



**Comune di  
Paisco Loveno**



**Regione Lombardia**



**Provincia di  
Brescia**

## **PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

**Ricostruzione muro in area di frana, individuata dalla  
L. 267/98 per il miglioramento della sicurezza di Via Centrale  
Comune di Paisco Loveno**

DATA

**Dicembre 2019**

SCALA

**/**

TAV. N.

**09**

## **RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE**

A G G I O R N A M E N T I		Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
	f					
	e					
	d					
	c					
	b					
	a					

*Progettista e Direttore Lavori*

Committente

**STUDIO TECNICO**  
*Dott. Antonioli Ing. Emilio*  
*Via Mazzini n°. 16 25043 Breno (BS)*  
*Tel.0364/326561 Fax.0364/326560*  
**Azienda certificata UNI EN ISO 9001**  
**Certificato n. SQ031436**



**COMUNE DI  
PAISCO LOVENO**

INDICE:

1)   **PREMESSA.....2**

2)   **ANALISI DEI CARICHI.....3**

3)   **VERIFICA MURO ALTEZZA  $H=4,50$  M .....3**

# RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

## 1) Premessa

Si deve realizzare un muro di sostegno in cemento armato rivestito in pietra locale lungo la Via Centrale a Paisco Loveni (BS); la quota altimetrica alla quale si realizzerà il manufatto è pari a circa 855 m s.l.m.

L'altezza massima della spalla è pari a 4,46 m mentre l'altezza minima è uguale a 4,12 m, la fondazione ha larghezza pari a 2,60 m ed altezza pari a 0,5 m, per uno sviluppo complessivo di 20,60 m.

I parametri per la verifica di stabilità dell'opera:

- Zona sismica: zona 3;
- Categoria del suolo: B;
- Categoria topografica: T2
- Peso di volume naturale  $\gamma$ :  $18 \div 20 \text{ kN/m}^3$  (per i calcoli i si adotta  $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ );
- Angolo di attrito interno  $\phi$ :  $33 \div 38^\circ$  (per i calcoli i si adotta  $\phi=35^\circ$ );
- Coesione c: trascurabile;

Caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati:

sono riportate in elenco le caratteristiche dei principali materiali dei quali è previsto l'impiego:

- calcestruzzo classe C25/30:	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
	$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$
	$f_{cd} = 14,2 \text{ MPa}$
- acciaio B450C:	$f_{yk} = 450 \text{ Mpa}$
	$f_{tk} = 540 \text{ Mpa}$
	$f_{yd} = 391 \text{ MPa}$

Normativa applicata

Sono state rispettate le prescrizioni di cui alle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 17/01/2018 pubblicate nella G.U. n°42 del 29/02/2018 e la successiva Circolare n°7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018".

- Criteri di calcolo

Muro di sostegno a mensola.

## **2) Analisi dei carichi**

Peso proprio terreno:

$$G_t = 19,0 \text{ kN/m}^3$$

Peso proprio muro:

$$G_m = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

## **3) Verifica muro altezza $H=4,50 \text{ m}$**

Dati geometrici della sezione in cemento armato:

- Altezza parete:  $4,50 \text{ m}$ ;
- Spessore in testa:  $(0,25+0,30) = 0,55 \text{ m}$
- Spessore alla base:  $(0,40+0,30) = 0,70 \text{ m}$ ;
- Altezza fondazione:  $0,50 \text{ m}$ ;
- Sbalzo fondazione contro terra:  $0,50 \text{ m}$ ;
- Larghezza totale fondazione:  $2,60 \text{ m}$

Di seguito si riportano i principali risultati delle verifiche:

