

ESEMPIO DI CALCOLO DI UN MURO DI SOSTEGNO A GRAVITA'

Dimensionare e verificare un muro di sostegno a gravità con paramento murario h_p alto 3.40 [m], a sostegno di un terrapieno caratterizzato da terreno di riporto a grana "grossa" con le seguenti caratteristiche geotecniche:

Angolo di attrito interno:	$\varphi = 28^\circ$	
Peso specifico:	$\gamma_t = 16$	$[kN/m^3]$
Attrito con la fondazione:	$f = 0.5$	
Tensione ammissibile:	$\sigma_t = 0.012$	$[kN/cm^2]$

SVOLGIMENTO

Dimensione della testa del muro:

$$b_2 = 25 \quad [cm]$$

Dimensione della scarpa:

$$b_2 + b_3 = b_2 + 5\% \cdot h_p = 25 + 0.05 \cdot 340 = 42 \quad [cm]$$

Dimensione della fondazione:

$$h_f \cong b_2 + b_3 = 40 \quad [cm]$$

Altezza totale del muro:

$$h_{tot} = h_p + h_f = 340 + 40 = 380 \quad [cm]$$

Base della fondazione:

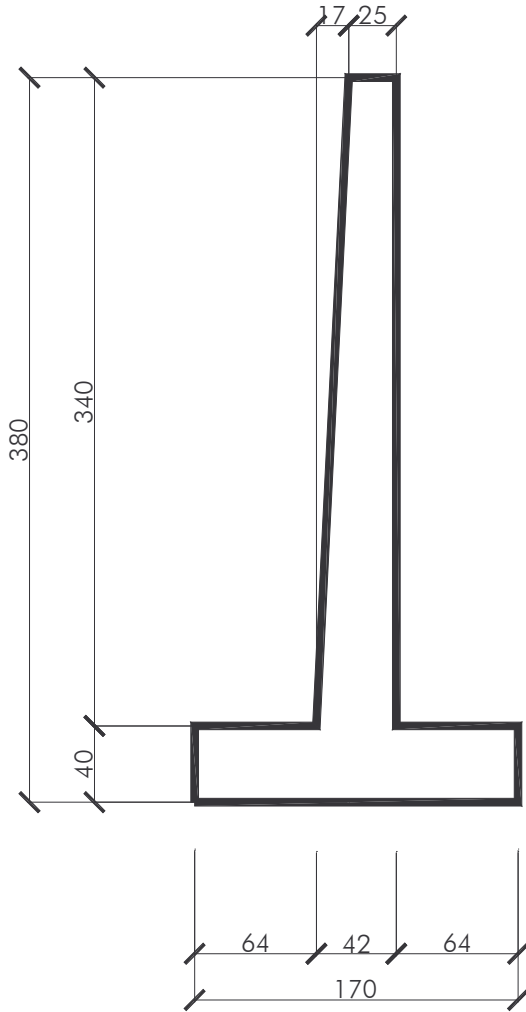
$$b \cong 0.45 \cdot h_{tot} = 170 \quad [cm]$$

Mensola a valle:

$$b_1 \cong \frac{b - (b_2 + b_3)}{2} = \frac{170 - 42}{2} = 64 \quad [cm]$$

Mensola a monte:

$$b_4 \cong b - (b_2 + b_3) - b_1 = 64 \quad [cm]$$



Calcolo del coefficiente di spinta attiva con la formulazione di Rankine:

$$k_A = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) = 0.36$$

Calcolo dell'angolo di attrito terreno – muro di sostegno:

$$\delta = \frac{2}{3} \cdot \varphi = 18.67^\circ$$

Calcolo della spinta a tergo del paramento:

$$S = \frac{1}{2} \cdot h_{tot}^2 \cdot k_A \cdot \gamma_t = 41.59 \quad [kN/m]$$

$$S_H = S \cdot \cos \delta = 39.40 \quad [kN/m]$$

$$S_V = S \cdot \sin \delta = 13.31 \quad [kN/m]$$

Calcolo del momento ribaltante rispetto al polo posto a valle della fondazione:

$$M_R = S_H \cdot \frac{h_{tot}}{3} = 49.90 \quad [kN \cdot m/m]$$

Calcolo del momento stabilizzante:

