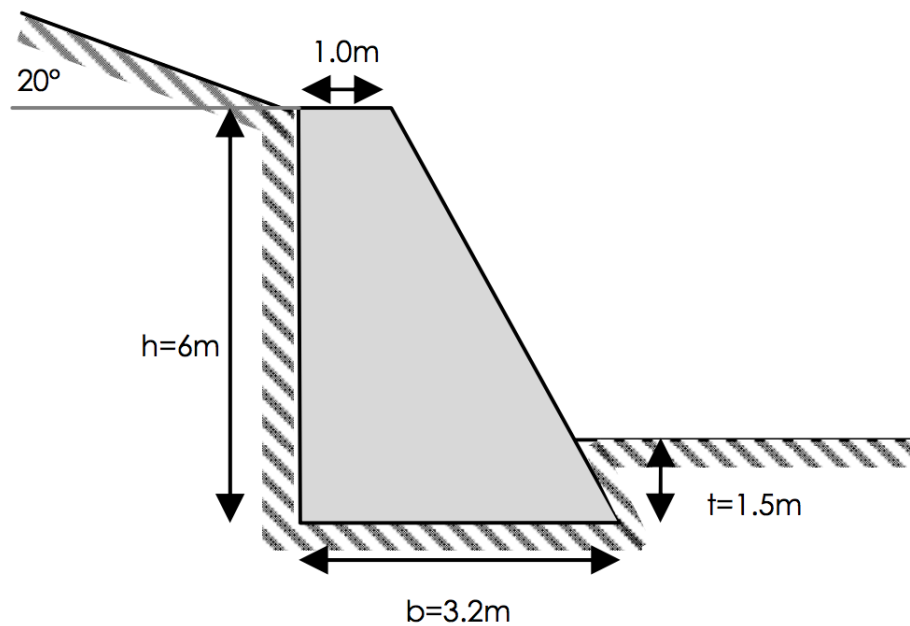


Exercice 10 - Mur Poids

May 1, 2020

On considère le mur de soutènement en béton : $\gamma_b = 25kN/m^3$ (Cf figure ci-dessous) au sein d'un sol homogène ayant les propriétés suivantes:

$$\phi' = 30^\circ \quad c' = 0 \quad \gamma = 20kN/m^3$$



Vérifications de l'ouvrage projeté

1. Vérifier la sécurité au renversement.
2. Vérifier la sécurité au glissement.
3. Vérifier la sécurité au poinçonnement.

- La butée de terres à l'aval du mur est négligée au début. En cas d'une sécurité insuffisante, ajoutez la butée. Discutez également une possible variation de la géométrie du mur (sans calcul).
- Calculez le coefficient de poussée des terres K_a selon la formule de Coulomb et K_p selon les abaques de Caquot-Kerisel ou la formule de Lancellota au besoin.

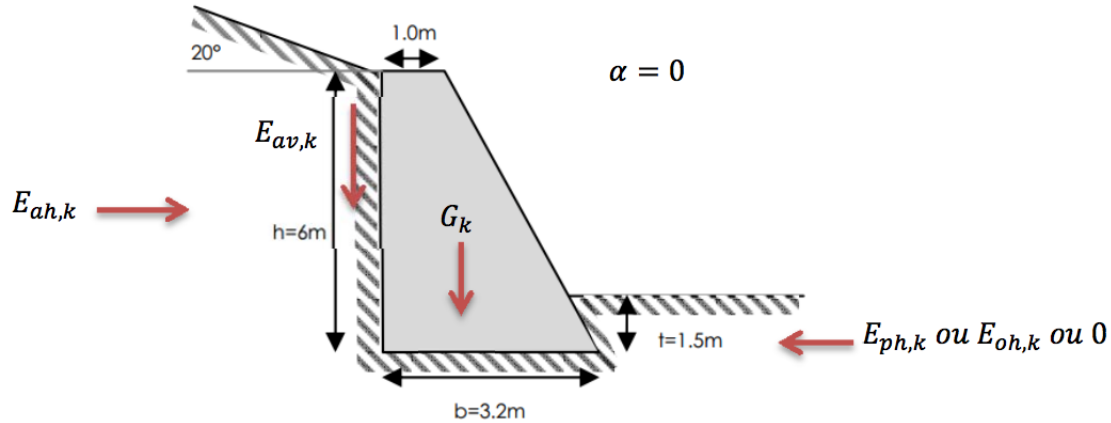


Figure 1: On notera que la composante verticale de la butée en aval est faible et donc négligée ici.