**MURO H = 450 cm**

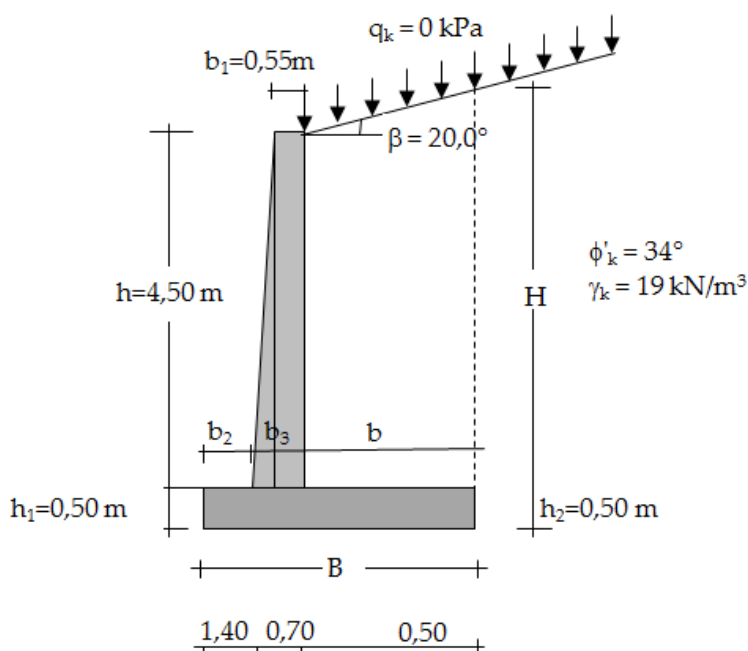
**Verifiche agli Stati Limite Ultimi in accordo con le NTC 2018.**

**dati geometrici:** (vedi Figura)

altezza del paramento del muro:	$h =$	4,5 m
profondità del piano di fondazione:	$h_1 =$	0,8 m
spessore della soletta di fondazione:	$h_2 =$	0,5 m
spessore del paramento verticale alla sommità:	$b_1 =$	0,55 m
spessore del paramento verticale alla base:	$b_3 =$	0,7 m
lunghezza della scarpa posteriore:	$b_2 =$	1,4 m
lunghezza della scarpa anteriore:	$b =$	0,5 m
angolo di pendio:	$\beta =$	20 °

**valori caratteristici dei parametri materiali e delle azioni:**

angolo di resistenza al taglio del terreno:	$\phi'_k =$	35 °
peso di volume del terreno:	$\gamma_k =$	19 kN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito base della fondazione-terreno:	$\delta_k = 0.75 \phi'_k$	30 °
peso di volume del c.a.:	$\gamma_{bk} =$	25 kN/m <sup>3</sup>
sovraccarico sulla superficie del terrapieno:	$q_k =$	0 kPa



$b =$	0,5 m
$B = b + b_2 + b_3 =$	2,6 m
$b \tan \beta =$	0,18 m
$H = h_1 + h + b \tan \beta =$	5,48 m

Tutte le verifiche agli SLU (eccetto la verifica di stabilità globale) si eseguono con DA2 (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali sulle proprietà geotecniche (M1)

$\gamma_\phi' = \gamma_c = \gamma_{cu} = \gamma_\gamma =$  1 da Tabella 6.2.II

$\phi'_d = \phi'_k =$  35 °

$\gamma_d = \gamma_k =$  19 kN/m<sup>3</sup>

Coefficiente di spinta attiva (teoria di Coulomb)

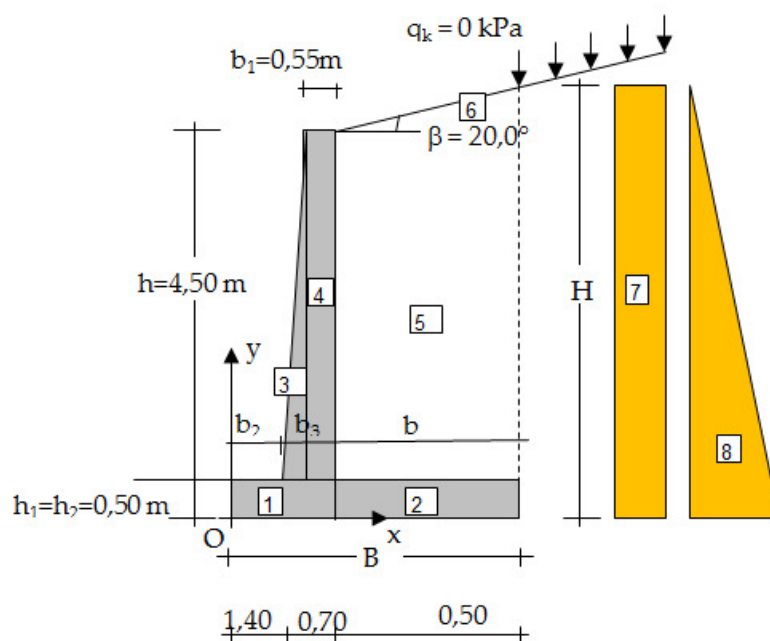
$$K_A = \frac{\sin^2(\psi + \phi)}{\sin^2 \psi \sin(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\psi - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$\psi =$	90 ° =	1,571 rad	angolo fra la parete virtuale e l'orizzontale
$\beta =$	20 ° =	0,349 rad	
$\phi' =$	35 ° =	0,611 rad	
$\delta = 2/3 \phi' =$	23,3 ° =	0,407 rad	angolo fra la normale alla parete virtuale e la spinta attiva
$\sin(\delta) =$		0,396	
$\cos(\delta) =$		0,918	
$\sin^2(\psi) =$		1,0000	
$\sin^2(\psi + \phi) =$		0,6710	
$\sin(\psi - \delta) =$		0,9182	
$\sin(\phi + \delta) =$		0,8511	
$\sin(\phi - \beta) =$		0,2588	
$\sin(\psi + \beta) =$		0,9397	
$K_A =$		0,3225	

