



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



COMUNE DI TOANO
Corso Trieste n. 65, 42010 Toano (RE)

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
MISSIONE M2 – COMPONENTE C3 – INVESTIMENTO 1.1
Costruzione di nuove scuole mediante sostituzione di edifici

CUP F72C22000050006

IL RICHIEDENTE

IL PROGETTISTA

REV	DATA / DATE:	DESCRIZIONE / DESCRIPTION:

Progettazione Architettonica

cm2 Associati
Via Castel Morrone 2, 20129, Milano
T +39 02 29 00 30 54 | www.cm-2.it

Arch. Marco Luigi Oriani
Arch. Francesco Adorni

**Progettazione Architettonica
Coordinamento della Sicurezza**

Bernardi Massimo Geom.
Via Castel Morrone 2, 20129, Milano
T +39 02 29 00 30 54

IGeom. Bernardi Massimo

Progettazione Acustica

P2A DESIGN
Via Monte Nevoso, 16, 20131, Milano

Arch. Alessandro Pasini

Progettazione Strutturale

Ing. Lucio Iotti
Via Georges Bizet 3,
42123, Reggio Emilia
T +39 0522 301823

Ing. Lucio Iotti

COMMITTENTE / CLIENT:

Comune di Toano
Corso Trieste n. 65 Toano (RE)

PROGETTO / PROJECT:

Scuola Primaria "M. Tori" di Cerredolo
Comune di Toano (RE)

PROGETTISTA / DESIGNER:

Ing. Lucio Iotti - Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Reggio Emilia n°665

OGGETTO / OBJECT:

Progetto Esecutivo

TITOLO / DESCRIPTION:

Relazione Geotecnica

DISEGNATO DA:
DRAWN BY:

CONTROLLATO DA:
CHECKED BY:

DATA/ DATE:
Luglio 2023

SCALA / SCALE:

DATA REV.:

FORMAT:

NOME FILE / FILE NAME:

COMMESSA / JOB:

TAVOLA / DRAWING:

REV.:

A4

ST-6.2

1 Indice

1	INDICE.....	2
2	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	3
2.1	Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale.....	3
2.2	Descrizione generale dell’opera e dei criteri generali di analisi e verifica	5
2.3	Quadro normativo di riferimento adottato	7
2.4	Azioni di progetto sulla costruzione	8
2.5	Combinazioni e/o percorsi di carico	13
2.6	Principali risultati	15
2.7	Verifiche a SLU	15
2.8	Verifiche a SLE.....	15
3	RELAZIONE SUI MATERIALI	16
3.1	Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera - Strutture di fondazione.	16
3.2	Prescrizioni relative alla durabilità dei materiali	18
4	ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI	19
5	PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL’OPERA.....	20
5.1	Attività di manutenzione dell’intervento.	20
5.2	Ulteriori prescrizioni comuni a tutti i tipi di strutture.....	21
6	RELAZIONI SPECIALISTICHE SUI RISULTATI SPERIMENTALI.	22
6.1	Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito.	22
6.2	Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno...22	
6.3	Relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. 23	
7	ALLEGATI.....	26
7.1	Allegato A – VERIFICA E CALCOLO DEL MURO DI SOSTEGNO IN PROGETTO	26

2 Relazione di calcolo strutturale

2.1 Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale

a. Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento e con l'indicazione, per entrambe le tematiche, di eventuali problematiche riscontrate e delle soluzioni ipotizzate, tenuto conto anche delle indicazioni degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica:

vedi § 2.2 Descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica.

b. Descrizione generale della struttura sia in elevazione sia in fondazione, e della tipologia di intervento, con indicazione delle destinazioni d'uso previste per la costruzione, dettagliate per ogni livello entro e fuori terra, e dei vincoli imposti dal progetto architettonico;

vedi § 2.2 Descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica.

c. Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica;

vedi § 2.3 Quadro normativo di riferimento adottato.

d. Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito (vita nominale - VN, classe d'uso, periodo di riferimento - VR, categoria del sottosuolo, categoria topografica, amplificazione topografica, zona sismica del sito, coordinate geografiche del sito), delle azioni considerate sulla costruzione e degli eventuali scenari di azioni eccezionali;

vedi §2.2.2 Caratteristiche generali della struttura e approccio di verifica utilizzato.

e. Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, dei requisiti di resistenza meccanica e di durabilità considerati;

vedi § 3 Relazione sui materiali.

f. Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione: classe di duttilità, regolarità in pianta ed in alzato, tipologia strutturale, fattore di struttura - q e relativa giustificazione, stati limite indagati, giunti di separazione fra strutture contigue, criteri per la valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti, requisiti delle fondazioni e collegamenti tra fondazioni, vincolamenti interni e/o esterni, schemi statici adottati;

vedi § 2.2.2 Caratteristiche generali della struttura e approccio di verifica utilizzato

g. Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati: coefficienti parziali per le azioni, coefficienti di combinazione;

vedi § 2.5 Combinazioni e/o percorsi di carico

h. Indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione della stessa: analisi lineare o non lineare, analisi statica o dinamica;

vedi § Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

i. Rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative, così come emergenti dai risultati dell'analisi, sintesi delle verifiche di sicurezza, e giudizio motivato di accettabilità dei risultati;

vedi § 2.6 Principali risultati

j. Criteri di verifica agli Stati limite indagati, in presenza di azione sismica:

- Stati limite ultimi, in termini di resistenza, di duttilità e di capacità di deformazione, **vedi §2.7 Verifiche a SLU**
- Stati limite di esercizio, in termini di resistenza e di contenimento del danno agli elementi non strutturali, **vedi § 2.8 Verifiche a SLE**

k. Caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo;

vedi §2.4.4 Informazioni sul codice di calcolo.

l. Con riferimento alle strutture geotecniche o di fondazione: fasi di realizzazione dell'opera (se pertinenti), sintesi delle massime pressioni attese, cedimenti e spostamenti assoluti/differenziali, distorsioni angolari, verifiche di stabilità terreno-fondazione eseguite, ed altri aspetti e risultati significativi della progettazione di opere particolari;

vedi § 6 Relazione specialistiche sui dati sperimentali.

2.2 Descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica

2.2.1 Inquadramento generale

La presente relazione ha come oggetto la nuova costruzione dei muri di sostegno a servizio della scuola primaria M. Tori presso località Cerredolo di Toano, posti a protezione del versante retrostante il fabbricato, avente direttrice di sviluppo nord - sud.

Nel dettaglio, sul lato sud l'opera ha una funzione esclusivamente geotecnica per il contenimento del versante, mentre sul lato ovest l'area delimitata dalla parete verticale ha anche funzione di centrale termica. Le dimensioni dell'area di terreno interessata dai nuovo muro di sostegno sono inquadrati negli elaborati grafici allegati e qui sotto brevemente richiamate.

