



COMUNE DI TRIESTE

piazza Unità d'Italia 4
34121 Trieste

AREA LAVORI PUBBLICI

SERVIZIO SPAZI APERTI, VERDE PUBBLICO E STRADE

RICOSTRUZIONE DEL MURO CROLLATO IN STRADA DEL FRIULI IN LOCALITÀ CONTOVELLO A TRIESTE (TS)

CIG: CUP:

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Arch. Andrea DE WALDERSTEIN

PROGETTISTA

Ing. Giovanni BASILISCO



BDP Studio s.r.l.s.
via del Coroneo, 34 - 34133 Trieste
info@bdpstudio.it
bdpstudio@pec.it

Collaboratori: per.ind. Tommaso Ratzenbeck

TITOLO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI RELAZIONE DI CALCOLO

(Ai sensi art.65 del D.P.R. 380/2001 e art.10.1 del D.M. 17/01/2018)

TAVOLA

S0

REVISIONE: 00

Emissione

DATA 08 febbraio 2021

SCALA -

Rif. nome file \\SynologyNAS\home\2020\2020_026_Contovello_Comune TS\02_Strutturali\Nuovo Muro\DISEGNO\STR_TAV01_r6.dwg

8.4.1	premessa	72
8.4.2	metodo di calcolo	73
8.4.3	Valutazione dell'azione sismica	73
8.4.4	Analisi di stabilità	73
9	VALIDAZIONE CALCOLI	77
9.1.1	VERIFICHE	78

RELAZIONE DI CALCOLO

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- 1) D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni”;
- 2) Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 Gennaio 2019 n°7;
- 3) Ord. P.C.M. 20 marzo 2003 n.3274 “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- 4) L.N. 1086/71 “Norme per la disciplina di opere in conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica”;
- 5) Legge 26/05/1965 n.595 “Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici”;
- 6) Norma UNI 9858 “Calcestruzzo: prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità”;
- 7) Norma UNI-ENV 197/1 “Composizione, specificazione e criteri di conformità cementi comuni”

2 PREMESSA

Il presente progetto strutturale riguarda le opere di ricostruzione del muro di contenimento della strada del Friuli interessato da crollo in data 10 dicembre 2020 in prossimità dell'abitato di Contovello a Trieste.

A seguito del collasso di una parte del muro di contenimento della carreggiata, è avvenuto il franamento del terreno a tergo dello stesso, presente sotto la sede stradale e di parte della sede stradale stessa.



Foto n.1 vista muro collassato da pastino inferiore

Al fine di consentire di poter garantire l'utilizzo, quanto prima, della corsia a monte, imponendo un senso unico alternato, regolato da dispositivo semaforico, è stato redatto un progetto (deposito Prot. 691/2020) che prevede la realizzazione di una paratia di micropali in corrispondenza alla linea di mezzzeria della carreggiata.



Foto n.2 vista planimetrica paratia

A conclusione dell'intervento di realizzazione della paratia di micropali, intervento in corso di realizzazione in somma urgenza da parte della Protezione Civile regionale, è prevista la ricostruzione del muro di contenimento con ripristino completa della sede stradale.

Il presente progetto è relativo alla ricostruzione del muro di contenimento.

In relazione alle dimensioni, massimo salto di quota tra il terreno del fondo inferiore e la sede stradale 6,50 m, agli spazi disponibili considerata anche la presenza della paratia di cui sopra, anche in funzione dei confini di proprietà, è previsto di realizzare il nuovo muro di contenimento in cls con fondazione su pali.

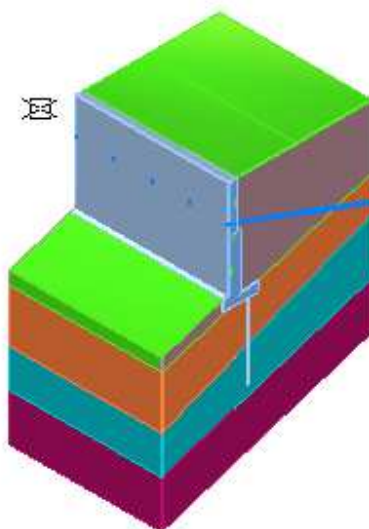
Il muro presenterà poi una fila di tiranti.

Ai fini del dimensionamento della struttura si è fatto riferimento alla relazione del dott. Pinzani, allegata al presente progetto per quanto riguarda le caratteristiche del terreno, mentre per quanto riguarda i carichi applicati alla sede stradale si è fatto riferimento ai valori limite che il Comune di Trieste ha stabilito per il transito di automezzi, e per i dimensionamenti delle strutture prospicienti la sede stradale, considerando comunque i massimi carichi previsti all'art. 5 del D.M. 17 gennaio 2018.

Si precisa che, a favore di sicurezza non è stato considerato il contributo della paratia retrostante.

Le verifiche sono state condotte, secondo quanto previsto dall'art. 6.5.3.1.1 del D.M. 17 gennaio 2018 allo SLU di tipo GEO e STR; le verifiche strutturali sono state eseguite secondo quanto previsto dalla tabella 7.3.III.

Per eseguire le verifiche è stato utilizzato il software MDC della GEOSTRU, ed al fine di validare il calcolo sono state condotte alcune verifiche manualmente.



Modello muro

3 RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI

Calcestruzzo

Calcestruzzo	C32/40	
fck cilindrica	32	N/mm ²
fck cubica	40	N/mm ²
fcd	18,13	N/mm ²
fctk	2,12	N/mm ²
fctd	1,41	N/mm ²
fcfk	2,54	N/mm ²
Ecm	33300	N/mm ²
Poisson fessurato	0	
Poisson non fess.	0,2	
ε _{cu}	0,0035	
fbd	3,18	N/mm ²
Classe di consistenza	S4	
Classe di esposizione	XC2	

Acciaio da cementi armati

Acciaio	B450C	
fyk	450	N/mm ²
ftk	540	N/mm ²
Es	210000	N/mm ²
fyd	391,3043	N/mm ²
ε _{yd}	0,001863	
n	6,671791	
G	13114,92	N/mm ²
α _{cc}	0,85	
γ _c	1,5	
γ _s	1,15	
fcfd	1,43638	N/mm ²

Inerti ed acqua per conglomerati cementizi

La sabbia e la ghiaia necessarie per formare gli impasti di cls, potranno essere di cava o di fiume, ben lavate e selezionate, granulometricamente corrispondenti alle curve di regolamento e tali da ottenere per il calcestruzzo le resistenze caratteristiche di progetto. Il diametro massimo degli inerti deve essere 20 mm.

Non deve contenere cloruri o solfati in percentuale dannosa e nell'impasto il rapporto acqua/cemento deve essere tale da garantire la resistenza caratteristiche di progetto. Il rapporto a/c non deve essere maggiore di 0,6

Disarmo

Di norma il disarmo può avvenire dopo 7 giorni

Acciaio per armatura pali

Per tutti gli elementi si prescrive l'utilizzo di un acciaio S355 che ha le seguenti caratteristiche:

$$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

Malta per iniezione pali

Malta classe C25/30 classe di esposizione XC2

Resistenza cubica a 28 gg. R'_{ck} 30 MPa

Firma progettista: _____

4 ANALISI DEI CARICHI

Elenchiamo nel seguente capitolo i carichi considerati ai fini delle verifiche.

1. Carichi previsti sulla sede stradale

Carichi variabili q_k 30 kN/m² da prescrizione del Comune su questa strada

Carichi concentrati Q_k 400 kN su asse con 200 kN concentrati ad interasse 2 m come da prescrizione del Comune su questa strada e schema di carico 2 (art. 5.1.3.3.3 D.M. 17 gennaio 2018)

2. Carichi gravanti sulla fondazione del muro

Carichi permanenti non strutturali G_2

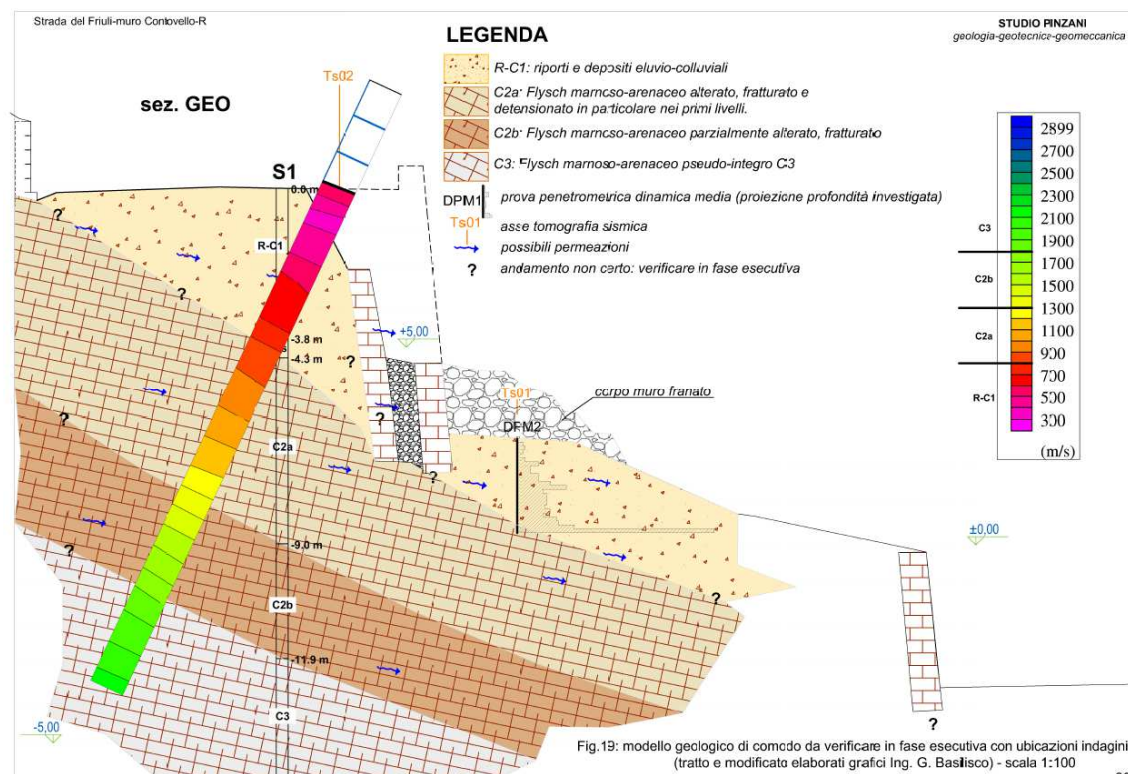
Rivestimento in pietra 0,4m*6,7 m*21kN/m³ 56,3 kN/m

Per gli elementi in cemento armato si assume un peso proprio pari a 25 kN/m³.

5 PARAMETRI GEOLOGICI-GEOTECNICI

A supporto del progetto per l'ampliamento e adeguamento si utilizza la relazione geologica-geotecnica stesa dal professionista incaricato Dott. Geologo Pietro Pinzani.

