,71
ic	0,7
ig	0,55
Fattori di profondità	
dq	1,23
dc	1,39
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	27403,49 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	20,31

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	265,55 cm
Larghezza della fondazione	802,0 cm
x = 0,0 cm	338,66 kPa
x = 796,64 cm	0,00 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	800,00 cm
Eccentricità	0,05 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²

Tensione di trazione

0,00 N/mm²

A2+M2+R2 a scorrimento [GEO]

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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	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	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	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	801,0	800,8	0,04	0,0	800,9	800,8
2	800,8	800,6	0,04	0,0	800,7	800,6
3	800,6	800,4	0,04	0,0	800,5	800,4
4	800,4	800,2	0,04	0,0	800,3	800,2
5	800,2	800,0	0,04	0,0	800,1	800,0

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
800,8	0,0	0,34	401,1	801,0
800,6	0,0	0,67	401,0	800,8
800,4	0,0	1,01	401,0	800,7
800,2	0,0	1,34	401,0	800,6
800,0	0,0	1,68	401,0	800,5

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
800,8	0,04	0,34	0,0	800,0
800,6	0,08	0,67	0,0	800,0
800,4	0,12	1,01	0,0	800,0
800,2	0,16	1,34	0,0	800,0
800,0	0,2	1,68	0,0	800,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (802,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (802,0/801,0)$
 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
801,0	800,8	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,8	800,6	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,6	800,4	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,4	800,2	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,2	800,0	10,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,0	Falda
800,0	40,0	10,0	0,0	0,01	0,0	0,01	0,0	Falda
40,0	0,0	20,0	0,0	32,01	0,0	0,08	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
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,01	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,47	0,0	0,0	0,47	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	801,0	800,8	0,04	0,0	800,9	800,9
2	800,8	800,6	0,04	0,0	800,7	800,7
3	800,6	800,4	0,04	0,0	800,5	800,5
4	800,4	800,2	0,04	0,0	800,3	800,3
5	800,2	800,0	0,04	0,0	800,1	800,1
6	800,0	40,0	439,26	0,0	336,24	420,0
7	40,0	0,0	35,51	0,0	19,76	20,0

SPINTE IN FONDAZIONE

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
800,0	0,0	20,0	180,0	32,01	0,0	0,08	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	800,0	0,0	-313,81	0,0	266,67	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	474,96	0,0	1485,54
Carichi esterni	105,26	0,0	842,12
Peso muro	0,0	1,68	-6,74
Peso fondazione	0,0	1347,11	-5401,9
Sovraccarico	0,0	0,2	-1,56
Terr. fondazione	0,0	0,0	0,0
Spinte fondazione	-313,81	0,0	-836,83
	266,42	1348,98	-3919,37

Momento stabilizzante -6210,19 kNm
 Momento ribaltante 2290,83 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	580,23 kN
Sommatoria forze verticali	1348,98 kN
Coefficiente di attrito	0,63
Adesione	0,06 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	1348,98 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	580,23 kN
Resistenza terreno	1157,41 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,99
Traslazione verificata Csd > 1	

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	290,54 cm
Larghezza della fondazione	802,0 cm
x = 0,0 cm	307,20 kPa
x = 802,0 cm	29,21 kPa

Verifica sezione attacco fondazione

Larghezza sezione	800,00 cm
Eccentricità	0,06 cm
Tensione di compressione	0,00 daN/cm ²
Tensione di trazione	0,00 N/mm ²

Le verifiche sono risultate pienamente soddisfatte.

6.2 Analisi geotecnica – calcolo portanza e cedimenti di fondazioni superficiali

6.2.1 Stato attuale

Al fine di poter valutare l'opera in progetto si è proceduto ad una verifica preliminare utile a comprendere la situazione attuale ed a valutare l'entità dei cedimenti già manifestati dall'opera realizzata. In relazione alle opere da realizzare è stata eseguita la verifica sommando al carico attuale quello relativo al blocco in calcestruzzo da realizzare e ad un sovraccarico (0.15 kg/cm²) per le verifiche allo S.L.E.