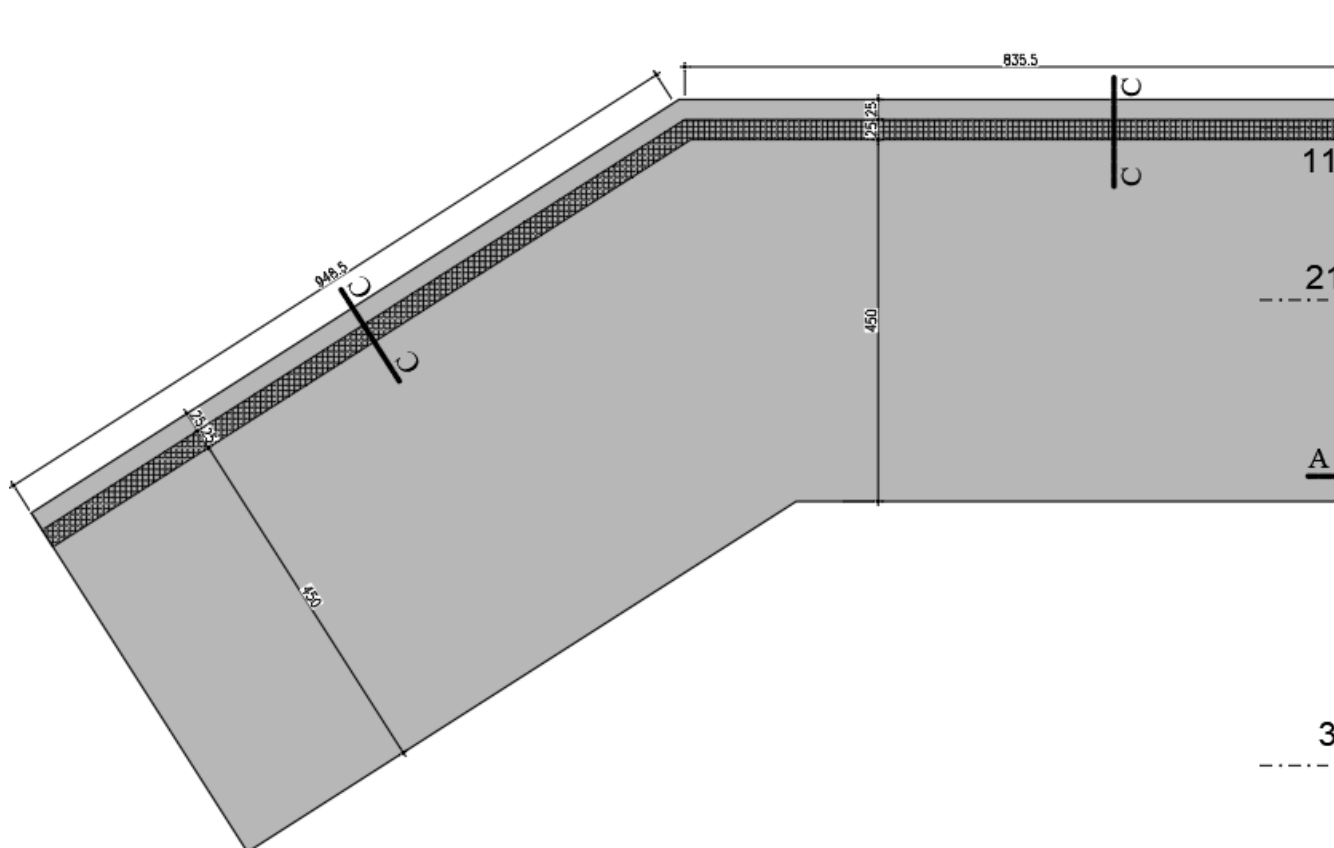


Figura 1 Muro di sostegno sul lato sud della scuola.

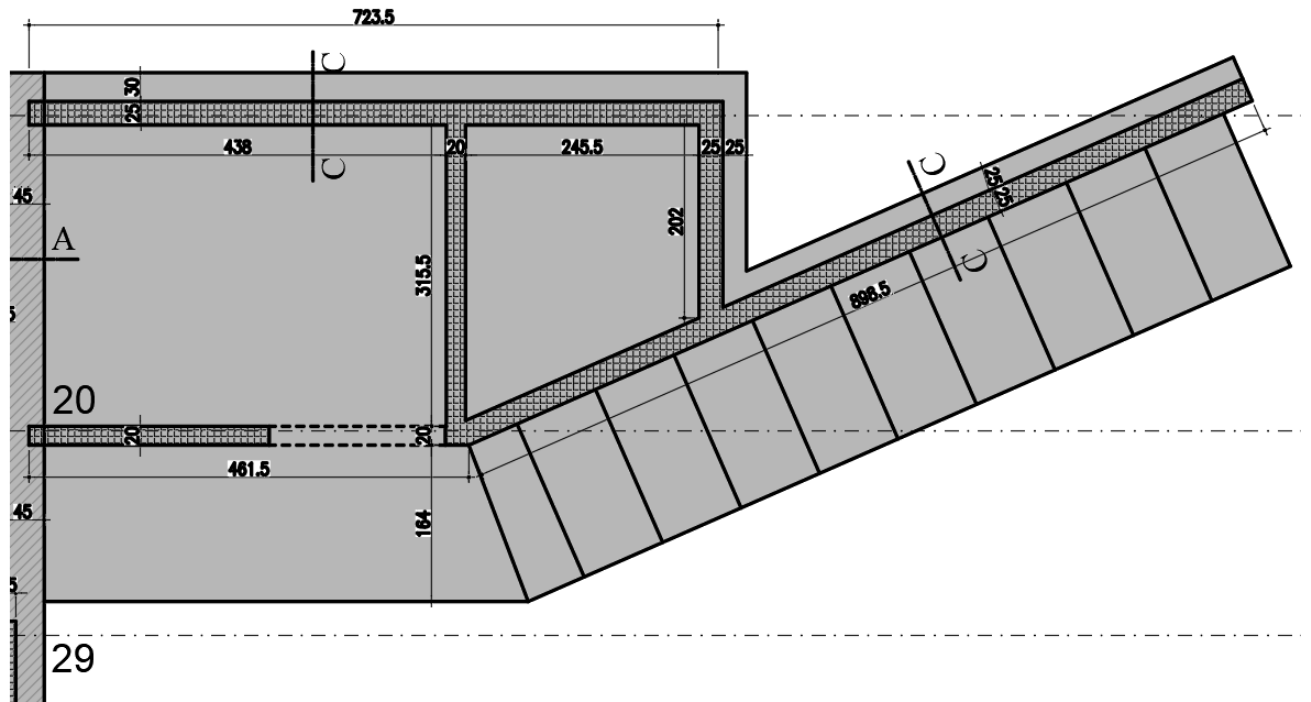


Figura 2 Muro di sostegno sul lato nord della scuola.



Figura 3 - Individuazione del sito d'intervento.

Tabella 1 - Localizzazione dell'intervento

- Via Radici n° 26
- Località Cerredolo
- Comune di Toano
- Coordinante Geografiche (ED50)
 - Lat. Nord 44.403093° N
 - Long. Est 10.618253° E
- Altezza sul livello del mare 322 m

2.2.2 Caratteristiche generali della struttura e approccio di verifica utilizzato

CARATTERISTICHE GENERALI DELLA STRUTTURA

Vita nominale	V_N	50 y
Classe d'uso		III
Coefficiente d'uso	C_u	1.5
Vita di riferimento	V_R	35 y
Materiale della struttura		Calcestruzzo Armato
Classe di duttilità		STRUTTURA NON DISSIPATIVA
Tipologia strutturale		Muro di sostegno
Fattore di comportamento per la componente orizzontale del sisma a SLV	q_SLV	1,00
Fattore di comportamento per la componente orizzontale del sisma a SLD	q_SLD	1,00
Fattore di struttura per la componente verticale del sisma	q	NON CONSIDERATO

2.3 Quadro normativo di riferimento adottato

2.3.1 Norme di riferimento cogenti

- Legge n° 1086 del 5-11-1971 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato e a struttura metallica”;
- Legge n° 64 del 2-2-1974 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- D.M. Min. Infrastrutture del 17 gennaio 2018 “nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018”;
- D.M. Min. Infrastrutture del 6 maggio 2008 “Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle nuove “Norme tecniche per le costruzioni””;
- Circolari Ministeriali varie sulle istruzioni delle dette norme.