Nella relazione è definita la sezione geologica di cui si riporta qui sotto l'estratto



ed i caratteri geotecnici del terreno di fondazione di cui riportiamo i parametri:

Unità geotecnica	parametro	range valori	valore consigliato
Complesso R-C1 ³	γ_n	17 - 19 kN/mc	18 kN/mc
	γ_s	18 - 20 kN/mc	19 kN/mc
	φ'	29 - 35°	30°
	c'	0 - 2 kPa	0 kPa
	E'	8 - 10 MPa	10 MPa
Complesso C2a ⁴	γ_n	22 - 24 kN/mc	23 kN/mc
	γ_s	23 - 25 kN/mc	24 kN/mc
	φ'	18 - 30°	25°
	c'	30 - 100 kPa	40 kPa
	τ_{C2a}^{50}	35-45°	40°
	E'	50 - 100 MPa	80 MPa
	τ_{b-r}	150 - 350 kPa	250 kPa
Complesso C2b ²	γ_n	23 - 25 kN/mc	24 kN/mc
	γ_s	24 - 25 kN/mc	25 kN/mc
	φ'	25 - 35°	25°
	c'	100 - 300 kPa	200 kPa
	τ_{C2b}^{50}	40-50°	45°
	E'	100 - 200 MPa	150 MPa
	τ_{b-r}	300 - 400 kPa	350 kPa
Complesso C3 ²	γ_n	25 - 26 kN/mc	25 kN/mc
	γ_s	25 - 26 kN/mc	25 kN/mc
	φ'	35 - 45°	35°
	c'	300 - 800 kPa	500 kPa
	τ_{C3}^{50}	45-55°	50°
	E'	200 - 500 MPa	300 MPa
	τ_{b-r}	400 - 1000 kPa	800 kPa

6 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Secondo il § 2.4.3 le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale dell'opera V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata nella seguente tabella (§ 2.4.1 tabella 2.4.I).

TIPO DI COSTRUZIONE			Vita Nominale V_N (in anni)
<input type="checkbox"/>	1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
<input type="checkbox"/>	2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. La costruzione oggetto di interventi strutturali ricade nella:

Classe IV: reti viarie di tipo C appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia.

L'opera è ricompresa nell'elenco di cui all'art.2 del D.P.G.R. 27 luglio 2011 n.0176/Pres.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della Classe d'uso, come mostrato in § 2.4.3 tabella 2.4.II.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

$$V_R = V_N \cdot C_U = 200 \text{ anni}$$

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni andranno combinate in conformità a quanto espresso al § 2.5.3 delle norme NTC2018. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, la normativa definisce le seguenti combinazioni delle azioni:

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

$$F_d = \sum_{j=1}^m \gamma_{jG} \cdot G_{jk} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{1Q} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{0i} \gamma_{iQ} Q_{ik}$$

- combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE):

$$F_d = \sum_{j=1}^m G_{jk} + P_k + Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{0i} \cdot Q_{ik}$$

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

$$F_d = \sum_{j=1}^m G_{jk} + P_k + \psi_{11} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik}$$

- combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$F_d = \sum_{j=1}^m G_{jk} + P_k + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik}$$

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

$$F_d = E + \sum_{j=1}^m G_{jk} + P_k + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} \cdot Q_{ik}$$

I coefficienti parziali di sicurezza e i coefficienti di combinazione presenti nelle espressioni di cui sopra verranno di volta in volta esplicitati. I coefficienti parziali di sicurezza sono presi dalla tabella 6.2.1. delle NTC2018:

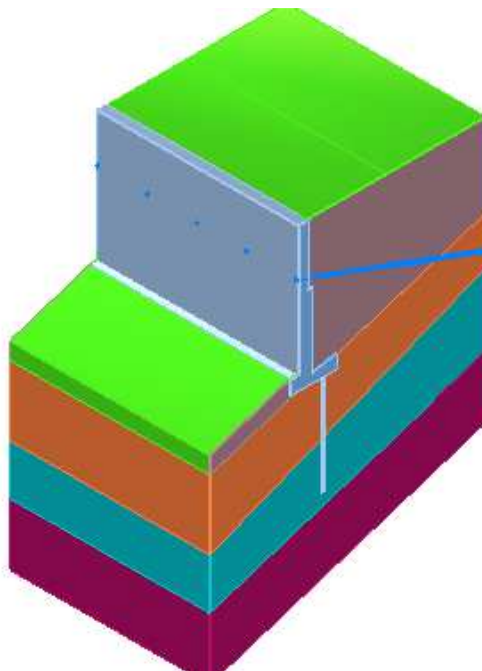
Tab. 6.2.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_s (o γ_{ϕ})	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 ^(*)	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qs}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

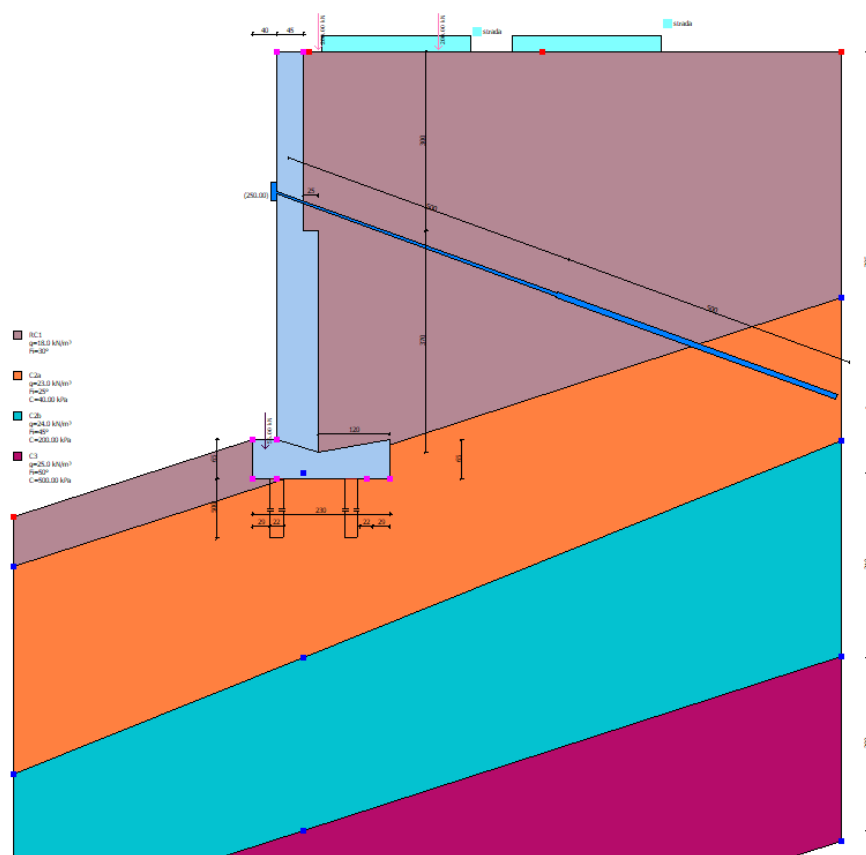
^(*) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.1. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{ϕ} .

8 VERIFICHE DELLA STRUTTURA

Si riporta qui di seguito la verifica eseguita con il software MDC della GEOSTRU



Vista modello

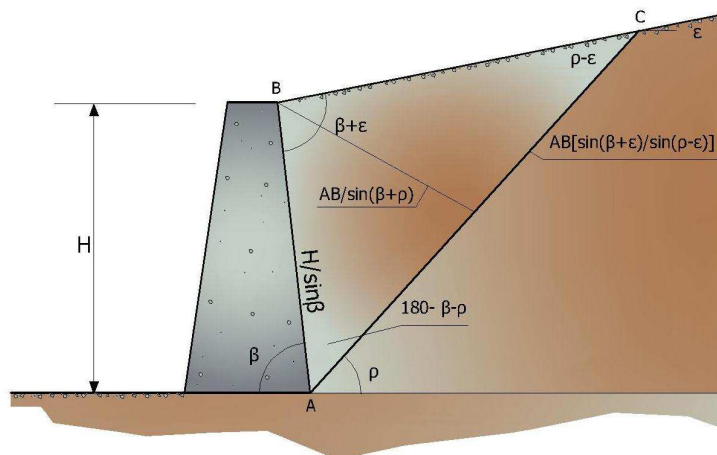


Sezione trasversale modello

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.

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

H= Altezza della parete.



16

8.1.2 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.

8.1.3 Calcolo coefficienti sismici

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

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

dove

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

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

g = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

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

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

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

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

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

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

8.1.4 Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

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

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

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno.

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

$$S_c = P_c \cdot H$$

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

8.1.5 Carico uniforme sul terrapieno

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

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

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

8.1.6 Spinta attiva in condizioni sismiche

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

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

Dove:

H = Altezza muro;

k_v = Coefficiente sismico verticale;

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:

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

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

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

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

8.1.7 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 ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

8.1.8 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:

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

8.1.9 Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

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

$$V_d \leq R_d$$

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

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

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

Dove:

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

c_u = Coesione non drenata;

q = Pressione litostatica totale sul piano di posa;

s_c = Fattore di forma;

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

d_c = Fattore di profondità;

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

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

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

A_f = Area efficace della fondazione;

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

VESIC - Analisi a lungo termine

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

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

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

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

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

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

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

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

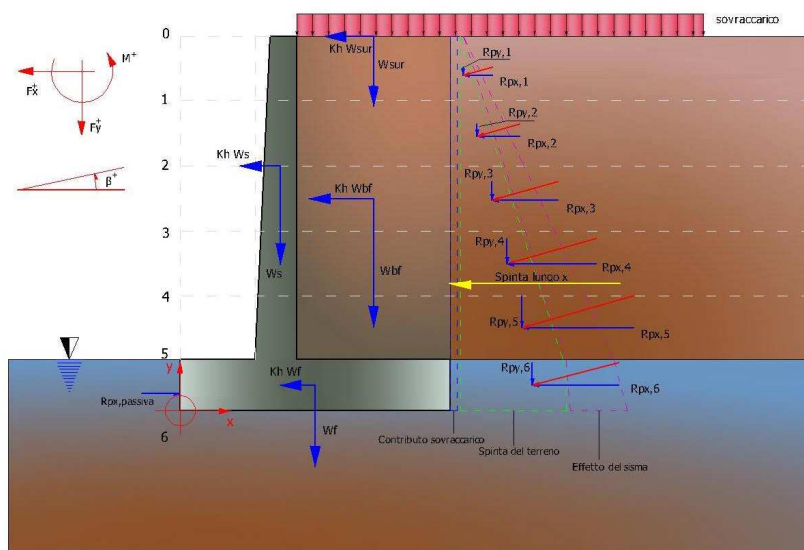
$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

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

$$d_\gamma = 1$$

8.1.10 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

8.1.11 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.

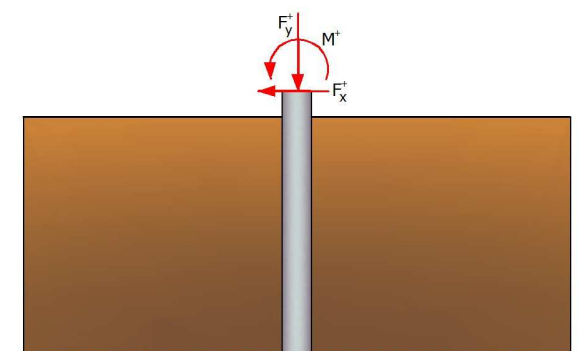
Convenzione segni

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.