Le verifiche sono risultate pienamente soddisfatte.

Di seguito si riporta l'analisi dello **stato attuale** sulla base dei seguenti parametri:

6.2.1.1 Dati generali

=====	
Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	8.0 m
Lunghezza fondazione	16.0 m
Profondità piano di posa	5.0 m
Altezza di incastro	5.0 m
Profondità falda	0.0
=====	

SISMA

=====	
Accelerazione massima (ag/g)	0.019
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0039
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.07
=====	

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.19	2.61	0.27
S.L.D.	75.0	0.24	2.67	0.3
S.L.V.	712.0	0.49	2.88	0.34
S.L.C.	1462.0	0.59	2.98	0.37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.19	0.2	0.0039	0.0019
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.49	0.2	0.01	0.005
S.L.C.	0.59	0.2	0.012	0.006

STRATIGRAFIA TERRENO

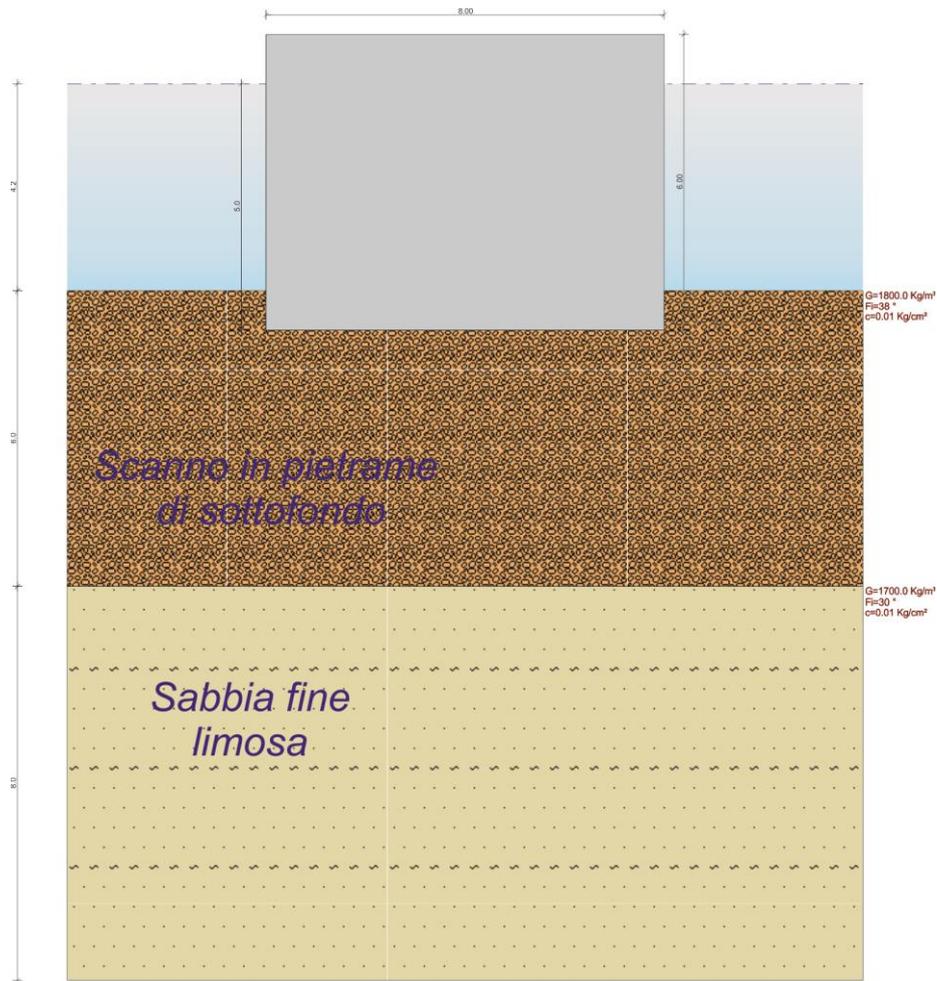
Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]
6.0	1800.0	2000.0	38.0	0	0.0	300.0
8.0	1700.0	1850.0	27.0	0	0.0	200.0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R1	0.46	579200.00	0.00	0.00	100000.00	0.00	Progetto
2	A2+M2+R2	0.46	579200.00	0.00	0.00	100000.00	0.00	Progetto
3	Sisma	0.46	579200.00	0.00	0.00	100000.00	0.00	Progetto
4	S.L.E.	0.61	770400.00	0.00	0.00	100000.00	0.00	Servizio
5	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Ca pacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	1	1
2	Si	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
3	Si	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
4	Si	1	1	1	1	1	1	1
5	No	1	1	1	1	1	1	1



