

Calcolo dell'Azione Sismica su un muro in presenza di falda

Muro in zona II

Accelerazione al suolo (adimensionale):	$\alpha_s = 0.25$	(-)
Tipologia del suolo (sabbie):	$S = 1.35$	(-)
Coefficiente "r" per terreni saturi:	$r = 1.00$	(-)

Parametri geotecnici del terreno:

Peso del terreno:	$\gamma_t = 18.00$	(kN/m ³)
Peso del terreno secco:	$\gamma_{td} = 16.00$	(kN/m ³)
Angolo di attrito interno:	$\phi = 30$	(°)
Angolo tra terreno e muro:	$\delta = 15$	(°)

Falda:

La falda si trova a -2.00 (m) dal piano di campagna sul quale grava un carico uniformemente distribuito pari a 4.00 (kN/m²)

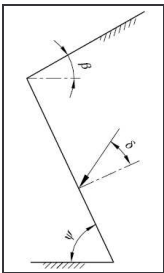
Calcolo delle azioni nella zona di terreno non interessato dalla falda:

Coefficiente sismico orizzontale:	$k_h = \alpha_s \cdot \frac{S}{r} = 0.25 \cdot \frac{1.35}{1.00} = 0.3375$	(-)
Coefficiente sismico verticale:	$k_v = 0.5 \cdot k_h = 0.5 \cdot 0.3375 = 0.1687$	(-)

Angoli di rotazione del cuneo di spinta:

$$\tan \theta_A = \frac{k_h}{1+k_v} = \frac{0.3375}{1+0.1687} = 0.2887 \quad \theta_A = 16.107 \quad (^\circ)$$

$$\tan \theta_B = \frac{k_h}{1-k_v} = \frac{0.3375}{1-0.1687} = 0.4060 \quad \theta_B = 22.096 \quad (^\circ)$$



se: $\beta \leq \phi'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

Calcolo dei coefficienti di spinta attiva (Mononobe e Okabe):

$$\beta = 0 < 30 - 16.107 = 13.893^\circ$$

$$K_{MO,A} = \frac{\sin^2(90 + 30 - 16.107)}{\cos(16.107) \cdot \sin^2(90) \cdot \sin(90 - 16.107 - 15) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30 + 15) \cdot \sin(30 - 0 - 16.107)}{\sin(90 - 16.107 - 15) \cdot \sin(90 + 0)}} \right]^2} = 0.548 \quad (-)$$

$$\beta = 0 < 30 - 22.096 = 7.904^\circ$$

$$K_{MO,B} = \frac{\text{sen}^2(90 + 30 - 22.096)}{\cos(22.096) \cdot \text{sen}^2(90) \cdot \text{sen}(90 - 22.096 - 15) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(30 + 15) \cdot \text{sen}(30 - 0 - 22.096)}{\text{sen}(90 - 22.096 - 15) \cdot \text{sen}(90 + 0)}} \right]^2} = 0.729 \quad (-)$$

Calcolo delle azioni nella zona di terreno interessato dalla falda:

Coefficiente sismico orizzontale: $k_h = \alpha_s \cdot \frac{S}{r} = 0.25 \cdot \frac{1.35}{1.00} = 0.3375 \quad (-)$

Coefficiente sismico verticale: $k_v = 0.5 \cdot k_h = 0.5 \cdot 0.3375 = 0.1687 \quad (-)$

Angoli di rotazione del cuneo di spinta:

$$\tan \bar{\theta}_A = \frac{\gamma_{td}}{\gamma_t - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 + k_v} = \frac{16}{18 - 10} \cdot \frac{0.3375}{1 + 0.1687} = 0.5774 \quad \bar{\theta}_A = 30.01 \quad (^\circ)$$

$$\tan \bar{\theta}_B = \frac{\gamma_{td}}{\gamma_t - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v} = \frac{16}{18 - 10} \cdot \frac{0.3375}{1 - 0.1687} = 0.8120 \quad \bar{\theta}_B = 39.08 \quad (^\circ)$$