8.1.12 CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso.
- La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra.
- 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 Hetényi 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 N_q 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 infissi

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

Per pali trivellati

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

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

Per pali infissi

$$\delta = \frac{3}{4} \cdot \tan \varphi$$

Per pali trivellati

$$\delta = \tan \varphi$$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

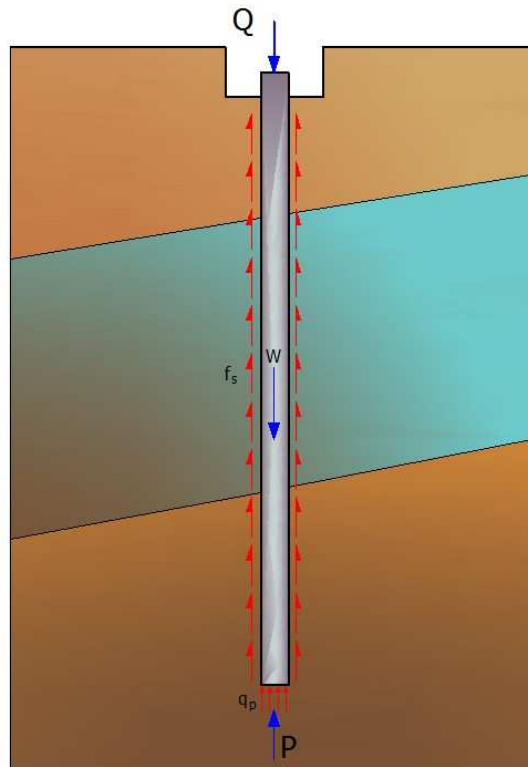
Inoltre:

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

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

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.

8.2 DATI DI INPUT

Descrizione	muro Contovello
Comune di	Trieste
Tecnico	ing. Giovanni Basilisco
Data	20/01/2021
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Trieste
Lat./Long. [WGS84]	45.701714/13.734363
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	650.0 cm
Spessore testa muro	45.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	40.0 cm
Sporgenza mensola a monte	120.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	70.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	70.0 cm
Gradino a quota 650.00 Base 25.00	
Pali	
Sezione dei pali	22.0 cm
Lunghezza dei pali	600.0 cm
Distanza asse da estremità mensola	40.0 cm
Interasse longitudinale	200.0 cm
Disposizione in pianta	Allineati
Verticali indagate	
Numero verticali indagate	2.0
Fattore correlazione verticali indagate (xi3)	1.65
Fattore correlazione verticali indagate (xi4)	1.55

8.2.1 Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	3 - Grandi opere
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	200.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
----------------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------

	[anni]			
S.L.O.	120.0	0.72	2.53	0.27
S.L.D.	201.0	0.91	2.45	0.29
S.L.V.	1898.0	2.02	2.56	0.34
S.L.C.	2475.0	2.21	2.57	0.35

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Classe IV

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.0368	0.68	0.0719	0.0359
S.L.D.	1.3104	0.68	0.0909	0.0454
S.L.V.	2.8823	0.68	0.1999	0.0999
S.L.C.	3.0984	0.68	0.2149	0.1074

8.2.2 Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	710	18	18.00	30	0.00	10	No		RC1
2	310	22	23.00	25	40.00	30	No		C2a
3	290	18	24.00	45	200.00	30	No		C2b
4	310	18	25.00	50	500.00	30	No		C3

8.2.3 Tiranti

Fattore di sicurezza

1.2

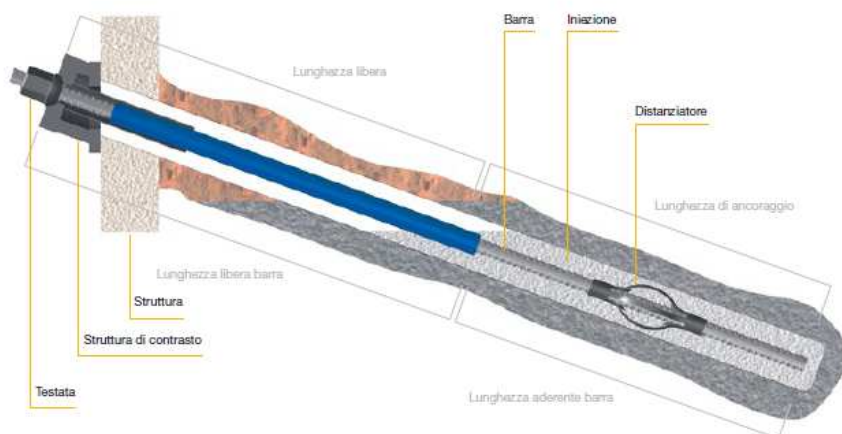
Cadute di tensione

1.0

Tensione tangenziale malta cemento

0.0 N/mm²

Per i tiranti verranno utilizzate barre Dywidag

Tirante a barre

Dati Tecnici**Acciaio da precompressione DYWIDAG Y1050H**

Diametro nominale \varnothing [mm]	Tensione snervamento/ tensione rottura $f_{p0.1k}/f_{pk}$ [N/mm ²]	Sezione trasversale A [mm ²]	Carico snervamento $F_{p0.1k}$ [kN]	Carico ultimo F_{pk} [kN]	Peso [kg/m]	Peso DCP [kg/m]	Omologazione
26.5	950/1,050	552	525	580	4.48	7.4	○ ×
32	950/1,050	804	760	845	6.53	9.8	○ ×
36	950/1,050	1,018	960	1,070	8.27	12.3	○ ×
40	950/1,050	1,257	1,190	1,320	10.21	14.0	○ ×
47	950/1,050	1,735	1,650	1,820	14.10	20.0	○ ×

8.2.4 Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
ruote	110.0	720.0	0.0	200.0	0.0
ruote	310.0	720.0	0.0	200.0	0.0
rivestimento	20.0	50.0	0.0	56.0	0.0

8.2.5 Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
strada	30.0	280.0	30.0	30.0	0.0
strada	350.0	600.0	30.0	30.0	0.0

8.3 CALCOLO SOLLECITAZIONI**8.3.1 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	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Tiro tirante	1.00
8	strada	1.50
9	strada	1.50
10	ruote	0.00
11	ruote	0.00
12	rivestimento	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

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	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Tiro tirante	1.00
8	strada	1.00
9	strada	1.00
10	ruote	1.00
11	ruote	1.00
12	rivestimento	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

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	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Tiro tirante	1.00
8	strada	1.00
9	strada	1.00
10	ruote	0.00
11	ruote	0.00
12	rivestimento	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

SISMA4

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Tiro tirante	1.00
8	strada	1.00
9	strada	1.00
10	ruote	0.00
11	ruote	0.00
12	rivestimento	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	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

STR5

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	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Tiro tirante	1.00
8	strada	0.00
9	strada	0.00
10	ruote	1.50
11	ruote	1.50
12	rivestimento	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

AZIONI TIRANTI (A1+M1+R3)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250.0	88.69	250	20	1	-33.34	12.13

AZIONI TIRANTI (A_Unitari+M1+RSLV)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250.0	88.69	250	20	1	-33.34	12.13

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

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250.0	88.69	250	20	1	-33.34	12.13

AZIONI TIRANTI (SISMA4)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250.0	88.69	250	20	1	-33.34	12.13

AZIONI TIRANTI (STR5)

Posizione Z (cm)	Tiro (kN)	Interasse (cm)	Inclinazione (°)	Fattore combinazione	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
250.0	88.69	250	20	1	-33.34	12.13

8.3.2 A1+M1+R3 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0719

Coefficiente sismico verticale Kv 0.0359

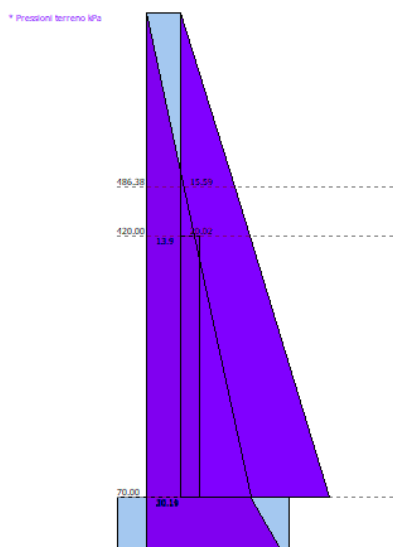
CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

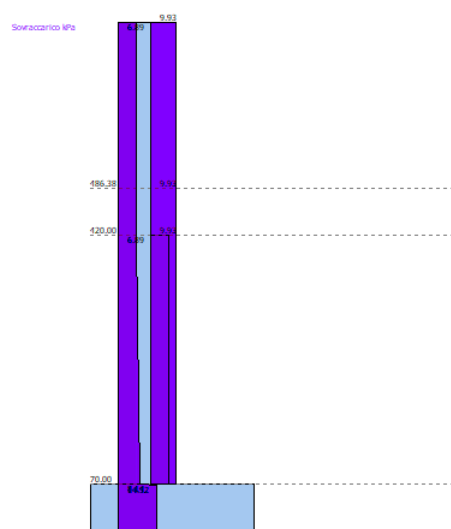
Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	486.38	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
486.38	420.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
420.0	70.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	



Pressioni terreno



Pressioni dovute al sovraccarico

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	720.0	486.38	76.01	0.0	581.58	486.38
2	486.38	420.0	36.99	0.0	452.17	420.0
3	420.0	70.0	307.69	0.0	227.05	70.0

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
486.38	1.89	26.28	62.5	603.2
420.0	2.43	33.75	62.5	570.0
70.0	6.83	95.0	70.6	360.5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
486.38	77.9	26.28	74.57	45.0
420.0	82.09	45.88	118.96	45.0
70.0	394.19	107.13	902.91	70.0

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
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	44.1	507.23	S	255.23	0.0	5.13
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	72.29	512.47	S	259.17	0.0	6.7
44Ø20 (138.23)	12Ø16 (24.13)	201.12	677.72	S	311.54	0.0	1.38

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato
G Peso unità di volume (KN/m³);

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	420.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	
420.0	70.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	
70.0	68.6	18.0	0.0	30.0	10.0	0.0	0.0	
68.6	0.0	23.0	22.0	25.0	30.0	40.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

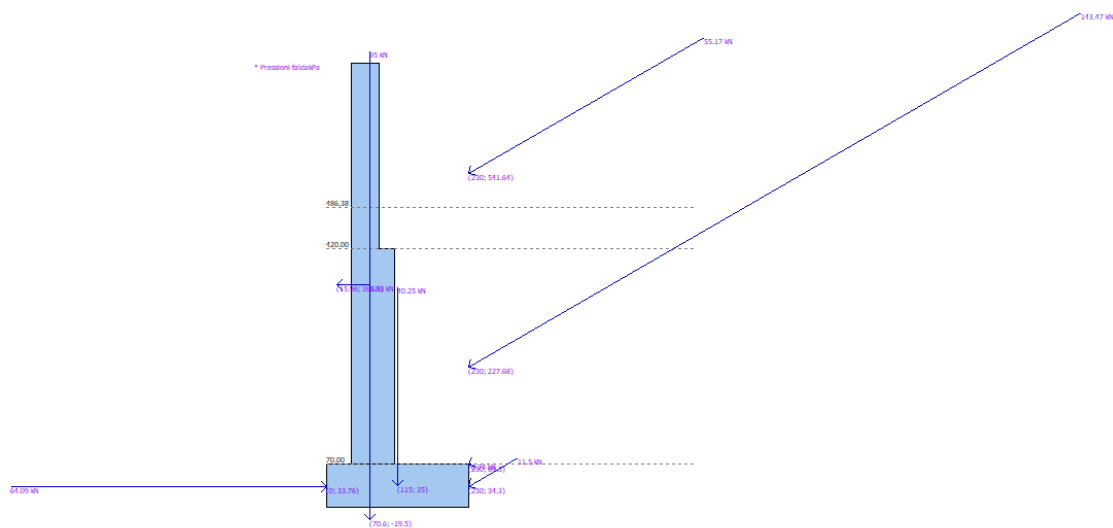
μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
10.0	0.31	0.36	0.06	0.3	0.05	0.06	0.01
30.0	0.63	1.04	0.45	0.54	0.31	0.39	0.23