6.2.1.2 Verifiche

La condizione peggiore verificata, è la seguente:

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE A2+M2+R2
Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	4.64 Kg/cm ²
Resistenza di progetto [Rd]	2.58 Kg/cm ²
Tensione [Ed]	0.46 Kg/cm ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	10.08
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)
Costante di Winkler 1.85 Kg/cm³

Di seguito i calcoli relativi alle varie combinazioni ed ai diversi autori.

A1+M1+R1

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Carico limite 12.44 Kg/cm²
Resistenza di progetto 12.44 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Carico limite 23.58 Kg/cm²
Resistenza di progetto 23.58 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Carico limite 16.35 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.35 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Carico limite 19.63 Kg/cm²
Resistenza di progetto 19.63 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Carico limite 16.24 Kg/cm²
Resistenza di progetto 16.24 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Carico limite 4.64 Kg/cm²
Resistenza di progetto 2.58 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Carico limite 8.89 Kg/cm²
Resistenza di progetto 4.94 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Carico limite 4.92 Kg/cm²
Resistenza di progetto 2.74 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Carico limite 7.65 Kg/cm²
Resistenza di progetto 4.25 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Carico limite 6.07 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.37 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Carico limite 4.64 Kg/cm²
Resistenza di progetto 2.58 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Carico limite 8.89 Kg/cm²
Resistenza di progetto 4.94 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Carico limite 4.92 Kg/cm²
Resistenza di progetto 2.74 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Carico limite 7.65 Kg/cm²
Resistenza di progetto 4.25 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Carico limite 6.07 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.37 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Pressione normale di progetto 0.46 Kg/cm²
Cedimento dopo T anni 15.0
Cedimento totale 1.98 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione;
Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	7.6	0	0.56	Edometrico	0.97	--	0.97
3	14.2	0.52	0.251	Edometrico	1.01	--	1.01

Come precedentemente affermato, le condizioni imposte dalle NTC 2008 risultano verificate per l'opera esistente.

6.2.2 Stato di progetto

Di seguito si riportano le verifiche eseguite sull'opera da realizzare considerando che all'interno del cassone verrà messa in opera una zavorra costituita da un blocco di calcestruzzo di dimensioni 3.80 * 8.00 m in pianta e di altezza pari a 8.00 m. Tale manufatto produrrà un notevole incremento di carico rispetto all'attuale peso del cassone vuoto.

6.2.2.1 Dati generali

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	3.8 m
Lunghezza fondazione	8.0 m
Profondità piano di posa	4.5 m
Altezza di incastro	4.5 m
Profondità falda	0.01

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.019
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	3
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.25
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0039
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.0506

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.19	2.61	0.27
S.L.D.	75.0	0.24	2.67	0.3
S.L.V.	712.0	0.49	2.88	0.34
S.L.C.	1462.0	0.59	2.98	0.37

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.19	0.2	0.0039	0.0019
S.L.D.	0.24	0.2	0.0049	0.0024
S.L.V.	0.49	0.2	0.01	0.005
S.L.C.	0.59	0.2	0.012	0.006