se: $\beta > \phi'_d - \theta$

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

Calcolo dei coefficienti di spinta attiva (Mononobe e Okabe):

$$\beta = 0 > 30 - 30.01 = -0.01^\circ$$

$$\bar{K}_{MO,A} = \frac{\text{sen}^2(90 + 30 - 30.01)}{\cos(30.01) \cdot \text{sen}^2(90) \cdot \text{sen}(90 - 30.01 - 15)} = 1.633 \quad (-)$$

$$\beta = 0 > 30 - 39.08 = -9.08^\circ$$

$$\bar{K}_{MO,B} = \frac{\text{sen}^2(90 + 30 - 39.08)}{\cos(39.08) \cdot \text{sen}^2(90) \cdot \text{sen}(90 - 39.08 - 15)} = 2.141 \quad (-)$$

Calcolo dell'andamento delle pressioni a tergo del muro:

Altezza totale del muro: $H_{tot,m} = 4.54 \quad (m)$

Altezza del paramento del muro: $H_m = 4.54 - 0.6 = 3.94 \quad (m)$

Spessore della suola di fondazione: $H_{fond.} = 0.60 \quad (m)$

Sovraccarico uniformemente distribuito: $q = 4.00 \quad (kPa)$

Profondità della falda: $z_w = -2.00 \quad (m)$

Tensioni orizzontali totali con $+k_v$:

$$\sigma_h(z_1 = 0) = \zeta \cdot q \cdot K_{MO,A} \cdot (1 + k_v) \cdot \cos(\delta) = 0.3 \cdot 4.00 \cdot 0.548 \cdot (1 + 0.1687) \cdot \cos(15) = 0.7423 \quad (kPa)$$

$$\sigma_h(z_2 = 2) = K_{MO,A} \cdot [\zeta \cdot q + \gamma_{td} \cdot z_2] \cdot (1 + k_v) \cdot \cos(\delta)$$

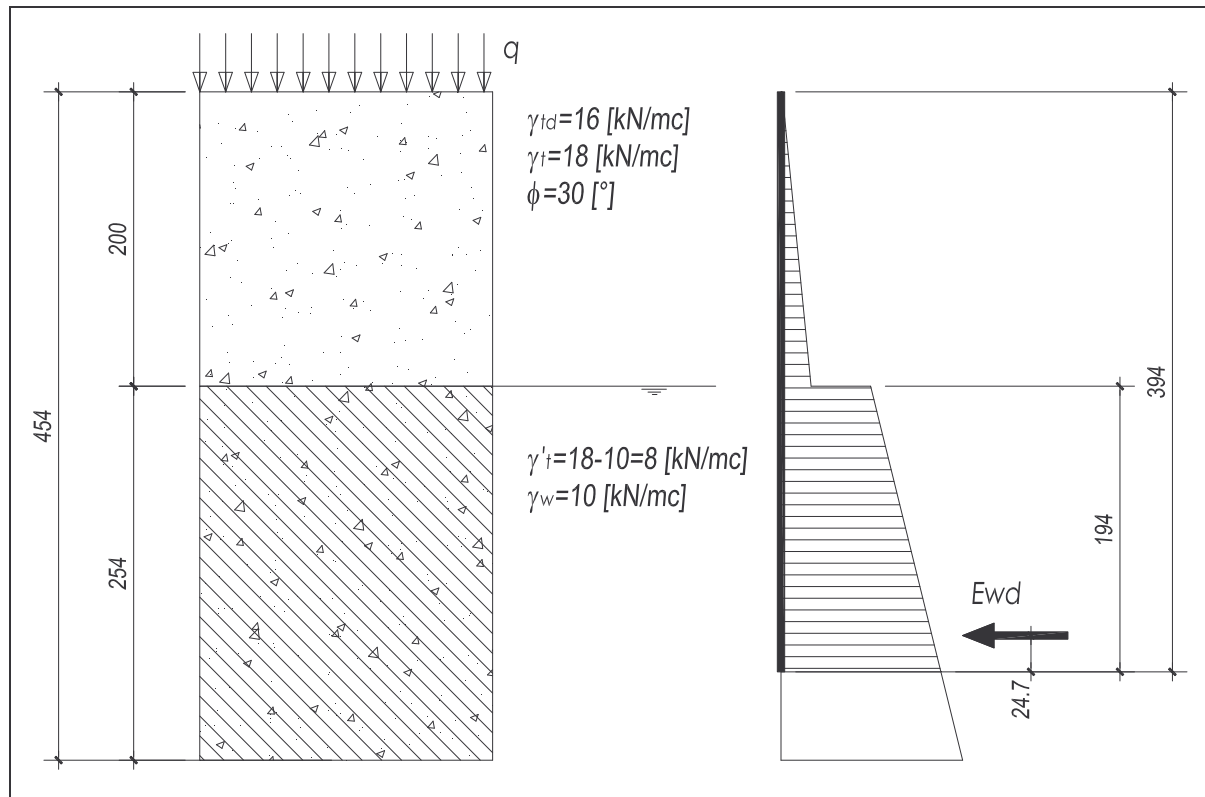
$$\sigma_h(z_2 = 2) = 0.548 \cdot [0.30 \cdot 4.00 + 16 \cdot 2.00] \cdot (1 + 0.1687) \cdot \cos(15) = 20.54 \quad (kPa)$$