2.4 Azioni di progetto sulla costruzione

2.4.1 Azioni statiche permanenti

2.4.1.1 *Pesi propri dei materiali strutturali e Carichi permanenti non strutturali*

ELEMENTI IN CLS

Peso proprio

G1_PP

25 kN/mc

Stratigrafia Terreno

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Litologia	Descrizione	
1	125	45	19.37	24	5.00	16		Argille debolmente limose	
2	250	45	22.00	23	12.00	15		Limi argillosi consistenti	
3	150	45	22.00	23	17.00	15		Marne argillose	

2.4.2 Azioni sismiche

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2008

Sito in esame.

latitudine: 44,403093

longitudine: 10,618253

Classe: 3

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17163 Lat: 44,3985 Lon: 10,5521 Distanza: 5282,274

Sito 2 ID: 17164 Lat: 44,4002 Lon: 10,6220 Distanza: 438,065

Sito 3 ID: 16942 Lat: 44,4502 Lon: 10,6196 Distanza: 5233,609

Sito 4 ID: 16941 Lat: 44,4484 Lon: 10,5497 Distanza: 7422,455

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 75anni

Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 45 [anni]

ag: 0,066 g

Fo: 2,489

Tc*: 0,259 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 75 [anni]

ag: 0,081 g

Fo: 2,501

Tc*: 0,269 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 712 [anni]

ag: 0,181 g

Fo: 2,522

Tc*: 0,295 [s]

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2008

SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,640

St: 1,200

Kh: 0,021

Kv: 0,011

Amax: 1,170

Beta: 0,180

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,620

St: 1,200

Kh: 0,026

Kv: 0,013

Amax: 1,431

Beta: 0,180

SLV:

Ss: 1,430

Cc: 1,570

St: 1,200

Kh: 0,075

Kv: 0,037

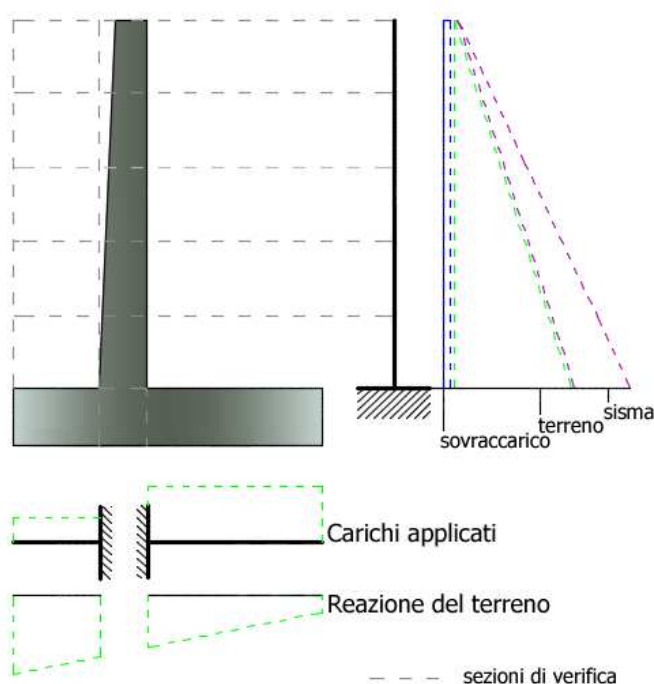
Amax: 3,044

Beta: 0,240

2.4.3 Metodologia di modellazione ed analisi

2.4.3.1 Metodologia di modellazione

Lo schema statico utilizzato per il calcolo delle caratteristiche di sollecitazioni è quello della trave incastrata (vedi figura), la mensola di elevazione può essere caricata da carichi distribuiti (spinta attiva del terreno, contributo del sovraccarico, incremento di spinta per la presenza di falda, incremento di spinta per effetto del sisma...) ma anche da carichi concentrati (forze inerziali, azioni aggiuntive sulla sezione del muro, tiranti...). Il momento flettente delle azioni viene riferito al baricentro della generica sezione di verifica.



Analogamente, per la fondazione di valle e di monte, si assume lo stesso schema statico della mensola di elevazione: si tratta di travi ad asse rettilineo che possono essere caricate da carichi distribuiti verticali, da forze o coppie concentrate.

Per il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione il programma sfrutta il metodo analitico facendo riferimento alle caratteristiche positive della convenzione sui segni adottata.

2.4.3.2 Metodologia di verifica

Secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi, la verifica di sicurezza di un elemento strutturale corrisponde al verificarsi, sezione per sezione, della seguente relazione simbolica:

$$E_d \leq R_d$$

in cui:

E_d rappresenta una sollecitazione di progetto (*ad esempio uno sforzo flettente, torcente, oppure una sollecitazione composta etc.*), prodotta dalle azioni agenti F_{dj} sul muro, valutate in base ai propri valori caratteristici e maggiorate in base a opportuni coefficienti di combinazione: $F_{dj} = F_{kj} \gamma F_j$

Per sollecitazioni composte (*ad esempio presso-flessione*) la verifica presuppone l'istituzione di un metodo di misura della sicurezza e la relazione precedente risulta essere, in questo caso, solo simbolica.

Si supponga, ad esempio, che in una data sezione agiscano contemporaneamente le sollecitazioni di progetto N_{Ed} ed M_{Ed} (sforzo normale e momento flettente); ad esse corrispondono infinite coppie di valori resistenti N_R, M_R che nel loro insieme costituiscono la linea di frontiera di un dominio resistente. La misura della sicurezza, in questo caso, consiste nel controllare che il punto rappresentativo delle sollecitazioni di progetto allo stato limite ultimo ricada internamente o al più sulla linea di frontiera di tale dominio, detto di sicurezza

R_d è il valore di calcolo della corrispondente sollecitazione resistente sviluppata dai materiali costituenti la sezione, le cui resistenze di calcolo sono ottenute a partire da quelle caratteristiche mediante l'applicazione di coefficienti riduttivi (detti parziali per le resistenze) allo scopo di assicurare il prefissato grado di sicurezza: $R_{di} = R_{ki} / \gamma_{Mi}$

2.4.4 Informazioni sul codice di calcolo

2.4.4.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Il calcolo dell'intera struttura è sviluppato mediante il software MDC prodotto da Geostru S.r.l.

E' un software per l'analisi di muri di sostegno con fondazioni dirette o su pali e in presenza di tiranti.

Il programma esegue il calcolo geotecnico utilizzando, a scelta dell'utente, le teorie usualmente adottate in geotecnica ed effettua tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente, tra cui quella di stabilità globale, anche in condizioni sismiche.

Il calcolo strutturale esegue il dimensionamento e la verifica delle armature con i metodi agli Stati Limite Ultimi.

Stratigrafia

L'input degli strati, estremamente semplice, permette all'utente di rappresentare successioni litostratigrafiche, a monte e a valle dell'opera, anche inclinate. Il software consente di operare con il mouse sull'area di lavoro per modificare spessore e inclinazione degli strati. Ogni litologia, caratterizzata dal punto di vista geotecnico dai parametri necessari al calcolo, può essere descritta in sintesi ed è possibile associarvi un colore o un retino.

MDC inoltre è dotato di un database interno di terreni che l'utente può modificare o integrare.

Calcolo

I metodi di calcolo impiegati nella valutazione della spinta sono scelti dall'utente tra quelli di Coulomb, Rankine e Mononobe & Okabe; inoltre è consentito scegliere di eseguire il calcolo considerando la spinta a riposo e, per gli elementi soggetti a spinta passiva, imporre la percentuale di spinta effettivamente mobilitata.

2.4.4.2 Affidabilità dei codici utilizzati

Dall'esame della documentazione a corredo del software si ritiene il programma di calcolo utilizzato nell'analisi affidabile e idoneo all'utilizzo per la risoluzione e la verifica del caso specifico.

Si rimanda al sito del produttore:

https://www.geostru.com/Help_Online_2015/MDC/IT/index.html?introduzione.htm,

dove è reperibile la documentazione di affidabilità e di validazione.

2.4.4.3 Validazione dei codici

Con riferimento alla classe d'uso della struttura non si rende necessaria una validazione indipendente del calcolo strutturale.

2.4.5 Modellazione delle azioni

Vedi:

- allegato A – VERIFICA E CALCOLO DEL MURO DI SOSTEGNO IN PROGETTO .

2.5 Combinazioni e/o percorsi di carico

2.5.1 Stati limite

2.5.1.1 A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	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
	Ribaltamento	1

2.5.1.2 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

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
	Ribaltamento	1

2.5.1.3 EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0.90
2	Spinta terreno	1.10
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00

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
	Ribaltamento	1

2.6 Principali risultati

Vedi:

- Allegato A – VERIFICA E CALCOLO DEL MURO DI SOSTEGNO IN PROGETTO .

2.6.1 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati ottenuti da calcolo, si ritengono compatibili con quelli desunti da verifiche sommarie. Si accettano dunque i risultati dell'analisi e della verifica.

2.7 Verifiche a SLU

Vedi:

- Allegato A – VERIFICA E CALCOLO DEL MURO DI SOSTEGNO IN PROGETTO .

