Capacité portante - Fondation superficielles*
Récapitulation des formules

March 11, 2021

On compare la composante normale de la résultante des actions E_N à la résistance du sol au poinconnement $R_s = q_p \times A'$, où q_p est la capacité portante du sol (e.g. en Pa ou kPa) et A' est l'aire utile de la fondation superficielle.

1 Sollicitation drainée / Long-terme

La capacité portante d'une semelle superficielle s'écrit (généralisation du cas de base Terzaghi (1951))

$$q'_p = c' N_c s_c i_c b_c g_c d_c + q' N_q s_q i_q b_q g_q d_q + \frac{1}{2}\gamma b' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma d_\gamma$$

avec:

- c': la cohésion drainée
- q': la surcharge effective (de part et d'autre de la fondation)
- b': la largeur utile
- $\{N_c, N_q, N_\gamma\}$: les facteurs de portance,
- $\{s_c, s_q, s_\gamma\}$: coefficients correcteurs de forme,
- $\{i_c, i_q, i_\gamma\}$: coefficients correcteurs d'inclinaison de la charge,
- $\{b_c, b_q, b_\gamma\}$: coefficients correcteurs d'inclinaison de la base de fondation,
- $\{g_c, g_q, g_\gamma\}$: coefficients correcteurs d'inclinaison du sol (par rappor à l'horizontale),
- $\{d_c, d_q, d_\gamma\}$: coefficients correcteurs du à la profondeur de la fondation;

Facteurs de portance

Pour une semelle rugeuse:

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2} - \phi'\right)\tan\phi'}}{2\cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}\right)}, \quad N_c = (N_q - 1)\cot\phi', \quad N_\gamma = 2(N_q - 1)\tan\phi'.$$

Pour une semelle lisse:

$$N_q = e^{\pi\tan\phi'}\tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}\right), \quad N_c = (N_q - 1)\cot\phi', \quad N_\gamma = 1.8(N_q - 1)\tan\phi'.$$

On notera

$$\tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2}\right) = \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'}$$

*Ouvrages Géotechniques - GC EPFL - 2021

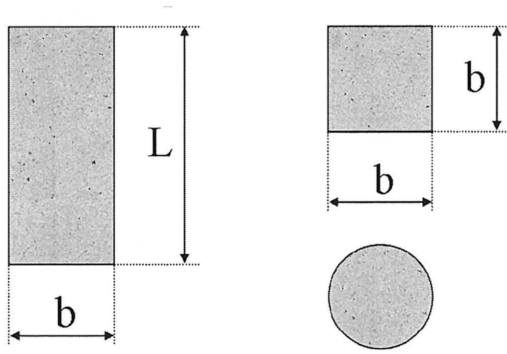

Figure 1: Semelle superficielle circulaire et rectangulaire de dimensions (b, L) et de dimensions utiles (b', L').

Coefficients correcteurs de forme

Pour une semelle rectangulaire ou circulaire (cf figure 1) - selon Brinch-Hansen (1970):

$$s_q = 1 + \frac{b'}{L'} \sin\phi', \quad s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1}, \quad s_\gamma = 1 - 0.4\frac{b'}{L'} \geq 0.6.$$

Pour une semelle filante $b' \gg L'$:

$$s_q = 1, \quad s_c = 1, \quad s_\gamma = 1.$$

Excentricité de la charge appliquée

Lorsque la semelle est sollicitée par une charge excentrée dans soit une seule direction ou dans les deux directions, on calcule la largeur utile et la longueur utile comme suit (cf figure 2):

$$b' = b - 2e_b \text{ largeur utile}$$

$$L' = L - 2e_L \text{ longueur utile}$$

$$A' = L'b' \text{ surface utile}$$

Inclinaison de la charge

Selon Vesic (1973), avec H composante horizontale de la résultante et V composante

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A'c'\cot\phi'}\right)^m, \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan\phi'}, \quad i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A'c'\cot\phi'}\right)^{m+1}.$$

Cas 1: H est la composante horizontale de la charge agissant dans la direction parallele à la largeur b' de la fondation (cf figure 3)

$$m = m_b = \frac{2 + b'/L'}{1 + b'/L'}$$

Pour une semelle filante: $m = m_b = 2$.
Cas 2: H agit dans la direction parallele à la longueur L' de la fondation (cf figure 3)

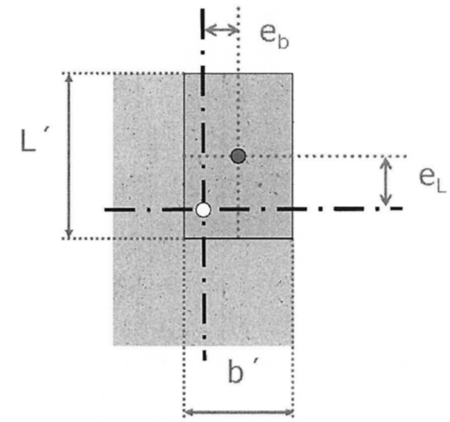

Figure 2: Excentricité de la charge par rapport au deux directions.