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]	Poisson	Descrizione
4.2	1000.0	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	acqua
6.0	1800.0	2000.0	38.0	0.01	0.0	0	300	0.0	pietrame
8.0	1700.0	1850.0	27.0	0.01	0.0	0	200	0.0	sabbia fine limosa

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R1	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	A2+M2+R2	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	Sisma	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
4	S.L.E.	2.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
5	S.L.D.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	1	1
2	Si	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
3	Si	1.25	1.25	1.4	1	1	1.8	1.1
4	Si	1	1	1	1	1	1	1
5	Si	1	1	1	1	1	1	1

6.2.2.2 Verifica

La condizione peggiore verificata, è la seguente:

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	4.21 Kg/cm ²
Resistenza di progetto [Rd]	2.34 Kg/cm ²
Tensione [Ed]	1.92 Kg/cm ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	2.19
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 1.68 Kg/cm³

Di seguito i calcoli relativi alle varie combinazioni ed ai diversi autori.

A1+M1+R1

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Carico limite 11.97 Kg/cm²

Resistenza di progetto 11.97 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Carico limite 16.64 Kg/cm²

Resistenza di progetto 16.64 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

Carico limite 21.69 Kg/cm²

Resistenza di progetto 21.69 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

Carico limite 15.33 Kg/cm²

Resistenza di progetto 15.33 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Carico limite 15.52 Kg/cm²

Resistenza di progetto 15.52 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

A2+M2+R2

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Carico limite 4.74 Kg/cm²

Resistenza di progetto 2.63 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

Carico limite 6.47 Kg/cm²

Resistenza di progetto 3.59 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)
Carico limite 7.41 Kg/cm²
Resistenza di progetto 4.12 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)
Carico limite 6.19 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.44 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)
Carico limite 6.08 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.38 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)
Carico limite 4.21 Kg/cm²
Resistenza di progetto 2.34 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)
Carico limite 5.59 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.11 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)
Carico limite 6.43 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.57 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)
Carico limite 5.41 Kg/cm²
Resistenza di progetto 3.01 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)
 Carico limite 5.33 Kg/cm²
 Resistenza di progetto 2.96 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
 =====

