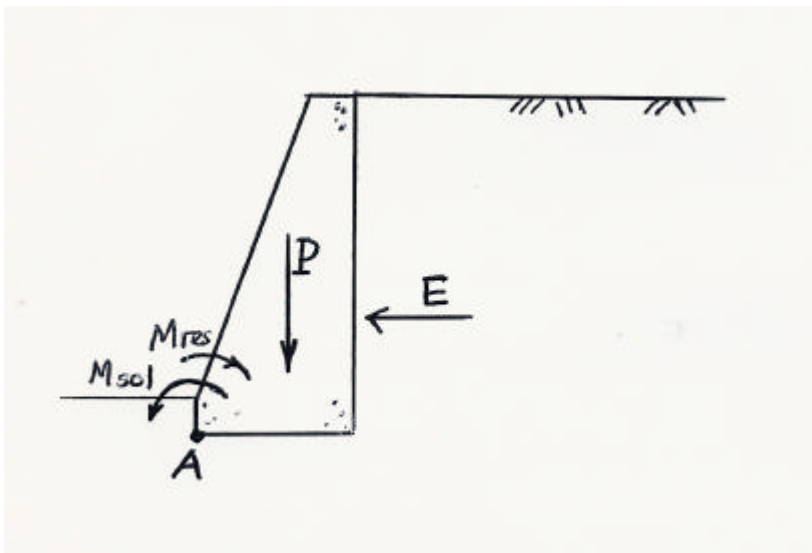


13ª AULA- PARTE 2

2. Critérios para dimensionamento de muros de arrimo

No projeto de muros de arrimo, deve ser verificada a estabilidade global do muro: segurança contra o tombamento, segurança contra o deslizamento e segurança contra a ruptura do terreno de fundação.

2.1. Segurança contra o tombamento da estrutura



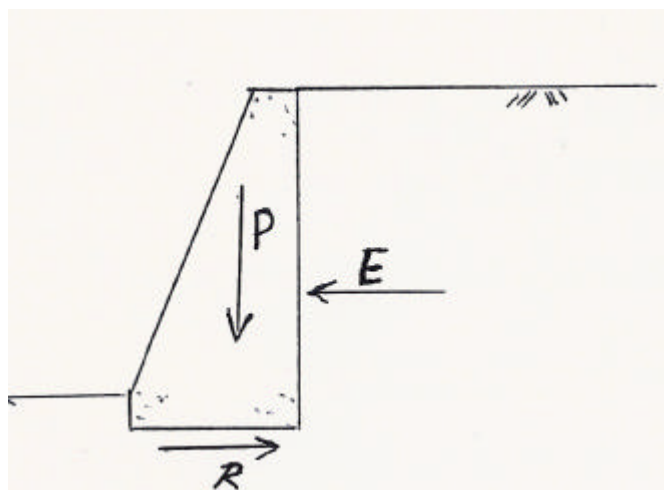
Fator de segurança ao tombamento (momentos em relação ao ponto A):

$$F_t = \frac{\sum M_{resA}}{\sum M_{solA}} \geq 1,5$$

onde $\sum M_{resA}$ é a somatória dos momentos que resistem ao tombamento e $\sum M_{solA}$ é a somatória dos momentos solitantes, que tendem a provocar o tombamento.

Para esta verificação, assim como para as outras duas, despreza-se o empuxo passivo na frente do muro, pois esta região pode vir a ser escavada no futuro.

2.2. Segurança contra o deslizamento pela base



Fator de segurança ao deslizamento pela base:

$$F_t \geq \frac{R}{E} \geq 1,5$$

onde R é a força que resiste ao deslizamento no contacto solo-muro, na

base do muro e E é a soma de todas as forças horizontais que tendem a provocar o deslizamento do muro.