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	720.0	420.0	47.78	27.59	541.64	541.64
2	420.0	70.0	124.25	71.73	227.68	227.68
3	70.0	68.6	0.66	0.34	69.3	69.3
4	68.6	0.0	9.96	5.75	34.3	34.3



spinte

SPINTE IN FONDAZIONE**Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70.0	0.0	23.0	202.0	25.0	30.0	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
210.0	1.4	-1.21	-0.7

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	70.0	0.0	-64.09	0.0	33.76	0.0

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);		
Fy	Forza in direzione y (kN);		
M	Momento (kNm);		
	Fx	Fy	M
Spinta terreno	182.65	105.41	303.13
Carichi esterni	-33.34	68.13	-178.2
Peso muro	0.0	95.0	-67.07
Peso fondazione	0.0	40.25	-46.29
Sovraccarico	0.0	38.84	-61.17
Terr. fondazione	0.0	244.53	-400.05
Spinte fondazione	-64.09	0.0	-21.64
	85.22	592.16	-471.29

Momento stabilizzante -995.22 kNm
 Momento ribaltante 523.92 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	119.45 kN
Forza verticale (P)	1144.35 kN

Dati palo

Lunghezza	600.0 cm
Diametro	22.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	2
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.65
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.55

Stratigrafia palo**Strato N° 1**

Spessore strato	300.0 cm
Peso unità di volume	23.0 kN/m³
Angolo di attrito	25.0 °
Coesione	40.0 kPa
Modulo di elasticità	80000.0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199.5 kN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	290.0 cm
Peso unità di volume	24.0 kN/m ³
Angolo di attrito	45.0 °
Coesione	200.0 kPa
Modulo di elasticità	150000.0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	10.0 cm
Peso unità di volume	25.0 kN/m ³
Angolo di attrito	50.0 °
Coesione	500.0 kPa
Modulo di elasticità	300000.0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	68.77 cm
Cedimento del palo	0.08 cm
Spostamento in x	0.54 cm
Rotazione in testa	0.45 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 476.91 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	11960.47 kN
Carico limite laterale (Qs)	257.62 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	7404.91 kN
Peso palo (W)	581.44 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	6.44

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kNm
Sforzo normale	1144.35 kN
Taglio	119.45 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	72.58 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

Verifica palo alla profondità di cm 86.00

Momento	27.11 kNm
Sforzo normale	1145.15 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	72.58 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN

Misura Sicurezza Taglio

Sezione Verificata

Verifiche palo alla profondità di cm 137.54

Momento	10.68 kNm
Sforzo normale	1145.64 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	72.58 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

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
20.0	-64.09	3.5	1.14	70.0
40.0	-64.09	63.0	13.39	70.0

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
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	81.83
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	4.55

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
110.0	9.96	298.95	-242.68	70.0

190.0 9.96 172.15 -55.73 70.0

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
12Ø16 (24.13)	16Ø16 (32.17)	10.24	793.77	S	312.56	0.0	1.03
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	10.17	602.68	S	284.11	0.0	1.62

8.3.3 A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

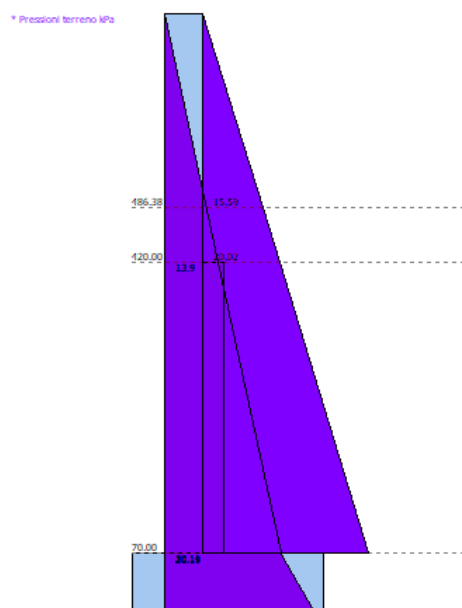
Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0719
 Coefficiente sismico verticale Kv 0.0359

CALCOLO SPINTE

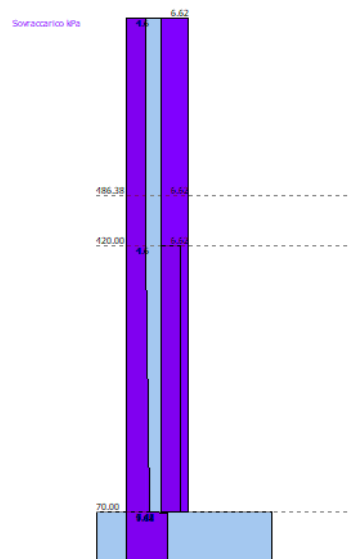
Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	486.38	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
486.38	420.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
420.0	70.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	



Pressioni terreno



Pressioni dovute al sovraccarico

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	720.0	486.38	55.0	0.0	580.22	486.38
2	486.38	420.0	27.47	0.0	452.13	420.0
3	420.0	70.0	231.49	0.0	226.65	70.0

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
486.38	1.89	26.28	62.5	603.2
420.0	2.43	33.75	62.5	570.0
70.0	6.83	95.0	70.6	360.5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
486.38	56.89	426.28	-536.18	45.0
420.0	51.56	445.88	-508.81	45.0
70.0	287.45	507.13	97.67	70.0

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
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	447.32	1283.17	S	405.55	0.0	11.18
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	473.32	1280.04	S	409.19	0.0	21.13
44Ø20 (138.23)	12Ø16 (24.13)	585.33	2776.16	S	584.61	0.0	3.64

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
----	----	---	-----	----	-------	---	---	------

720.0	420.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0
420.0	70.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0
70.0	68.6	18.0	0.0	30.0	10.0	0.0	0.0
68.6	0.0	23.0	22.0	25.0	30.0	40.0	0.0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

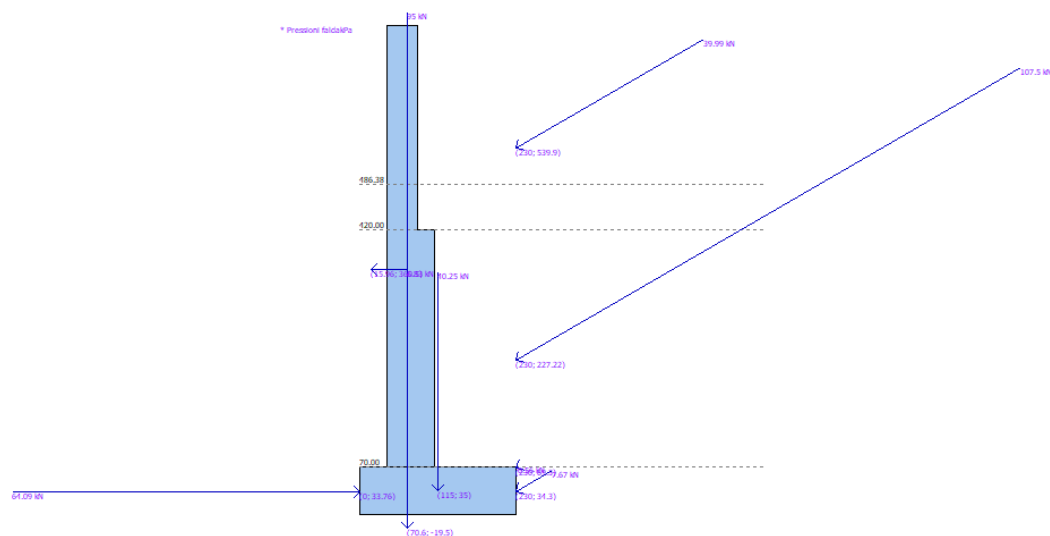
μ	Angolo di direzione della spinta.
K_a	Coefficiente di spinta attiva.
K_d	Coefficiente di spinta dinamica.
D_k	Coefficiente di incremento dinamico.
K_{ax}, K_{ay}	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
D_{kx}, D_{ky}	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
10.0	0.31	0.36	0.06	0.3	0.05	0.06	0.01
30.0	0.63	1.04	0.45	0.54	0.31	0.39	0.23

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	720.0	420.0	34.63	20.0	539.9	539.9
2	420.0	70.0	93.1	53.75	227.22	227.22
3	70.0	68.6	0.5	0.26	69.3	69.3
4	68.6	0.0	6.64	3.83	34.3	34.3



spinte

SPINTE IN FONDAZIONE**Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70.0	0.0	23.0	202.0	25.0	30.0	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
210.0	1.4	-1.21	-0.7

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	70.0	0.0	-64.09	0.0	33.76	0.0

Sollecitazioni totali

Fx	Forza in direzione x (kN);		
Fy	Forza in direzione y (kN);		
M	Momento (kNm);		
	Fx	Fy	M
Spinta terreno	134.87	77.84	222.13
Carichi esterni	-33.34	468.13	-1018.2
Peso muro	0.0	95.0	-67.07
Peso fondazione	0.0	40.25	-46.29
Sovraccarico	0.0	25.89	-40.78
Terr. fondazione	0.0	188.1	-307.73
Spinte fondazione	-64.09	0.0	-21.64
	37.44	895.21	-1279.59

Momento stabilizzante -1659.1 kNm

Momento ribaltante 379.51 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	81.23 kN
Forza verticale (P)	1201.95 kN

Dati palo

Lunghezza	600.0 cm
Diametro	22.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	2
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.65
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.55

Stratigrafia palo**Strato N° 1**

Spessore strato	300.0 cm
Peso unità di volume	23.0 kN/m³
Angolo di attrito	25.0 °
Coesione	40.0 kPa
Modulo di elasticità	80000.0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199.5 kN/m³

Strato N° 2

Spessore strato	290.0 cm
-----------------	----------

Peso unità di volume	24.0 KN/m ³
Angolo di attrito	45.0 °
Coesione	200.0 kPa
Modulo di elasticità	150000.0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	10.0 cm
Peso unità di volume	25.0 KN/m ³
Angolo di attrito	50.0 °
Coesione	500.0 kPa
Modulo di elasticità	300000.0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	68.77 cm
Cedimento del palo	0.08 cm
Spostamento in x	0.37 cm
Rotazione in testa	0.3 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 476.91 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	11960.47 kN
Carico limite laterale (Qs)	257.62 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	7404.91 kN
Peso palo (W)	581.44 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	6.13

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kNm
Sforzo normale	1201.95 kN
Taglio	81.23 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	69.2 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

Verifica palo alla profondità di cm 86.00

Momento	18.43 kNm
Sforzo normale	1202.75 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	69.2 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

Verifiche palo alla profondità di cm 137.54

Momento	7.26 kNm
Sforzo normale	1203.23 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	69.2 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

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
20.0	-64.09	3.5	1.14	70.0
40.0	-64.09	63.0	13.39	70.0

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
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	81.83
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	4.55

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
110.0	6.64	260.67	-203.15	70.0
190.0	6.64	141.01	-43.97	70.0

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	$\min\{Vrd; Vwd\}/V_{sdu}$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
12Ø16 (24.13)	16Ø16 (32.17)	6.86	792.86	S	312.07	0.0	1.17
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	7.05	601.8	S	283.62	0.0	1.97