Elemento	Area	Peso W_i	Braccio	Momento M_i
1	$1.7 \cdot 0.4 = 0.68$	$0.68 \cdot 25 = 17$	0.85	$17 \cdot 0.85 = 14.45$
2	$0.25 \cdot 3.4 = 0.85$	$0.85 \cdot 25 = 21.25$	0.935	$21.25 \cdot 0.935 = 19.87$
3	$0.5 \cdot 0.17 \cdot 3.4 = 0.289$	$0.289 \cdot 25 = 7.225$	0.753	$7.225 \cdot 0.753 = 5.44$
Terreno	$0.64 \cdot 3.4 = 2.176$	$2.176 \cdot 16 = 34.82$	1.38	$34.82 \cdot 1.38 = 48.05$
Spinta verticale		13.31	1.7	$13.31 \cdot 1.7 = 22.63$

$$M_S = \sum_i M_i = 110.44 \quad [kN \cdot m/m]$$

Calcolo della normale totale:

$$N_{TOT} = \sum_i W_i = 93.60 \quad [kN/m]$$

VERIFICHE DI STABILITA' DEL MURO

$$\mu_R = \frac{M_S}{M_R} = 2.21 > 1.5 \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

$$\mu_S = \frac{f \cdot N_{tot}}{S_H} = \frac{0.5 \cdot 93.60}{39.40} = 1.19 \quad \text{Verifica non soddisfatta}$$

(si dovrebbe aumentare la mensola a tergo del muro e diminuire la mensola a valle)

VERIFICA DELLE PRESSIONI SUL TERRENO

Il centro di pressione si trova a metà della fondazione: $x_G = \frac{b}{2} = 0.85 \quad [m]$

Assumiamo questo punto come polo rispetto al quale si calcola il momento globale agente sulla fondazione:

I bracci delle forze si calcolano come differenza tra la posizione x_G e la posizione dei bracci calcolati precedentemente rispetto al polo posto a valle del muro.

I momenti che risultano positivi tendono a ribaltare il muro e per tanto vanno sommati al momento M_R , mentre i momenti negativi devono essere sottratti.

Se il momento finale \hat{M}_{tot} risulta positivo significa che le pressioni massime sono ubicate a valle del muro, mentre se risulta negativo le pressioni massime si hanno a monte del muro.

Elemento	Peso W_i	Braccio	Momento \hat{M}_i
1	$0.68 \cdot 25 = 17$	$0.85 - 0.85 = 0$	0
2	$0.85 \cdot 25 = 21.25$	$0.85 - 0.935 = -0.085$	$21.25 \cdot (-0.085) = -1.806$
3	$0.289 \cdot 25 = 7.225$	$0.85 - 0.753 = 0.097$	$7.225 \cdot 0.097 = 0.7$
Terreno	$2.176 \cdot 16 = 34.82$	$0.85 - 1.38 = -0.53$	$34.82 \cdot (-0.53) = -18.45$
Spinta verticale	13.31	$0.85 - 1.7 = -0.85$	$13.31 \cdot (-0.85) = -11.31$
Momento ribaltante			49.90

$$\hat{M}_{tot} = \sum_i \hat{M}_i = 19.00 \quad [kN \cdot m/m]$$

Poiché il momento ha segno positivo è quindi concorde con il momento ribaltante per tanto le pressioni massime sono localizzate a valle del muro e il muro tende a ribaltare in senso antiorario.

Calcolo dell'eccentricità:

$$e = \frac{\hat{M}_{tot}}{N_{tot}} = \frac{19.00}{93.60} = 0.203 < \frac{b}{6} = \frac{1.70}{6} = 0.283$$

La sezione è interamente reagente.

Calcolo delle tensioni massime sul terreno:

$$A = 170 \cdot 100 = 17000 \quad [cm^2]$$

$$W = \frac{100 \cdot 170^2}{6} = 481666 \quad [cm^3]$$

$$\sigma_t = \frac{N_{tot}}{A} + \frac{\hat{M}_{tot}}{W} = \frac{93.60}{17000} + \frac{1900}{481666} = 0.0095 < \sigma_{t,amm} \quad \text{Verifica soddisfatta.}$$

Se la sezione si fosse "parzializzata" si dovevano utilizzare le seguenti formule:

Posizione dell'asse neutro:

$$y = 3 \cdot \left(\frac{b}{2} - e \right)$$

Pressioni:

$$\sigma_t = \frac{2 \cdot N_{tot}}{y \cdot 100} < \sigma_{t,amm}$$