La spinta attiva si considera applicata alla parete virtuale e inclinata di  $\delta$  sull'orizzontale

Coefficienti parziali sulle azioni (A1) da Tabella 6.2.I

Peso (azione permanente favorevole)	$\gamma_{G1} =$	1
Spinte (azione permanente sfavorevole)	$\gamma_{G1} =$	1,3
Sovraccarico (azione variabile sfavorevole)	$\gamma_Q =$	1,5



Azioni dovute al peso del muro e del terreno sovrastante

I valori caratteristici ed i valori di progetto sono coincidenti

$\gamma_{G1} = 1$

il momento è calcolato rispetto al lembo anteriore della base

	peso $W_i$ (kN/m)		braccio $x_i$ (m)		momento (kN m/m)
1)	26,25	x	1,050	=	27,56

2)	6,25	x	2,350	=	14,69
3)	8,44	x	1,500	=	12,66
4)	61,88	x	1,825	=	112,92
5)	42,75	x	2,350	=	100,46
6)	0,86	x	2,221	=	1,92
$\Sigma W =$			146,43	$\Sigma M =$	270,21

ascissa di applicazione della forza peso  $x_W = \Sigma M / \Sigma W = 1,85 \text{ m}$

Spinte (valori caratteristici)

le spinte attive sono inclinate dell'angolo  $\delta$  sull'orizzontale

7)	$P_A(q_k) = K_A q_k H =$	0,00 kN/m	spinta dovuta al sovraccarico
8)	$P_A(\gamma_k) = 0,5 K_A \gamma_k H^2 =$	92,08 kN/m	spinta dovuta al peso proprio
7h)	$P_A(q_k)h = P_A(q_k) \cos \delta =$	0,00 kN/m	componente orizz. di $P_A(q_k)$
7v)	$P_A(q_k)v = P_A(q_k) \sin \delta =$	0,00 kN/m	componente vert. di $P_A(q_k)$
8h)	$P_A(\gamma_k)h = P_A(\gamma_k) \cos \delta =$	84,55 kN/m	componente orizz. di $P_A(\gamma_k)$
7v)	$P_A(\gamma_k)v = P_A(\gamma_k) \sin \delta =$	36,47 kN/m	componente vert. di $P_A(\gamma_k)$

Spinte (valori di progetto)

per il peso proprio del terreno  $\gamma_{G1} = 1,3$

per il sovraccarico  $\gamma_Q = 1,5$

7)	$P_{Ad}(q_k) = \gamma_Q P_A(q_k) =$	0,00 kN/m	spinta dovuta al sovraccarico
8)	$P_{Ad}(\gamma_k) = \gamma_{G1} P_A(\gamma_k) =$	119,70 kN/m	spinta dovuta al peso proprio
7h)	$P_{Ad}(q_k)h = \gamma_Q P_A(q_k)h =$	0,00 kN/m	componente orizz. di $P_{Ad}(q_k)$
7v)	$P_{Ad}(q_k)v = \gamma_Q P_A(q_k)v =$	0,00 kN/m	componente vert. di $P_{Ad}(q_k)$
8h)	$P_{Ad}(\gamma_k)h = \gamma_{G1} P_A(\gamma_k)h =$	109,91 kN/m	componente orizz. di $P_{Ad}(\gamma_k)$
7v)	$P_{Ad}(\gamma_k)v = \gamma_{G1} P_A(\gamma_k)v =$	47,41 kN/m	componente vert. di $P_{Ad}(\gamma_k)$

