Firmato digitalmente da
LUCIANO SIRI
CN = SIRI LUCIANO
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova
C = IT

COMUNE DI GENOVA

Direzione opere idrauliche e sanitarie

OPERE DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEL RIO FULLE IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO TOMBINATO SOTTOPASSANTE VIA SAN QUIRICO

PROGETTO DEFINITIVO

TAVOLA: **RT-004**

Oggetto		RELAZIONE GEOTECNICA, DI CALCOLO STRUTTURALE E SUI MATERIALI			
4					
3					
2					
1	**24/03/23**	**Revisione**	**Dott. Ing. L. SIRI**	**Dott. L. Perasso**	**Dott.ssa G. Andreola**
0	**11/10/22**	**Prima emissione**	**Dott. Ing. L. SIRI**	**Dott. L. Perasso**	**Dott.ssa G. Andreola**
Rev	**Data**	**Oggetto revisione**	**Redatto**	**Controllato**	**Approvato**
Commessa		**RIO FULLE**	**DATA**		

PSM TECNICI ASSOCIATI

Uffici
Via dei Tassara 1/1 scala A - 16158 Genova
Partita I.V.A. e codice fiscale 01771210992

Recapiti
Telefono 010.8606478 - 010.8607210
www.psm-associati.it - info@psm-associati.it

TIMBRO E FIRMA

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA
Dott. Ing. LUCIANO SIRI n. 7640

COMUNE DI GENOVA

Direzione opere idrauliche e sanitarie

OPERE DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEL RIO FULLE IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO TOMBINATO SOTTOPASSANTE VIA SAN QUIRICO

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

RELAZIONE GEOTECNICA, STRUTTURALE E SUI MATERIALI

PROGETTO: PSM TECNICI ASSOCIATI

Ing. Luciano Siri

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA
Dott. Ing. LUCIANO SIRI n. 7640

DATA: Marzo 2023

REVISIONE: 2.0

1. PREMESSA

La zona che interessa l'invaso del rio Fulle all'altezza dei civici 24-28-33 di Via San Quirico (S.S. n° 35 dei Giovi) ha subito diversi allagamenti al passare del tempo e delle alluvioni avvenute negli ultimi anni. Questi ultimi eventi avvenuti il 10 Ottobre e 15 Novembre 2014 hanno fatto rilevare problemi già esistenti dall'alluvione del 1993, e come già indicati nel Piano di Bacino del torrente Polcevera con fascia di inondabilità rossa, all'altezza della stazione ferroviaria di Genova San Biagio.
Il presente progetto prevede una serie di interventi finalizzati alla mitigazione del rischio idraulico ed alla regimazione del trasporto solido nell'alveo del rio Fulle, nel tratto a monte dell'imbocco della copertura sotto il centro abitato di via San Quirico fino alla sua immissione nel torrente Polcevera.
Nel presente documento sono riportate le verifiche geotecniche e strutturali degli interventi a progetto e sono altresì contenute le caratteristiche dei materiali previsti.
Per la caratterizzazione geologico e geotecnica dei terreni si è fatto riferimento all'elaborato "***00 Fulle - Relazione geologica"*** redatto dal Geol. Luigi Perasso, di A.S.Ter. S.p.A. Genova (GE), e facente parte della presente progettazione.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli riportati nella presente relazione sono eseguiti in conformità alle normative vigenti e specificamente alle norme tecniche seguenti:

- D.M. 17.01.2018 – Aggiornamento delle "*Norme tecniche per le costruzioni".*

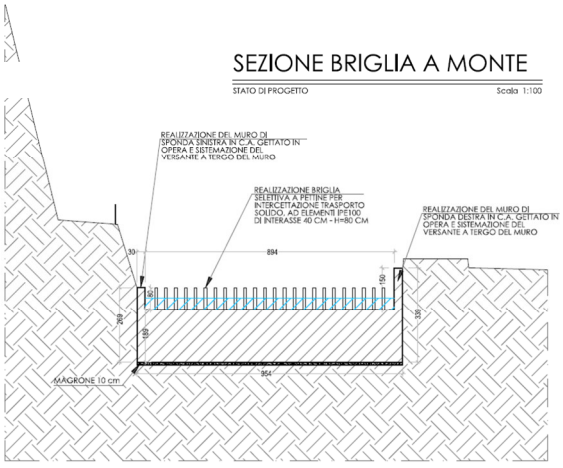
3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Per una descrizione dettagliata di tutti gli interventi previsti a progetto si faccia riferimento all'elaborato "***Relazione generale"***. Il presente documento si riferisce agli interventi a monte e a valle della tombinatura sotto via San Quirico.