2.7.1 Conclusioni

Tutte le verifiche a SLU risultano soddisfatte

2.8 Verifiche a SLE

Vedi:

- Allegato A - VERIFICA E CALCOLO DEL MURO DI SOSTEGNO IN PROGETTO .

2.8.1 Conclusioni

Tutte le verifiche a SLE risultano soddisfatte

3 Relazione sui materiali

3.1 Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera - Strutture di fondazione.

- Calcestruzzo Classe C32/40 _ Strutture di fondazione e in elevazione
- Acciaio per c.a. B450C

3.1.1 Calcestruzzo

Materiali

Nome del Materiale: Cls C32/40

Materiale Isotropo
 Materiale Ortotropo

mod. Elas	N/mm ²	33345.764463
Alfa	1/°C	1e-05
v		0.2
G	N/mm ²	13894.068526
Peso Specif.	kN/m ³	25

Parametri secondo Normativa

Tipologia del materiale: Calcestruzzo

Database materiali... Elimina Rinomina Salva Chiudi

Tipo di materiale: Cls C32/40

Generale Calcestruzzo Acciaio da Carpenteria Acciaio per armature Legno XLam

Rck 40 N/mm² fck 32 N/mm² α_{cc} 0.85 Materiale esistente

fctm 3.0238105 N/mm² fctk 2.1166673 N/mm² α_{ct} 1

fm 40 N/mm² FC 1

Legame costitutivo del ~Parabola Rettangolo

SLU comp γ_M 1.5 SLU traz γ_M 1.5 SLU Eccez γ_M 1

Coeff.per pressofless. 1 x fcd

fcd 18.13333333 N/mm²

fctd 1.4111115758 N/mm²

ϵ_{yd} 0.002

ϵ_{ud} 0.0035

Resistenza a trazione per Pushover Auto FT 4.2426406 N/mm²

Verifiche SLE

No resist. comp No resist. traz

Aggiorna proprietà meccaniche

Parametri verifiche DM'18

OK Annulla Applica ?

3.1.2 Acciaio per c.a.

Materiali

Nome del Materiale B450C 26

Materiale Isotropo Materiale Ortotropo

mod. Elas N/mm² 200000

Alfa 1/°C 1.2e-005

v 0.3

G N/mm² 76923.0769230

Peso Specif. kN/m³ 78.5

Parametri secondo Normativa

Tipologia del materiale

Acciaio per Armature

Database materiali...

Elimina Rinomina Salva Chiudi

Tipo di Materiali

Generale Calcestruzzo Acciaio da Carpenteria **Acciaio per Armature** Legno XLam

fyk 450 N/mm² fu 540 N/mm² materiale esistente
 Aderenza Migliorata ϵ_{ud} 0.0675 Legame Costitutivo del materiale:
 ~Bilatera Acciaio

fm 450 N/mm² FC 1

Verifiche SLU

SLU comp	SLU traz	SLU Eccezz
γ_M 1.15	γ_M 1.15	γ_M 1
fd Compres. 391.304347826 N/mm ²		
fd Trazione 391.304347826 N/mm ²		

Modifica Legame Costitutivo

Verifiche SLE

No Resist.Comp No Resist.Traz
 Aggiorna Prop.Meccaniche

OK Annulla Applica ?

3.2 Prescrizioni relative alla durabilità dei materiali

3.2.1 Strutture in acciaio

Con riferimento alle strutture di acciaio si prescrivono trattamenti protettivi tipo zincatura o equivalenti.

3.2.2 Strutture in c.a.

Con riferimento al calcestruzzo per le strutture di fondazione si definiscono le specifiche di progetto atte a soddisfare i requisiti di durabilità secondo il §4.1.6.1.3 del DM 17/1/2018

- Calcestruzzo per strutture di fondazione e di elevazione
 - Classe di esposizione: XC2 (Ambiente ordinario §C4.1.IV)
 - Diametro massimo aggregato $\Phi_{agg} = 32$ mm
 - Classe di consistenza S4
 - Copriferro minimo $c_{min} = 25$ mm (40 mm se getto direttamente controterra)

4 Elaborati grafici esecutivi e particolari costruttivi

Vedi tavole allegate.

5 Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera.

5.1 Attività di manutenzione dell'intervento.

Si riportano in seguito, le attività di manutenzione al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico delle opere strutturali.

5.1.1 Strutture in cemento armato - Fondazioni

5.1.1.1 Possibili anomalie

- Cavillature superficiali: Rete di microfessurazioni sulla superficie del calcestruzzo.
- Fessurazioni: Spaccature sottili, singole o ramificate, parallele o ortogonali all'armatura che penetrano nel calcestruzzo non solo a livello superficiale.
- Disgregazione: Distacco di granuli o cristalli di dimensioni piccole sotto sollecitazioni meccaniche.
- Distacco: Distacco di parti notevoli del materiale dell'elemento strutturale.
- Scheggiature: Distacco di piccole parti lungo i bordi e gli spigoli di calcestruzzo.
- Esposizione: Esposizione dei ferri di armatura: distacco del copriferro dell'elemento strutturale e relativa esposizione delle barre di armatura a fenomeni di corrosione per azione degli agenti atmosferici.
- Corrosione: Formazione di strati di ruggine sulle barre di armatura e conseguente degrado e perdita delle proprietà meccaniche.
- Freccia: Deformazione dell'elemento strutturale sotto carico, in caso di superamento del limite elastico rimangono delle deformazioni permanenti dell'elemento.
- Movimento facciata: Movimenti di traslazione e rotazione dei muri perimetrali di un edificio dovuti a cedimenti fondazionali.

5.1.1.2 Controlli

- Aspetto strutture portate: Verifica dell'aspetto delle strutture in elevazione; sorveglianza dei movimenti dei giunti di dilatazione a livello dei solai in grado di evidenziare assestamenti differenziali. (ogni 2 anni e all'occorrenza)
- Siccità: Visita di controllo dopo un periodo di estrema siccità. (all'occorrenza)

5.1.1.3 Manutenzioni

- **Controllo dissesto:** Controllo regolare del dissesto con l'assunzione di punti di riferimento e misure per il monitoraggio dell'evoluzione. Dopo una diagnosi precisa e una stabilizzazione del fenomeno è possibile effettuare la sigillatura delle fessurazioni, la correzione di un fuori piombo o il livellamento del terreno. (all'occorrenza)
- **Rifacimento sottomurature:** Rifacimento delle sottomurature, iniezioni di malta, micropali ecc. La sostituzione o il rinforzo di fondazioni può essere compiuto in caso di modifica del carico o di sinistro importante. (all'occorrenza)
- **Consolidamento:** Nel caso di comparsa di disuniformità, crepe o segni di rottura su elementi strutturali che sono collegati all'elemento di fondazione, può rendersi necessario l'intervento di consolidamento del terreno a seguito di uno smottamento o una variazione della falda acquifera. (all'occorrenza)

5.2 Ulteriori prescrizioni comuni a tutti i tipi di strutture.

L'esito di ogni ispezione deve formare oggetto di uno specifico rapporto da conservare insieme alla relativa documentazione tecnica. A conclusione di ogni ispezione, inoltre, il tecnico incaricato deve, se necessario, indicare gli eventuali interventi a carattere manutentorio da eseguire ed esprimere un giudizio riassuntivo sullo stato d'opera.

Tale verifica si dovrà fare obbligatoriamente a seguito di eventi eccezionali quali uragani, trombe d'aria, terremoti, esplosioni, urti, ecc, oppure a seguito di un cambio di destinazione d'uso qualora comporti un incremento di carico non previsto in fase di progetto.

6 Relazioni specialistiche sui risultati sperimentali.

6.1 Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito.

Le caratteristiche geologiche del terreno adottate nella progettazione e nelle verifiche, si deducono a partire da "RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA" e successiva "INTEGRAZIONE", a firma del dott. Geol. Paolo Calicetti.

6.2 Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno.

Le caratteristiche geotecniche del terreno adottate nella progettazione e nelle verifiche, si deducono a partire da "RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA" e successiva "INTEGRAZIONE", a firma del dott. Geol. Paolo Calicetti..

