RegioneEmilia-Romagna
AGENZIA REGIONALE
PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E LA PROTEZIONE CIVILE
SERVIZIO COORDINAMENTO INTERVENTI URGENTI E MESSA IN SICUREZZA
AREA AFFLUENTI PO - AMBITO DI PARMA

Legge di finanziamento: **DGR n. 859 del 11/06/2018 – Quantificazione delle ulteriori risorse finanziarie 2018 – 2020 da trasferire all'Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile per gli interventi in materia di Difesa del Suolo e della Costa. Approvazione del programma complessivo degli interventi 2018 – 2020 finanziato con le risorse trasferite.**

Codice intervento: **7B1A016** – *Comune di* **Salsomaggiore Terme (PR)**

Titolo: **Manutenzione opere idrauliche e ripristino sezione di deflusso del torrente Ghiara in Salsomaggiore Terme capoluogo (PR)**

Importo del finanziamento: **€ 250.000,00**

Coordinate WGS84: **Lat: 44,804396° – Long: 9,984066°**

ALL. 02	**RELAZIONE GEOTECNICA STRUTTURALE**	**Progetto** ☐ preliminare ☐ definitivo ■ esecutivo

Gruppo di progettazione

Progettista responsabile:
Ing. Giuseppe Magnani

Ing. Gianmarco Di Dio

Ing. Alessandro Bacchi

Geol. Luigi Lopardo

Visto di validazione *(art. 26 D.Lgs 50/2016)*
Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Gabriele Alifraco

17 LUG. 2018

SOMMARIO

1. - PREMESSA E NORME TECNICHE UTILIZZATE 2

1.1 – Norme tecniche 2

2. - PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO 3

3. - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO 3

4. - MODELLO GEOTECNICO 4

5. – CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA LIQUEFAZIONE 6

6. – CONCLUSIONI IN MERITO AL MODELLO GEOTECNICO 6

7. – IL PROGETTO DELLE OPERE STRUTTURALI DI CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE 7

7.1 – Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito 7

7.2 – Descrizione generale delle strutture in progetto 10

7.3 – Fasi di realizzazione delle opere e Piano di Monitoraggio 11

7.4 - Materiali e prodotti per uso strutturale 12

7.5 - AZIONI: principali combinazioni - coefficienti parziali - coefficienti di combinazione 13

7.6 - Criteri generali di progettazione e di modellazione 15

7.7 - Sintesi delle verifiche di sicurezza e giudizio motivato di accettabilità dei risultati 23

7.8 – Caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo 24

7.9 – Tabulati di calcolo – Allegato A 24

1. - PREMESSA E NORME TECNICHE UTILIZZATE

La presente relazione geotecnica e di calcolo strutturale è stata redatta nell'ambito del progetto esecutivo di un muro di sostegno posto lungo la sponda destra del T. Ghiara, al limite meridionale dell'abitato di Salsomaggiore, da realizzarsi a protezione dell'officiosità idraulica del T. Ghiara stesso in quanto, nel periodo primavera 2013 – primavera 2015, un importante movimento franoso ha deformato e dislocato le opere di difesa spondale e di contenimento esistenti.

Le norme tecniche, di seguito citate, prescrivono, per ogni progetto, la redazione di un'apposita relazione geotecnica in cui siano illustrati i criteri di scelta dei parametri geotecnici relativi al volume significativo di terreni interessati delle opere da eseguire.

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni interessati, **che la norma individua come "stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato"** sono stati individuati mediante l'analisi e la comparazione con diverse correlazioni dei risultati delle prove eseguite in sito e in laboratorio.

1.1 – Norme tecniche

Le opere sono state progettate secondo le seguenti normative:

- D.M. 14 gennaio 2008: Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni;
- Circolare 02 febbraio 2009 n°617;
- Delibera Giunta Regionale (D.G.R.) 1373 del 12/10/2011 *"Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art. 12, comma 1 e dell'art. 4, comma 1 della L.R. n. 19 del 2008".*
- Delibera Giunta Regionale (D.G.R.) 2193 del 21/12/2015 - *Approvazione aggiornamento dell'Atto di Coordinamento Tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".*

2. - PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO

Per quanto concerne il piano delle indagini geognostiche e il modello geologico dell'area in esame, si rimanda ai Capitoli 3 e 4 dell'Allegato 1 del progetto: "Relazione generale e Geologica".

3. - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO

Le norme tecniche citate in precedenza impongono una caratterizzazione del sottosuolo al fine di definire i possibili effetti della risposta sismica locale.

Per l'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento in base alle tabelle 3.2.II (sotto riportata) - 3.2.III delle NTC 2008 e definire l'azione sismica di progetto in base al valore della Vs30, è stata realizzata una prova MASW.

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).

Tabella 3.2.II delle -NTC 2008: Categorie di sottosuolo.

Facendo specifico riferimento alla tabella soprastante, in base alle risultanze delle prove illustrate nel Capitolo 4 dell'Allegato 1: "Relazione generale e Geologica", la **categoria di sottosuolo assegnata** all'area di progetto è la "**C**".

4. - MODELLO GEOTECNICO

In questo paragrafo s'illustra il modello geotecnico elaborato sulla base di tutte le indagini geognostiche realizzate in sito, delle prove effettuate in laboratorio, nonché delle informazioni ricavate dai profili di geofisica eseguiti. Per i dettagli relativi alle indagini geognostiche e alle prove di laboratorio si rimanda agli Allegati della "Relazione generale e Geologica".

I terreni indagati sono stati suddivisi in tre orizzonti, di seguito elencati, che potessero rappresentare, con sufficiente grado di correttezza, il contesto geologico e geotecnico rilevato:

ORIZZONTE 1 (LIMI ARGILLOSI SUPERFICIALI): coltre detritica di spessore variabile da alcuni metri fino ad una ventina di metri, di natura limoso-argillosa, alterata e ossidata per la presenza di circolazione idrica sotterranea. Nella fattispecie si tratta di depositi di frana attiva, così come cartografati nella Carta Geologica Regionale.

ORIZZONTE 2 (ARGILLE COMPATTE): argille grigio-azzurre, consistenti e umide. Le tracce di ossidazione decrescono con la profondità. E', di fatto, la parte alterata, di spessore metrico, dell'orizzonte sottostante.

ORIZZONTE 3 (ARGILLE DURE): è un orizzonte costituito da argille grigio-azzurre dure, omogenee e leggermente umide. È considerato il substrato roccioso intatto e stabile. Si tratta di rocce ascrivibili alla Formazione del Torrente Ghiara (FGH nella Carta Geologica Regionale) costituita da: "peliti-marnose grigie a stratificazione indistinta, con sottili livelli siltosi e più raramente arenitici fini".

Di seguito la sintesi dei valori determinati con le prove in sito e laboratorio, per i tre orizzonti individuati:

orizzonte	ϕ'lab [° gradi]	C'lab [kPa]	Cu [kPa]	Peso specifico γ [kN/mc]	Peso specifico saturo γ' [kN/mc]
1	22÷25	11÷18	30÷120	19,2	21,0
2 e 3			>120		

Nella seguente tabella si riportano i valori dei parametri geotecnici adottati nella progettazione a seguito di un approfondito esame dei dati disponibili e di una cautelativa integrazione degli stessi con i valori disponibili in letteratura:

orizzonte	Peso specifico γ [kN/mc]	Peso specifico saturo γ' [kN/mc]	Cu [kPa]	ϕ' [° gradi]	C' [kPa]
1	21	21	30	22	11
2	21	21	50	22	15
3	21	21	100	23	20

I valori dei parametri geotecnici così definiti saranno la base per le verifiche di sicurezza (STR) delle opere previste. I valori sopra definiti saranno adottati come caratteristici e sottoposti alle riduzioni indicate nelle NTC nel caso di set M2.

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	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

5. – CONSIDERAZIONI IN MERITO ALLA LIQUEFAZIONE

Le norme NTC 2008 indicano tra le verifiche da eseguire anche quella riguardante il fenomeno della liquefazione (paragrafo 7.11.3.4.), intendendo con tale termine *"... quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate."*

In virtù del fatto che le opere di consolidamento in progetto saranno fondate non su terreni sciolti di natura sabbiosa, ma bensì in roccia ovvero terreni coesivi di natura argillosa, con riferimento alla definizione sopra riportata si può assumere che la probabilità che si manifesti il fenomeno della liquefazione è nulla e la verifica possa essere omessa.