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi**

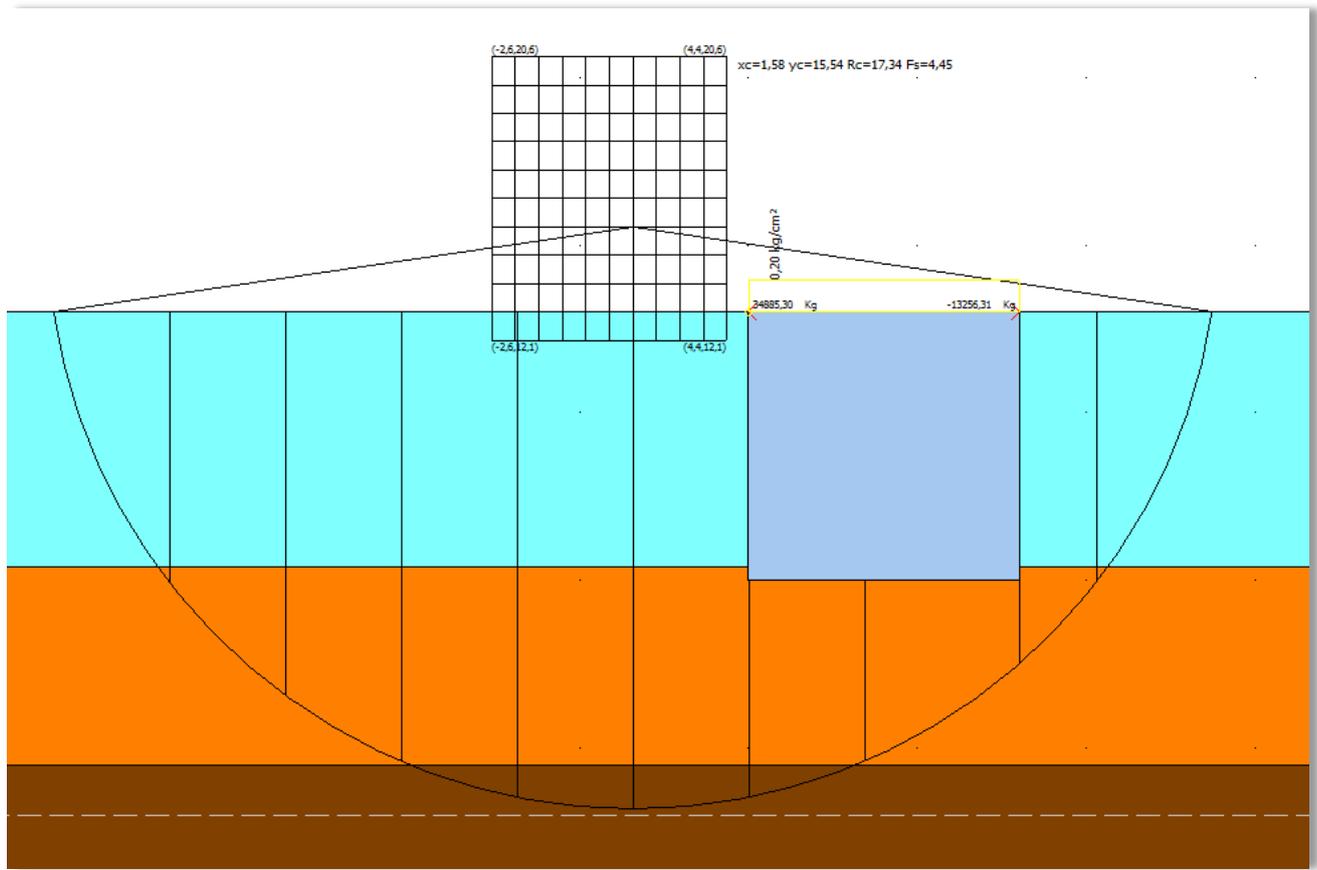
Pressione normale di progetto 2.07 Kg/cm²
Cedimento totale 3.51 cm (centro)

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione;
 Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	7.35	0	0	Schmertmann	2.44	--	2.44
3	14.2	0	0	Schmertmann	1.07	--	1.07

In riferimento all'entità dei cedimenti previsti l'incremento di carico produrrà un abbassamento stimato del materiale dell'ordine dei 1,53 cm (3,51 cm meno 1,98 cm già manifestati). Considerando che il materiale costituente il piano di sedime ha già manifestato un cedimento a seguito dell'applicazione del carico relativo ai cassoni costituenti l'attuale banchinamento, e ne è prova che lo stesso si è presentato discretamente resistente alla perforazione e tale cementazione non è stata rilevata nel materiale carotato che potrebbe risultare completamente disgregato a seguito delle stesse operazioni di perforazione, e che inoltre per la modellazione sono stati utilizzati i dati del terreno così come ottenuto a seguito di perforazione e quindi non cementato, è lecito ipotizzare che l'entità dei nuovi cedimenti sia verosimilmente inferiore.