3.1 Intervento n.1

Tale intervento consiste essenzialmente nella realizzazione di una briglia a pettine in CA che prevede sostanzialmente:

- sulle murature laterali, in prossimità del raccordo con la briglia, verrà effettuato un intervento di manutenzione conservativa nel tratto interessato alle sollecitazioni idrauliche innescate dalla presenza della briglia pari all'altezza del muro realizzato tramite sostituzione di piccoli tratti orizzontali e riempimento dei vuoti con malta bastarda
- il posizionamento di profilati metallici tipo IPE 100, posizionati verticalmente con interasse 40 cm e ancorati agli ordini orizzontali della briglia per trattenere il materiale flottante;

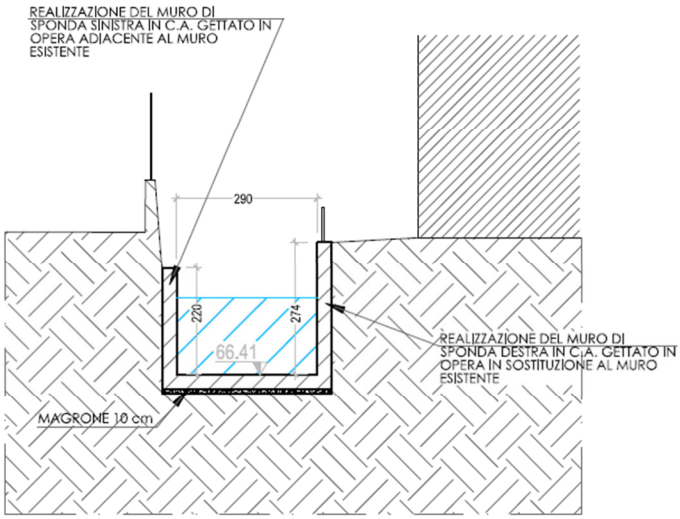


Briglia a pettine a monte Sez.Briglia

3.2 Intervento n.2

Tale intervento consiste nel miglioramento della sezione idraulica del rio, attraverso l'abbassamento della quota di scorrimento delle acque e la realizzazione di nuovi muri d'argine in sponda sia destra che sinistra del corso d'acqua, a monte dell'imbocco della tombinatura.
Di seguito sono descritti gli interventi di rinforzo strutturale dei muri esistenti previsti a progetto. Nello specifico l'intervento sarà realizzato come segue:

- a valle della briglia superiore, in sponda sinistra verrà realizzato una nuovo muro interno alla muratura esistente, mentre in sponda destra verrà realizzato un nuovo muro in adiacenza a quello esistente; la quota della testa del nuovo muro sarà pari, punto per punto, a quella di via Rio Fulle.
- la plateazione del fondo, per tutta la lunghezza del tratto interessato (circa 66 metri), sarà necessaria per assicurare la stabilità dei muri d'argine e la verifica a scorrimento, oltre ad eliminare fenomeni di erosione alla base dei muri stessi.



3.3 Intervento n.3

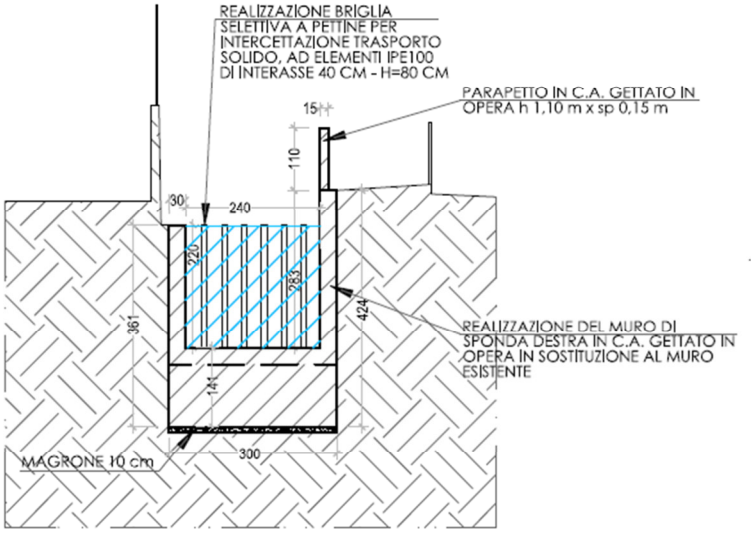
Similmente al primo intervento, consiste nella realizzazione di una seconda briglia a pettine in CA immediatamente prima dell'imbocco della tombinatura:

- sulle murature laterali, in prossimità del raccordo con la briglia, verrà effettuato un intervento di manutenzione conservativa nel tratto interessato alle sollecitazioni idrauliche innescate dalla presenza della briglia pari all'altezza del muro realizzato tramite sostituzione di piccoli tratti orizzontali e riempimento dei vuoti con malta bastarda
- il posizionamento di profilati metallici tipo IPE 100, posizionati verticalmente con interasse 40 cm e ancorati agli ordini orizzontali della briglia per trattenere il materiale flottante;

A completamento dell'intervento sulla briglia sono previsti, inoltre, alcuni interventi sui muri laterali di confine con le proprietà private sintetizzati di seguito:

- sulla muratura laterale di destra, a monte del raccordo con la briglia, verrà effettuato un intervento di manutenzione conservativa nel tratto interessato alle sollecitazioni idrauliche innescate dalla presenza della briglia.
- su entrambe le sponde verrà realizzato il ripristino delle murature in corrispondenza della zona in cui sarà ancorata la parte superiore della briglia;

- a valle della briglia, su entrambe le sponde verrà realizzato un muro in adiacenza a quello esistente per una lunghezza di circa 4,4 m, mediante getto di calcestruzzo armato in opera
- la plateazione del fondo, per tutta la lunghezza del tratto interessato sarà necessaria per assicurare la stabilità dei muri d'argine e la verifica a scorrimento, oltre ad eliminare fenomeni di erosione alla base dei muri stessi.
- Nell'ultimo tratto di circa 15 metri in sponda destra, verrà realizzato un parapetto alto 1,10 m



3.4 Intervento n.4

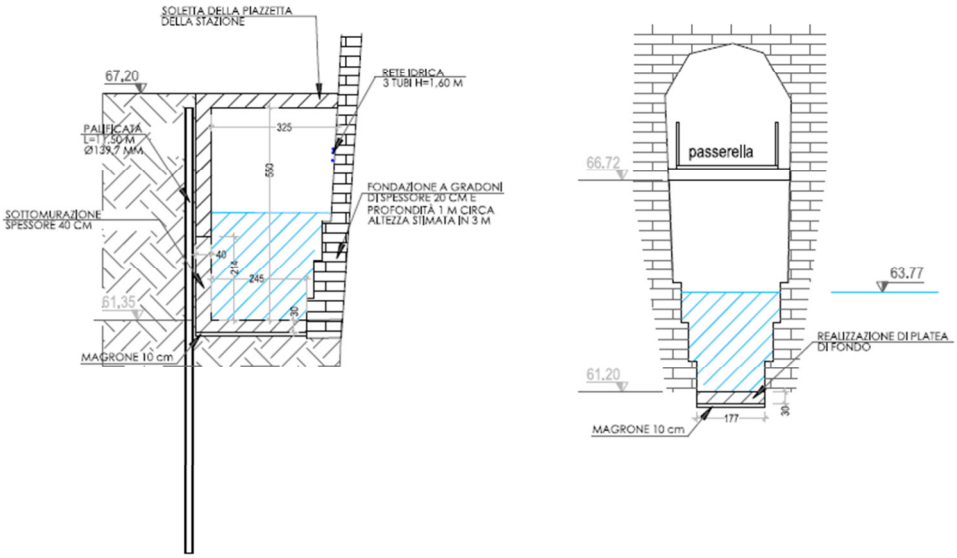
Verrà realizzata una nuova tombinatura attraverso la posa di uno scatolare di sezione 250x300 cm (primi 23 metri) e 250x350 cm per tutto il restante tratto. Le opere di scavo per la posa dello scatolare, sotto via San Quirico, avverranno dopo la realizzazione di una paratia di micropali provvisionale a protezione delle stesse.
All'interno dello scatolare sarà realizzata l'apertura per l'immissione delle acque bianche della Roggia dei Mulini, attraverso il taglio della parete ed il ripristino della stessa in modo da dare continuità al profilo idraulico del rio.