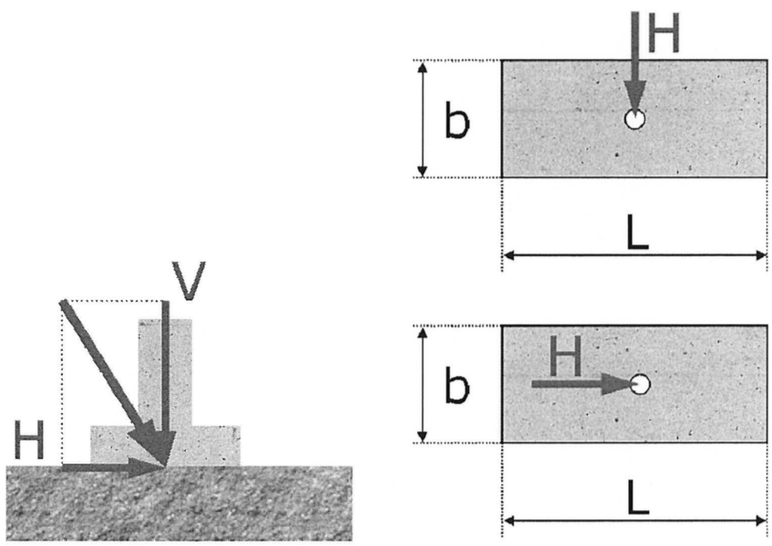

Figure 3: Deux cas d'inclinaison de charge horizontale

$$m = m_L = \frac{2 + L'/b'}{1 + L'/b'}$$

Cas 3: H agit dans la direction formant une angle θ avec la direction de longueur L' de la fondation

$$m = m_\theta = m_L \cos^2\theta + m_b \sin^2\theta.$$

Inclinaison de la base de la fondation

On considère α l'angle d'inclinaison de la base de la fondation par rapport à l'horizontale (cf figure 4) - α en radians

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \tan\phi'}, \quad b_q = b_\gamma = (1 - \alpha\tan\phi')^2.$$

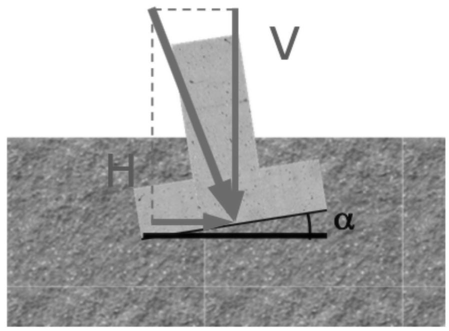

Figure 4: Inclinaison de la base par rapport à l'horizontale.

Fondation en profondeur

On notera qu'en pratique, on ne conseille pas d'utiliser une correction pour une profondeur de l'assise de fondation D inférieur à 2 mètres.

Selon Brinch-Hansen, Vesic (1973),

$$
\begin{aligned}
&d_c = d_q - \frac{1-d_q}{N_c \tan\phi'} \qquad d_\gamma = 1 \\
&d_q = 1 + 2\tan\phi'(1-\sin\phi')^2 \frac{D}{b'} \qquad D \leq b' \\
&d_q = 1 + 2\tan\phi'(1-\sin\phi')^2 \mathrm{ArcTan}\frac{D}{b'} \;\; D > b'
\end{aligned}
$$

Inclinaison du sol

Selon Brinch-Hansen (1970), pour une inclinaison ω de la surface du sol.

$$g_c = g_q - \frac{1-g_q}{N_c \tan\phi'} \qquad g_q = (1-\tan\omega)^2 = g_\gamma$$

Présence d'une nappe

Figure 5 reprèsente les 3 cas de présence d'eau: I) Niveau d'eau au dessous du mécanisme de rupture, II) Niveau d'eau affleurant la base de la fondation, et III) Niveau d'eau affleurant la surface du terrain.