Si riportano di seguito le caratteristiche della successione geotecnica del terreno, estrapolata da relazione geologica:

<u>Profondità da P.C (m)</u>	<u>Descrizione materiale</u>	<u>Parametri</u>	
<u>STRATO 1</u> P.C- 0,8 m	Terreno vegetale e argille debolmente limose moderatamente consistenti.	<u>RD</u>	32,4 kg/cm ² = 3177 kN/m ²
		<u>Cu</u>	0,47 kg/cm ² = 46 kN/m ²
		<u>Cu_s</u>	0,25 kg/cm ² = 24,1 kN/m ²
		<u>Ang. attrito</u>	24,6°
		<u>Ang. Attrito_s</u>	-
		<u>C'</u>	0,05 kg/cm ² = 5 kN/m ²
		<u>NSPT</u>	4,8
		<u>ME</u>	59,7 Kg/cm ² = 5854 kN/m ²
		<u>ME_s</u>	34,9 Kg/cm ² = 3422 kN/m ²
		<u>Mod. young</u>	47,8 Kg/cm ² = 4687 kN/m ²
		<u>γ_d</u>	17 kN/m ³ = 1733 kg/m ³
		<u>γ_s</u>	19 kN/m ³ = 1937 kg/m ³
		<u>Mod. Poisson</u>	0,33
		<u>Kh</u>	1 kg/cm ²
<u>Ko</u>	2 kg/cm ²		

<p><u>STRATO 2</u></p> <p>0,8-2,2 m da P.C</p>	<p>Limi argillosi consistenti</p>	<u>RD</u>	80,6 kg/cm ² = 7904 kN/m ²
		<u>Cu</u>	1,26 kg/cm ² = 123,5 kN/m ²
		<u>Cu_v</u>	0,78 kg/cm ² = 77,2 kN/m ²
		<u>Ang. attrito</u>	27,6°
		<u>Ang. Attrito_v</u>	23°
		<u>C'</u>	0,13 kg/cm ² = 12 kN/m ²
		<u>NSPT</u>	13
		<u>ME</u>	132 Kg/cm ² = 12944 kN/m ²
		<u>ME_v</u>	51,4 Kg/cm ² = 5042 kN/m ²
		<u>Mod. young</u>	128 Kg/cm ² = 12552 kN/m ²
		<u>γ_d</u>	20 kN/m ³ = 2039 kg/m ³
		<u>γ_s</u>	22 kN/m ³ = 2243 kg/m ³
		<u>Mod. Poisson</u>	0,30
		<u>Kh</u>	2,5 kg/cm ³
<u>Ko</u>	5 kg/cm ³		

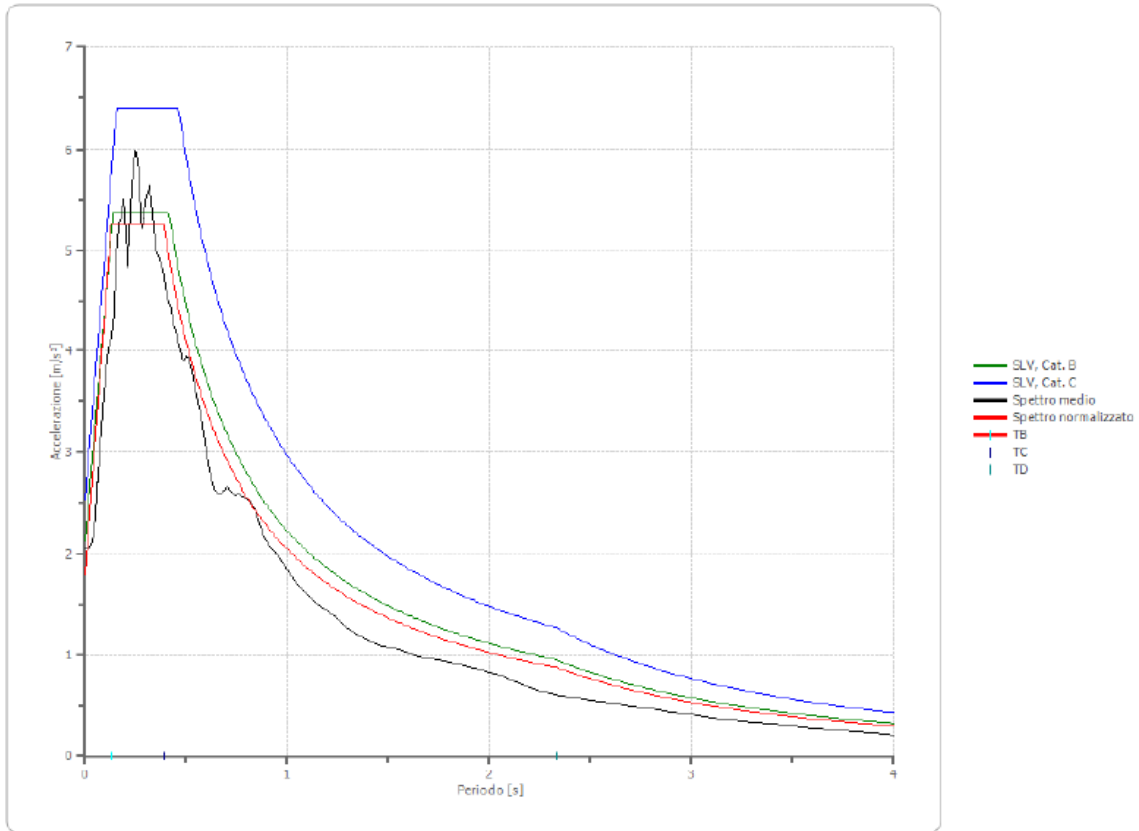
<p><u>STRATO 3</u></p> <p>2,2- 6,8 m da P.C</p>	<p>Marne argillose e intercalazioni arenacee alterate estremamente consistenti</p>	<u>RD</u>	93,8 kg/cm ² = 9198 kN/m ²
		<u>Cu</u>	1,8 kg/cm ² = 176,5 kN/m ²
		<u>Cu_v</u>	0,97 kg/cm ² = 95,2 kN/m ²
		<u>Ang. attrito</u>	30°
		<u>Ang. Attrito_v</u>	23°
		<u>C'</u>	0,18 kg/cm ² = 17 kN/m ²
		<u>NSPT</u>	18,7
		<u>ME</u>	192 Kg/cm ² = 18828 kN/m ²
		<u>ME_v</u>	57 Kg/cm ² = 5590 kN/m ²
		<u>Mod. young</u>	186 Kg/cm ² = 18240 kN/m ²
		<u>γ_d</u>	20 kN/m ³ = 2039 kg/m ³
		<u>γ_s</u>	22 kN/m ³ = 2243 kg/m ³
		<u>Mod. Poisson</u>	0,29
		<u>Kh</u>	5 kg/cm ³
<u>Ko</u>	9 kg/cm ³		
<u>Legenda:</u>	<p><i>γ_s, γ_d- Peso specifico saturo e drenato; RD- Resistenza dinamica; Cu, C'- coesione non drenata e drenata (Shertmann); Angolo d'attrito (De Mello); ME- Modulo edometrico, Kh coefficiente Winkler verticale, Ko coefficiente di Winkler orizzontale (Pozzati, Bowles); k indica il valore caratteristi del parametro dove è stato possibile calcolarlo.</i></p>		

Tab.5- Vengono riassunti i parametri geotecnici delle DPSH.