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

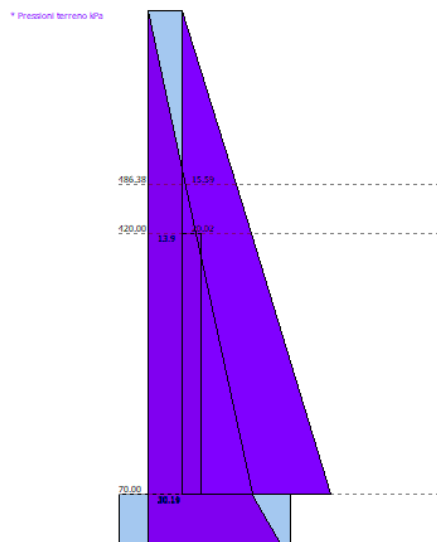
Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0719

Coefficiente sismico verticale Kv 0.0359

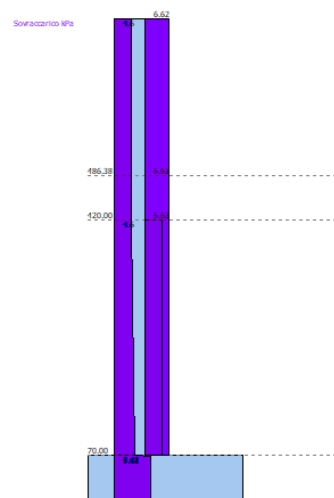
CALCOLO SPINTE**Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	486.38	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
486.38	420.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
420.0	70.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	



Pressioni terreno



Pressioni dovute ai sovraccarichi

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
0.0	0.54	0.81	0.31	0.54	0.0	0.31	0.0
0.0	0.54	0.81	0.31	0.54	0.0	0.31	0.0
0.0	0.54	0.81	0.31	0.54	0.0	0.31	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	720.0	486.38	55.0	0.0	580.22	486.38
2	486.38	420.0	27.47	0.0	452.13	420.0
3	420.0	70.0	231.49	0.0	226.65	70.0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
486.38	2.83	26.28	62.5	603.2
420.0	3.64	33.75	62.5	570.0
70.0	10.25	95.0	70.6	360.5

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).			
Fx	Forza in direzione x (kN);			
Fy	Forza in direzione y (kN);			
M	Momento (kNm);			
H	Altezza sezione di calcolo (cm);			
Quota	Fx	Fy	M	H
486.38	57.84	26.28	54.92	45.0
420.0	52.77	45.88	83.01	45.0
70.0	290.87	107.13	647.59	70.0

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
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	447.32	1283.17	S	405.55	0.0	11.18
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	473.32	1280.04	S	409.19	0.0	21.13
44Ø20 (138.23)	12Ø16 (24.13)	585.33	2776.16	S	584.61	0.0	3.64

Discretizzazione terreno

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

720.0	420.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0
420.0	70.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0
70.0	68.6	18.0	0.0	30.0	10.0	0.0	0.0
68.6	0.0	23.0	22.0	25.0	30.0	40.0	0.0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

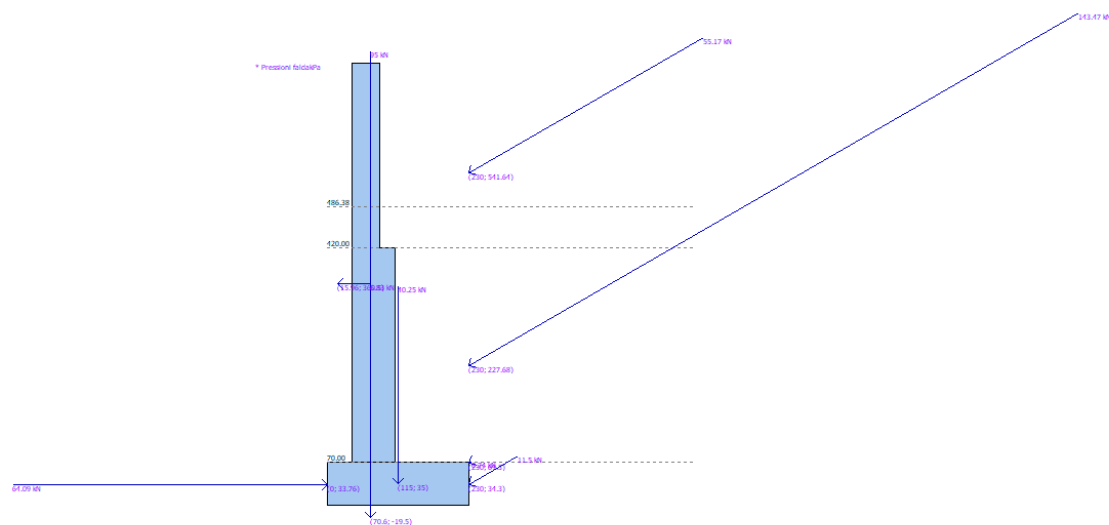
μ	Angolo di direzione della spinta.
K_a	Coefficiente di spinta attiva.
K_d	Coefficiente di spinta dinamica.
D_k	Coefficiente di incremento dinamico.
K_{ax}, K_{ay}	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
D_{kx}, D_{ky}	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
30.0	0.3	0.39	0.11	0.26	0.15	0.09	0.05
30.0	0.3	0.39	0.11	0.26	0.15	0.09	0.05
10.0	0.31	0.39	0.1	0.3	0.05	0.09	0.02
30.0	0.63	1.11	0.54	0.54	0.31	0.47	0.27

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	720.0	420.0	34.63	20.0	539.9	539.9
2	420.0	70.0	93.1	53.75	227.22	227.22
3	70.0	68.6	0.5	0.26	69.3	69.3
4	68.6	0.0	6.64	3.83	34.3	34.3



Spinte

SPINTE IN FONDAZIONE**Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70.0	0.0	23.0	202.0	25.0	30.0	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
210.0	1.4	-1.21	-0.7

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	70.0	0.0	-64.09	0.0	33.76	0.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	134.87	77.84	222.13
Carichi esterni	-33.34	68.13	-178.2
Peso muro	0.0	95.0	-67.07
Peso fondazione	0.0	40.25	-46.29
Sovraccarico	0.0	25.89	-40.78
Terr. fondazione	0.0	188.1	-307.73
Spinte fondazione	-64.09	0.0	-21.64
	37.44	495.21	-439.58

Momento stabilizzante -819.1 kNm
 Momento ribaltante 379.51 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	81.23 kN
Forza verticale (P)	881.95 kN

Dati palo

Lunghezza	600.0 cm
Diametro	22.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	2
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.65
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.55

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	300.0 cm
Peso unità di volume	23.0 kN/m ³
Angolo di attrito	25.0 °
Coesione	40.0 kPa
Modulo di elasticità	80000.0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199.5 kN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	290.0 cm
Peso unità di volume	24.0 kN/m ³
Angolo di attrito	45.0 °
Coesione	200.0 kPa
Modulo di elasticità	150000.0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	10.0 cm
Peso unità di volume	25.0 kN/m ³
Angolo di attrito	50.0 °
Coesione	500.0 kPa
Modulo di elasticità	300000.0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	68.77 cm
Cedimento del palo	0.06 cm
Spostamento in x	0.37 cm
Rotazione in testa	0.3 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 476.91 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	11960.47 kN
Carico limite laterale (Qs)	257.62 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	7404.91 kN
Peso palo (W)	581.44 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	8.34

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
20.0	-64.09	3.5	1.14	70.0
40.0	-64.09	63.0	13.39	70.0

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
110.0	6.64	260.67	-203.15	70.0
190.0	6.64	141.01	-43.97	70.0

8.3.5 SISMA4 [GEO+STR]

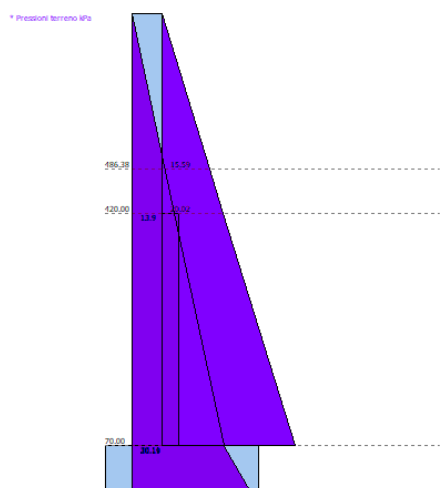
Coefficiente sismico orizzontale Kh	0.0719
Coefficiente sismico verticale Kv	0.0359

CALCOLO SPINTE**Discretizzazione terreno**

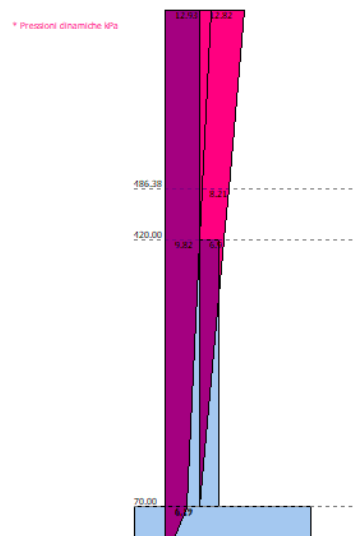
Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;

c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

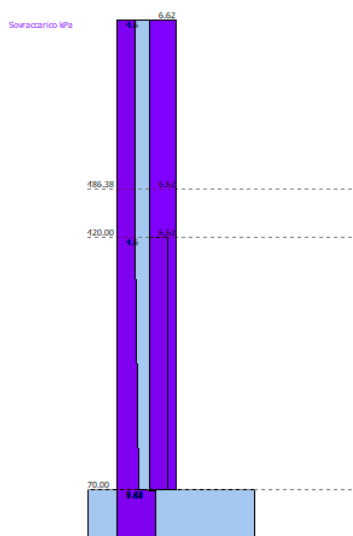
Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	486.38	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
486.38	420.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
420.0	70.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	



Pressioni terreno



Pressioni dovute al sisma



Pressioni dovute ai sovraccarichi

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
 K_a 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	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	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	720.0	486.38	103.45	0.0	594.44	486.38
2	486.38	420.0	37.87	0.0	452.64	420.0
3	420.0	70.0	261.75	0.0	233.37	70.0

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
486.38	1.89	26.28	62.5	603.2
420.0	2.43	33.75	62.5	570.0
70.0	6.83	95.0	70.6	360.5

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
486.38	105.33	26.28	113.99	45.0
420.0	110.41	45.88	177.05	45.0
70.0	376.56	107.13	1004.51	70.0

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
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	50.28	508.38	S	256.06	0.0	3.88
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	78.46	513.62	S	260.03	0.0	4.68
44Ø20 (138.23)	12Ø16 (24.13)	197.95	676.74	S	311.04	0.0	1.44

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	420.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	
420.0	70.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	
70.0	68.6	18.0	0.0	30.0	10.0	0.0	0.0	
68.6	0.0	23.0	22.0	25.0	30.0	40.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