Correction Exercice #8 Mur poids

On considère le mur de soutènement ci-dessous, appuyé au sein d'un sol de caractéristiques suivantes :

$$\phi' = 30^\circ \quad c' = 0 \quad \gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad \delta = 2/3\phi' = 20^\circ$$

Calcul de la poussée des terres active en amont: Pour le calcul de cette action, on utilise la formule de Coulomb (valable pour l'état actif)

$$K_a = \left(\frac{\cos(\phi')}{1 + \sqrt{\sin[\phi' - i] \frac{\sin[\phi' + \beta]}{\cos[i] \cos[\delta]}}} \right)^2 \frac{1}{\cos[\delta]} = 0.41$$

avec $i = 20^\circ$.

La composante horizontale de la poussée est:

$$K_{ah} = K_a \cos[\delta] = 0.39$$

Calcul de la poussée des terres passive en aval: Pour le calcul de cette action, on utilise pour le cas passif les abaques de Caquot-Kerisel (cf annexe SIA, eurocode) avec une inclinaison nulle à l'aval (le sol est horizontal):

$$K_{ph} = 5 \quad (\text{Caquot-Kerisel}) \quad K_{ph} = 4.35 (\text{Lancellotta})$$

Pour mémoire, il convient de noter que ces deux estimations sont un peu sur-évaluées car le mur n'est pas strictement vertical - le fruit du mur est de 30 degree environ - ce qui a pour effet de diminuer la poussée des terres dans le cas passif. On notera qu'il existe des tables prenant en compte ce cas (de Caquot-Kerisel) qui donne pour ce cas $K_{ph} \approx 3.5$. Dans les calculs qui suivent, on utilisera $K_{ph} = 5$.

Cas des terres au repos. On utilise la formule de Jaky.

$$K_{oh} = 1 - \sin[\phi'] = 0.5$$

Actions'

Parametres géométriques du mur (largeur de la base base, largeur au sommet, hauteur, et profondeur aval)

$$b = 3.2m, \quad b_{top} = 1m, \quad h = 6m, \quad t = 1.5m.$$

Volume et Poids du mur

$$V_{mur} = (b + b_{top})h/2 = 12.6m^3/ml$$

$$G = \gamma_b * V_{mur} = 315kN/m$$

avec γ_b est le poids volumique du béton $\gamma_b = 25kN/m^3$.

Calcul de la distance horizontale du CG du mur par rapport au point aval de la base: pour calculer le mur on le divise en un rectangle de 6m*1m et un triangle de base 2.2m et hauteur 6m.

$$y_0 = \frac{1}{V_{mur}} (h * b_{top} (b_{base} - b_{top}/2) + h * (b_{base} - b_{top}) /2 (b_{base} - b_{top}) * 2/3) = 2.05m$$

$$z_0 = \frac{1}{V_{mur}} (h^2 b_{top}/2 + h * (b_{base} - b_{top}) /2 (h * 1/3)) = 2.48m$$

Note: l'abscisse du CG est donc a $b_{base} - y_0$ de l'amont.

Poussée active caracteristique - composante horizontale

$$e_{ah} = K_{ah} \gamma_k h = 46.71kN/m^2$$

$$E_{ah} = \frac{e_{ah}}{2} h = 140.12kN/m$$

Poussee active caracteristique - composante verticale

$$e_{av} = e_{ah} \tan(\delta) = 17kN/m^2$$

$$E_{av} = \frac{e_{av}}{2} h = 51kN/m$$

Poussée des terres au repos caracteristique à l' aval (si besoin)

$$e_{0h} = \gamma t (1 - \sin[\phi']) = 15kN/m^2$$

$$E_{0h} = \frac{e_{0h}}{2} t = 11.25kN/m$$

1 Vérification au basculement

Resultante normale de basculement

$$E_N = G + E_{av} = 366kN/m$$

Calcul du moment par rapport au milieu de la base (afin de calculer l'excentricité par rapport au milieu de la base), attention il y a une composante du poids du mur sur ce moment par rapport au milieu de la base'

$$M_{CB} = (E_{ah}h/3) - E_{av}(b_{base}/2) - G(y_0 - b_{base}/2) = 55.64kN.m/m$$

Calcul de l'excentrement de la force equivalente:

$$e_d = M_{CB}/E_N = 0.15$$

Vérification du basculement: l'excentrement ne doit pas être supérieur à $b/3$

$$e_d \leq b/3 \rightarrow OK$$

2 Vérification au glissement

En négligeant la poussée des terres à l'aval, la résistance est :

$$R_T = (G_k + E_{avk}) \tan[\phi'_k] = 211.31 kN/m$$

$$E_T = E_{ah} = 140.12 kN/m$$

$$E_T \leq R_T \rightarrow OK$$

La sécurité au glissement est vérifiée !