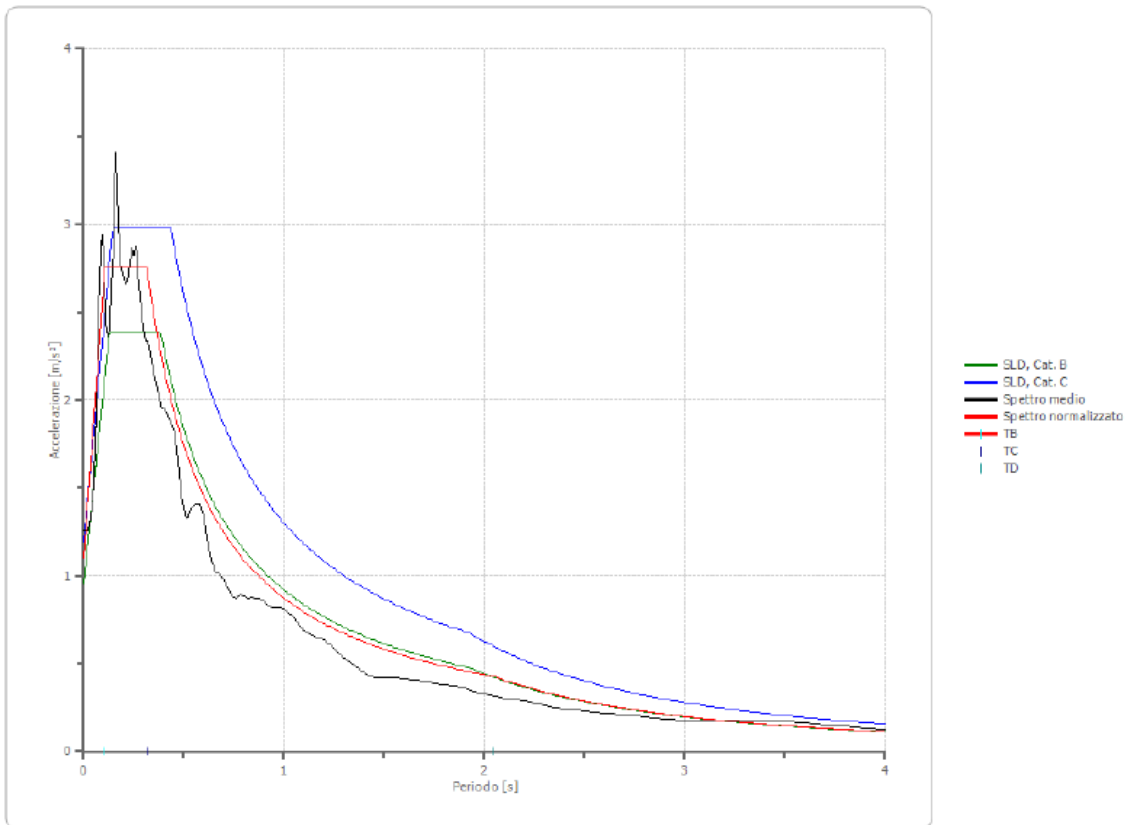
6.3 Relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

Per la modellazione dell’azione sismica relativa al sito d’interesse, è stato valutato lo spettro di risposta calcolato con analisi di III livello relativo al sito d’intervento, come sotto indicato:

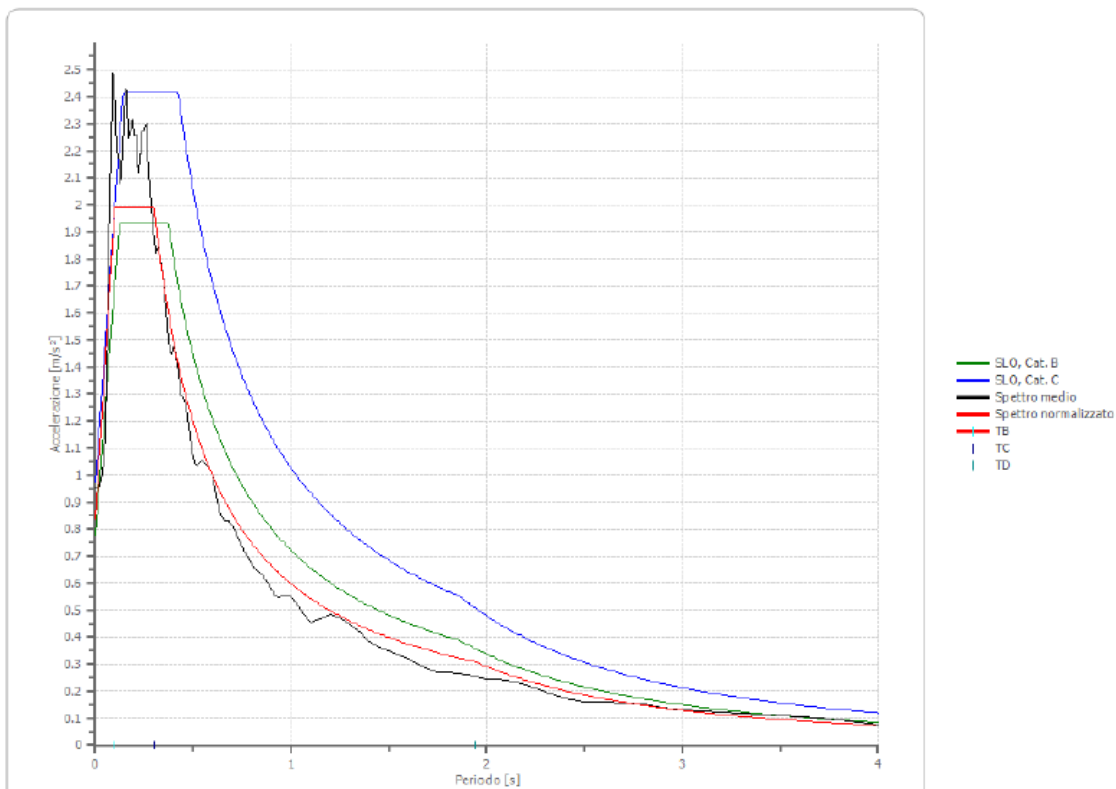
STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA:



STATO LIMITE DI DANNO:



STATO LIMITE DI OPERATIVITA':



Si ritiene, vista la particolare conformazione della costruzione oggetto della presente relazione e la particolare forma degli spettri di risposta, che sia plausibile determinare con un accettabile livello di approssimazione e di sicurezza l'azione sismica con approccio semplificato; si determinano i parametri dalla classificazione del sottosuolo e con l'individuazione, mediante apposite tabelle fornite dalla normativa, del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS, del coefficiente di amplificazione topografica ST nonché del coefficiente CC che modifica il periodo TC e di conseguenza gli altri periodi notevoli dello spettro (NTC 2018, §3.2.2-3)

In particolare sono stati considerati:

DM 2018

Categoria suolo fondazione:

Categoria topografica

RELAZIONE DI CALCOLO

Normative di riferimento:

NTC 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - D.M. 17 gennaio 2018

NTC 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Coulomb è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta S_t è applicata ad $1/3 H$ di valore

$$S_t = \frac{1}{2} \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta - \varphi)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)} \right]^2}$$

Valori limite di K_a :

$d < (b - \varphi - e)$ secondo Muller-Breslau

γ_t = Peso unità di volume del terreno;

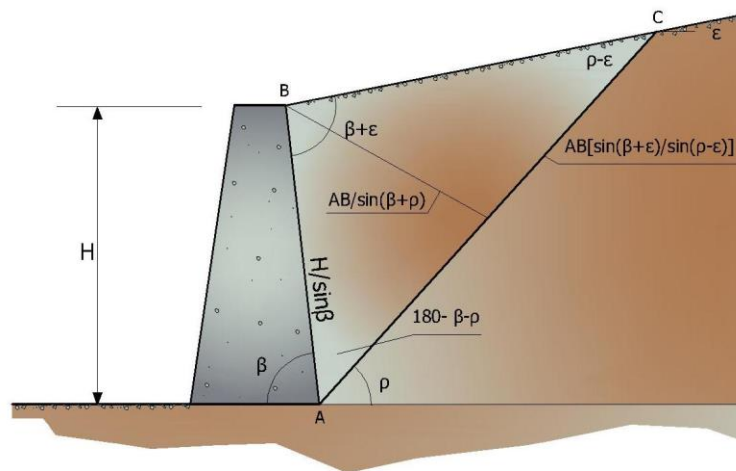
b = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

δ = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

d = Angolo di attrito terra-muro;

e = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H = Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se $e = d = 0$ e $b = 90^\circ$ (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta S_t si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1 - \sin\phi)}{(1 + \sin\phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

$$K_a = \cos\varepsilon \frac{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}}{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\phi}}$$

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo ε , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità ϑ tale che:

$$\tan\vartheta = \left(\frac{k_h}{1 \pm k_h} \right)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni (NTC 2018):

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right); \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario. I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo § 7.11.6.3.2.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right); k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

a_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = Accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S = coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - PVR)}$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

a_{gR} = Accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante;

γ_I = Fattore di importanza;

S = Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);

$a_g = a_{gR}\gamma_I$ è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale k_v è definito in funzione di k_h , e vale:

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

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_c come segue:

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_a}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}}{\gamma}$$

dove

Q = Carico agente sul terrapieno.