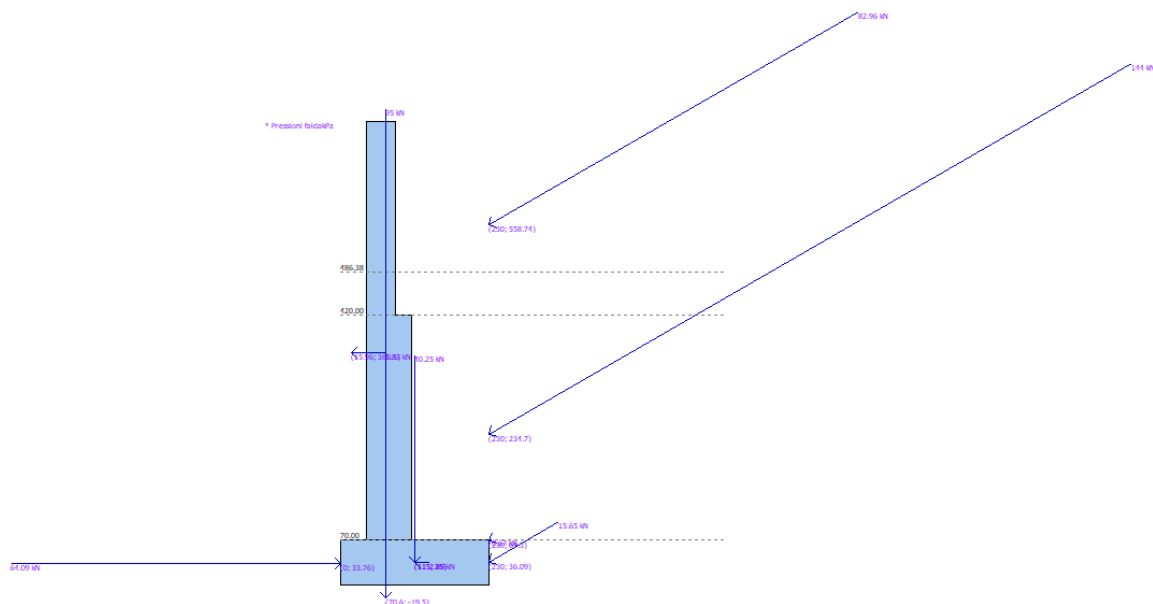
μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
10.0	0.31	0.36	0.06	0.3	0.05	0.06	0.01
30.0	0.63	1.04	0.45	0.54	0.31	0.39	0.23

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)
----	----	-----	-----	--------	--------



Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70.0	0.0	23.0	202.0	25.0	30.0	40.0	180.0	

μ	Angolo di direzione della spinta.
K_p	Coefficiente di resistenza passiva.
K_{px}, K_{py}	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
210.0	1.4	-1.21	-0.7

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	70.0	0.0	-64.09	0.0	33.76	0.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	210.73	121.59	419.86
Carichi esterni	-33.34	68.13	-178.2
Peso muro	6.83	95.0	-42.45
Peso fondazione	2.89	40.25	-45.27
Sovraccarico	1.86	25.89	-27.38
Terr. fondazione	13.52	188.1	-252.23
Spinte fondazione	-64.09	0.0	-21.64
	138.4	538.96	-147.31

Momento stabilizzante	-919.72 kNm
Momento ribaltante	772.41 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	162.0 kN
Forza verticale (P)	1419.86 kN

Dati palo

Lunghezza	600.0 cm
Diametro	22.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	2
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.65
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.55

Stratigrafia palo**Strato N° 1**

Spessore strato	300.0 cm
Peso unità di volume	23.0 kN/m³
Angolo di attrito	25.0 °

Coesione	40.0 kPa
Modulo di elasticità	80000.0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199.5 kN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	290.0 cm
Peso unità di volume	24.0 kN/m ³
Angolo di attrito	45.0 °
Coesione	200.0 kPa
Modulo di elasticità	150000.0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	10.0 cm
Peso unità di volume	25.0 kN/m ³
Angolo di attrito	50.0 °
Coesione	500.0 kPa
Modulo di elasticità	300000.0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	68.77 cm
Cedimento del palo	0.1 cm
Spostamento in x	0.73 cm
Rotazione in testa	0.61 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 476.91 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	11960.47 kN
Carico limite laterale (Qs)	257.62 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1.7
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1.45
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	4371.66 kN
Peso palo (W)	581.44 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	3.07

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kNm
Sforzo normale	1419.86 kN
Taglio	162.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	55.38 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

Verifica palo alla profondità di cm 86.00

Momento	36.77 kNm
Sforzo normale	1420.66 kN

Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	55.38 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

Verifiche palo alla profondità di cm 137.54

Momento	14.48 kNm
Sforzo normale	1421.15 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	55.38 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

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
20.0	-64.09	3.5	1.14	70.0
40.0	-64.09	63.0	13.39	70.0

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
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	81.83
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	4.55

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
110.0	13.55	304.42	-255.45	70.0
190.0	13.55	184.76	-61.27	70.0

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	$\min\{Vrd; Vwd\}/V_{sdu}$
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
12Ø16 (24.13)	16Ø16 (32.17)	13.61	794.68	S	313.08	0.0	1.01
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	13.92	603.74	S	284.64	0.0	1.51

8.3.6 STR5 [STR]

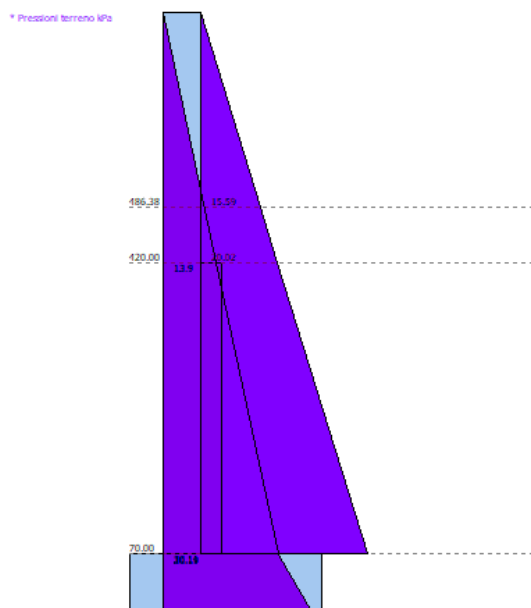
Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.0719

Coefficiente sismico verticale Kv 0.0359

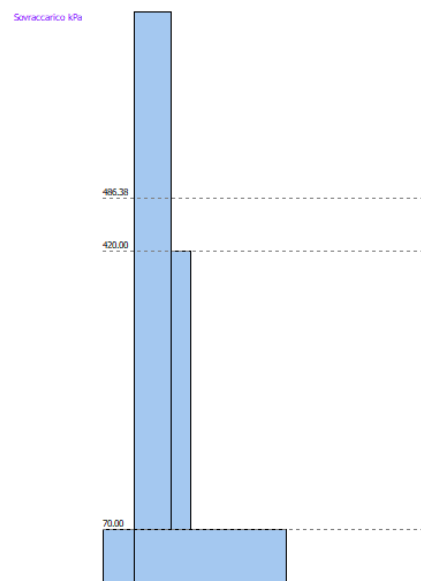
CALCOLO SPINTE**Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	486.38	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
486.38	420.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	
420.0	70.0	22.0	18.0	25.0	0.0	0.0	0.0	



Pressioni terreno



Pressioni dovute ai sovraccarichi

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0
0.0	0.54	0.67	0.15	0.54	0.0	0.15	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	720.0	486.38	32.45	0.0	564.25	486.38
2	486.38	420.0	21.06	0.0	451.81	420.0
3	420.0	70.0	197.7	0.0	223.51	70.0

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);			
Quota	Px	Py	Xp	Yp
486.38	2.46	34.16	62.5	603.2
420.0	3.15	43.88	62.5	570.0
70.0	8.88	123.5	70.6	360.5

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).			
Fx	Forza in direzione x (kN);			
Fy	Forza in direzione y (kN);			
M	Momento (kNm);			
H	Altezza sezione di calcolo (cm);			
Quota	Fx	Fy	M	H
486.38	34.91	634.16	-856.86	45.0
420.0	23.33	656.01	-846.15	45.0
70.0	226.76	735.63	-369.03	70.0

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
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	653.71	1258.31	S	434.42	0.0	20.61
48Ø16 (96.51)	16Ø16 (32.17)	679.91	1255.17	S	438.15	0.0	2930.02
44Ø20 (138.23)	12Ø16 (24.13)	802.38	2733.37	S	615.77	0.0	5.18

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);							
Qf	Quota finale strato							
G	Peso unità di volume (KN/m³);							
Eps	Inclinazione dello strato. (°);							
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);							
Delta	Angolo attrito terra muro;							
c	Coesione (kPa);							
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);							
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda							
Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
720.0	420.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	

420.0	70.0	18.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0
70.0	68.6	18.0	0.0	30.0	10.0	0.0	0.0
68.6	0.0	23.0	22.0	25.0	30.0	40.0	0.0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
30.0	0.3	0.35	0.07	0.26	0.15	0.06	0.03
10.0	0.31	0.36	0.06	0.3	0.05	0.06	0.01
30.0	0.63	1.04	0.45	0.54	0.31	0.39	0.23

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	720.0	420.0	20.85	12.04	520.0	520.0
2	420.0	70.0	77.01	44.46	223.51	223.51
3	70.0	68.6	0.42	0.24	69.3	69.3
4	68.6	0.0	0.0	0.0	34.3	34.3



SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
70.0	0.0	23.0	202.0	25.0	30.0	40.0	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
K_p	Coefficiente di resistenza passiva.
K_{px}, K_{py}	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
210.0	1.4	-1.21	-0.7

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	70.0	0.0	-64.09	0.0	33.76	0.0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	98.28	56.74	150.32
Carichi esterni	-33.34	668.13	-1438.2
Peso muro	0.0	123.5	-87.19
Peso fondazione	0.0	52.33	-60.17
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	244.53	-400.05
Spinte fondazione	-64.09	0.0	-21.64
	0.85	1145.23	-1856.94

Momento stabilizzante	-2116.13 kNm
Momento ribaltante	259.19 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	51.96 kN
Forza verticale (P)	1247.95 kN

Dati palo

Lunghezza	600.0 cm
Diametro	22.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	
Numero verticali indagate	2
Fattore correlazione verticali indagate [xi3]	1.65
Fattore correlazione verticali indagate [xi4]	1.55

Stratigrafia palo**Strato N° 1**

Spessore strato	300.0 cm
Peso unità di volume	23.0 kN/m³
Angolo di attrito	25.0 °
Coesione	40.0 kPa

Modulo di elasticità	80000.0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	294199.5 KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	290.0 cm
Peso unità di volume	24.0 KN/m ³
Angolo di attrito	45.0 °
Coesione	200.0 kPa
Modulo di elasticità	150000.0 kPa

Strato N° 3

Spessore strato	10.0 cm
Peso unità di volume	25.0 KN/m ³
Angolo di attrito	50.0 °
Coesione	500.0 kPa
Modulo di elasticità	300000.0 kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	68.77 cm
Cedimento del palo	0.09 cm
Spostamento in x	0.23 cm
Rotazione in testa	0.19 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 476.91 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	11960.47 kN
Carico limite laterale (Qs)	257.62 kN
Coefficiente di sicurezza punta (FsP)	1
Coefficiente di sicurezza laterale (FsL)	1
$R=(Qp/Xi3)/FsP+(Qs/Xi3)/FsL$	7404.91 kN
Peso palo (W)	581.44 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	5.91

Verifica palo in testa

Momento	0.0 kNm
Sforzo normale	1247.95 kN
Taglio	51.96 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	66.42 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

Verifica palo alla profondità di cm 86.00

Momento	11.79 kNm
Sforzo normale	1248.75 kN
Taglio	0.0 kN

Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	66.42 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

Verifiche palo alla profondità di cm 137.54

Momento	4.65 kNm
Sforzo normale	1249.23 kN
Taglio	0.0 kN
Sforzo normale ultimo (Nu)	2127.22 kN
Momento flettente ultimo (Mu)	66.42 kNm
Stato verifica a flessione	Sezione Verificata
Resistenza a taglio tubolare (Vwd)	781.86 kN
Misura Sicurezza Taglio	Sezione Verificata