3.5 Intervento n.5

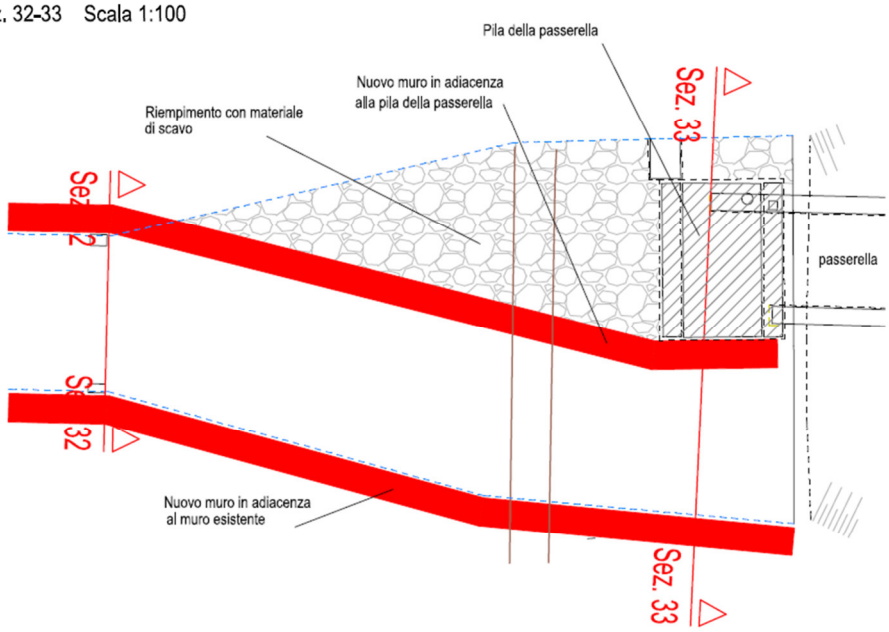
Similmente all'intervento n.2, consiste nel miglioramento della sezione idraulica del rio, attraverso l'abbassamento della quota di scorrimento delle acque ed il consolidamento di porzioni dei muri esistenti a valle della tombinatura fino all'immissione nel torrente Polcevera.
Di seguito sono descritti gli interventi di rinforzo strutturale dei muri esistenti previsti a progetto. Nello specifico l'intervento sarà realizzato come segue:

- verrà demolita una porzione del muro in c.a. dell'attuale percorso del rio per permettere il passaggio del nuovo tracciato, che confluirà in quello esistente nel tratto finale
- in sponda sinistra verrà eseguito un intervento di sottomurazione della muratura esistente, in calcestruzzo armato, fino al sottopasso ferroviario. Le opere di sottomurazione verranno realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera a campioni di lunghezza massima 1,5 m; l'altezza della sottomurazione sarà di circa 3 metri, ricavata tramite l'acquisizione dei disegni esecutivi del sottopasso ferroviario, nel rispetto delle quote di progetto.
  Sarà indispensabile predisporre, in fase esecutiva, opportune armature della parete dello scavo, visto che le altezze delle sottomurazioni arriveranno fino a 3 metri.

- la plateazione del fondo, per tutta la lunghezza del tratto interessato sarà necessaria per assicurare la stabilità dei muri d'argine e la verifica a scorrimento, oltre ad eliminare fenomeni di erosione alla base dei muri stessi.
- Nel tratto corrispondente al passaggio al di sotto del rilevato ferroviario, si effettuerà un intervento di scavo accanto alla fondazione a gradoni dei muri di sostegno del sottopassaggio. A tal proposito si manterrà la sporgenza di ogni gradone fino al raggiungimento della nuova quota di scorrimento, dove verrà contestualmente realizzata la platea di fondo.
  Nel tratto finale, in corrispondenza del pilone del ponte pedonale sul torrente Polcevera, verranno realizzati i nuovi muri in funzione della reale geometria della fondazione della pila. la scelta progettuale è quella di realizzare un nuovo muro a protezione della pila, che convogli tutto il flusso del rio in sponda destra (attualmente l'acqua fluisce da entrambi I lati della pila). I nuovi muri d'argine saranno realizzati in adiacenza a quelli esistenti.



PIANTA IMMISSIONE RIO FULLE NEL POLCEVERA
SOTTOPASSO FERROVIARIO STAZIONE SAN BIAGIO
Sez. 32-33 Scala 1:100



4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento all'elaborato tecnico "***Relazione geologica***" redatta dal Geol. Luigi Perasso, l'area oggetto di intervento è caratterizzata dalla presenza diffusa di roccia affiorante lungo buona parte dell'alveo.
Pertanto, per la caratterizzazione del sito è stato effettuato un rilievo geologico di superficie supportato da una serie di indagini di tipo diretto, costituite da tre carotaggi verticali, sette prove penetrometriche dinamiche medie; si sono escluse indagini di tipo indiretto a causa della presenza di una fitta rete di sottoservizi non sempre correttamente tracciati e spesso ignoti anche ai gestori degli stessi.
Sulla questa base è stato individuato un modello geologico costituito da tre strati aventi differenti caratteristiche geomeccaniche di seguito riportate (cautelativamente si assumono, per quanto riguarda la coesione ed i valori dell'angolo di attrito, i valori medi tra i range riportati nella relazione geologica):

Stato 1: *terreno o materiali di riporto,* terreno di riporto rimaneggiato antropicamente a fini agricoli, eterogeno, a tessitura franca, caratterizzata da un ampio spettro granulometrico, prevalentemente costituito da abbondante frazione clastica lapidea centimetrica in matrice di sabbia limosa.