$$\bar{\sigma}_h(z_2 = 2) = \bar{K}_{MO,A} \cdot [\zeta \cdot q + \gamma_{td} \cdot z_2] \cdot (1 + k_v) \cdot \cos(\delta)$$

$$\bar{\sigma}_h(z_2 = 2) = 1.633 \cdot [0.30 \cdot 4.00 + 16 \cdot 2.00] \cdot (1 + 0.1687) \cdot \cos(15) = 61.20 \quad (\text{kPa})$$

$$\bar{\sigma}_h(z_3 = 2.54) = \bar{K}_{MO,A} \cdot [\zeta \cdot q + \gamma_{td} \cdot z_2 + (\gamma_t - \gamma_w) \cdot z_3] \cdot (1 + k_v) \cdot \cos(\delta) + \gamma_w \cdot z_w$$

$$\bar{\sigma}_h(z_3 = 2.54) = 1.633 \cdot [0.30 \cdot 4.00 + 16 \cdot 2.00 + (18 - 10) \cdot 2.54] \cdot (1 + 0.1687) \cdot \cos(15) + 10 \cdot 2.54 = 124.06 \quad (\text{kPa})$$



Tensioni orizzontali totali con $-k_v$:

$$\sigma_h(z_1 = 0) = \zeta \cdot q \cdot K_{MO,B} \cdot (1 - k_v) \cdot \cos(\delta) = 0.3 \cdot 4.00 \cdot 0.729 \cdot (1 - 0.1687) \cdot \cos(15) = 0.7024 \quad (\text{kPa})$$

$$\sigma_h(z_2 = 2) = K_{MO,B} \cdot [\zeta \cdot q + \gamma_{td} \cdot z_2] \cdot (1 - k_v) \cdot \cos(\delta)$$

$$\sigma_h(z_2 = 2) = 0.729 \cdot [0.30 \cdot 4.00 + 16 \cdot 2.00] \cdot (1 - 0.1687) \cdot \cos(15) = 19.44 \quad (\text{kPa})$$

$$\bar{\sigma}_h(z_2 = 2) = \bar{K}_{MO,B} \cdot [\zeta \cdot q + \gamma_{td} \cdot z_2] \cdot (1 - k_v) \cdot \cos(\delta)$$

$$\bar{\sigma}_h(z_2 = 2) = 2.141 \cdot [0.30 \cdot 4.00 + 16 \cdot 2.00] \cdot (1 - 0.1687) \cdot \cos(15) = 57.08 \quad (\text{kPa})$$

$$\bar{\sigma}_h(z_3 = 2.54) = \bar{K}_{MO,B} \cdot [\zeta \cdot q + \gamma_{td} \cdot z_2 + (\gamma_t - \gamma_w) \cdot z_3] \cdot (1 - k_v) \cdot \cos(\delta) + \gamma_w \cdot z_w$$