6. – CONCLUSIONI IN MERITO AL MODELLO GEOTECNICO

Le valutazioni inerenti alla scelta del modello geotecnico del pendio sono state eseguite in accordo con il punto 6.2.2 delle NTC 2008 e i punti C6.2.2 e C6.2.2.5 della circolare 617/2009.

La scelta dei parametri da utilizzare nelle verifiche successive delle opere in progetto e degli effetti delle stesse sulla stabilità del versante è da intendersi una *"... stima ragionata e cautelativa ..."* come indicato al punto 6.2.2 delle Norme.

7. – IL PROGETTO DELLE OPERE STRUTTURALI DI CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE

I paragrafi che seguono illustrano le scelte progettuali e il calcolo strutturale del muro di sostegno posto lungo la sponda destra del T. Ghiara, al limite meridionale dell'abitato di Salsomaggiore, da realizzarsi a protezione dell'officiosità idraulica del T. Ghiara stesso in quanto, nel periodo primavera 2013 – primavera 2015, un importante movimento franoso ha deformato e dislocato le opere di difesa spondale e di contenimento esistenti.

Le norme tecniche citate in premessa indicano le verifiche da eseguire, i coefficienti riduttivi delle proprietà meccaniche e quelli maggiorativi per le azioni nell'ambito del metodo semiprobabilistico agli stati limite; la norma regionale, DGR 1373/2011, indica le modalità di redazione dei progetti e i contenuti minimi dei singoli elaborati.

7.1 – Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito

Dal punto di vista sismico l'abitato di Salsomaggiore è classificato come "Zona 3" dalla OPCM 3274/2003 e s.m.i.

Le coordinate geografiche nel sistema WGS84 del sito in cui s'intende realizzare il muro di sostegno sono le seguenti:

latitudine: 44°,804276 Nord; **longitudine: 9°,984323 Est;**

gli altri parametri che contribuiscono a definire l'entità dell'azione sismica di progetto sono i seguenti

- La vita nominale indicata nella tabella 2.4.I è assunta pari a 50 anni (Vn);
- La classe d'uso indicata nella tabella 2.4.II è assunta pari a I con valore conseguente del coefficiente d'uso pari a 0,7 (Cu);
- La vita di riferimento (Vr), conseguentemente, è assunta pari a 35 anni (Vr= Vn*Cu)

Facendo riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita SLV si ottiene un tempo di ritorno di riferimento dalla relazione

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{Vr})} = 332 \text{ anni}$$

con P_{VR} = 10% come indicato nella tabella.

Tabella 3.2.I – *Probabilità di superamento* P_{V_R} *al variare dello stato limite considerato*

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Adottando il programma *"Spettri-NTCver.1.0.3."* del Consiglio Superiore LLPP i valori che si ottengono sono i seguenti (valori verificati anche con altri programmi gratuiti che forniscono sostanzialmente gli stessi numeri):

ag: 0,134 g

Fo: 2,460

Tc*: 0,274 [s]

Per le successive valutazioni che coinvolgono l'azione sismica si ha:

$$a_{max} = S_s \, S_t \, a_g \qquad (7.11.8)$$

dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica che **dipende dalla categoria di suolo** e S_t è il coefficiente di amplificazione topografica di seguito definiti.

La categoria di terreno indicata nel paragrafo 3 è **il tipo C**.

La categoria topografica è la T1;

conseguentemente i parametri assumono i seguenti valori:

Suolo C $S_s = 1.5$ (tab. 3.2.V)

Tabella 3.2.V – *Espressioni di S_S e di C_C*

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Il coefficiente topografico $S_t = 1$ è ricavato dalla tabella 3.2.VI in funzione della pendenza, in genere > 15° e dello stato dei luoghi (pendii scoscesi):

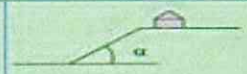
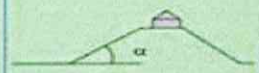
Fattore di amplificazione topografica (S_T)			
Morfologia		Pendenza media α	S_T
Pendii scoscesi isolati		> 15°	< 1.2
Larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base		15° to 30°	< 1.2
		> 30°	< 1.4

Tabella 3.2.VI – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica* S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il valore dell'accelerazione massima risulta pertanto:

Suolo C $a_{max} = S_s\, S_t\, a_g = 1.5 * 1.0 * 0.134\ g =$ **0.201 g**

Per la valutazione del coefficiente di spinta per le **verifiche di sicurezza dei muri di sostegno** si ha:

$$K_h = 0.048$$

$$K_v = 0.024$$

7.2 – Descrizione generale delle strutture in progetto

Con il presente progetto si intende realizzare un'opera strutturale di consolidamento del pendio alla base del quale scorre il Torrente Ghiara, al limite meridionale dell'abitato di Salsomaggiore. L'obiettivo è quello di mantenere l'officiosità idraulica del torrente, minacciata da un fenomeno franoso di notevoli dimensioni e dalle difficili caratteristiche dinamiche ed evolutive (Fig. 7.1). La frana, infatti, ha già deformato e dislocato opere di difesa spondale e di contenimento idraulico, ostruendo in tal modo la sezione di deflusso idrico. Data l'elevata estensione del dissesto e il potenziale coinvolgimento di considerevoli volumi del materiale è opportuno precisare che l'opera di sostegno al piede non possa essere intesa a sostegno delle spinte esercitate da un potenziale movimento parossistico dell'intero corpo di frana, bensì possa avere il compito importante di stabilizzazione e drenaggio al piede mitigando fenomeni retrogressivi e di erosione da parte del T. Ghiara.

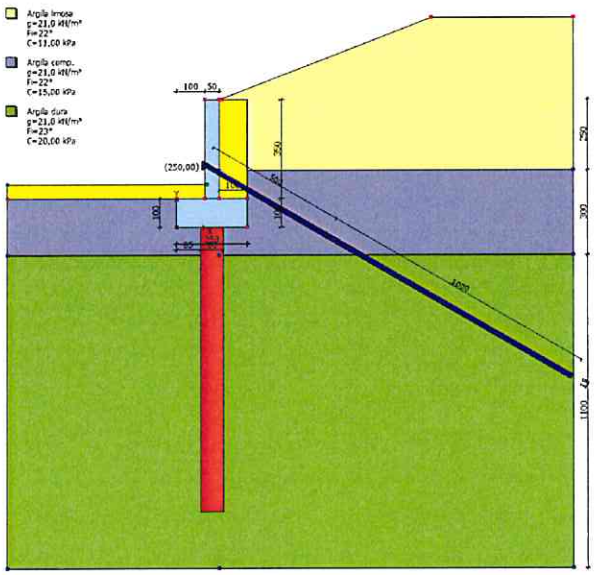


Fig. 7.1. Presidi strutturali in progetto a Salsomaggiore. Il muro in figura delimita in destra idraulica l'alveo del torrente Ghiara.

L'opera prevista (Allegato n° 5) è costituita da un muro di sostegno fondato sul

substrato stabile mediante pali in cls armato, diametro 0.8 m, disposti su fila unica con interasse di 3 m e spinti fino alla profondità stimata in 10 m dalla base della suola del muro. In elevazione il muro avrà un'altezza di 3.5 m con tiranti strutturali a quattro trefoli da 60 t disposti con interasse di 6 m, diametro 0.18 m, inclinati di 30°, lunghezza totale 15 m e con bulbo di ancoraggio di 10 m. Il muro avrà una lunghezza complessiva di 42 ml a tergo del quale è prevista la realizzazione di un vespaio drenante. Il muro verrà realizzato in due porzioni intervallate da strutture in muratura e gabbioni a scala per consentire lo scolo delle acque dal versante.

7.3 – Fasi di realizzazione delle opere e Piano di Monitoraggio

Nell'allegato n°5 del progetto è illustrata in dettaglio l'opera di sostegno. Le fasi di lavoro da seguire per realizzare il progetto, in estrema sintesi, sono le seguenti: si dovrà intervenire in primo luogo alla rimozione del tratto di muro danneggiato e allo stoccaggio in discarica per consentire la realizzazione della nuova opera di sostegno. A rimozione avvenuta, occorrerà risezionare il fronte di terreno fino a ripristinare la sezione di deflusso di progetto. Si proseguirà poi con la realizzazione delle piste di accesso e degli sbancamenti per le piazzole di lavoro; quindi si passerà, in successione, alla perforazione dei pali, alla realizzazione del muro in c.a., alla perforazione dei tiranti, alla realizzazione dei dreni e delle gabbionate e quindi alla sistemazione del versante con rinterri per regolarizzare il pendio.