Caratteristiche geomeccaniche:

- angolo d'attrito interno $\varphi = 33°$
- coesione efficace $c' = 95{,}0$ kPa
- peso di volume saturo $\gamma = 18$ kN/m^3

Stato 2: *materiale detritico presente in alveo,* alternanza di limi e argille con abbondante scheletro lapideo alternati a ghiaie - terreno granulare grossolano e molto grossolano costituito da pietre pluricentimetriche - che sedimenta nelle concavità dell'ammasso roccioso dell'alveo e che ha estensioni limitate e spessori sempre molto ridotti (mai superiori al mezzo metro).

Caratteristiche geomeccaniche:

- angolo d'attrito interno $\varphi = 33°$
- coesione efficace $c' = 95$ kPa
- peso di volume saturo $\gamma = 18{,}5$ kN/m^3

Stato 3: *Substrato roccioso,* sulla base della classificazione geomeccanica eseguita dal geologo l'ammasso roccioso può essere parametrizzato nel modo seguente:

Caratteristiche geomeccaniche:

- angolo d'attrito interno $\varphi = 41°$
- coesione efficace $c' = 0.04$ M Pa
- peso di volume saturo $\gamma = 26{,}0$ kN/m^3

Le verifiche di sicurezza del muro esistente sono condotte considerando le caratteristiche geologiche della sola coltre di copertura. Esse sono condotte considerando un angolo di attrito terra-muro pari a φ (prudenzialmente pari al valore minimo: φ=18°) nelle combinazioni di carico statiche e sismiche.

Il coefficiente di spinta attivo è determinato mediante la formula seguente:

$$K = \frac{sen^2(\psi + \phi_t')}{sen^2\psi \cdot sen(\psi - \delta_t) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{sen(\phi_t' + \delta_t) \cdot sen(\phi_t' - \beta)}{sen(\psi - \delta_t) \cdot sen(\psi + \beta)}}\right]^2}$$

La relazione di calcolo che segue è stata eseguita per l'intervento n°2, più oneroso dal punto di vista dei carichi rispetto alle briglie, facendo presente che, per quanto riguarda la geometria della sezione di calcolo, è stata considerata la più sfavorevole; questo permette tuttavia di avere una stima attendibile delle quantità di acciaio e calcestruzzo da considerare nel computo metrico estimativo.

5. RELAZIONE DI CALCOLO

Normative di riferimento:

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

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

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

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

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

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_a:

d < (b-ϕ-e) secondo Muller-Breslau

g_t= Peso unità di volume del terreno;

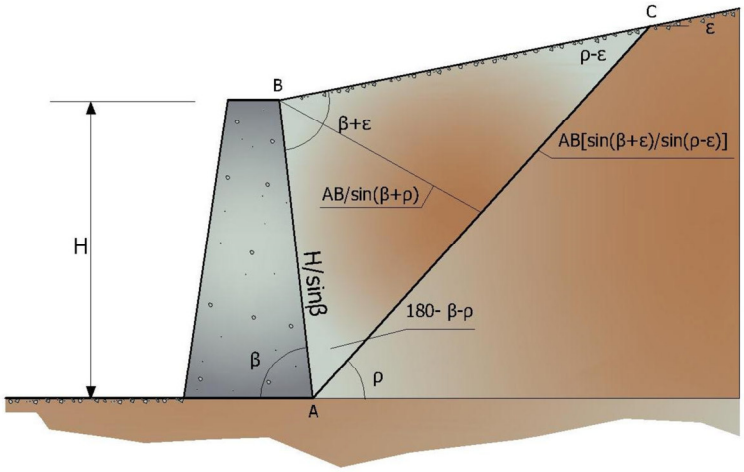
b= Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

j= Angolo di resistenza al taglio del terreno;

d= Angolo di attrito terra-muro;

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

H= Altezza della parete.



