Band 110

Nr. 21

Contribution à l'étude des fondations

Par A. SARRASIN, Ingénieur, Lausanne/Bruxelles

Dans le domaine des fondations, quelques chercheurs ont réellement créé, ces dernières années, la «science du sol». Et si l'application de leurs études à des cas concrets est encore relativement rare aujourd'hui, cela tient à la seule complication des méthodes utilisées. C'est pour faciliter la généralisation de ces études, que nous voulons développer ici une méthode simplifiée de reconnaissance du sol. Nous en établissons tout d'abord les bases.

Déformation du sol

Nous supposons, sur une hauteur h, un sol isotrope et élastique dans les limites de la charge qu'il aura à supporter, et nous voulons déterminer, pour le cas où la semelle qui transmet la charge au sol a une rigidité nulle, les tassements de la surface chargée, provoqués par le seul raccourcissement de la couche de hauteur h. Nous négligerons, dans ce calcul, comme on le fait habituellement, l'influence des composantes horizontales des pressions dans le sol, et ne tiendrons compte que des composantes verticales.

D'après *Boussinesq*, dont la formule est classique, la pression unitaire p_z le long de la verticale sous une charge concentrée P, sera, à une profondeur z, $p_z = \frac{3\,P}{2\pi z^2}$. Lorsque la charge n'est pas concentrée, mais uniformément répartie sur une certaine surface, l'expérience prouve que l'on a une bonne approximation en concentrant la charge et en appliquant cette formule, pour autant que z soit suffisamment grand par rapport aux dimensions de la surface chargée. Si ce n'est pas le cas, l'erreur commise est importante. Pour $z = 0$, par exemple, on aurait: $p_z = \infty$.

Pour le cas particulier d'une charge unitaire p uniformément répartie sur un cercle de rayon r (fig. 1), nous allons utiliser la relation suivante que l'on pourra appliquer, pour les petites valeurs de z, et qui, pour les grandes valeurs de z, nous donnera pratiquement les mêmes valeurs que Boussinesq:

$$p_z = \frac{1{,}5\,p\,r^2}{(z + 1{,}225)\,r^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

où p_z représente la pression unitaire à la profondeur z le long de la verticale passant par le centre du cercle.

Dans les hypothèses que nous avons faites, par cette seule loi énoncée pour un cas particulier, le problème de la déformation du sol est complètement déterminé, quel que soit le cas de charge ou la forme de la surface chargée.

En effet, puisque nous avons supposé un sol isotrope et élastique, le tassement $d\,y$ d'un élément situé entre z et $z + d\,z$ sera proportionnel à la pression unitaire. Il s'exprimera, pour la verticale passant par le centre, par:

$$d\,y_C = \frac{p_z}{E}\,d\,z \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

où E est une constante qui caractérise la couche de sol donné. Nous appellerons E le module apparent d'élasticité du sol.

Le tassement y_C du centre du cercle provenant seulement de la couche de hauteur h, sera:

$$y_C = \int_0^h \frac{p_z}{E}\,d\,z$$

En remplaçant p_z par sa valeur et en intégrant, on obtiendra:

$$y_C = \frac{1{,}225\,p\,r\,h}{E\,(h + 1{,}225\,r)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

ou, si l'on pose $h = l\,r$,

$$y_C = \frac{1{,}225\,p\,r\,l}{E\,(l + 1{,}225)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3\,\text{bis})$$

La relation (3) va nous permettre d'établir l'influence d'une charge élémentaire $p\,r\,d\,\alpha\,d\,z$ (fig. 2) sur le tassement d'un point quelconque C.