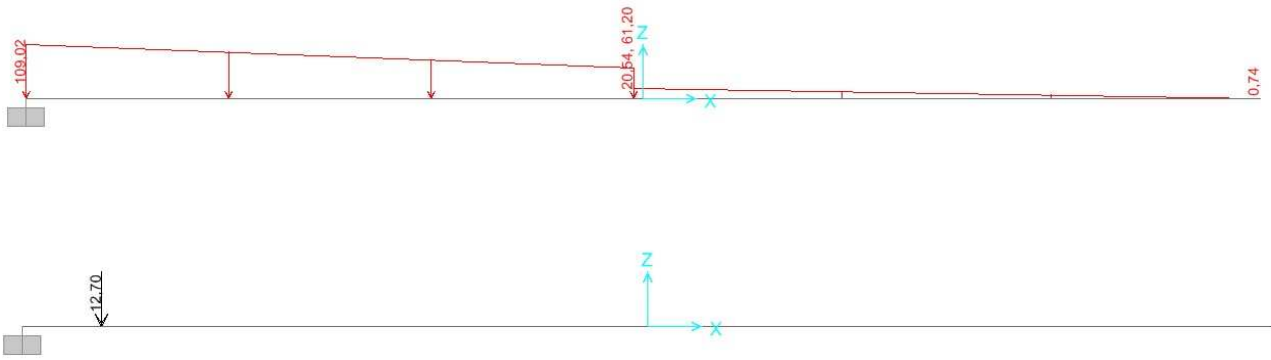
$$\bar{\sigma}_h(z_3 = 2.54) = 2.141 \cdot [0.30 \cdot 4.00 + 16 \cdot 2.00 + (18 - 10) \cdot 2.54] \cdot (1 - 0.1687) \cdot \cos(15) + 10 \cdot 2.54 = 117.41 \quad (\text{kPa})$$

Spinta idrodinamica:

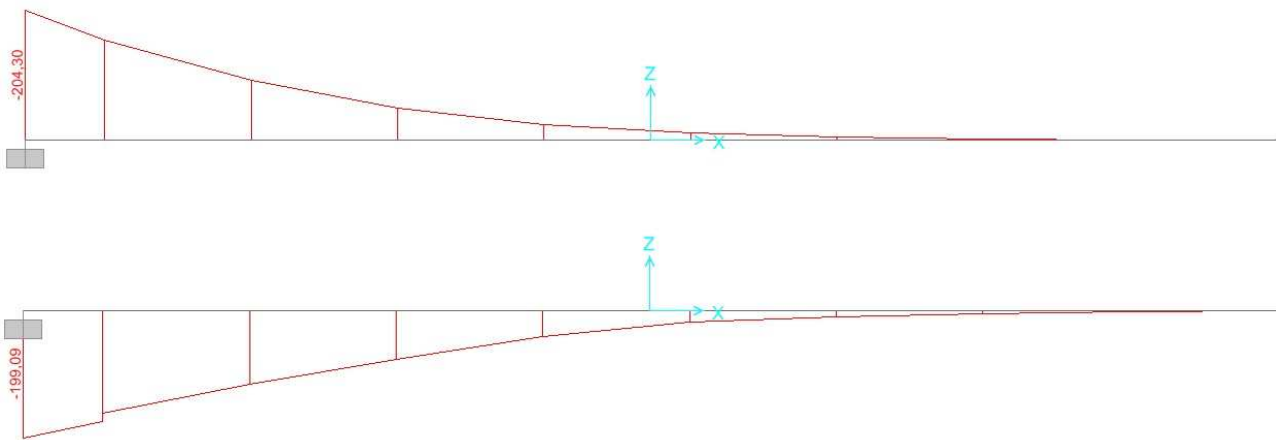
$$E_{wd} = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot z_w^2 = \frac{7}{12} \cdot 0.3375 \cdot 10 \cdot 2.54^2 = 12.70 \quad (\text{kN/m})$$

Analisi del paramento in calcestruzzo armato:

La condizione più gravosa per il dimensionamento del paramento murario è quella in cui k_v risulta avere segno positivo.