Se $Z_c < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a $H/2$.

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Con punto di applicazione ad $H/2$, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

H= Altezza muro;

k_v = Coefficiente sismico verticale;

g= Peso per unità di volume del terreno;

K= Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);

E_{ws} = Spinta idrostatica dell'acqua;

E_{wd} = Spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo ϑ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica

La falda con superficie distante H_w dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z, sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo g_t con g'_t ($g'_t = g_{\text{saturo}} - g_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 - \frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)} \right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ pari a:

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos \varepsilon + \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}{\cos \varepsilon - \sqrt{\cos^2 \varepsilon - \cos^2 \varphi}}$$

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

$A' = B' \cdot L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u = Coesione non drenata;

q = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c = Fattore di forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$ per fondazioni rettangolari, il valore di s_c viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastriformi

d_c = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ altrimenti $K = \arctan \frac{D}{B}$

i_c = Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H ;

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

A_f = Area efficace della fondazione;

c_a = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

VESIC - Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \leq c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi' \cdot (1 - \sin \varphi') \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

$$\frac{R}{A'} \leq (2 + \pi) \cdot c_u (1 + s_c + d_c - i_c) + q$$

Dove:

$A' = B' L'$ area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u = Coesione non drenata;

q = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c = Fattore di forma, $s_c = 0$ per fondazioni nastriformi;

d_c = Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ altrimenti $K = \arctan \frac{D}{B}$

i_c = Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

A_f = Area efficace della fondazione;

c_a = Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

HANSEN- Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A} \leq c' N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \cdot \tan \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare.}$$

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{per fondazione nastriforme}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot \varphi'} \right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

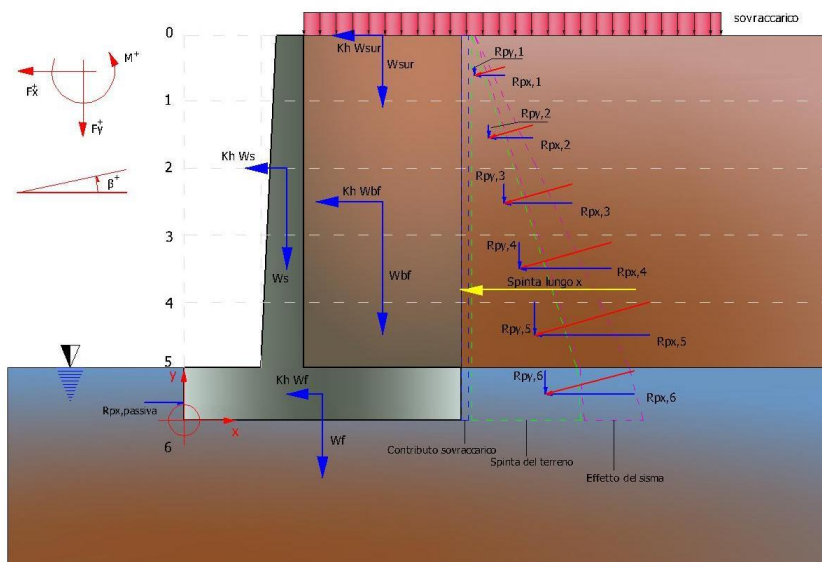
$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1 \text{ altrimenti } K = \arctan \frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in n-tratti.

Convenzione segni

- Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;
- Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;
- Coppie positive se antiorarie;
- Angoli positivi se antiorari.

Dati generali

Lat./Long. [WGS84]	44.402145/10.617245
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	400.0 cm
Spessore testa muro	25.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	600.0 cm
Sporgenza mensola a monte	25.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	25.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	25.0 cm

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:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.647	2.489	0.259
S.L.D.	75.0	0.794	2.501	0.269
S.L.V.	712.0	1.775	2.522	0.295
S.L.C.	1462.0	2.197	2.547	0.305

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	1.1646	0.18	0.0214	0.0107
S.L.D.	1.4292	0.18	0.0262	0.0131
S.L.V.	3.0376	0.24	0.0743	0.0372
S.L.C.	3.5792	0.31	0.1132	0.0566

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C40/50	50	35220	40	19.83	1.49	3.2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	$\beta_1*\beta_2$ iniziale	$\beta_1*\beta_2$ finale
1	B450C	200000	450	391.3	540	391.3	.075	.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	.075	.0675	1	0.5
3	B450C**	200000	450	391.3	458.3	398.5	.012	.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro C25/30 B450C

Copriferro, Elevazione	3.0 cm
Copriferro, Fondazione	3.0 cm
Copriferro, Dente di fondazione	3.0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore (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
1	125	45	19.37	24	5.00	16	No		Argille debolmente limose
2	250	45	22.00	23	12.00	15	No		Limi

									argillosi consistenti	
3	150	45	22.00	23	17.00	15	No		Marne argillose	

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	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	1.4
2	Scorrimento	1.1
3	Partecipazione spinta passiva	1.4
	Ribaltamento	1.15

A_Unitari+M1+RSLV

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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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
425.0	345.0	19.37	40.0	24.0	16.0	5.0	0.0	

345.0	300.0	19.37	40.0	24.0	16.0	5.0	0.0
300.0	265.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0
265.0	185.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0
185.0	105.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0
105.0	50.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0
50.0	25.0	22.0	45.0	23.0	15.0	17.0	0.0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
16.0	0.85	0.0	0.0	0.82	0.23	0.0	0.0
16.0	0.85	0.0	0.0	0.82	0.23	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota iniziale strato (cm)
 Q_f Quota finale strato (cm)
 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	425.0	345.0	0.6	0.13	353.01	353.01
2	345.0	300.0	4.31	0.95	318.87	318.87
3	300.0	265.0	0.79	0.27	273.59	276.12
4	265.0	185.0	12.5	2.87	216.89	217.73
5	185.0	105.0	27.7	6.01	141.34	141.52
6	105.0	50.0	27.86	5.95	76.32	76.36
7	50.0	25.0	12.13	2.59	37.24	37.25

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y Peso del muro (kN);
 P_x Forza inerziale (kN);

Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
345.0	0.0	5.0	612.5	385.0
300.0	0.0	7.8	612.5	362.5
265.0	0.0	10.0	612.5	345.0
185.0	0.0	15.0	612.5	305.0
105.0	0.0	20.0	612.5	265.0
50.0	0.0	23.45	612.5	237.5
25.0	0.0	25.0	612.5	225.0

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
345.0	0.6	5.13	0.03	25.0
300.0	4.91	8.88	0.99	25.0
265.0	5.7	11.36	2.75	25.0
185.0	18.2	19.23	10.93	25.0
105.0	45.9	30.24	34.8	25.0
50.0	73.76	39.63	66.64	25.0
25.0	85.89	43.78	86.24	25.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.
 Afm Area dei ferri lato monte.
 Nu Sforzo normale ultimo (kN);
 Mu Momento flettente ultimo (kNm);
 Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	5.41	37.17	S	106.22	0.0	174.98
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	9.31	37.56	S	106.27	0.0	21.23
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	11.58	37.79	S	106.3	0.0	18.3
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	19.49	38.57	S	106.41	0.0	5.73
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	30.79	39.69	S	106.55	0.0	2.28

4Ø12 (4.52)	8Ø12 (9.05)	40.34	74.8	S	118.21	0.0	1.57
6Ø12 (6.79)	11Ø12 (12.44)	44.58	100.23	S	131.41	0.0	1.5

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (650.0/0.0)

Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (650.0/446.0)

Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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
446.0	425.0	19.37	40.0	24.0	24.0	5.0	0.0	
425.0	345.0	19.37	40.0	24.0	24.0	5.0	0.0	
345.0	325.0	19.37	40.0	24.0	24.0	5.0	0.0	
325.0	265.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0	
265.0	185.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0	
185.0	105.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0	
105.0	75.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0	
75.0	25.0	22.0	45.0	23.0	23.0	17.0	0.0	
25.0	0.0	22.0	45.0	23.0	15.0	17.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24.0	0.9	0.0	0.0	0.82	0.36	0.0	0.0
24.0	0.9	0.0	0.0	0.82	0.36	0.0	0.0
24.0	0.9	0.0	0.0	0.82	0.36	0.0	0.0

23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
 Qf Quota finale strato (cm)
 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	446.0	425.0	0.0	0.0	435.5	435.5
2	425.0	345.0	2.22	0.76	360.48	360.48
3	345.0	325.0	2.33	0.8	334.41	334.41
4	325.0	265.0	2.98	1.18	281.7	283.41
5	265.0	185.0	17.12	5.91	219.08	219.4
6	185.0	105.0	32.33	10.87	141.86	141.96
7	105.0	75.0	16.04	5.36	89.67	89.67
8	75.0	25.0	25.8	8.62	49.04	49.06
9	25.0	0.0	14.89	6.06	12.29	12.39

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato (cm);
 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
25.0	0.0	22.0	225.0	23.0	15.0	17.0	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
 Kp Coefficiente di resistenza passiva.

Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
195.0	2.28	-2.2	-0.59

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
 Qf Quota finale strato (cm)
 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	25.0	0.0	-13.92	0.0	12.05	0.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	113.71	39.57	-120.78
Peso muro	0.0	25.0	-153.13
Peso fondazione	0.0	40.63	-132.03
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	27.4	-174.69
Spinte fondazione	-13.92	0.0	-1.68
	99.79	132.6	-582.3

Momento stabilizzante -717.05 kNm

Momento ribaltante 134.74 kNm

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
 Fx Forza in direzione x (kN);
 Fy Forza in direzione y (kN);
 M Momento (kNm);
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

17.45	-13.92	1.1	0.16	25.0
600.0	-13.92	-74.95	-105.82	25.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	14.41	38.07	S	106.33	0.0	94.8
13Ø12 (14.7)	7Ø12 (7.92)	14.17	114.11	S	134.57	0.0	1.76

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
625.0	14.89	51.92	-11.45	25.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	14.98	38.12	S	106.35	0.0	2.01

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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
425.0	345.0	19.37	40.0	24.0	16.0	5.0	0.0	
345.0	300.0	19.37	40.0	24.0	16.0	5.0	0.0	
300.0	265.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0	
265.0	185.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0	
185.0	105.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0	
105.0	50.0	22.0	45.0	23.0	15.0	12.0	0.0	
50.0	25.0	22.0	45.0	23.0	15.0	17.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
16.0	0.85	0.0	0.0	0.82	0.23	0.0	0.0
16.0	0.85	0.0	0.0	0.82	0.23	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
----	----------------------------

Qf Quota finale strato (cm)
 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	425.0	345.0	0.46	0.13	353.01	353.01
2	345.0	300.0	3.32	0.95	318.87	318.87
3	300.0	265.0	0.61	0.27	273.59	276.12
4	265.0	185.0	9.61	2.87	216.89	217.73
5	185.0	105.0	21.31	6.01	141.34	141.52
6	105.0	50.0	21.43	5.95	76.32	76.36
7	50.0	25.0	9.33	2.59	37.24	37.25

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
345.0	0.0	5.0	612.5	385.0
300.0	0.0	7.8	612.5	362.5
265.0	0.0	10.0	612.5	345.0
185.0	0.0	15.0	612.5	305.0
105.0	0.0	20.0	612.5	265.0
50.0	0.0	23.45	612.5	237.5
25.0	0.0	25.0	612.5	225.0

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
345.0	0.46	5.13	0.02	25.0
300.0	3.78	8.88	0.73	25.0
265.0	4.38	11.36	2.07	25.0
185.0	14.0	19.23	8.29	25.0
105.0	35.31	30.24	26.48	25.0
50.0	56.74	39.63	50.79	25.0
25.0	66.07	43.78	65.79	25.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	$\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	5.41	37.17	S	106.22	0.0	227.48
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	9.31	37.56	S	106.27	0.0	27.59
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	11.58	37.79	S	106.3	0.0	23.78
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	19.49	38.57	S	106.41	0.0	7.46
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	30.79	39.69	S	106.55	0.0	2.96
4Ø12 (4.52)	8Ø12 (9.05)	40.34	74.8	S	118.21	0.0	2.04
6Ø12 (6.79)	11Ø12 (12.44)	44.58	100.23	S	131.41	0.0	1.95

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1, yr1) = (650.0/0.0)$
 Piano di rottura passante per $(xr2, yr2) = (650.0/446.0)$
 Centro di rotazione $(xro, yro) = (0.0/0.0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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
446.0	425.0	19.37	40.0	24.0	24.0	5.0	0.0	
425.0	345.0	19.37	40.0	24.0	24.0	5.0	0.0	
345.0	325.0	19.37	40.0	24.0	24.0	5.0	0.0	
325.0	265.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0	
265.0	185.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0	

185.0	105.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0
105.0	75.0	22.0	45.0	23.0	23.0	12.0	0.0
75.0	25.0	22.0	45.0	23.0	23.0	17.0	0.0
25.0	0.0	22.0	45.0	23.0	15.0	17.0	0.0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

K_a Coefficiente di spinta attiva.

K_d Coefficiente di spinta dinamica.

D_k Coefficiente di incremento dinamico.

K_{ax} , K_{ay} Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.

D_{kx} , D_{ky} Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
24.0	0.9	0.0	0.0	0.82	0.36	0.0	0.0
24.0	0.9	0.0	0.0	0.82	0.36	0.0	0.0
24.0	0.9	0.0	0.0	0.82	0.36	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
23.0	0.9	0.0	0.0	0.83	0.35	0.0	0.0
15.0	0.86	0.0	0.0	0.83	0.22	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota iniziale strato (cm)

Q_f Quota finale strato (cm)

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	446.0	425.0	0.0	0.0	435.5	435.5
2	425.0	345.0	1.71	0.76	360.48	360.48
3	345.0	325.0	1.79	0.8	334.41	334.41
4	325.0	265.0	2.29	1.18	281.7	283.41
5	265.0	185.0	13.17	5.91	219.08	219.4
6	185.0	105.0	24.87	10.87	141.86	141.96
7	105.0	75.0	12.34	5.36	89.67	89.67
8	75.0	25.0	19.85	8.62	49.04	49.06
9	25.0	0.0	11.46	6.06	12.29	12.39

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
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
25.0	0.0	22.0	225.0	23.0	15.0	17.0	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
195.0	2.28	-2.2	-0.59

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
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	25.0	0.0	-13.92	0.0	12.05	0.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	87.47	39.57	-152.26
Peso muro	0.0	25.0	-153.13
Peso fondazione	0.0	40.63	-132.03

Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	21.08	-134.38
Spinte fondazione	-13.92	0.0	-1.68
	73.55	126.27	-573.47

Momento stabilizzante -676.73 kNm
Momento ribaltante 103.26 kNm

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
62.45	-13.92	3.9	1.28	25.0
600.0	-13.92	-68.2	-76.84	25.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	14.41	38.07	S	106.33	0.0	26.74
13Ø12 (14.7)	7Ø12 (7.92)	14.17	114.11	S	134.57	0.0	1.94

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
---------	----	----	---	---

625.0	11.46	51.69	-11.41	25.0
-------	-------	-------	--------	------

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT $\min\{Vrd; Vwd\}/Vsdu$
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
2Ø12 (2.26)	4Ø12 (4.52)	11.58	37.79	S	106.3	0.0	2.02

Indice

Dati generali	.10
CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	.11
Stratigrafia	.12
Fattori combinazione	.12
A1+M1+R3 [GEO+STR]	.14
1-(Peso, Baricentro, Inerzia)	.15
1-Armatura elevazione	.16
1-Sollecitazioni totali	.19
1-Armatura in fondazione	.20
A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]	.21
2-(Peso, Baricentro, Inerzia)	.22
2-Armatura elevazione	.23
2-Sollecitazioni totali	.26
2-Armatura in fondazione	.26
Indice	.28