A força resistente é dada por:

$$R \geq s_b A$$

onde A é a área da base do muro e s_b é a resistência ao cisalhamento do contacto muro – solo, dada por:

$$s_b \geq \tau' \tan \phi$$

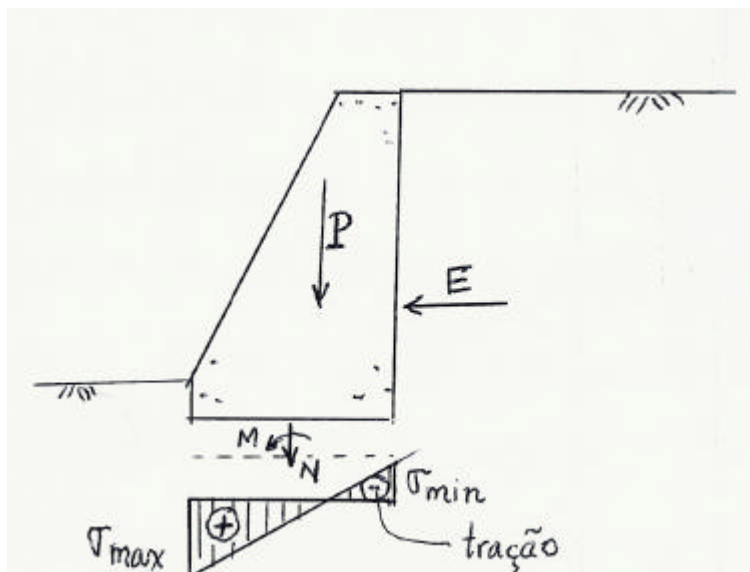
não sendo considerada nenhuma parcela de resistência independente da tensão normal. ϕ é o ângulo de atrito do contacto solo – muro, em geral adotado igual a 2/3 do ângulo de atrito efetivo do solo na base do muro.

Tem-se então para R:

$$R \geq (\tau' \tan \phi) A \geq \left(\frac{N'}{A} \tan \phi \right) A \geq N' \tan \phi$$

N' é a força normal efetiva na base do muro.

2.3. Segurança contra a ruptura do terreno de fundação do muro



Como visto na aula 4, as tensões normais máxima e mínima na base do muro podem ser calculadas pela expressão:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

onde W é o módulo de resistência: $W = \frac{ba^2}{6}$

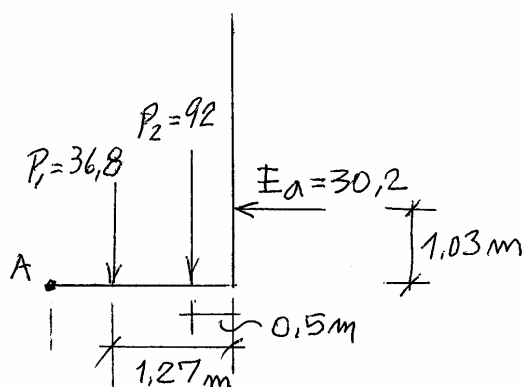
sendo a a dimensão do muro na direção em que ocorre a excentricidade.

Para garantir segurança contra a ruptura do terreno, impõe-se, como mostrado na aula 4, as seguintes condições:

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{adm}}$$

$$\sigma_{\min} \geq 0 \text{ (sem tração na base)}$$

Resumo dos esforços :



Segurança contra o tombamento (momentos em relação a A)

$$\Sigma M_{res.A} = 92 \times 1,3 + 36,8 \times 0,53 = 139,1 \text{ kN/m/m}$$

$$\Sigma M_{vol.A} = 30,2 \times 1,03 = 31,1 \text{ kN/m}$$

$$F_t = \frac{139,1}{31,1} = 4,5 > 1,5 \quad (\text{OK!})$$

Segurança contra o deslizamento pela base :

$$F_d = \frac{R}{E}$$

$$E = E_a = 30,2$$

$$R = N' \tan \delta$$

$$\delta = \frac{2}{3} \times 30^\circ = 20^\circ$$

$$N' = P_1 + P_2 = 92 + 36,8 = 128,8 \text{ kN/m}$$

$$R = 128,8 \tan 20^\circ = 46,9 \text{ kN/m}$$

$$F_d = \frac{46,9}{30,2} = 1,6 > 1,5 \quad (\text{OK!})$$

Segurança contra a ruptura do terreno de fundação:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{N'}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$W = \frac{ba^2}{6} = \frac{1 \times 1,8^2}{6} = 0,54 \text{ m}^3$$