Calcul en prenant en compte le poids des terres au repos à l'aval dans la résistance....

$$R_T = (G + E_{av}) \tan[\phi'] + E_{0h} = 222.56 kN/m$$

$$E_T \leq R_T \rightarrow OK$$

La sécurité au glissement est vérifiée !

Note: L'angle de friction entre la base du mur et le sol est pris égal à ϕ' car l'interface est rugueuse.

Calcul en prenant en compte le poids des terres en butée (passif) à l'aval

$$e_{bh} = \gamma t K_{ph} = 150 kN/m^2 \quad (131 kN/m^2)$$

$$E_{bh} = \frac{e_{bh}}{2} t = 112.5 kN/m \quad (97.9 kN/m)$$

$$R_T = (G + E_{avk}) \tan[\phi'] + E_{bh} = 323.81 kN/m \quad (309.26 kN/m)$$

$$E_T \leq R_T \rightarrow OK$$

La sécurité au glissement est toujours vérifiée !

Note: $K_{ph} = 5$ déterminé à partir des abaques de Caquot-Kerisel a été utilisé. Les calculs avec K_{ph} selon la formule de Lancellota sont donnés entre parenthèses.

Note: La composante verticale de la terre en butée est faible, et a donc été négligée.

3 Vérification au poinçonnement

En négligeant la poussée des terres à l'aval, la résistance est :

$$E_N = G + E_{avk} = 366 kN/m$$

$$E_T = E_{ah} = 140.12 kN/m$$

$$M_{CB} = (E_{ah} h/3) - E_{av}(b_{base}/2) - G_k(y_0 - b_{base}/2) = 55.64 kN.m/m$$

Calcul de l'excentrement de la force équivalente:

$$e_d = M_{CB}/E_N = 0.15$$

$$b' = b_{base} - 2e_d = 2.90m$$

Calcul de la force portante (sans cohésion):

$$N_q = \frac{Exp \left[\left(\frac{3\pi}{2} - \phi \right) \tan[\phi] \right]}{2 \cos \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right]^2} = 22.45$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan[\phi] = 24.77$$

$$i_q = \left(1 - \frac{E_T}{E_N} \right)^2 = 0.38$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{E_T}{E_N} \right)^3 = 0.23$$

Capacité portante finale sans cohésion et sans prenant en compte l'effet de surcharge $q = 0$ et le remblai aval

$$q_p = q N_q i_q + (0.5 b' \gamma_d N_\gamma i_\gamma) = 168.65 kN/m^2$$

$$R_N = q_p b' = 488 kN/m$$

$$E_N \leq R_N \rightarrow OK$$

Sans l'effet du remblai aval, la sécurité est déjà vérifiée.

Calcul en prenant en compte le poids des terres en butée (passif) à l'aval (pour mémoire seulement car la prise de la butée va aider, comme avant les valeurs sont données pour la valeur des abaques. Les résultats pour K_{ph} selon Lancellota sont donnés entre parenthèses.)

$$E_N = (G + E_{avk}) = 366 kN/m$$

$$E_T = E_{ah} - E_{bh} = 27.6 kN/m (42.2 kN/m)$$

$$M_{CB} = (E_{ah} h/3) - E_{av}(b_{base}/2) - G_k(y_0 - b_{base}/2) - E_{bh}(t/3) = -0.6 kN.m/m (6.67 kN.m/m)$$

Calcul de l'excentrement de la force equivalente:

$$e_d = M_{CB}/E_N = -0.001 (0.018) \approx 0$$

$$b' = b = 3.2m$$

$$i_q = \left(1 - \frac{E_T}{E_N} \right)^2 = 0.85 (0.78)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{E_T}{E_N} \right)^3 = 0.79 (0.69)$$

On a également l'effet du poids du remblai aval sur la capacité portante

$$q = \gamma_k t = 30kN/m^2$$

ce qui donne la capacité portante suivante:

$$q_p = qN_q i_q + (0.5b' \gamma_d N_\gamma i_\gamma) = 1202kN/m^2 (1076kN/m^2)$$

$$R_N = q_p b' = 3847kN/m (3445kN/m)$$

$$E_N \leq R_N \rightarrow OK$$

La sécurité au poinçonnement est bien évidemment toujours vérifiée en prenant en compte la butée en aval.