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

Calcolo della spinta attiva con Rankine

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

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

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

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

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

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 e, di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo b, di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità ϑ tale che:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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

dove

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

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

g = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

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

β_m = 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

β_m = 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

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

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

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

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

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

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

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

g= Accelerazione di gravità.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

γ_I= Fattore di importanza;

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

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

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

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

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

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

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

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

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;

g= Peso per unità di volume del terreno;

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

E_{WS}= Spinta idrostatica dell'acqua;

E_{wd}= Spinta idrodinamica.

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

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

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

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

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

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

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

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

$$V_d \leq R_d$$

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

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

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

Dove:

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

c_u= Coesione non drenata;

q= Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c= Fattore di forma;

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

d_c= Fattore di profondità;

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

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

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

A_f= Area efficace della fondazione;

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

VESIC - Analisi a lungo termine

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

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

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right)$$
$$N_c = \left(N_q - 1\right) \cdot \cot\varphi'$$
$$N_\gamma = 2 \cdot \left(N_q + 1\right) \cdot \tan\varphi'$$

Fattori di forma

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

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

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

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

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^m$$
$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^{m+1}$$
$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan\varphi'}$$
$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

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

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

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

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

Dove:

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

c_u= Coesione non drenata;

q= Pressione litostatica totale sul piano di posa;

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

d_c= Fattore di profondità;

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

i_c= Fattore correttivo di inclinazione del carico;

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

A_f= Area efficace della fondazione;

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

HANSEN- Analisi a lungo termine

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

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

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right)$$
$$N_c = \left(N_q - 1\right) \cdot \cot\varphi'$$
$$N_\gamma = 1.5 \cdot \left(N_q - 1\right) \cdot \tan\varphi'$$

Fattori di forma

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

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

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

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$ per fondazione nastriforme

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^5$$
$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^5$$
$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

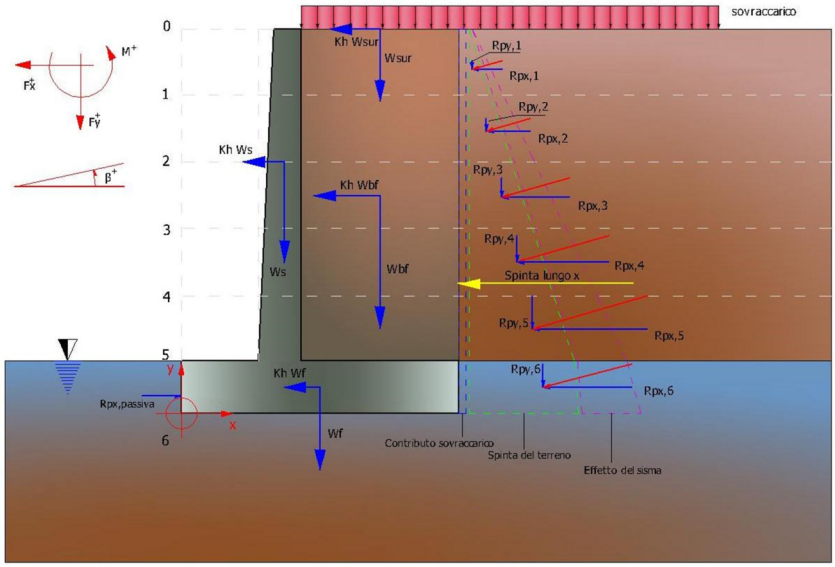
$$d_q = 1 + 2\tan\varphi\left(1 - \sin\varphi\right) \cdot K$$

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

$$d_\gamma = 1$$

Sollecitazioni muro

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



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

Calcolo delle spinte per le verifiche globali

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

Convenzione segni

Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;

Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;

Coppie positive se antiorarie;

Angoli positivi se antiorari.

Dati generali

Codice progetto	Fulle
Descrizione	Muro canale
Comune di	Genova Via san Quirico -Rio fulle
Tecnico	Dot. ing. Luciano Siri
Data	05/12/2022 10:18:12
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Genova Via San quirico
Lat./Long. [WGS84]	44.405649/8.946256

Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	260,0 cm
Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	150,0 cm
Sporgenza mensola a monte	10,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	30,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	30,0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,235	2,526	0,187
S.L.D.	50,0	0,304	2,53	0,209
S.L.V.	475,0	0,696	2,533	0,286
S.L.C.	975,0	0,892	2,523	0,294

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Classe II

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,376	0,0	0,0	0,0
S.L.D.	0,4864	0,47	0,0233	0,0117
S.L.V.	1,1136	0,38	0,0432	0,0216
S.L.C.	1,4272	0,0	0,0	0,0