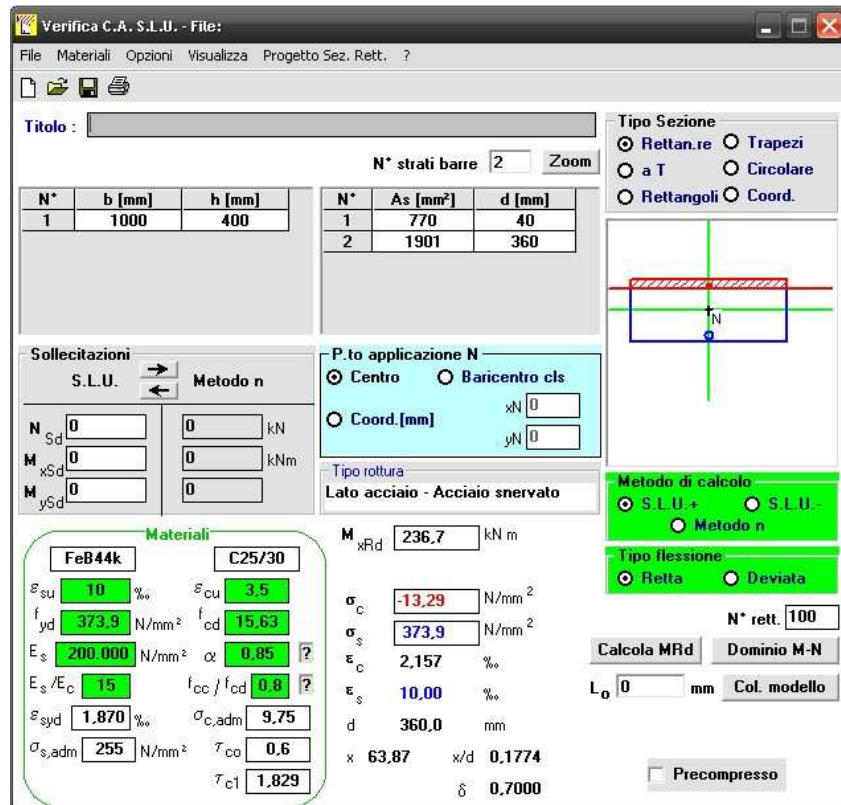
Caratteristiche di sollecitazione:



Area di armatura necessaria per sostenere il momento flettente:

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{0.9 \cdot d \cdot f_y} = \frac{20430}{0.9 \cdot 36 \cdot 37.4} = 16.86 \quad (\text{cm}^2)$$

Sono necessari 5Ø22 ogni metro di paramento.



Determinazione della resistenza a taglio della sezione del paramento murario:

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.60} = 0.1125 \quad (-)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{360}} = 1.745 \quad (-)$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{1900}{1000 \cdot 360} = 0.00528 \quad (-)$$

$$V_{Rd,c1} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] \cdot b_w \cdot d = \left[0.1125 \cdot 1.745 \cdot (100 \cdot 0.00528 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot 1000 \cdot 360 = 167 < V_{Ed} \quad (\text{kN})$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.745^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0.4033 \quad (\text{MPa})$$

$$V_{Rd,c2} = v_{min} \cdot b_w \cdot d = 0.4033 \cdot 1000 \cdot 360 = 145.22 < V_{Ed} \quad (\text{kN})$$

E' necessario predisporre un'orditura a taglio nei primi 40 (cm) in prossimità dell'incastro con la fondazione:

$$V_{Rd,w} = \frac{A_{st}}{s} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot \sqrt{2} = \frac{5 \cdot \pi \cdot 12^2}{400} \cdot 0.9 \cdot 360 \cdot 373.9 \cdot \sqrt{2} = 242 > V_{Ed} \quad (\text{kN})$$