Coordinate dei punti di applicazione delle azioni rispetto al lembo anteriore della base:

Spinta	x ( m )	y ( m )
$P_{Ad}(q_k)$	2,6	2,74
$P_{Ad}(\gamma_k)$	2,6	1,83
$W_d$	1,85	

**Verifica allo SLU (GEO) di ribaltamento**

DA2 (A1+M1+R3)

$\gamma_R = 1,15$  Tab. 6.5.1

Momento ribaltante (dovuto alle spinte):

Forza	braccio	Momento
0,00 kN/m	2,74 m	0,00 kNm/m
0,00 kN/m	-2,6 m	0,00 kNm/m
109,91 kN/m	1,83 m	200,84 kNm/m
47,41 kN/m	-2,6 m	-123,27 kNm/m
$E_d =$		77,57 kNm/m

Momento stabilizzante (dovuto al peso proprio del muro e del terreno sovrastante):

Forza	braccio	Momento
146,43 kN/m	1,85 m	270,21 kNm/m
$R_d = M_{stab} / \gamma_R =$		234,97 kNm/m

$$\begin{array}{ccc} R_d & > & E_d \\ 1,15 & > & 1 \end{array} \quad \text{la verifica è soddisfatta}$$

**Verifica allo SLU (GEO) per scorrimento** DA2 (A1+M1+R3)

$$\gamma_R = 1,1 \quad \text{Tab. 6.5.1}$$

$$\text{Coefficiente di attrito fondazione - terreno} \quad \tan \delta_k = 0,577$$

Forza resistente per attrito:

$$H_{res} = 193,838 \times 0,577 = 111,91 \text{ kN/m}$$

Resistenza di progetto:

$$R_d = H_{res} / \gamma_R = 101,74 \text{ kN/m}$$

Azione orizzontale di progetto:

$$E_d = H_{SL} = 109,91 \text{ kN/m}$$

$$\begin{array}{ccc} R_d & < & E_d \\ 0,93 & > & 1 \end{array} \quad \text{la verifica non è soddisfatta}$$

**Verifica allo SLU (GEO) per capacità portante della fondazione** DA2 (A1+M1+R3)

$$\gamma_R = 1,4 \quad \text{Tab. 6.5.1}$$

$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 0,5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

$$B = 2,6 \text{ m} \quad \text{larghezza della fondazione}$$

$$H_d = 109,91 \text{ kN/m} \quad \text{componente orizzontale della risultante di progetto}$$

$$V_d = 182,90 \text{ kN/m} \quad \text{componente verticale della risultante di progetto}$$

$$M_d = 59,35 \text{ kNm/m} \quad \text{momento della risultante rispetto alla mezzzeria della fondazione}$$

$$e = 0,325 \text{ m} \quad \text{eccentricità della risultante}$$

$$i = 0,541 \text{ rad} = 31,00^\circ \text{ inclinazione della risultante rispetto alla verticale}$$

$$c = c'_d = 0 \text{ kPa} \quad \gamma = \gamma_d = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi = \varphi'_d = 35^\circ = 0,611 \text{ rad} \quad \tan \varphi = 0,700$$

$$q = \gamma_d h_1 = 15,2 \text{ kPa} \quad \tan i = H_d / V_d = 0,601$$

$$B' = B - 2e = 1,95 \text{ m}$$

$$N_q = 33,296 \quad s_q = d_q = b_q = g_q = 1 \quad i_q = (1 - \tan i)^2 = 0,159$$

$$N_\gamma = 45,228 \quad s_\gamma = d_\gamma = b_\gamma = g_\gamma = 1 \quad i_\gamma = (1 - \tan i)^3 = 0,064$$

$$q_{lim} = 134 \text{ kPa}$$

$$E_d = V_d = 183 \text{ kN/m}$$

$$R_d = q_{lim} B' / \gamma_R = 187 \text{ kN/m}$$

$$\begin{array}{ccc} R_d & > & E_d \\ 1,02 & > & 1 \end{array} \quad \text{la verifica è soddisfatta}$$

**Verifica in condizioni sismiche secondo NTC 2018**

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 7, oppure con i  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato. (§ 7.11.1.)