Traçons en effet, autour du point C, deux circonférences de rayon r et $r + d\,r$. Le tassement $d\,y_C$ du point C sous la charge unitaire p t/m² sur l'anneau circulaire délimité par les rayons r et $r + d\,r$ s'obtiendra en différentiant l'expression (3):

$$d\,y_C = \frac{1{,}225\,p\,h^2\,d\,r}{E\,(h + 1{,}225\,r)^2}$$

Pour une charge élémentaire $p\,r\,d\,\alpha\,d\,r$, l'accroissement sera:

$$d\,(d\,y_C) = \frac{1{,}225\,h^2\,p\,r\,d\,\alpha\,d\,r}{E\,(h + 1{,}225\,r)^2\,2\,\pi\,r} \quad . \; . \; . \; . \quad (4)$$

La relation (4) nous donne l'influence, sur le tassement d'un point quelconque C, d'une charge élémentaire $p\,r\,d\,\alpha\,d\,r$ située à une distance quelconque r de ce point C. Le problème de la déformation du sol est donc théoriquement résolu.

Pratiquement, pour simplifier les calculs, nous pourrons, avec une exactitude suffisante, appliquer cette formule pour une charge de grandeur finie P, répartie sur une surface dont le centre se trouve à la distance r du point C, pourvu que les dimensions de la surface chargée soient suffisamment petites par rapport à r.

Nous aurons alors:

$$y_{C\,(P)} = \frac{1{,}225\,h^2\,P}{E\,2\,\pi\,r\,(h + 1{,}225\,r)^2} \quad . \; . \; . \; . \quad (5)$$

Si, de nouveau, $h = l\,r$, la formule 5 s'écrira:

$$y_{C\,(P)} = \frac{0{,}195\,P}{E\,r}\left(\frac{l}{l + 1{,}225}\right)^2 \quad . \; . \; . \; . \quad (5\,\text{bis})$$

Par les relations que nous avons établies, nous connaissons maintenant, avec une approximation suffisante, les tassements de n'importe quel point sous n'importe quel cas de charge. Voici, en applications des formules 3 et 5, la détermination des tassements au centre et aux angles de surfaces carrées et rectangulaires, dans le cas d'une charge unitaire p uniformémentré partie[1].

Nous voulons, — nous l'avons déjà dit, — obtenir une méthode simple que chacun puisse appliquer. Nous ne nous embarrasserons donc pas de complications inutiles, et, au lieu de diviser un carré en un grand nombre d'éléments de surface très petite et d'appliquer la formule 5, nous admettrons simplement, avec une approximation très suffisante puisqu'il s'agit du sol, que le tassement y_C au centre d'un carré de côté a, chargé par une charge p uniformément répartie sur la surface de ce carré, est égal à celui du centre d'un cercle de surface équivalente sous le même cas de charge.

Si nous posons, pour simplifier, $\frac{h}{a} = m$, nous aurons (fig. 3):

$$y_C = \frac{p\,a\,m}{E\,(m\sqrt{2} + 1)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Le tassement y_A de l'angle A du carré sera, par raison de symétrie, égal au quart du tassement du centre d'un carré de côté $2\,a$, chargé uniformément par une charge unitaire p.

$$y_A = \frac{p\,a\,m}{2\,E\,(m\sqrt{2} + 2)} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

[1] L'addition de certains de ces résultats, judicieusement choisis, nous donnera immédiatement aussi les tassements au milieu des côtés.

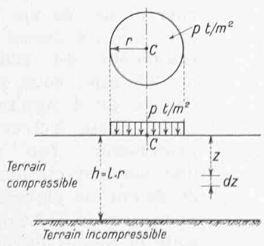

Fig. 1

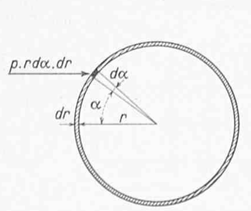

Fig. 2

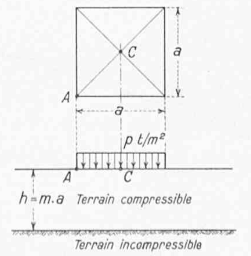

Fig. 3

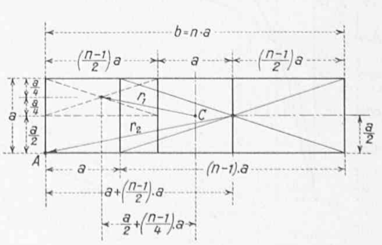

Fig. 4