Al fine di verificare la **corretta esecuzione dei pali,** sono state previste **2 prove cross-hole**. Tali prove saranno realizzate introducendo sonde emittenti e riceventi in tre tubi metallici posti in opera all'interno di due pali scelti a campione.

Come previsto dal punto 6.2.5 delle NTC 2008 è previsto un programma di monitoraggio del complesso opere-terreno consistente nell'installazione di **1 cella di carico** su un tirante e da **1 inclinometro** posto all'interno di 1 palo da realizzare.

La comparazione di tutti i dati forniti dagli strumenti permetterà di verificare nel tempo il livello delle azioni sulle opere realizzate, gli spostamenti e le deformazioni dei pali e il livello d'impegno dei tiranti.

Sulla base delle elaborazioni dei risultati del monitoraggio sarà possibile stabilire la necessità di integrare le opere realizzate con altri presidi a garanzia del corretto funzionamento delle stesse.

7.4 - Materiali e prodotti per uso strutturale

Per la realizzazione delle opere strutturali saranno utilizzati i seguenti materiali:

- **Pali:**

classe di resistenza	C28/35
classe di esposizione	XC2
classe di lavorabilità (min)	S4

- **Muro di sostegno:**

classe di resistenza	C28/35
classe di esposizione	XC4
classe di lavorabilità (min)	S3

- **acciaio per c.a.:**

tipo B450C

Per il calcestruzzo dei pali e delle solette saranno eseguiti controlli tipo A

- **Tiranti di ancoraggio:**

Ancoraggi di tipo permanente, con trefoli nella parte libera viplati e ingrassati. La protezione della parte libera sarà ottenuta tramite l'impiego di una guaina liscia in P.E.A.D. La separazione della parte libera con la parte attiva dovrà avvenire mediante un tampone di materiale sigillante che consenta una perfetta ermeticità tra le parti stesse. La protezione della parte attiva sarà realizzata mediante guaina corrugata. Nella parte attiva i trefoli dovranno essere separati da appositi distanziatori e disposti in forma sinusoidale, tramite opportune reggiature e nastrature in modo da incrementare la loro aderenza con il materiale iniettato. L'iniezione (primaria e parte libera) dovrà avvenire mediante appositi tubetti.

- trefoli tipo T15 diametro 0.6" (15.2 mm)
sezione attiva = 140 mm^2

$f_{ptk} = 1860$ MPa

- tiranti di ancoraggio con 4 trefoli e tiro nominale pari a 600 kN.

7.5 - AZIONI: principali combinazioni - coefficienti parziali - coefficienti di combinazione

Le Norme tecniche per le costruzioni NTC 2008 prevedono l'utilizzo di valori differenti per le verifiche statiche e sismiche della stabilità globale delle paratie e precisamente:

- Per la **verifica di stabilità globale di tipo statico** occorre adottare i valori ridotti dei parametri del terreno secondo la combinazione 2 (A2+M2+R2) punto 6.4.3.1 e 6.5.3.1.2. Le rimanenti verifiche devono essere eseguite secondo le due combinazioni dell'approccio 1 (tabella 6.5.I)
- per la **verifica di stabilità globale comprendente anche i carichi sismici** occorre adottare i valori caratteristici dei parametri del terreno set M1 (punto 7.11.3.5.2):

I parametri A, M e R sono riportati nelle NTC nelle tabelle 6.2.I (carichi), 6.2.II (valori dei parametri del terreno) e 6.5.I (per le resistenze):

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	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

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

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

I carichi con cui saranno eseguite le valutazioni di cui sopra sono i seguenti:

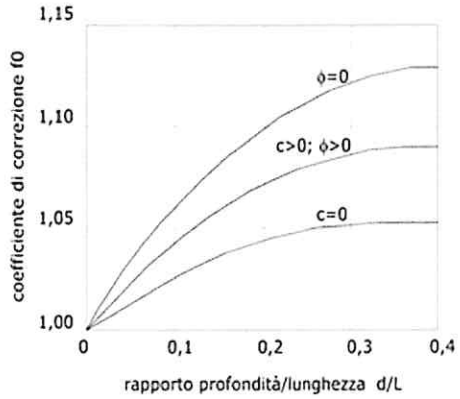
- **Peso proprio del terreno** che, in base al punto 6.2.3.1.1, costituisce carico permanente solamente *"... quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza"* (per l'applicazione dei coefficienti γ_f della tabella 6.2.I);
- **Azione sismica,** valutata come già detto in precedenza:

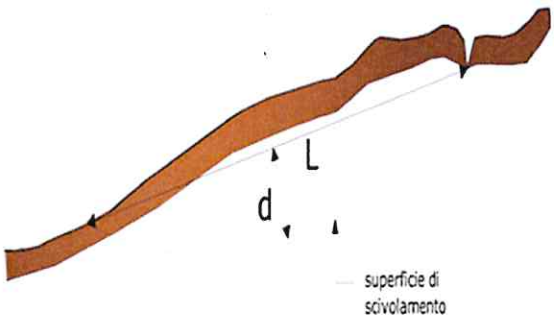
  Kh = 0.048 e Kv = ± 0.5 Kh = ± 0.024 per la stabilità globale SLV.

7.6 - Criteri generali di progettazione e di modellazione

Occorre distinguere la **modellazione finalizzata a valutare l'effetto delle opere sulla stabilità del versante** da quella realizzata per la **progettazione strutturale delle stesse.**

La **modellazione finalizzata a valutare l'effetto delle opere sulla stabilità del versante** coincide con la **verifica di stabilità globale**. Essa è stata eseguita mediante il codice di calcolo **Slope** della raccolta Geostru, utilizzando il metodo dell'equilibrio limite nella soluzione numerica di Janbu (1967), che è ottenuta dividendo il terreno instabile, compreso tra una ipotetica superficie di scivolamento e il piano campagna, in conci di dimensione finita. Tale soluzione fornisce come risultato un Fattore di Sicurezza (FS), quale rapporto tra le forze resistenti e le forze destabilizzanti. Nel caso in esame è stato utilizzato il metodo di Janbu corretto con il fattore geometrico f_0=1,1, che tiene conto del rapporto tra profondità e lunghezza della superficie di scorrimento secondo lo schema sotto riportato.





L'opera di sostegno è stata verificata considerando situazioni particolarmente gravose: azione sismica (SLV) e presenza di livello della falda elevato.

Nel caso in esame i risultati della verifica di stabilità forniscono un F.S. sempre ≥ 1,0 e pertanto la verifica si può ritenere positiva. Nella figura che segue si illustrano i principali elementi della verifica (geometria, caratteristiche del terreno, livello della falda e opere in progetto).

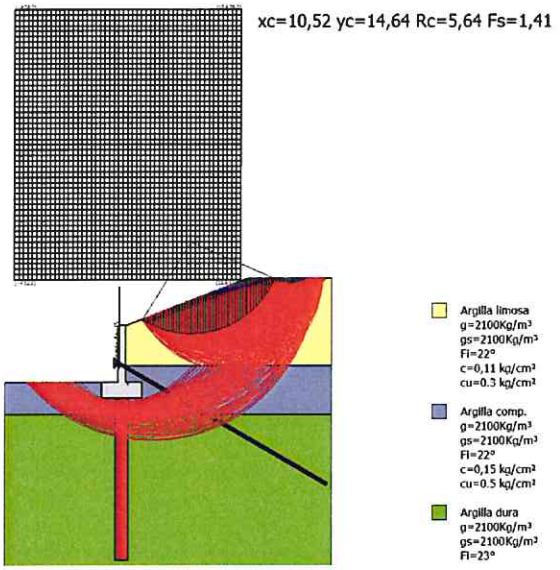


Fig. 7.2: Verifica di stabilità globale in condizioni drenate.

Sulla base di tali risultati positivi si è passati alla **modellazione finalizzata alla progettazione strutturale delle opere**.

Il muro di sostegno fondato su pali è stato verificato con un apposito codice di calcolo della raccolta Geostru (modulo **MDC**) al cui manuale si rimanda per gli approfondimenti relativi allo schema di calcolo. In estrema sintesi il calcolo delle spinte sul muro e sulla fondazione e lo schema di verifica sono definiti come di seguito riportato:

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.