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Carico limite	1,20
Scorrimento	1,00
Ribaltamento	1,00
Resistenza del terreno a valle	1,20



## Metodo pseudo-statico

### Azione sismica

[7.11.8]

Località:	Paisco Lovenio (LC)
Vita nominale:	$V_N \geq 50$ anni
Classe d'uso:	II ( $C_U=1$ )
Periodo di riferimento:	$V_R = V_N C_U = 50$ anni
Stato limite ultimo:	SLV ( $P_{VR} = 10\%$ )
Periodo di ritorno:	$T_R = 475$ anni

$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c$ [s]
0,0619	2,7024	0,2949

Categoria di sottosuolo: B

$$S_S = 1,0 \leq 1,4 - 0,4 F_o a_g / g \leq 1,2$$

$$S_S = 1,2$$

Coefficiente stratigrafico Tab. 3.2.IV

$$S_T = 1,2$$

Coefficiente topografico Tab. 3.2.V Categoria topografica

$$a_{max} = S_S S_T a_g = 0,089136 \text{ g}$$

$$\beta_m = 0,38$$

Coefficiente di riduzione di  $a_{max}$  (§ 7.11.6.2.1)

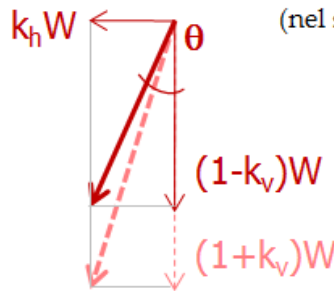
$$k_h = \beta_m a_{max} / g = 0,034$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h = 0,017$$

segno - per componente verticale verso l'alto

(nel seguito, per brevità, si assume solo il segno -)

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$



$$\tan \theta (-) = 0,0345$$

$$\theta (-) = 0,0344 \text{ rad} =$$

$$1,97^\circ$$

$$\tan \theta (+) = 0,0333$$

$$\theta (+) = 0,0333 \text{ rad} =$$

$$1,91^\circ$$

Coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\psi = 90^\circ =$$

$$1,571 \text{ rad}$$

angolo fra la parete virtuale e l'orizzontale

$$\beta = 20^\circ =$$

$$0,349 \text{ rad}$$

$$\phi' = 35^\circ =$$

$$0,611 \text{ rad}$$

$$\delta = 2/3 \phi' = 23,3^\circ =$$

$$0,407 \text{ rad}$$

angolo fra la normale alla parete virtuale e

$$\theta = \theta (-) = 1,97^\circ =$$

$$0,034 \text{ rad}$$

la spinta attiva

$$\sin^2(\psi) = 1,0000$$

$$\sin^2(\psi + \phi - \theta) = 0,7029$$

$$\sin(\psi - \theta - \delta) = 0,9040$$

$$\sin(\phi + \delta) = 0,8511$$

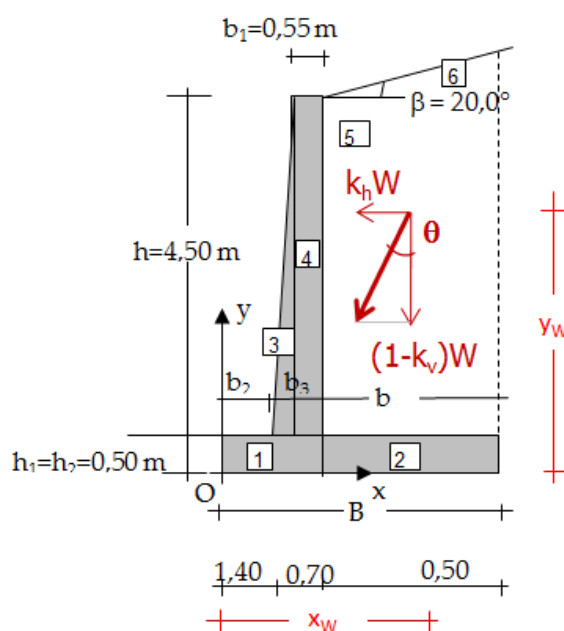
$$\sin(\phi - \beta - \theta) = 0,2254$$

$$\sin(\psi + \beta) = 0,9397$$

$$\cos(\theta) = 0,9994$$

$$K_{AE} = 0,3575$$

"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." (§7.11.6.2.1)