6.3 Verifica di stabilità globale



A Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-2,6 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	12,15 m
Ascissa vertice destro superiore xs	4,36 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,62 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0039
Coefficiente azione sismica verticale	0,0019

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-45,0	13,0
2	5,0	13,0
3	5,01	13,0
4	13,01	13,01
5	13,01	13,01
6	63,01	13,01
7	113,01	13,01
8	113,03	13,01

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-45,0	5,4
2	13,01	5,4
3	113,03	5,4

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-45,0	-0,5
2	13,01	-0,5
3	113,03	-0,5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
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		0,01	1019,716	1019,716	Acqua	
2	0,001		38	1850,432	2039,432	Pietrame	
3	0,051		27	1784,503	1784,503	Sabbia fine limosa	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kg m)
1	5	13	34885,3	0	0
2	13,02	13	-13256,31	0	0

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	5,01	13,01	13,01	13,01	0,1988446

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	4,45
Ascissa centro superficie	1,58 m
Ordinata centro superficie	15,54 m
Raggio superficie	17,34 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 = 1,576 yc = 15,537 Rc = 17,338 Fs=4,454

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	3,43	-67,0	8,7618744,95	73,11	35,62	0,0	0,0	0,0	0,047882,0		1,5
2	3,43	-44,4	4,843184,43	168,42	82,05	0,0	32,0	0,0	0,070020,5		9834,7
3	3,43	-29,9	3,9661096,43	238,28	116,08	0,0	32,0	0,0	0,076624,0		10759,9
4	3,43	-17,4	3,5971053,22	277,11	135,0	0,04	22,2	0,0	0,076742,0		7352,6
5	3,43	-5,7	3,4575313,88	293,72	143,1	0,04	22,2	0,0	0,076418,6		7309,6
6	3,43	5,7	3,4575312,98	293,72	143,09	0,04	22,2	0,0	0,074970,9		7177,1
7	3,43	17,4	3,5977874,66	303,71	147,96	0,04	22,2	0,0	0,079222,8		7579,7
8	4,57	32,3	5,4187373,85	340,76	166,01	0,0	32,0	0,0	0,094929,1		13331,3
9	2,29	46,8	3,3426154,19	102,0	49,69	0,0	32,0	0,0	0,033229,1		4669,1
10	3,43	67,0	8,7718769,85	73,2	35,66	0,0	0,0	0,0	0,047979,2		1,5

7 CONCLUSIONI

In merito allo studio trattato e sulla base dell'esperienza derivante dalla pratica professionale, è emerso un quadro cognitivo attendibile.

Lo studio geotecnico esposto nel presente lavoro ha fornito elementi essenziali per le analisi tecniche di dettaglio esposte nelle relazioni specialistiche facenti parte integrante del presente lavoro. Dal punto di vista geotecnico le analisi eseguite hanno evidenziato le caratteristiche dei terreni interessati dalle opere consentendo di determinare con assoluta attendibilità le previsioni di comportamento della struttura.

Sono stati considerati gli aspetti relativi agli interventi che compongono il progetto, in riferimento a questi ultimi sono stati definiti gli scenari relativi ai contesti specifici in relazione al tipo di intervento e al contesto geologico tecnico rilevato.

Le verifiche effettuate nella presente relazione hanno portato ai risultati di cui alla tabella sotto riportate:

COMBINAZIONI		Fattore di sicurezza
A1+M1+R1 (STR)		Mrib. < Mstab. 3689 kNm < 6209 kNm
A1+M1 +R1 (GEO)	a scorrimento	1,85 > 1
	cap. portante	11,8 > 1
A2+M2+R2 (GE0)	a scorrimento	1,72 > 1
	cap. portante	6,72 > 1
	a stab. globale	4,45 > 1.1
EQU+M2	a ribaltamento	1,54 > 1
SISMA (A2+M2+R2)	a scorrimento	2,5 > 1
	cap. portante	12,86 > 1
	a ribaltamento	3,21 > 1
SISMA (A1+M1+R1)	a scorrimento	2,26 > 1
	cap. portante	20,31 > 1
	a ribaltamento	2,36 > 1

Combinazioni di carico e risultati

CEDIMENTI	STATO ATTUALE (già manifestato)	STATO DI PROGETTO
	Cedimento totale (cm)	Cedimento totale (cm)
	1.98	3.51

In definitiva, esaminati tutti gli aspetti geotecnici, non si ravvisano controindicazioni alla realizzazione dell'opera in progetto.