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:

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

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:

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q:

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

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:

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

Dove:

H Altezza muro;
k_v Coefficiente sismico verticale;
γ 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:

$$tg\vartheta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mu k_v}$$

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 γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{saturo} - \gamma_w$), 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:

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

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

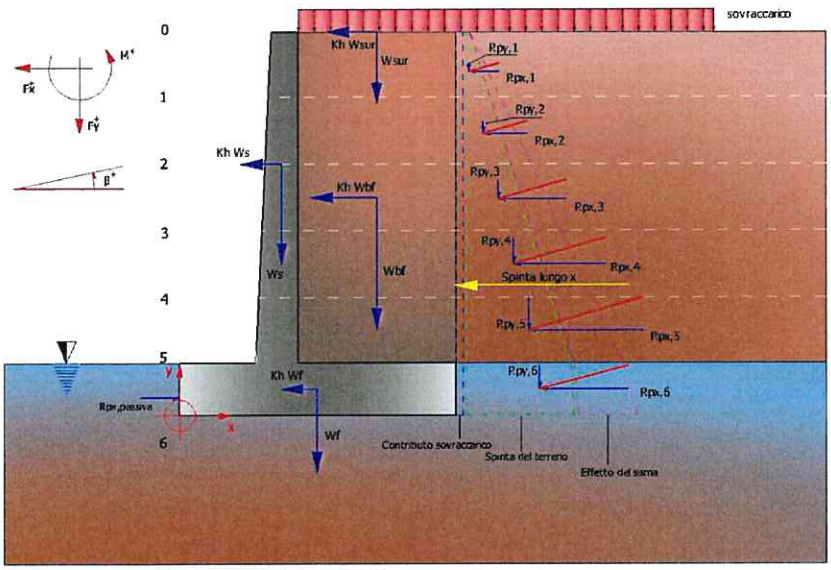
$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

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

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

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

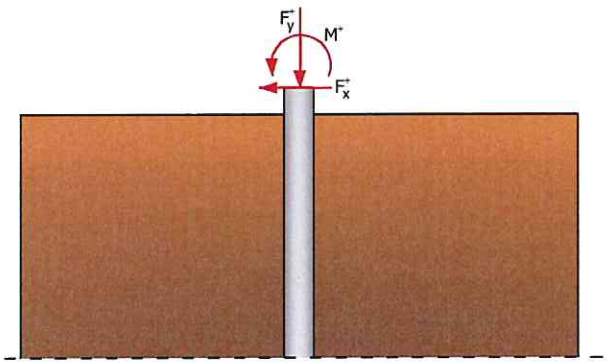
Calcolo delle spinte per le verifiche globali
Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in *n-tratti*.

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.

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni
a) La forza verticale F_y, positiva se diretta verso il basso.
b) La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra.
c) La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x.



Convenzione sui segni

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler
Il modello di *Winkler* consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.
In presenza di mezzo omogeneo (*K costante*) è stata adottata la classifica di Hetènyi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (λ) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale
Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s.

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q$$

Avendo indicato con:

γ Peso unità di volume del terreno;

D Lunghezza del palo;

N_c e Nq Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare).

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di *Berezantzev*.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di α, β e λ dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo α, proposto da *Tomlinson (1971)*; la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = \alpha \cdot c + q \cdot K \cdot \tan\delta$$

c Valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate;

q Pressione verticale del terreno;

K Coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali trivellati

$$K = 1 - \tan^2\varphi$$

δ attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali trivellati

$$\delta = \tan\varphi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

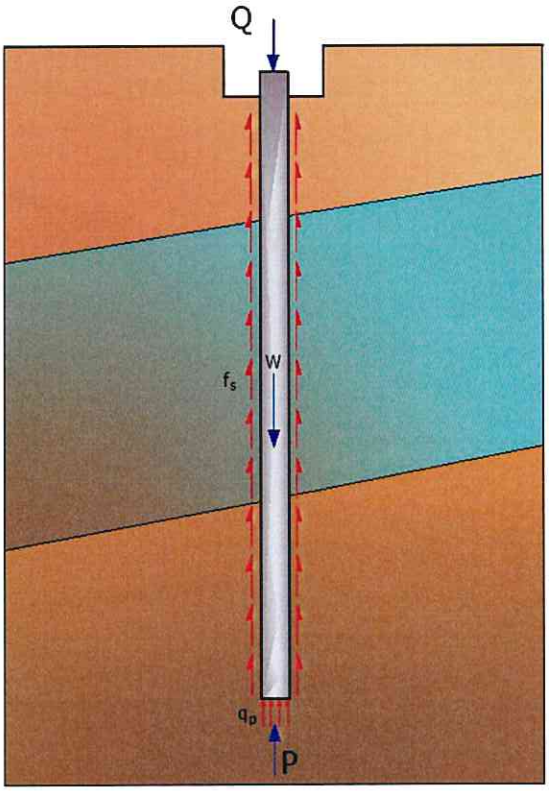
Coefficiente α per palo trivellato

c < 0.25	α = 0.9
0.25 < c < 0.5	α = 0.8
0.5 < c < 0.75	α = 0.6
0.75 < c < 2	α = 0.4
c > 2	α = 0.8 / c

Inoltre:
Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{reduct_coeff} = 1 - k_h$$

Infine
a) Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c, φ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
b) In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%.
c) Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.



Schema delle aliquote di resistenza del carico limite

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo *n* superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo. Il cedimento della generica superficie *i* per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = \left(\frac{\tau_j}{E}\right) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

τ_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;

E Modulo elastico del terreno;

B Diametro del palo;

$I_{i,j}$ Coefficiente di influenza.

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree.

7.7 - Sintesi delle verifiche di sicurezza e giudizio motivato di accettabilità dei risultati

L'opera di sostegno sarà fondata su pali verticali, diametro 80 cm, lunghi 10 m e posti in opera in fila singola con interasse pari a 3 m. In sommità i pali saranno collegati alla soletta del muro larga 2.5 m e alta 1 m. I pali saranno armati longitudinalmente con 16 Ø 24mm e trasversalmente con elica Ø 10mm passo 10 cm. Il muro sarà armato con staffe Ø 24mm passo 20cm e con correnti Ø 18mm passo 25cm nella soletta e nell'elevazione (vedi Allegato 5). La mensola del muro sarà predisposta per alloggiare il sistema di ancoraggio costituito da tiranti attivi a 4 trefoli d'acciaio con tiro nominale di 600 kN, tiro iniziale di 554 kN, lunghezza 15 m, interasse 6 m, diametro del bulbo 0,18 m, lunghezza ancorata 10 m e inclinazione 30°.

Le armature dei pali garantiscono un ampio margine di verifica nelle peggiori condizioni di pressoflessione e taglio, come indicato nei tabulati di calcolo riportati nell'Allegato A.

7.8 – Caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo

Gli schemi di calcolo sopra riportati sono stati risolti con i programmi di calcolo della raccolta Geostru; Slope 2015 per le verifiche globali, MDC per il muro su pali ancorato. Di tali programmi la Regione Emilia-Romagna detiene regolare licenza come di seguito riportato:

GeoStru software

Procedura di attivazione

Codice del prodotto: 9

Codice di registrazione del prodotto

Chiave hardware di rete NETRockey 4ND - HID: 2983014788

Tipo licenza	**Chiave hardware di rete**		
Dati cliente			
Codice cliente	8426		
Intestazione	Regione Emilia Romagna Serv. Difesa del Suolo, del		
Indirizzo	Viale della Fiera, 8		
Località	40127 Bologna (BO)	Nazione	Italy
Partita iva	nd	Codice fiscale	80062590379
E-mail	difsuolo@regione.emilia-romagna.it		

7.9 – Tabulati di calcolo – Allegato A

I tabulati di calcolo sono riportati nell'Allegato A.