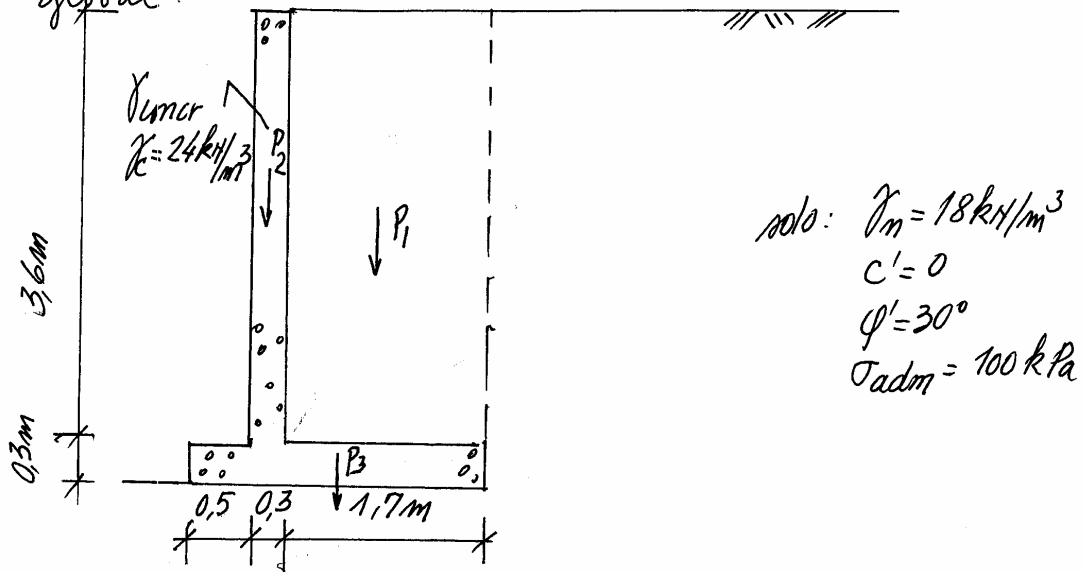
$$M = 30,2 \times 1,03 + 36,8 \times 0,37 - 92 \times 0,4 = 7,9 \text{ kNm/m}$$

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{1288}{1 \times 1,8} \pm \frac{7,9}{0,54} = 71,5 \pm 14,6$$

$$\sigma_{\max} = 86,1 \text{ kPa} < \sigma_{\text{adm}} = 150 \text{ kPa} \text{ (OK!)}$$

$$\sigma_{\min} = 56,9 \text{ kPa} > 0 \text{ (OK!)} \quad 86,1 \quad \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline & & \oplus & & \\ \hline \end{array} \quad 56,9$$

2) Para o muro a flexão abaixo, verificar a estabilidade global.



O solo acima da base do muro é considerado como fazendo parte do muro.

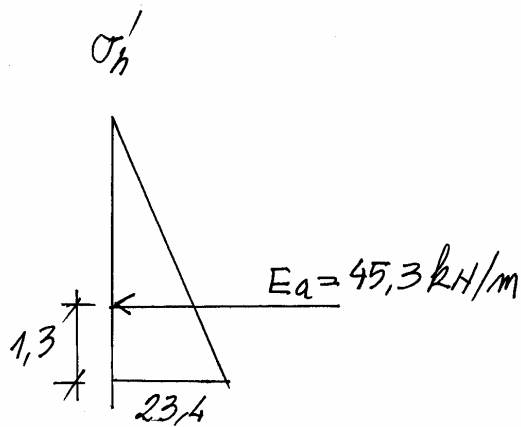
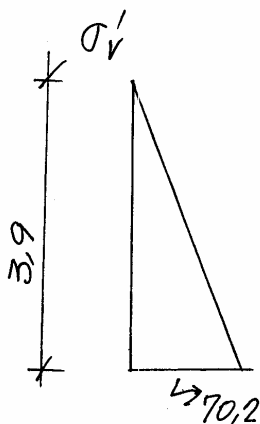
Esporços no muro