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
20.0	-64.09	4.55	1.25	70.0
26.44	-64.09	62.01	5.19	70.0
40.0	-64.09	65.1	13.81	70.0

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
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	62.94
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	4.62
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	65.21	618.09	S	292.04	0.0	4.4

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
110.0	0.0	224.44	-168.71	70.0
190.0	0.0	114.87	-34.47	70.0

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
12Ø16 (24.13)	16Ø16 (32.17)	0.18	791.05	S	311.1	0.0	1.36
12Ø16 (24.13)	12Ø16 (24.13)	0.16	599.87	S	282.65	0.0	2.41

8.3.7 VERIFICA TIRANTI

Si esegue la verifica sui tiranti considerando la massima sollecitazione agente

Nsd= 88,6 kN

Verifica ancoraggio

Lunghezza di ancoraggio tirante L

Il tirante è ancorato nello strato C2A per il quale si rileva dalla relazione geologica $\tau_{lim} = 250$ kPa

$$L = \gamma_{Ra,p} \cdot F_d / \pi \cdot D \cdot \tau_{lim}$$

$$L > 1,2 \cdot 88,6 \text{ kN} / \pi \cdot 70 \text{ mm} \cdot 0,138 \text{ N/mm}^2 = 3505 \text{ mm}$$

n.b. il valore di τ_{lim} è desunto dalla perizia geotecnica e diviso un fattore di correlazione pari a 1,8 $= 0,25/1,8 = 0,138 \text{ N/mm}^2$

prenderemo $l = 5000 \text{ mm}$

$$\text{pertanto } F_{Rd} = \pi \cdot 70 \text{ mm} \cdot 0,138 \text{ N/mm}^2 \cdot 5000 \text{ mm} = 151,66 \text{ kN}$$

$$\gamma_{Ra,p} \cdot F_d / F_{Rd} = 1,2 \cdot 88,6 \text{ kN} / 151,66 \text{ kN} = 0,7 < 1$$

Verifica trazione barra

Come armatura si utilizzeranno barre Dywidag diametro 32 mm in fori da 70 mm

Dati Tecnici**Acciaio da precompressione DYWIDAG Y1050H**

Diametro nominale Ø	Tensione snervamento/tensione rottura $f_{p0.1k}/f_{pk}$	Sezione trasversale A	Carico snervamento $F_{p0.1k}$	Carico ultimo F_{pk}	Peso	Peso DCP	Omologazione
[mm]	[N/mm ²]	[mm ²]	[kN]	[kN]	[kg/m]	[kg/m]	
26.5	950/1,050	552	525	580	4.48	7.4	○ ×
32	950/1,050	804	760	845	6.53	9.8	○ ×
36	950/1,050	1,018	960	1,070	8.27	12.3	○ ×
40	950/1,050	1,257	1,190	1,320	10.21	14.0	○ ×
47	950/1,050	1,735	1,650	1,820	14.10	20.0	○ ×

$$F_d / (F_{snerv} / \gamma_{M0}) = 88,6 \text{ kN} / (760 / 1,05) \text{ kN} = 0,122 < 1$$

Verifica a punzonamento paramento in clsCaratteristiche geometriche della sezione

altezza della sezione	h	70	cm	700	mm
larghezza del perimetro di punzonamento	b _w	100	cm	1000	mm
copriferro	c	4	cm	40	mm
sforzo normale di compressione	N _{ed}	0	kN	0	N
valore massimo di tensione	$\sigma_c = 0,2 \cdot f_{cd}$	3.76	N/mm ²		
altezza utile	d	66.0	cm	660	mm
coefficiente	k	1.55			
Area della sezione	A _c	0.7	m ²	700000	mm ²
diametro armatura longitudinale	ϕ _{long}	16	mm		
passo armatura longitudinale	S _{long}	20	cm		
larghezza di diffusione longitudinale	L _{long}	1.00	m	100	cm
area singola barra longitudinale	A _{long}	201.06	mm ²		
area totale armatura longitudinale	A _{long,tot}	1005.31	mm ²		
diametro armatura trasversale	ϕ _{trasv}	16	mm		
passo armatura trasversale	S _{trasv}	20	cm		
larghezza di diffusione trasversale	L _{trasv}	1.00	m	100	cm
area singola barra trasversale	A _{trasv}	201.06	mm ²		
area totale armatura trasversale	A _{trasv,tot}	1005.31	mm ²		
Area dell'acciaio	A _l	1272.35	mm ²		

percentuale di armatura	ρ_l	0.002
tensione media di compressione	σ_{cp}	0.00 N/mm ²
coefficiente	V_{min}	0.389 N/mm ²
taglio resistente minimo	$V_{Rd,min}$	257.0 kN

Elementi senza armatura a taglio

caso elemento fessurato

taglio resistente	V_{Rd}	228 kN	
Rispetto del valore minimo		NON RISPETTATO	
Azione di calcolo a taglio	V_{Ed}	88.6 kN	
rapporto	V_{Ed} / V_{Rd}	0.34 <	1 verificato

8.3.8 VERIFICA ADESIONE PALI- FONDAZIONE

I pali saranno annegati nel cordolo, per aumentare l'adesione verranno saldati dei tondini sagomati diametro 20 mm lunghezza 75 cm
 si esegue la verifica tenendo conto soltanto del contributo dei tondini

- Verifica adesione

$$F_{t,Rd} = A_c \cdot f_{ctb} = n \cdot 2 \pi r l \cdot f_{ctb} = 6 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 1050 \cdot 3,18 = 1509,76 \text{ kN} > F_{t,Ed} = 1419,86 \text{ kN}$$

Avendo assunto la tensione di adesione acciaio -cls= 3,18MPa per Cls C32/40 e diametro 24 mm

[LabTecDesign] CALCOLO TENSIONE di ADERENZA ACCIAIO-CALCESTRUZZO (EC2/NTC2018)							ver.(2020.04.27_v1d)																																																																													
Normativa e Istruzioni http://www.labtecdesign.com/calcolo-tensione-ultima-di-aderenza-acciaio-calcestruzzo-ec2-ntc/																																																																																				
INPUT (Dati Materiali)		CLS	C32/40		α_1	α_2	Barra	LEGENDA																																																																												
classe calcestruzzo			$\phi 24$	cm				1.00	1.00	Diritta	INPUT	CALCOLO	OUTPUT	VERIFICA																																																																						
diametro barra ad adesione migliorata																																																																																				
ricoprimento di calcestruzzo (copriferro)																																																																																				
		B450(A/C)	2		1.00	1.00	Piegata																																																																													
		c_d																																																																																		
TENSIONI DI ADERENZA																																																																																				
valore di calcolo snervamento acciaio		f_{yd}	391.3	Mpa																																																																																
resistenza a compressione cilindrica cls		f_{ck}	32	Mpa																																																																																
resistenza a compressione cubica cls		R_{ck}	40	Mpa																																																																																
resistenza media a trazione semplice cls		f_{ctm}	3.02	Mpa																																																																																
resistenza a trazione pura cls		f_{ctk}	2.12	Mpa																																																																																
valore caratteristico della tensione di adesione		f_{bd_buona}	4.76	Mpa																																																																																
valore di calcolo della tensione di adesione		f_{bd_buona}	3.18	Mpa																																																																																
		$f_{bd_mediocre}$	2.22	Mpa																																																																																
					<table><tr><th colspan="2">NTC2018</th><th colspan="2">NTC2008</th><th colspan="4">NTC2018</th></tr><tr><th>C20/25</th><th>C25/30</th><th>C28/35</th><th>C32/40</th><th>C30/37</th><th>C35/45</th><th>C40/50</th><th>C45/55</th></tr><tr><td>20</td><td>25</td><td>28</td><td>32</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td></tr><tr><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>37</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td></tr><tr><td>2.21</td><td>2.56</td><td>2.77</td><td>3.02</td><td>2.90</td><td>3.21</td><td>3.51</td><td>3.80</td></tr><tr><td>1.55</td><td>1.80</td><td>1.94</td><td>2.12</td><td>2.03</td><td>2.25</td><td>2.46</td><td>2.66</td></tr><tr><td>3.48</td><td>4.04</td><td>4.36</td><td>4.76</td><td>4.56</td><td>5.06</td><td>5.53</td><td>5.98</td></tr><tr><td>2.32</td><td>2.69</td><td>2.90</td><td>3.18</td><td>3.04</td><td>3.37</td><td>3.68</td><td>3.99</td></tr><tr><td>1.62</td><td>1.89</td><td>2.03</td><td>2.22</td><td>2.13</td><td>2.36</td><td>2.58</td><td>2.79</td></tr></table>								NTC2018		NTC2008		NTC2018				C20/25	C25/30	C28/35	C32/40	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	20	25	28	32	30	35	40	45	25	30	35	40	37	45	50	55	2.21	2.56	2.77	3.02	2.90	3.21	3.51	3.80	1.55	1.80	1.94	2.12	2.03	2.25	2.46	2.66	3.48	4.04	4.36	4.76	4.56	5.06	5.53	5.98	2.32	2.69	2.90	3.18	3.04	3.37	3.68	3.99	1.62	1.89	2.03	2.22	2.13	2.36	2.58	2.79
NTC2018		NTC2008		NTC2018																																																																																
C20/25	C25/30	C28/35	C32/40	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55																																																																													
20	25	28	32	30	35	40	45																																																																													
25	30	35	40	37	45	50	55																																																																													
2.21	2.56	2.77	3.02	2.90	3.21	3.51	3.80																																																																													
1.55	1.80	1.94	2.12	2.03	2.25	2.46	2.66																																																																													
3.48	4.04	4.36	4.76	4.56	5.06	5.53	5.98																																																																													
2.32	2.69	2.90	3.18	3.04	3.37	3.68	3.99																																																																													
1.62	1.89	2.03	2.22	2.13	2.36	2.58	2.79																																																																													

- Verifica saldatura barre

Effettuiamo la verifica sulla singola asola

$$F_{Sd} = F_{t,Ed} / 6 = 1419,86 \text{ kN} / 6 = 236,64 \text{ kN}$$

$$f_{wd} = f_u / \sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw} = 192,45 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{w,Rd} = f_{wd} \cdot a = 1347,15 \text{ N/mm}$$

$$F_w = F_{w,Rd} \cdot L_w = 538,86 \text{ kN} > 236,64 \text{ kN}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

$$L_w = 2 \cdot 200 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

8.4 VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE

8.4.1 premessa

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

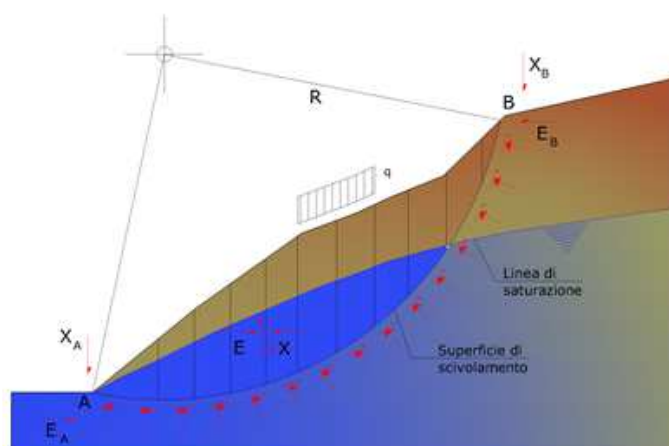
1. Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



8.4.2 metodo di calcolo

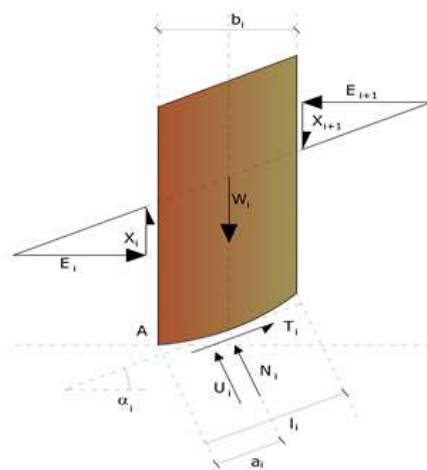
Metodo di Bishop (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.