ALLEGATO A

Dati generali

Codice progetto	08IR139/G1
Descrizione	RIPRISTINO OPERE SOSTEGNO BACINO DEL GHIARA
Comune di	Salsomaggiore
Tecnico	Ing. Di Dio
Data	19/02/2018
Condizioni ambientali	Ordinarie
Lat./Long. [WGS84]	44,804276/9,984323
Normativa GEO	NTC 2008
Normativa STR	NTC 2008
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	350,0 cm
Spessore testa muro	50,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	100,0 cm
Sporgenza mensola a monte	100,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	100,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	100,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	80,0 cm
Lunghezza dei pali	1000,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	125,0 cm
Interasse longitudinale	300,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe I
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	35,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,44	0,23
S.L.D.	35,0	0,5	2,44	0,24

S.L.V.	332,0	1,31	2,46	0,27
S.L.C.	682,0	1,7	2,47	0,28

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,705	0,18	0,0129	0,0065
S.L.D.	0,75	0,18	0,0138	0,0069
S.L.V.	1,965	0,24	0,0481	0,024
S.L.C.	2,4532	0,24	0,06	0,03

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C28/35	35	32936,31	28	16,17	1,31	2,81

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 iniziale	ß1*ß2 finale
1	B450C	203940	458,87	399,01	550,64	399,01	.075	.0675	1	0,5

Materiali impiegati realizzazione muro C28/35 B450C
Materiali impiegati realizzazione pali C28/35 B450C

Copriferro, Elevazione 5,0 cm
Copriferro, Fondazione 5,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione 3,0 cm

VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE

Stratigrafia

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
1	250	0	21,00	22	11,00	15	Si		Limi Argillosi
2	300	0	21,00	22	15,00	15	Si		Argilla compatta
3	1100	0	21,00	23	20,00	15	Si		Argilla dura

Tiranti

Fattore di sicurezza 1,2
Cadute di tensione 1,2
Tensione tangenziale malta cemento 0,19 N/mm²

Prof. ancoraggio	Lung. Libera (cm)	Lung. ancorata	Diam. foro (cm)	Diam. Bulbo (cm)	Interasse (cm)	Inclinazione (cm)	Attr. terreno Tirante	Adesione (kPa)	Trefoli	Res. Calcolo Acciaio	Tiro (kN)

(cm)		(cm)				(°)			(N/mm²)	
250,0	500,0	1000,0	18,0	18,0	600,0	30,0	0,0	200,0	4Ø15	1860,0	554,4

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
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
7	Tirante	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
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
7	Tirante	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,35
2	Laterale compressione	1,15
3	Coefficiente totale	1,3

4	Laterale (trazione)	1,25
5	Orizzontale	1,3
	Riduzione resistenza	Parziale

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	1,00
7	Tirante	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

AZIONI TIRANTI (A1+M1+R1)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250,0	554,4	600	30	1	-80,02	46,2

AZIONI TIRANTI (A1+M1+R3)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250,0	554,4	600	30	1	-80,02	46,2

AZIONI TIRANTI (EQU+M2)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250,0	554,4	600	30	1	-80,02	46,2

A1+M1+R1 [STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0481
Coefficiente sismico verticale Kv 0,024

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
450,0	380,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
380,0	310,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
310,0	240,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
240,0	228,87	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
228,87	200,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
200,0	170,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
170,0	100,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02

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	450,0	380,0	3,39	0,42	403,33	403,33
2	380,0	310,0	10,16	1,25	341,11	341,11
3	310,0	240,0	16,93	2,09	272,67	272,67
4	240,0	228,87	3,32	0,41	234,39	234,39

5	228,87	200,0	9,4	1,16	214,14	214,14
6	200,0	170,0	10,99	1,36	184,72	184,72
7	170,0	100,0	30,48	3,76	133,7	133,7

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
380,0	0,54	11,16	125,0	415,0
310,0	1,07	22,31	125,0	380,0
240,0	1,61	33,47	125,0	345,0
228,87	1,7	35,25	125,0	339,4
200,0	1,92	39,85	125,0	325,0
170,0	2,15	44,63	125,0	310,0
100,0	2,68	55,78	125,0	275,0

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
380,0	3,92	11,57	0,87	50,0
310,0	14,62	23,98	6,66	50,0
240,0	32,09	37,23	22,09	50,0
228,87	35,49	39,42	25,74	50,0
200,0	-34,91	91,37	25,51	50,0
170,0	-23,69	97,51	16,35	50,0
100,0	7,32	112,42	9,29	50,0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	11,67	375,58	S	199,78	0,0	50,92
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	23,96	378,05	S	199,78	0,0	13,67

5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	37,22	380,71	S	199,78	0,0	6,23
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	39,47	381,16	S	199,78	0,0	5,63
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	91,46	391,6	S	199,78	0,0	5,72
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	97,46	392,8	S	199,78	0,0	8,43
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	112,42	395,8	S	199,78	0,0	27,28

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
488,4	450,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
450,0	380,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
380,0	310,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
310,0	240,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
240,0	200,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
200,0	170,0	21,0	0,0	22,0	22,0	15,0	0,0	Falda
170,0	100,0	21,0	0,0	22,0	22,0	15,0	0,0	Falda
100,0	0,0	21,0	0,0	22,0	14,6	15,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,63	0,48	0,05	0,58	0,23	0,04	0,02
22,0	0,63	0,48	0,05	0,58	0,23	0,04	0,02
14,6	0,63	0,48	0,05	0,61	0,16	0,05	0,01

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	488,4	450,0	0,76	0,01	462,8	462,8
2	450,0	380,0	5,3	0,1	409,44	409,44
3	380,0	310,0	10,35	0,2	342,15	342,15
4	310,0	240,0	15,39	0,3	273,09	273,09
5	240,0	200,0	11,06	0,22	219,5	219,5
6	200,0	170,0	9,38	0,18	184,75	184,75
7	170,0	100,0	25,49	0,5	133,84	133,84
8	100,0	0,0	46,42	3,94	47,35	45,98

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100,0	0,0	21,0	180,0	22,0	14,6	15,0	180,0	Falda

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
194,6	0,42	-0,41	-0,11

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	100,0	0,0	-26,1	0,0	45,4	0,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	124,16	5,46	186,7
Carichi esterni	-80,02	46,2	-229,34
Peso muro	2,68	55,78	-62,35
Peso fondazione	3,83	79,69	-97,7
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	3,37	91,19	-173,58
Spinte fondazione	-26,1	0,0	-11,85
	27,92	**278,33**	**-388,12**

Momento stabilizzante -595,53 kNm
Momento ribaltante 207,41 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	162,09 kN
Forza verticale (P)	834,99 kN
Momento	622,22 kNm

Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	5,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	11,19 KN/m³
Angolo di attrito	22,0 °
Coesione	15,0 kPa
Modulo di elasticità	5900,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	147099,8 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	900,0 cm
Peso unità di volume	11,19 KN/m³
Angolo di attrito	23,0 °
Coesione	20,0 kPa
Modulo di elasticità	9000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	209,0 cm
Cedimento del palo	1,02 cm
Spostamento in x	1,43 cm
Rotazione in testa	0,35 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 289,25 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	516,05 kN
Carico limite laterale (Qs)	920,63 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL	1436,68 kN
Peso palo (W)	12568,1 Kg
Fattore di sicurezza Fs=R/(P+W)	1,5

Verifica palo in testa

Momento	497,78 kNm
Sforzo normale	834,99 kN
Taglio	162,09 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	834,99 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1001,61 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1236,65 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,46

Verifica palo alla profondità di cm 167,20

Momento	739,95 kNm
Sforzo normale	855,59 kN
Taglio	-188,55 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	855,6 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1004,5 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1239,54 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,53

Verifiche palo alla profondità di cm 417,99

Momento	462,3 kNm
Sforzo normale	886,5 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	886,5 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	1008,82 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1239,54 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,53

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
100,0	-26,1	31,88	17,14	100,0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	26,16	827,57	S	304,02	0,0	9,54

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

150,0	46,42	114,87	-62,08	100,0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	46,42	836,7	S	304,02	0,0	2,65

A1+M1+R3 [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0481
Coefficiente sismico verticale Kv	0,024

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
450,0	380,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
380,0	310,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
310,0	240,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
240,0	228,87	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
228,87	200,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
200,0	170,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda
170,0	100,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.

Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,31	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02

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	450,0	380,0	3,39	0,42	403,33	403,33
2	380,0	310,0	10,16	1,25	341,11	341,11
3	310,0	240,0	16,93	2,09	272,67	272,67
4	240,0	228,87	3,32	0,41	234,39	234,39
5	228,87	200,0	9,4	1,16	214,14	214,14
6	200,0	170,0	10,99	1,36	184,72	184,72
7	170,0	100,0	30,48	3,76	133,7	133,7

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
380,0	0,54	11,16	125,0	415,0
310,0	1,07	22,31	125,0	380,0
240,0	1,61	33,47	125,0	345,0
228,87	1,7	35,25	125,0	339,4
200,0	1,92	39,85	125,0	325,0
170,0	2,15	44,63	125,0	310,0
100,0	2,68	55,78	125,0	275,0

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
380,0	3,92	11,57	0,87	50,0
310,0	14,62	23,98	6,66	50,0
240,0	32,09	37,23	22,09	50,0
228,87	35,49	39,42	25,74	50,0
200,0	-34,91	91,37	25,51	50,0
170,0	-23,69	97,51	16,35	50,0
100,0	7,32	112,42	9,29	50,0

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
488,4	450,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
450,0	380,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
380,0	310,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
310,0	240,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
240,0	200,0	21,0	21,0	22,0	22,0	11,0	0,0	Falda
200,0	170,0	21,0	0,0	22,0	22,0	15,0	0,0	Falda
170,0	100,0	21,0	0,0	22,0	22,0	15,0	0,0	Falda
100,0	0,0	21,0	0,0	22,0	14,6	15,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02
22,0	0,46	1,02	0,05	0,43	0,17	0,04	0,02

22,0	0,63	0,48	0,05	0,58	0,23	0,04	0,02
22,0	0,63	0,48	0,05	0,58	0,23	0,04	0,02
14,6	0,63	0,48	0,05	0,61	0,16	0,05	0,01

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	488,4	450,0	0,76	0,01	462,8	462,8
2	450,0	380,0	5,3	0,1	409,44	409,44
3	380,0	310,0	10,35	0,2	342,15	342,15
4	310,0	240,0	15,39	0,3	273,09	273,09
5	240,0	200,0	11,06	0,22	219,5	219,5
6	200,0	170,0	9,38	0,18	184,75	184,75
7	170,0	100,0	25,49	0,5	133,84	133,84
8	100,0	0,0	46,42	3,94	47,35	45,98

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100,0	0,0	21,0	180,0	22,0	14,6	15,0	180,0	Falda

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
194,6	0,42	-0,41	-0,11

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	100,0	0,0	-26,1	0,0	45,4	0,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	124,16	5,46	186,7
Carichi esterni	-80,02	46,2	-229,34
Peso muro	2,68	55,78	-62,35
Peso fondazione	3,83	79,69	-97,7
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	3,37	91,19	-173,58
Spinte fondazione	-26,1	0,0	-11,85
	27,92	**278,33**	**-388,12**

Momento stabilizzante -595,53 kNm
Momento ribaltante 207,41 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	162,09 kN
Forza verticale (P)	834,99 kN
Momento	622,22 kNm

Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	5,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	11,19 KN/m³
Angolo di attrito	22,0 °

Coesione	15,0 kPa
Modulo di elasticità	5900,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	147099,8 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	900,0 cm
Peso unità di volume	11,19 KN/m³
Angolo di attrito	23,0 °
Coesione	20,0 kPa
Modulo di elasticità	9000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	209,0 cm
Cedimento del palo	1,02 cm
Spostamento in x	1,43 cm
Rotazione in testa	0,35 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 289,25 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	516,05 kN
Carico limite laterale (Qs)	920,63 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP) 1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL) 1,15

R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL	1182,81 kN
Peso palo (W)	12568,1 Kg
Fattore di sicurezza Fs=R/(P+W)	1,23

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
100,0	-26,1	31,88	17,14	100,0

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
150,0	46,42	114,87	-62,08	100,0

EQU+M2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0481
Coefficiente sismico verticale Kv 0,024

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
450,0	380,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	Falda
380,0	310,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	Falda
310,0	240,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	Falda
240,0	228,87	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	Falda
228,87	200,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	Falda
200,0	170,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	Falda
170,0	100,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,0	0,51	0,38	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,38	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,38	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,38	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,38	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,38	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,38	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02

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	450,0	380,0	3,67	0,54	403,33	403,33
2	380,0	310,0	11,01	1,61	341,11	341,11
3	310,0	240,0	18,34	2,69	272,67	272,67
4	240,0	228,87	3,59	0,53	234,39	234,39
5	228,87	200,0	10,18	1,49	214,14	214,14
6	200,0	170,0	11,9	1,74	184,72	184,72
7	170,0	100,0	33,02	4,84	133,7	133,7

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
380,0	0,37	7,72	125,0	415,0
310,0	0,74	15,45	125,0	380,0
240,0	1,11	23,17	125,0	345,0
228,87	1,17	24,41	125,0	339,4
200,0	1,33	27,59	125,0	325,0
170,0	1,49	30,9	125,0	310,0
100,0	1,86	38,62	125,0	275,0

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
380,0	4,04	8,26	0,85	50,0
310,0	15,42	17,6	6,83	50,0
240,0	34,13	28,01	23,07	50,0
228,87	37,78	29,77	26,94	50,0
200,0	-31,9	80,64	27,39	50,0
170,0	-19,84	85,69	19,16	50,0
100,0	13,55	98,25	15,32	50,0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	8,32	374,9	S	199,78	0,0	49,45
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	17,64	376,78	S	199,78	0,0	12,96
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	28,01	378,86	S	199,78	0,0	5,85
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	29,79	379,22	S	199,78	0,0	5,29
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	80,7	389,44	S	199,78	0,0	6,26
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	85,77	390,45	S	199,78	0,0	10,07
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	98,24	392,96	S	199,78	0,0	14,75

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
488,4	450,0	21,0	21,0	17,91	17,91	8,8	0,0	Falda
450,0	380,0	21,0	21,0	17,91	17,91	8,8	0,0	Falda
380,0	310,0	21,0	21,0	17,91	17,91	8,8	0,0	Falda
310,0	240,0	21,0	21,0	17,91	17,91	8,8	0,0	Falda
240,0	200,0	21,0	21,0	17,91	17,91	8,8	0,0	Falda
200,0	170,0	21,0	0,0	17,91	17,91	12,0	0,0	Falda
170,0	100,0	21,0	0,0	17,91	17,91	12,0	0,0	Falda
100,0	0,0	21,0	0,0	17,91	14,6	12,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
17,91	0,51	1,02	0,05	0,49	0,16	0,05	0,01
17,91	0,51	1,02	0,05	0,49	0,16	0,05	0,01
17,91	0,51	1,02	0,05	0,49	0,16	0,05	0,01

17,91	0,51	1,02	0,05	0,49	0,16	0,05	0,01
17,91	0,51	1,02	0,05	0,49	0,16	0,05	0,01
17,91	0,69	0,55	0,05	0,66	0,21	0,05	0,01
17,91	0,69	0,55	0,05	0,66	0,21	0,05	0,01
14,6	0,69	0,56	0,05	0,67	0,17	0,05	0,01

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	488,4	450,0	0,76	0,01	462,8	462,8
2	450,0	380,0	5,3	0,09	409,44	409,44
3	380,0	310,0	10,36	0,17	342,15	342,15
4	310,0	240,0	15,65	0,32	272,73	267,88
5	240,0	200,0	12,23	0,52	219,29	218,01
6	200,0	170,0	9,39	0,15	184,75	184,75
7	170,0	100,0	26,74	0,77	133,14	126,58
8	100,0	0,0	53,45	4,1	47,1	45,75

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100,0	0,0	21,0	180,0	17,91	14,6	12,0	180,0	Falda

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
194,6	0,36	-0,35	-0,09

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	100,0	0,0	-20,87	0,0	44,51	0,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	133,88	6,11	193,02
Carichi esterni	-80,02	46,2	-229,34
Peso muro	1,86	38,62	-43,17
Peso fondazione	2,65	55,17	-67,64
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	3,37	70,15	-131,3
Spinte fondazione	-20,87	0,0	-9,29
	40,88	**216,25**	**-287,71**

Momento stabilizzante -502,77 kNm
Momento ribaltante 215,05 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	185,23 kN
Forza verticale (P)	648,74 kN
Momento	645,16 kNm

Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	5,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	11,19 KN/m³
Angolo di attrito	22,0 °
Coesione	15,0 kPa

Modulo di elasticità	5900,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	147099,8 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	900,0 cm
Peso unità di volume	11,19 KN/m³
Angolo di attrito	23,0 °
Coesione	20,0 kPa
Modulo di elasticità	9000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	209,0 cm
Cedimento del palo	0,82 cm
Spostamento in x	1,56 cm
Rotazione in testa	0,38 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 289,25 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	516,05 kN
Carico limite laterale (Qs)	920,63 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL	938,48 kN
Peso palo (W)	12568,1 Kg
Fattore di sicurezza Fs=R/(P+W)	1,22