Azioni dovute al peso del muro e del terreno sovrastante in condizioni sismiche

	peso $W_i$ (kN/m)	$(1-k_v) W_i$ (kN/m)	$x_i$ (m)	$(1-k_v) W_i x_i$ (kN m/m)	$k_h W_i$ (kN/m)	$y_i$ (m)	$k_h W_i y_i$ (kN m/m)
1)	26,25	25,81	1,050	27,563	0,89	0,40	0,356
2)	6,25	6,14	2,350	14,688	0,21	0,40	0,085
3)	8,44	8,29	1,500	12,656	0,29	2,30	0,657
4)	61,88	60,83	1,825	112,922	2,10	3,05	6,392
5)	42,75	42,03	2,350	100,463	1,45	3,05	4,416
6)	0,86	0,85	2,221	1,920	0,03	0,86	0,025
$\Sigma =$		143,95		270,21	4,96		11,93
$x_W =$		1,88 m		$y_W =$	2,41 m		

Spinte in condizioni sismiche (i valori caratteristici e di progetto coincidenti)

7)	$P_{AE}(q_k) = K_{AE} q_k (1-k_v) H =$	0,00 kN/m	spinta dovuta al sovraccarico
8)	$P_{AE}(\gamma_k) = 0,5 K_{AE} \gamma_k (1-k_v) H^2 =$	100,34 kN/m	spinta dovuta al peso proprio
7h)	$P_{AE}(q_k)h = P_{AE}(q_k) \cos \delta =$	0,00 kN/m	componente orizz. di $P_A(q_k)$
7v)	$P_{AE}(q_k)v = P_{AE}(q_k) \sin \delta =$	0,00 kN/m	componente vert. di $P_A(q_k)$
8h)	$P_{AE}(\gamma_k)h = P_{AE}(\gamma_k) \cos \delta =$	92,13 kN/m	componente orizz. di $P_A(\gamma_k)$
7v)	$P_{AE}(\gamma_k)v = P_{AE}(\gamma_k) \sin \delta =$	39,74 kN/m	componente vert. di $P_A(\gamma_k)$
	$\Sigma P_{AE,h} =$	92,13 kN/m	$y_{PAE} =$ 1,83 m
	$\Sigma P_{AE,v} =$	39,74 kN/m	$x_{PAE} =$ 2,6 m

### Verifica allo stato limite (SLV) per ribaltamento

Azione di progetto = Momento ribaltante

$$E_d = M_{rib} = \Sigma P_{AE,h} y_{PAE} - \Sigma P_{AE,v} x_{PAE} = 65,03 \text{ kNm/m}$$

Resistenza di progetto = Momento stabilizzante

$$R_d = M_{stab} = \Sigma (1-k_v) W_i x_W - \Sigma k_h W_i y_W = 258,28 \text{ kNm/m} \quad \gamma_R = 1,00 \quad \text{Tab. 7.11.III}$$

$$\begin{array}{rcl} R_d & > & E_d \\ 3,97 & > & 1 \end{array} \quad \text{la verifica è soddisfatta}$$

#### Verifica allo stato limite (SLV) per scorrimento

Azione di progetto

$$E_d = \Sigma P_{AE,h} + \Sigma k_h W = 97,09 \text{ kN/m}$$

Resistenza di progetto

$$\text{Coefficiente di attrito fondazione - terreno} \quad \tan \delta = 0,577$$

$$R_d = (\Sigma W(1-k_v) + \Sigma P_{AE,v}) \tan \delta / \gamma_R = 136,30 \text{ kN/m} \quad \gamma_R = 1,00 \quad \text{Tab. 7.11.III}$$

$$\begin{array}{rcl} R_d & > & E_d \\ 1,40 & > & 1 \end{array} \quad \text{la verifica è soddisfatta}$$