8.4.3 Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

3. F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
4. W peso concio;
5. K_x coefficiente sismico orizzontale;
6. K_y coefficiente sismico verticale.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

8.4.4 Analisi di stabilità

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Calcolo eseguito secondo

NTC 2018

Numero di strati

4.0

Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3.42 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	13.01 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7.38 m
Ordinata vertice destro superiore ys	16.97 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0719
Coefficiente azione sismica verticale	0.0359

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1.0	4.4
2	5.0	5.7
3	5.4	5.7
4	5.85	12.2
5	5.85	12.2
6	9.85	12.2
7	14.85	12.2
8	24.6	12.2

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1.0	3.52
2	5.85	5.1
3	24.6	11.19

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	1.0	0.04
2	5.85	2.0
3	24.6	9.58

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	1.0	-2.48
2	5.85	-0.9
3	24.6	5.19

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.0
Coesione efficace	1.0
Coesione non drenata	1.0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
1	0		30	1835.489	1835.489	RC1	
2	0.408		25	2345.347	2345.347	C2a	
3	2.039		45	2447.319	2447.319	C2b	
4	5.099		50	2549.291	2549.291	C3	

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm ²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	5.29	5	0.22	6	90	2	20	--	Tensione tangenziale
2	6.79	5	0.22	6	90	2	20	--	Tensione tangenziale

Tiranti

N°	x (m)	y (m)	Lunghezza libera (m)	Lunghezza ancorata (m)	Diametro del bulbo (m)	Inclinazione (°)	Tiro (Kg)
1	5.4	9.863787	5	5	0.1	20	3617.708

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (Kg)	Fy (Kg)	M (Kgm)
1	6.1	12.2	0	26512.62	0
2	8.1	12.2	0	26512.62	0
3	5.2	5.5	0	7423.534	0

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	6.15	12.2	8.65	12.2	0.3976892
2	9.35	12.2	11.85	12.2	0.3976892

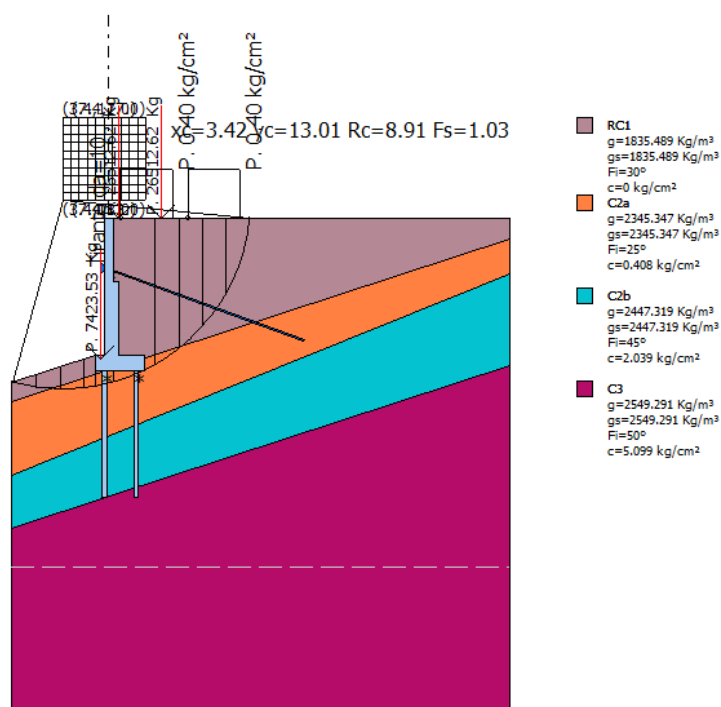
Risultati analisi pendio [A2+M2+R2 (Sisma)]

Fs minimo individuato	1.03
Ascissa centro superficie	3.42 m
Ordinata centro superficie	13.01 m
Raggio superficie	8.91 m

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

$$x_c = 3.421 \quad y_c = 13.013 \quad R_c = 8.906 \quad F_s = 1.034$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.12	-11.6	1.15	652.19	46.89	23.41	0.0	30.0	0.0	736.3	342.5
2	1.12	-4.3	1.13	1726.4	124.13	61.98	0.0	30.0	0.0	1794.4	834.6
3	1.12	2.9	1.12	2700.35	194.15	96.94	0.41	25.0	0.0	2468.2	4620.6
4	0.56	8.4	0.57	1611.82	115.89	57.86	0.41	25.0	0.0	1282.1	2358.2
5	0.85	13.0	0.87	10389.27	746.99	372.97	0.41	25.0	0.0	9201.3	6324.2
6	1.95	22.6	2.11	60285.88	4334.56	2164.26	0.41	25.0	0.0	53964.6	27223.7
7	1.12	33.8	1.35	43654.29	3138.74	1567.19	0.41	25.0	0.0	39603.0	19316.7
8	1.12	43.1	1.54	14531.85	1044.84	521.69	0.0	30.0	0.0	13867.3	6450.0
9	1.12	54.2	1.92	13627.32	979.8	489.22	0.0	30.0	0.0	14169.4	10860.1
10	1.12	72.6	3.75	7647.17	549.83	274.53	0.0	30.0	0.0	10294.4	4788.2



Superficie a fattore minimo

9 VALIDAZIONE CALCOLI

Al fine di validare e verificare quanto eseguito dal software si eseguono alcune verifiche manuali nella combinazione A1+M1+R3

Calcolo sollecitazioni

Verifichiamo la spinta del terreno al fine di dimensionare la struttura

Azioni

Spinta del terreno

Si esegue l'approssimazione di considerare la spinta attiva del terreno dovuta tutta al terreno R-C1

$$S_{terr} = 1/2 \gamma_t K_a H^2 + q_m K_a H$$

$$H = 5 \text{ m}$$

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi')}{\sin^2 \psi \sin(\psi - \delta) [1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \sin(\phi' - \beta)}{\sin(\psi - \delta) \sin(\psi + \beta)}}]^2}$$

Cond.	ϕ'	ψ	β	δ	rad ϕ'	rad ψ	rad β	rad δ	K_a
M1	30	90	0	20	0.5236	1.5708	0	0.34907	0.2901

Spinta del terreno

COND.	δ	Sterr(kN/m)	SH (kN/m)	Sv (kN/m)
M1	30	110.31	95.53	55.16

Spinta del carico a monte

Come sovraccarico si considera il sovraccarico dovuto al carico variabile

$$q_m = 30 \text{ kN/mq}$$

$$S_{qm}=q_m \cdot K_a \cdot H = 56,56 \text{ kN (M1) ,}$$

COND.	δ	Sq(kN/m)	SH(kN/m)	Sv(kN/m)
M1	30	56.57	48.99	28.29

adotteremo i coefficienti parziali di cui all'art. 6.2.4.1.1 delle NTC2018

Tab. 6.2.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(a)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q3}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

^(a) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.1. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G2}

Per le verifiche si adotteranno le seguenti azioni di calcolo:

- SLU

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

- SLE (frequente)

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

- sismica

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

9.1.1 VERIFICHE

9.1.1.1 Verifica sollecitazione di trazione su pali

$$\text{Momento ribaltante} = SH_{\text{terreno}} \cdot h/3 + S_{qm} \cdot h/2 = 206,98 \text{ kNm} + 48,99 \text{ kNm} = 255,97 \text{ kNm}$$

Sollecitazione assiale su palo

$$N_{sd} = i \cdot M_{sd} / d = 341,29 \text{ kN}$$

Con d = interasse pali = 1,5 m

$l =$ passo coppia di pali = 2m

Si ha una variazione

Verifica tenuta a trazione palo

$L_{anc} = 6000 \text{ mm}$

Il palo è tutto infisso nel terreno C2A ($\tau_{lim} = 250 \text{ kPa}$)

$$F_{Rd} = [(2\pi \cdot D / 2 \cdot l \cdot \tau_{lim}) / \xi_{a3}] / \gamma = 2 \cdot 3,14 \cdot 220 \text{ mm} / 2 \cdot 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\cdot 6000 \text{ mm} / 1,55 \cdot 1,25 = 534,81 \text{ kN} > 341,29 \text{ kN}$$

9.1.1.2 Verifica sezione muro in cls

Si esegue una verifica nella sezione maggiormente sollecitata (incastro di base muro-fondazione)

Si schematizza il muro come la somma di due schemi statici (trave uniformemente caricata con carico pari alla tensione del terreno in corrispondenza alla quota del tirante ed ai carichi accidentali) e trave con carico triangolare dovuto al contributo della spinta del terreno dalla quota del tirante fino alla fondazione

I vincoli sono incastro in fondazione, appoggio in corrispondenza al tirante

$$q_{\text{quota tirante}} = 1/2 \gamma_t K_a H^2 = 23,49 \text{ kN/m}$$

$$q'_{\text{quota fondazione}} = 1/2 \gamma_t K_a H_{tot}^2 - 1/2 \gamma_t K_a H^2 = 86,81 \text{ kN/m}$$

$$q''_{\text{carichi}} = 30 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 1/8 \cdot q \cdot h^2 + 1/8 \cdot q'' \cdot h^2 + (1/15 \cdot \sqrt{5}) \cdot q' \cdot h^2 = 114,23 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = 5/8 \cdot q \cdot h + 5/8 \cdot q'' \cdot h + 4/10 \cdot q' \cdot h = 238,54 \text{ kN}$$

- Verifica a flessione

Titolo: _____

N° figure elementari 1 **Zoom** **N° strati barre** 3 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	5
2	10.05	40
3	15.71	65

Sollecitazioni
S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 0 **kN**
M_{Ed} 114.23 **kNm**
M_{yEd} 0 **kNm**

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviato

Materiali
B450C **C32/40**

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200.000 N/mm²	f_{cd}	18.13 N/mm²
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{cd}	0.7333 N/mm²
		τ_{c1}	2.114 N/mm²

M_{xRd} 528.5 **kNm**

σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 34.2 ‰
 d 65 cm
 x 6.034 x/d 0.09283
 δ 0.7

Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

- Verifica a taglio

Caratteristiche geometriche della sezione

altezza della sezione	h	70	cm
larghezza dell'anima	b _w	100	cm
copriferro	c	5	cm
sforzo normale di compressione	N _{ed}	0	kN
valore massimo di tensione	$\sigma_c = 0,2 \cdot f_{cd}$	3.76	N/mm²
altezza utile	d	65	cm
coefficiente	k	1.55	
Area della sezione	A _c	0.7	m²
Area dell'acciaio	A _l	3581	mm²
percentuale di armatura	ρ_l	0.006	
tensione media di compressione	σ_{cp}	0.00	N/mm²
coefficiente	v_{min}	0.391	N/mm²
taglio resistente minimo	V _{Rd,min}	254.1	kN

Elementi senza armatura a taglio

caso elemento fessurato

taglio resistente	V _{Rd}	320	kN
Rispetto del valore minimo		rispettato	
Azione di calcolo a taglio	V _{Ed}	238.54	kN
rapporto	V _{Ed} / V _{Rd}	0.75	< 1 verificato