Verifica palo in testa

Momento	516,13 kNm
Sforzo normale	648,74 kN
Taglio	185,23 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	648,74 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	967,44 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1210,49 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,52

Verifica palo alla profondità di cm 167,20

Momento	794,86 kNm
Sforzo normale	669,35 kN
Taglio	-200,65 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	669,35 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	971,32 kNm

Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1213,38 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,56

Verifiche palo alla profondità di cm 417,99

Momento	501,95 kNm
Sforzo normale	700,26 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	700,26 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	977,14 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1213,38 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,56

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
100,0	-20,87	22,07	12,18	100,0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	20,95	825,22	S	304,02	0,0	13,78

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
150,0	53,45	105,71	-58,14	100,0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	53,4	839,85	S	304,02	0,0	2,88

VERIFICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

Stratigrafia

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
1	250	0	21,00	0	30,00	0	No		Limi Argillosi
2	300	0	21,00	0	50,00	0	No		Argilla compatta
3	1100	0	21,00	0	100,00	0	No		Argilla dura

Tiranti

Fattore di sicurezza 1,2
Cadute di tensione 1,2
Tensione tangenziale malta cemento 0,19 N/mm²

Prof. ancoraggio (cm)	Lung. Libera (cm)	Lung. ancorata (cm)	Diam. foro (cm)	Diam. Bulbo (cm)	Interasse (cm)	Inclinazione (cm)	Attr. terreno Tirante (°)	Adesione (kPa)	Trefoli	Res. Calcolo Acciaio (N/mm²)	Tiro (kN)
250,0	500,0	1000,0	18,0	18,0	600,0	30,0	0,0	200,0	4Ø15	1860,0	554,4

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
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
7	Tirante	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,30
2	Spinta terreno	1,00
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
7	Tirante	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,35
2	Laterale compressione	1,15
3	Coefficiente totale	1,3
4	Laterale (trazione)	1,25
5	Orizzontale	1,3
	Riduzione resistenza	Parziale

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	1,00
7	Tirante	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,7
2	Laterale compressione	1,45
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,6
5	Orizzontale	1,6
	Riduzione resistenza	Parziale

AZIONI TIRANTI (A1+M1+R1)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250,0	554,4	600	30	1	-80,02	46,2

AZIONI TIRANTI (A1+M1+R3)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250,0	554,4	600	30	1	-80,02	46,2

AZIONI TIRANTI (EQU+M2)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250,0	554,4	600	30	1	-80,02	46,2

A1+M1+R1 [STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0481
Coefficiente sismico verticale Kv 0,024

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
450,0	380,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
380,0	310,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
310,0	240,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
240,0	228,87	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
228,87	200,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
200,0	170,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
170,0	100,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02

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	450,0	380,0	2,03	0,86	403,33	403,33
2	380,0	310,0	6,1	2,59	341,11	341,11
3	310,0	240,0	10,17	4,32	272,67	272,67
4	240,0	228,87	1,99	0,85	234,39	234,39
5	228,87	200,0	5,64	2,4	214,14	214,14
6	200,0	170,0	6,6	2,8	184,72	184,72
7	170,0	100,0	18,3	7,77	133,7	133,7

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
380,0	0,54	11,16	125,0	415,0
310,0	1,07	22,31	125,0	380,0
240,0	1,61	33,47	125,0	345,0
228,87	1,7	35,25	125,0	339,4
200,0	1,92	39,85	125,0	325,0
170,0	2,15	44,63	125,0	310,0
100,0	2,68	55,78	125,0	275,0

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

380,0	2,57	12,02	0,45	50,0
310,0	9,21	25,77	3,68	50,0
240,0	19,91	41,24	12,56	50,0
228,87	21,99	43,87	14,68	50,0
200,0	-52,17	97,05	9,71	50,0
170,0	-45,34	104,64	-5,64	50,0
100,0	-26,5	123,56	-32,96	50,0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	11,98	375,64	S	199,78	0,0	77,74
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	25,75	378,4	S	199,78	0,0	21,7
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	41,24	381,52	S	199,78	0,0	10,03
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	43,82	382,03	S	199,78	0,0	9,09
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	97,14	392,74	S	199,78	0,0	3,83
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	104,71	394,26	S	199,78	0,0	4,41
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	123,6	398,04	S	199,78	0,0	7,54

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
488,4	450,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
450,0	380,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
380,0	310,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
310,0	240,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
240,0	200,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
200,0	170,0	21,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	
170,0	100,0	21,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	
100,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	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	488,4	450,0	0,07	0,0	462,8	450,0
2	450,0	380,0	0,52	0,0	409,44	380,0
3	380,0	310,0	1,01	0,0	342,15	310,0
4	310,0	240,0	1,51	0,0	273,09	240,0
5	240,0	200,0	1,08	0,0	219,5	200,0
6	200,0	170,0	0,92	0,0	184,75	170,0
7	170,0	100,0	2,5	0,0	133,84	100,0
8	100,0	0,0	4,43	0,0	48,1	0,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100,0	0,0	21,0	180,0	0,0	0,0	50,0	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
180,0	0,2	-0,2	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	100,0	0,0	-46,79	0,0	49,25	0,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	12,05	0,0	19,61
Carichi esterni	-80,02	46,2	-229,34
Peso muro	2,68	55,78	-62,35
Peso fondazione	3,83	79,69	-97,7
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	3,37	91,19	-173,58
Spinte fondazione	-46,79	0,0	-23,05
	-104,88	**272,87**	**-566,4**

Momento stabilizzante -581,86 kNm
Momento ribaltante 15,47 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	-174,25 kN
Forza verticale (P)	818,6 kN
Momento	46,41 kNm

Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	5,0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	21,0 KN/m³
Angolo di attrito	0,0 °
Coesione	50,0 kPa
Modulo di elasticità	5900,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	147099,8 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	900,0 cm
Peso unità di volume	21,0 KN/m³
Angolo di attrito	0,0 °
Coesione	100,0 kPa
Modulo di elasticità	9000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	209,0 cm
Cedimento del palo	1,0 cm
Spostamento in x	-0,65 cm
Rotazione in testa	-0,11 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 581,66 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	557,95 kN
Carico limite laterale (Qs)	980,18 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL	1538,12 kN
Peso palo (W)	12568,1 Kg
Fattore di sicurezza Fs=R/(P+W)	1,63

Verifica palo in testa

Momento	37,13 kNm
Sforzo normale	818,6 kN
Taglio	-174,25 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	818,6 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	998,98 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata

Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1234,34 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,49

Verifica palo alla profondità di cm 167,20

Momento	-244,68 kNm
Sforzo normale	839,2 kN
Taglio	41,84 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	839,2 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-1002,2 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1237,24 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,12

Verifiche palo alla profondità di cm 417,99

Momento	-210,87 kNm
Sforzo normale	870,11 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	870,11 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-1006,53 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1237,24 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,12

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
100,0	-46,79	31,88	16,29	100,0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	46,88	836,91	S	304,02	0,0	9,54

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
150,0	4,43	109,41	-55,47	100,0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	4,42	817,77	S	304,02	0,0	2,78

A1+M1+R3 [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0481
Coefficiente sismico verticale Kv 0,024

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
450,0	380,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
380,0	310,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
310,0	240,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
240,0	228,87	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
228,87	200,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
200,0	170,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	
170,0	100,0	19,0	0,0	35,0	23,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02
23,0	0,43	0,27	0,05	0,39	0,17	0,04	0,02

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	450,0	380,0	2,03	0,86	403,33	403,33
2	380,0	310,0	6,1	2,59	341,11	341,11
3	310,0	240,0	10,17	4,32	272,67	272,67
4	240,0	228,87	1,99	0,85	234,39	234,39
5	228,87	200,0	5,64	2,4	214,14	214,14
6	200,0	170,0	6,6	2,8	184,72	184,72
7	170,0	100,0	18,3	7,77	133,7	133,7

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

380,0	0,54	11,16	125,0	415,0
310,0	1,07	22,31	125,0	380,0
240,0	1,61	33,47	125,0	345,0
228,87	1,7	35,25	125,0	339,4
200,0	1,92	39,85	125,0	325,0
170,0	2,15	44,63	125,0	310,0
100,0	2,68	55,78	125,0	275,0