#### Verifica allo stato limite (SLV) per carico limite

$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q + 0,5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

$$B = 2,6 \text{ m} \quad \text{larghezza della fondazione}$$

Componente orizzontale della risultante di progetto:

$$H = \Sigma k_h W + \Sigma P_{AE,h} = 97,09 \text{ kN/m}$$

Componente verticale della risultante di progetto:

$$V = \Sigma W(1-k_v) + \Sigma P_{AE,v} = 183,69 \text{ kN/m}$$

Momento della risultante rispetto alla mezzzeria della fondazione:

$$M = -45,54 \text{ kNm/m} \quad \text{positivo il senso orario}$$

eccentricità della risultante

$$e = M/V = -0,248 \text{ m}$$

Inclinazione della risultante rispetto alla verticale:

$$i = \arctan(H/V) = 0,4862 \text{ rad} = 27,86^\circ$$

$$c = c'_d = 0 \text{ kPa} \quad \gamma = \gamma_d = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi = \varphi'_d = 35^\circ = 0,611 \text{ rad} \quad \tan \varphi = 0,700$$

$$q = \gamma_d h_1 = 15,2 \text{ kPa} \quad \tan i = H_d/V_d = 0,529$$

$$B' = B - 2e = 2,10 \text{ m}$$

$$N_q = 33,296 \quad s_q = d_q = b_q = g_q = 1 \quad i_q = (1 - \tan i)^2 = 0,222$$

$$N_\gamma = 45,228 \quad s_\gamma = d_\gamma = b_\gamma = g_\gamma = 1 \quad i_\gamma = (1 - \tan i)^3 = 0,105$$

$$q_{lim} = 207 \text{ kPa}$$

$$E_d = V_d = 184 \text{ kN/m}$$

$$R_d = q_{lim} B' / \gamma_R = 363 \text{ kN/m} \quad \gamma_R = 1,20 \quad \text{Tab. 7.11.III}$$

$$\begin{array}{rcl} R_d & > & E_d \\ 1,98 & > & 1 \end{array} \quad \text{la verifica è soddisfatta}$$

La Verifica allo SLU (GEO) per scorrimento, seppur di poco, non risulta soddisfatta:

$$\begin{array}{rcl} R_d & < & E_d \\ 0,93 & < & 1 \end{array} \quad \text{la verifica non è soddisfatta}$$

Al fine di soddisfare la verifica, si prevede di realizzare le fondazioni su un piano inclinato rispetto all'orizzontale di  $5^\circ$ .

Verifica Momento Resistente allo Stato Limite Ultimo:

PARETE (d=distanza sezione da base paraghiaia)						
d [m]	M [kNm]	N [kN]	V [kN]	As [cm <sup>2</sup> ]	sig c [MPa]	tau c [MPa]
4,5	158,5	105,9	117,1	5,08	5,34	0,19
3,5	81,22	76,66	78,99	2,43	4,03	0,14
2,5	33,38	53,91	46,71	0,76	2,83	0,09
1,5	8,908	29,82	22,83	0,01	1,72	0,04
0,5	0,4360	9,300	6,445	0,00	0,02	0,01
SUOLA A VALLE (d=distanza sezione da filo parete. As positiva per armatura inferiore)						
d [m]	M [kNm]	V [kN]	As [cm <sup>2</sup> ]	sig c [MPa]	tau c [MPa]	
0	118,7	169,6	6,89	6,07	0,40	
1	9,690	48,45	0,54	1,57	0,11	
SUOLA A MONTE (d=distanza sezione da filo parete. As positiva per armatura superiore)						
d [m]	M [kNm]	V [kN]	As [cm <sup>2</sup> ]	sig c [MPa]	tau c [MPa]	
0	12,91	50,98	0,72	1,83	0,12	

a) parete

$$R_d = 165,40 \text{ kNm} \geq E_d = 158,50 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{R_d}{E_d} = 1,04$$

b) fondazione mensola a valle

$$R_d = 173,20 \text{ kNm} \geq E_d = 118,70 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{R_d}{E_d} = 1,46$$

c) fondazione mensola a monte

$$R_d = 173,20 \text{ kNm} \geq E_d = 12,91 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{R_d}{E_d} = 13,42$$