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

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

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 iniziale	ß1*ß2 finale
1	B450C	200000	450	391.3	540	391.3	0.075	0.0675	1	0.5
2	B450C *	200000	450	391.3	540	450	0.075	0.0675	1	0.5
3	B450C **	200000	450	391.3	458.3	398.5	0.012	0.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muroC25/30 B450C

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

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione	
1	590	0	18.63	33	0.00	24	No		Ghiaia con sabbia o ghaia sabbiosa	

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.4
2	Scorrimento	1.1

3	Partecipazione spinta passiva	1.4
	Ribaltamento	1.15

A_Unitari+M1+RSLV

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

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

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

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

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

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

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

A1+M1+R3 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/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	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	24,0	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
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,79	0,35	255,33	255,33
2	238,0	186,0	2,37	1,06	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,95	1,76	158,27	158,27
4	134,0	82,0	5,53	2,46	106,76	106,76
5	82,0	30,0	7,11	3,17	55,04	55,04

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

238,0	0,0	3,9	165,0	264,0
186,0	0,0	7,8	165,0	238,0
134,0	0,0	11,7	165,0	212,0
82,0	0,0	15,6	165,0	186,0
30,0	0,0	19,5	165,0	160,0

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
238,0	0,79	4,25	0,08	30,0
186,0	3,16	9,21	0,88	30,0
134,0	7,11	14,87	3,22	30,0
82,0	12,64	21,23	7,92	30,0
30,0	19,76	28,3	15,8	30,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	4,39	61,57	S	121,16	0,0	150,34
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	9,6	62,2	S	121,23	0,0	37,61
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	15,16	62,86	S	121,3	0,0	16,72
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	21,48	63,62	S	121,39	0,0	9,41
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	29,11	64,52	S	121,49	0,0	6,03

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (190,0/0,0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (190,0/290,0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/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	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
30,0	0,0	18,63	0,0	33,0	24,0	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
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,73	0,48	255,33	255,33
2	238,0	186,0	2,2	1,43	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,67	2,39	158,27	158,27
4	134,0	82,0	5,14	3,34	106,76	106,76
5	82,0	30,0	6,61	4,3	55,04	55,04
6	30,0	0,0	4,5	2,87	14,71	14,8

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
30,0	0,0	18,63	180,0	33,0	24,0	0,0	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
204,0	3,39	-3,1	-1,38

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30,0	0,0	-2,6	-1,16	10,0	10,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	22,88	14,8	-6,03
Peso muro	0,0	19,5	-32,18
Peso fondazione	0,0	14,25	-13,54
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	6,3	-11,65
Spinte fondazione	-2,6	-1,16	-0,26
	20,28	**53,69**	**-63,65**

Momento stabilizzante -85,49 kNm
Momento ribaltante 21,84 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	22,88 kN
Sommatoria forze verticali	54,85 kN
Coefficiente di attrito	0,65
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	54,85 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	22,88 kN
Resistenza terreno	38,22 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1,52**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-85,49 kNm
Momento ribaltante	21,84 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**3,4**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	20,28 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	53,69 kN
Somma momenti	-63,65 kNm
Larghezza fondazione	190,0 cm
Lunghezza	6600,0 cm
Eccentricità su B	23,54 cm
Peso unità di volume	18,63 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	33,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18,63 KN/m³
Nq	26,09
Nc	38,64
Ng	35,19
Fattori di forma	
sq	1,01
sc	1,01
sg	0,99
Inclinazione carichi	
iq	0,39
ic	0,37
ig	0,24
Fattori di profondità	
dq	1,06
dc	1,08
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	248,93 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**3,31**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	118,54 cm
Larghezza della fondazione	190,0 cm
x = 0.0 cm	7.25 kPa
x = 190.0 cm	49.27 kPa

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
150,0	-2,6	-25,66	-13,76	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	2,9	61,39	S	121,13	0,0	4,63

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
180,0	4,5	15,58	-1,53	30,0

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

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);

Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	4,39	61,57	S	121,16	0,0	7,63

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/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	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	24,0	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
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,61	0,27	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,82	0,81	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,04	1,35	158,27	158,27
4	134,0	82,0	4,26	1,89	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,47	2,44	55,04	55,04

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
238,0	0,0	3,9	165,0	264,0
186,0	0,0	7,8	165,0	238,0
134,0	0,0	11,7	165,0	212,0
82,0	0,0	15,6	165,0	186,0
30,0	0,0	19,5	165,0	160,0