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
380,0	2,57	12,02	0,45	50,0
310,0	9,21	25,77	3,68	50,0
240,0	19,91	41,24	12,56	50,0
228,87	21,99	43,87	14,68	50,0
200,0	-52,17	97,05	9,71	50,0
170,0	-45,34	104,64	-5,64	50,0
100,0	-26,5	123,56	-32,96	50,0

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
488,4	450,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
450,0	380,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
380,0	310,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
310,0	240,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
240,0	200,0	21,0	21,0	0,0	0,0	30,0	0,0	
200,0	170,0	21,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	
170,0	100,0	21,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	
100,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	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	488,4	450,0	0,07	0,0	462,8	450,0
2	450,0	380,0	0,52	0,0	409,44	380,0
3	380,0	310,0	1,01	0,0	342,15	310,0
4	310,0	240,0	1,51	0,0	273,09	240,0
5	240,0	200,0	1,08	0,0	219,5	200,0
6	200,0	170,0	0,92	0,0	184,75	170,0
7	170,0	100,0	2,5	0,0	133,84	100,0
8	100,0	0,0	4,43	0,0	48,1	0,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100,0	0,0	21,0	180,0	0,0	0,0	50,0	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
180,0	0,2	-0,2	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	100,0	0,0	-46,79	0,0	49,25	0,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	12,05	0,0	19,61
Carichi esterni	-80,02	46,2	-229,34
Peso muro	2,68	55,78	-62,35
Peso fondazione	3,83	79,69	-97,7
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	3,37	91,19	-173,58
Spinte fondazione	-46,79	0,0	-23,05
	-104,88	**272,87**	**-566,4**

Momento stabilizzante -581,86 kNm
Momento ribaltante 15,47 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	-174,25 kN
Forza verticale (P)	818,6 kN
Momento	46,41 kNm

Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	5,0 cm

Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	21,0 KN/m³
Angolo di attrito	0,0 °
Coesione	50,0 kPa
Modulo di elasticità	5900,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	147099,8 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	900,0 cm
Peso unità di volume	21,0 KN/m³
Angolo di attrito	0,0 °
Coesione	100,0 kPa
Modulo di elasticità	9000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	209,0 cm
Cedimento del palo	1,0 cm
Spostamento in x	-0,65 cm
Rotazione in testa	-0,11 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 581,66 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	557,95 kN
Carico limite laterale (Qs)	980,18 kN

Coefficiente di sicurezza punta (FsP) 1,35
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL) 1,15

R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL	1265,62 kN
Peso palo (W)	12568,1 Kg
Fattore di sicurezza Fs=R/(P+W)	1,34

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
100,0	-46,79	31,88	16,29	100,0

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
150,0	4,43	109,41	-55,47	100,0

EQU+M2 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0481
Coefficiente sismico verticale Kv 0,024

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
450,0	380,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	
380,0	310,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	
310,0	240,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	
240,0	228,87	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	
228,87	200,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	
200,0	170,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	
170,0	100,0	19,0	0,0	29,26	23,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky

23,0	0,51	0,34	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,34	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,34	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,34	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,34	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,34	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02
23,0	0,51	0,34	0,05	0,47	0,2	0,04	0,02

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	450,0	380,0	2,62	1,11	403,33	403,33
2	380,0	310,0	7,85	3,33	341,11	341,11
3	310,0	240,0	13,08	5,55	272,67	272,67
4	240,0	228,87	2,56	1,09	234,39	234,39
5	228,87	200,0	7,26	3,08	214,14	214,14
6	200,0	170,0	8,49	3,6	184,72	184,72
7	170,0	100,0	23,54	9,99	133,7	133,7

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
380,0	0,37	7,72	125,0	415,0
310,0	0,74	15,45	125,0	380,0
240,0	1,11	23,17	125,0	345,0
228,87	1,17	24,41	125,0	339,4
200,0	1,33	27,59	125,0	325,0
170,0	1,49	30,9	125,0	310,0
100,0	1,86	38,62	125,0	275,0

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
380,0	2,99	8,83	0,46	50,0
310,0	11,21	19,89	4,29	50,0

240,0	24,66	33,17	15,15	50,0
228,87	27,28	35,49	17,77	50,0
200,0	-45,33	87,95	14,37	50,0
170,0	-36,68	94,86	1,15	50,0
100,0	-12,76	112,58	-18,96	50,0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	8,93	375,02	S	199,78	0,0	66,87
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	19,91	377,23	S	199,78	0,0	17,83
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	33,18	379,9	S	199,78	0,0	8,1
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	35,44	380,35	S	199,78	0,0	7,32
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	87,99	390,9	S	199,78	0,0	4,41
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	94,93	392,29	S	199,78	0,0	5,45
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	112,58	395,83	S	199,78	0,0	15,65

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
488,4	450,0	21,0	21,0	0,0	0,0	24,0	0,0	
450,0	380,0	21,0	21,0	0,0	0,0	24,0	0,0	
380,0	310,0	21,0	21,0	0,0	0,0	24,0	0,0	
310,0	240,0	21,0	21,0	0,0	0,0	24,0	0,0	
240,0	200,0	21,0	21,0	0,0	0,0	24,0	0,0	
200,0	170,0	21,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	
170,0	100,0	21,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	
100,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	40,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	0,74	0,98	0,05	0,74	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	0,0
0,0	1,0	0,98	0,05	1,0	0,0	0,05	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	488,4	450,0	0,07	0,0	462,8	450,0
2	450,0	380,0	0,52	0,0	409,44	380,0
3	380,0	310,0	1,01	0,0	342,15	310,0
4	310,0	240,0	1,51	0,0	273,09	240,0
5	240,0	200,0	1,5	0,0	216,16	200,0
6	200,0	170,0	0,92	0,0	184,75	170,0
7	170,0	100,0	2,5	0,0	133,84	100,0
8	100,0	0,0	5,56	0,0	40,41	0,0

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100,0	0,0	21,0	180,0	0,0	0,0	40,0	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
180,0	0,2	-0,2	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	100,0	0,0	-37,85	0,0	49,08	0,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	13,59	0,0	20,59
Carichi esterni	-80,02	46,2	-229,34
Peso muro	1,86	38,62	-43,17
Peso fondazione	2,65	55,17	-67,64
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	3,37	70,15	-131,3
Spinte fondazione	-37,85	0,0	-18,58
	-96,39	**210,14**	**-469,44**

Momento stabilizzante -487,49 kNm
Momento ribaltante 18,05 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	-175,62 kN
Forza verticale (P)	630,41 kN
Momento	54,15 kNm

Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	80,0 cm
Copriferro	5,0 cm

Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	100,0 cm
Peso unità di volume	21,0 KN/m³
Angolo di attrito	0,0 °
Coesione	50,0 kPa
Modulo di elasticità	5900,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	147099,8 KN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	900,0 cm
Peso unità di volume	21,0 KN/m³
Angolo di attrito	0,0 °
Coesione	100,0 kPa
Modulo di elasticità	9000,0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	209,0 cm
Cedimento del palo	0,8 cm
Spostamento in x	-0,65 cm
Rotazione in testa	-0,11 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 581,66 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	557,95 kN
Carico limite laterale (Qs)	980,18 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1,7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1,45
R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL	1004,19 kN
Peso palo (W)	12568,1 Kg
Fattore di sicurezza Fs=R/(P+W)	1,33

Verifica palo in testa

Momento	43,32 kNm
Sforzo normale	630,41 kN
Taglio	-175,62 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	630,4 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	963,97 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1207,91 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,49

Verifica palo alla profondità di cm 167,20

Momento	-240,93 kNm
Sforzo normale	651,02 kN
Taglio	40,51 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	651,02 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-967,87 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1210,81 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,11

Verifiche palo alla profondità di cm 417,99

Momento	-209,58 kNm
Sforzo normale	681,92 kN
Taglio	0,0 kN
Area ferri	72,38 cm²
Sforzo normale ultimo (Nu)	681,92 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-973,69 kNm
Stato verifica a flessione	Verificata
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	1210,81 kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	355,62 kN
Misura Sicurezza Taglio	0,11

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
100,0	-37,85	22,07	11,38	100,0

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);
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	37,91	832,87	S	304,02	0,0	13,78

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
150,0	5,56	99,6	-51,01	100,0

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);
Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
5Ø24 (22,62)	5Ø24 (22,62)	5,58	818,29	S	304,02	0,0	3,