2 Sollicitation non drainée / court terme

$$q_p = c_u N_c s_c i_c b_c d_c + q$$

avec: c_u la cohésion non drainée, q la surcharge de part et d'autre de la fondation et N_c le facteur de portance:

$$N_c = (2+\pi) \text{ semelle lisse}$$

$$N_c = 5.71 \text{ semelle rugueuse}$$

s_c: coefficient correctif de forme rectangulaire et circulaire

$$s_c = 1 + 0.2\frac{b'}{L'};$$

i_c: coefficient correcteur d'inclinaison de la charge

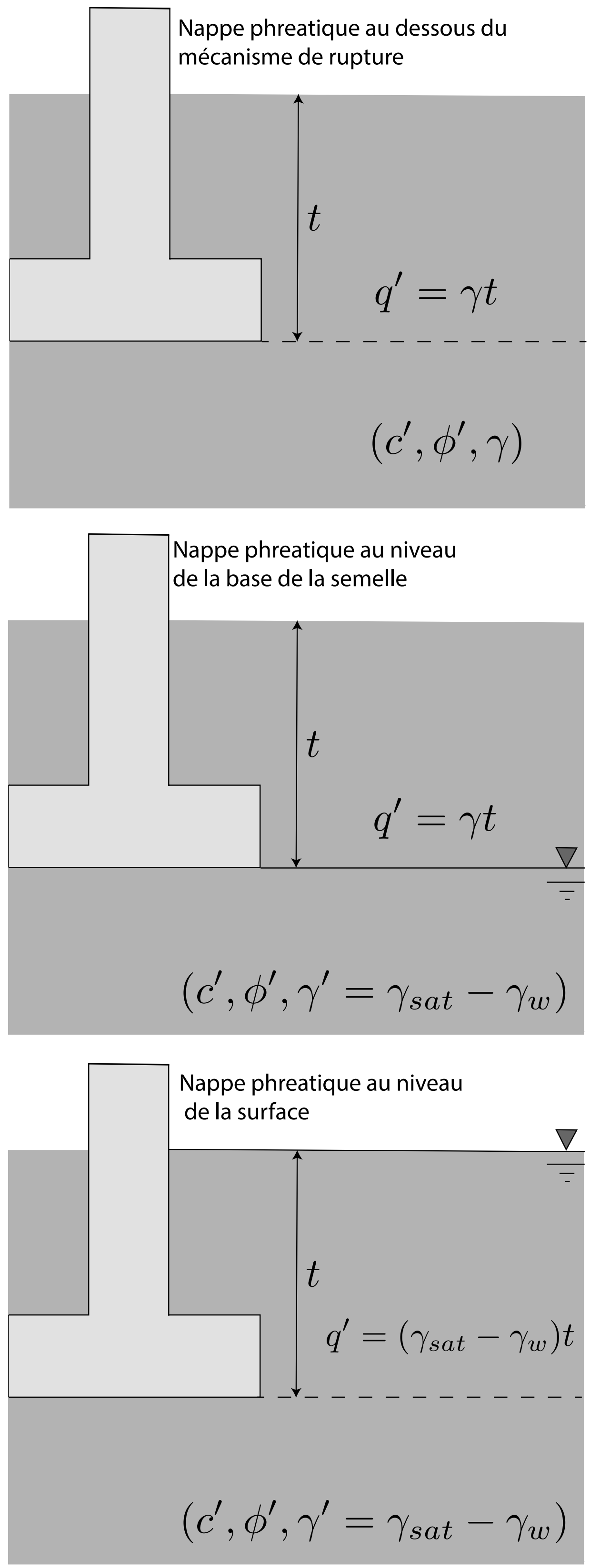

Figure 5: Influence de la nappe phréatique.

$$i_c = \frac{1}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A' c_u}}\right);$$

b_c: coefficient correcteur d'inclinaison de la base de fondation

$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{2+\pi}.$$

g_c: coefficient correcteur pour une surface de sol inclinée (angle ω)

$$g_c = 1 - \frac{2\omega}{2+\pi}$$

avec ajout d'un terme $-\omega\gamma b(1 - 0.4b'/L')$ dans l'équation de la capacité portante !

d_c : coefficient correcteur pour une assise de fondation à une profondeur D

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{b'} \qquad (D \leq b')$$

$$d_c = 1 + 0.4\mathrm{ArcTan}\frac{D}{b'} \qquad D > b'$$