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
238,0	0,61	4,17	0,06	30,0
186,0	2,43	8,88	0,68	30,0
134,0	5,47	14,14	2,48	30,0
82,0	9,73	19,93	6,09	30,0
30,0	15,2	26,27	12,16	30,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	4,39	61,57	S	121,16	0,0	195,44

4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	8,86	62,11	S	121,22	0,0	48,89
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	14,42	62,77	S	121,29	0,0	21,74
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	20,34	63,48	S	121,37	0,0	12,24
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	26,83	64,25	S	121,46	0,0	7,84

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (190,0/0,0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (190,0/290,0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/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	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
30,0	0,0	18,63	0,0	33,0	24,0	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
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)

Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,57	0,37	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,7	1,1	209,11	209,11
3	186,0	134,0	2,83	1,84	158,27	158,27
4	134,0	82,0	3,96	2,57	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,09	3,3	55,04	55,04
6	30,0	0,0	3,46	2,21	14,71	14,8

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
30,0	0,0	18,63	180,0	33,0	24,0	0,0	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
204,0	3,39	-3,1	-1,38

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30,0	0,0	-2,6	-1,16	10,0	10,0

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	17,6	11,39	-4,64
Peso muro	0,0	19,5	-32,18
Peso fondazione	0,0	14,25	-13,54
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	4,84	-8,96
Spinte fondazione	-2,6	-1,16	-0,26
	15,0	**48,82**	**-59,57**

Momento stabilizzante -76,31 kNm
Momento ribaltante 16,74 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	17,6 kN
Sommatoria forze verticali	49,98 kN
Coefficiente di attrito	0,65
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	49,98 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	17,6 kN
Resistenza terreno	35,06 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1,99**
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-76,31 kNm
Momento ribaltante	16,74 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**4,56**
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	15,0 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	48,82 kN
Somma momenti	-59,57 kNm
Larghezza fondazione	190,0 cm
Lunghezza	6600,0 cm
Eccentricità su B	27,01 cm
Peso unità di volume	18,63 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	33,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18,63 KN/m³
Nq	26,09
Nc	38,64
Ng	35,19

Fattori di forma

sq	1,01
sc	1,01
sg	0,99
Inclinazione carichi	
iq	0,48
ic	0,46
ig	0,33
Fattori di profondità	
dq	1,06
dc	1,09
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	304,3 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**5,19**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	122,01 cm
Larghezza della fondazione	190,0 cm
x = 0.0 cm	3.78 kPa
x = 190.0 cm	47.61 kPa

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
150,0	-2,6	-21,53	-10,4	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	2,9	61,39	S	121,13	0,0	5,52

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
180,0	3,46	12,33	-1,2	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	3,64	61,48	S	121,15	0,0	9,63

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	24,0	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
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,61	0,27	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,82	0,81	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,04	1,35	158,27	158,27
4	134,0	82,0	4,26	1,89	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,47	2,44	55,04	55,04

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
238,0	0,0	3,9	165,0	264,0
186,0	0,0	7,8	165,0	238,0
134,0	0,0	11,7	165,0	212,0
82,0	0,0	15,6	165,0	186,0
30,0	0,0	19,5	165,0	160,0

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
238,0	0,61	4,17	0,06	30,0
186,0	2,43	8,88	0,68	30,0

134,0	5,47	14,14	2,48	30,0
82,0	9,73	19,93	6,09	30,0
30,0	15,2	26,27	12,16	30,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (190,0/0,0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (190,0/290,0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/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	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
30,0	0,0	18,63	0,0	33,0	24,0	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
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,57	0,37	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,7	1,1	209,11	209,11
3	186,0	134,0	2,83	1,84	158,27	158,27
4	134,0	82,0	3,96	2,57	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,09	3,3	55,04	55,04
6	30,0	0,0	3,46	2,21	14,71	14,8

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
30,0	0,0	18,63	180,0	33,0	24,0	0,0	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
204,0	3,39	-3,1	-1,38

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30,0	0,0	-2,6	-1,16	10,0	10,0

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	17,6	11,39	-4,64
Peso muro	0,0	19,5	-32,18
Peso fondazione	0,0	14,25	-13,54
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	4,84	-8,96
Spinte fondazione	-2,6	-1,16	-0,26
	15,0	**48,82**	**-59,57**

Momento stabilizzante -76,31 kNm
Momento ribaltante 16,74 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-76,31 kNm
Momento ribaltante	16,74 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**4,56**
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

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
150,0	-2,6	-21,53	-10,4	30,0

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
180,0	3,46	12,33	-1,2	30,0