• Empuxo ativo:

$$\sigma'_{ha} = \frac{\sigma'_v}{N_\phi} - \frac{2c}{\sqrt{N_\phi}}$$

$$N_\phi = 3$$

$$\sigma'_{ha} = \frac{\sigma'_v}{3} = \frac{\gamma z}{3}$$

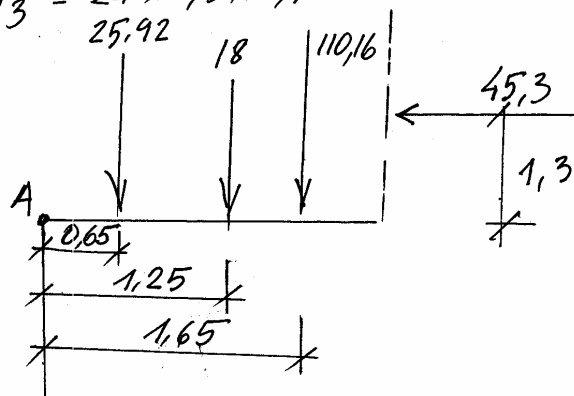


Pesos:

$$P_1 = 18 \times 3,6 \times 1,7 = 110,16 \text{ kN/m}$$

$$P_2 = 24 \times 0,3 \times 3,6 = 25,92$$

$$P_3 = 24 \times 2,5 \times 0,3 = 18$$



Tombamento

$$\sum M_{res.A} = 25,92 \times 0,65 + 18 \times 1,25 + 110,16 \times 1,65$$

$$\sum M_{sol.A} = 45,3 \times 1,3$$

$$F_t = 3,76 > 1,5 \quad (OK!)$$

Deslizamento

$$E = E_a = 45,3$$

$$R = N' \tan \delta$$

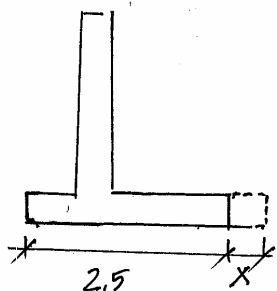
$$\delta = \frac{2}{3} \times 30^\circ = 20^\circ$$

$$N' = P_1 + P_2 + P_3 = 110,16 + 25,92 + 18$$

$$R = 56,08$$

$$F_d = \frac{56,08}{45,3} = 1,23 < 1,5$$

Refazer alargando a base p/ $F = 1,5$



$$P_2 = 25,92 \text{ kN/m}$$

$$P_1 = 18 \times 3,6 \times (1,7 + x)$$

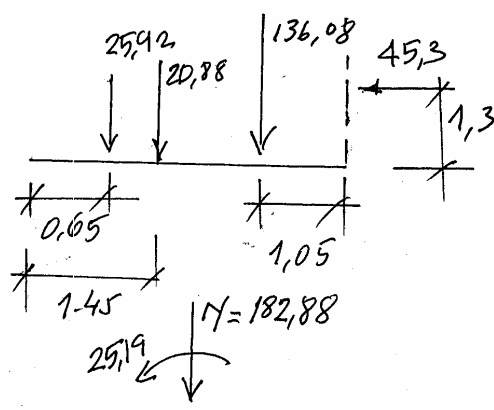
$$P_3 = 24 \times 0,3 \times (2,5 + x)$$

$$F_d = 1,5 \rightarrow R = 1,5 E = 1,5 \times 45,3 = 67,95$$

$$67,95 = [25,92 + 64,8(1,7 + x) + 7,2(2,5 + x)] \tan 20^\circ$$

$$x = 0,33 \text{ m} \rightarrow x = 0,40 \text{ m}$$

Fundação:



$$P_1 = 18 \times 3,6 \times 2,1 = 136,08$$

$$P_2 = 25,92$$

$$P_3 = 24 \times 0,3 \times 2,9 = 20,88$$

$$M = 45,3 \times 1,3 + 25,92 \times (1,45 - 0,65) - 136,08 \times 0,4 = 25,19$$

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{182,88}{2,9 \times 1} \pm \frac{25,2}{1,4}$$

$$W = \frac{b a^2}{6} = \frac{1 \times 2,9^2}{6} = 1,4$$

$$\sigma_{\max} = 81,1 \text{ kPa} < \sigma_{\text{adm}} \text{ (OK!)}$$

$$\sigma_{\min} = 45,1 \text{ kPa} > 0 \text{ (OK!)}$$