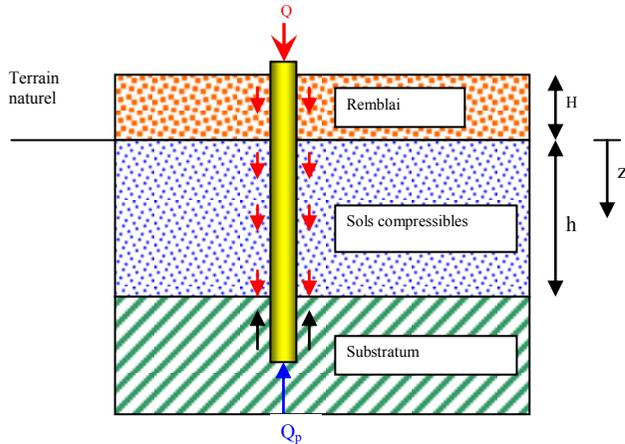


1. Généralités

Si une couche molle est surchargée par un remblai, elle va tasser sous le poids de la surcharge. Le sol s'enfonce par rapport au pieu. S'il y a déplacement, il y a frottement au contact sol/pieu. Il se développe un frottement latéral dirigé vers le bas qui provoque un effort de compression dans le pieu.



Notion de frottement négatif unitaire (f_n)

Soit $\sigma'_v(z)$ la contrainte effective verticale à une profondeur quelconque z et à proximité immédiate du fût du pieu.

Soit $\sigma'_h(z) = K \cdot \sigma'_v(z)$, K étant le coefficient de pression de terres au contact sol/pieu

Soit δ l'angle de frottement sol/pieu qui dépend du type de pieu et de la nature du sol.

Dans ces conditions : $f_n(z) = K \cdot \sigma'_v(z) \cdot \tan \delta$

Notion d'effet d'accrochage

A proximité du fût du pieu, la contrainte σ'_v est réduite en profondeur parce qu'une partie du poids des terres est transmise dans le pieu par le frottement négatif mobilisé au dessus du point considéré : *c'est l'effet d'accrochage.*

λ est un coefficient caractérisant l'amplitude de l'accrochage du sol autour de la fondation en fonction de la valeur $K \cdot \tan \delta$.

L'analyse du phénomène conduit à la notion de point neutre qui correspond à la section du pieu où le déplacement relatif sol-pieu s'annule

Au dessus de ce point, le frottement négatif agit, en dessous apparaît le frottement positif.

2. Hauteur d'action du frottement négatif

Cette hauteur h est généralement prise égale à la plus faible des deux valeurs h_1 et h_2 définies ci-après :

* h_1 : profondeur où la contrainte $\sigma'_v(z)$ devient égale à la contrainte effective préexistante à toute surcharge et en l'absence de pieu. Cette condition n'est valable que si l'on prend en compte un effet d'accrochage du sol autour du pieu.

* h_2 : profondeur où le tassement prévisible final du sol atteindra, après mise en place du pieu, $B/100$ (où $B=2R$ est le diamètre ou la largeur du pieu).

3. Méthode de calcul d'un pieu isolé dans le cas d'un remblai

L'expression générale du frottement négatif sur un élément isolé de fondation est

$$F_n = P \cdot \int_0^h K(z) \cdot \tan \delta(z) \cdot \sigma'_v(z) \cdot dz$$

- P : périmètre de l'élément de fondation

- h : hauteur de l'élément de fondation sur laquelle agit le frottement négatif

Expression de $\sigma'_v(z)$ dans une couche

- $\sigma'_1(z)$ la contrainte verticale effective non perturbée

- $\sigma'_v(z_j)$ la contrainte verticale au contact du fût du pieu au sommet de la tranche j d'épaisseur

- paramètres : $\mu(\lambda) = \frac{\lambda^2}{1 + \lambda}$ et $L_0 = \frac{R}{\mu(\lambda) \cdot K \cdot \tan \delta}$

Les couches successives de sol sont découpées en tranches suffisamment fines pour que l'on puisse considérer que $(d\sigma'_1(z)/dz)$ a une valeur constante le long de l'axe de l'élément de fondation dans chacune des tranches.

La valeur de $\sigma'_v(z_{j+1})$ est donnée par l'expression :

- si $\mu(\lambda) \neq 0$

$$\sigma'_v(z_{j+1}) = \sigma'_v(z_j) + (L_0 \cdot \frac{d\sigma'_1}{dz} - \sigma'_v(z_j)) \cdot (1 - e^{-\frac{\Delta z_j}{L_0}})$$

- si $\mu(\lambda) = 0$:

$$\sigma'_v(z_{j+1}) = \sigma'_v(z_j) + \Delta z_j \cdot \frac{d\sigma'_1}{dz}$$

Valeur du terme $K \cdot \tan \delta$

Type de pieu		Pieux forés tubés	Pieux forés	Pieux battus
Tourbes	Sols organiques	0.10	0.15	0.20
Argiles	Mous	0.10	0.15	0.20
	Fermes à durs	0.15	0.20	0.30
Sables Graves	Très lâches	0.35		
	Lâches	0.45		
	Autres	1.00		

$K \cdot \tan \delta$	λ
$\leq 0,150$	$\frac{1}{0,5 + 25 \cdot K \cdot \tan \delta}$
$0,150 \leq K \cdot \tan \delta \leq 0,385$	$0,385 - K \cdot \tan \delta$
$\geq 0,385$	0

Expression du frottement négatif total

Le frottement négatif total agissant sur un élément de fondation est la somme, sur la hauteur d'action de celui-ci, des termes élémentaires calculés dans chaque intervalle où $K \cdot \tan \delta$ est constant, par les expressions :

si $\mu(\lambda) \neq 0$

$$F_{nj} = \frac{P \cdot R}{\mu(\lambda_j)} \left\{ \left[\sigma'_1(h_j) - \sigma'_v(h_j) \right] - \left[\sigma'_1(h_{j-1}) - \sigma'_v(h_{j-1}) \right] \right\}$$

si $\mu(\lambda) = 0$: $F_{nj} = P \cdot (K \cdot \tan \delta)_j \cdot \int_{h_{j-1}}^{h_j} \sigma'_1(z) \cdot dz$

4. Limite de la méthode

La méthode n'est applicable qu'à l'action pondérale d'un remblai et pas adaptée entre autre dans les cas de :

- rabatement d'une nappe
- sols sous-consolidés naturels (subsidence) et artificiels (remblais hydrauliques)
- sols lâches pouvant être le siège de tassement par saturation ou par densification ou par effets sismiques par exemple.

Il existe également une méthode de calcul du frottement négatif qui tient compte de *l'effet de groupe de pieux*.