Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Artikel: Charges de rupture du sol sous les fondations

Autor: Buisson, M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3126

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VIII 8

Charges de rupture du sol sous les fondations.

Bruchlasten des durch Fundamente belasteten Bodens.

Breaking Loads on Subsoil Below Foundations.

M. Buisson,

Ingénieur E.P., Chef du Service de Contrôle des Constructions immobilières au Bureau Veritas, Paris.

Il s'agit dans ce qui suit des ruptures d'ensemble qui se produisent dans les sols compacts.

Dans des cas particuliers importants, on a pu exprimer d'une façon simple les tensions principales dans le sol, supposé isotrope, élastique indéfini et limité par le plan horizontal, en partant de la théorie de *Boussinesq* qui correspond à la distribution $n = 3$ de Mr *Fröhlich*. Tel est le cas de la bande de largeur finie et de longueur indéfinie chargée uniformément qui a pour limite le cas du demi-plan chargé uniformément.

Les trajectoires des tensions principales sont bien connues; ce sont des hyperboles et des ellipses orthogonales dans le premier cas, des paraboles orthogonales dans le deuxième. Dans le premier cas les extrémités de la bande sont les foyers, dans le deuxième cas, la limite de la partie chargée est le foyer de la parabole.

La limite de la zone plastique est définie par la condition de rupture bien connue

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \sin \varphi$$

où σ_1 et σ_3 tensions principales extrêmes sont exprimées en fonction des coordonnées; φ est l'angle de frottement. Les trajectoires de rupture sont les isoclines de ces hyperboles et de ces paraboles, coupant ces courbes sous l'angle $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$. Dans le cas des hyperboles, il s'agit de courbes ayant l'allure de spirales et dont l'étude analytique est difficile. Mais dans le cas des paraboles, il est facile de voir que les isoclines sont aussi des paraboles, ayant pour foyer la limite de la partie chargée, et dont l'angle de l'axe avec la verticale est justement égal à l'angle φ (fig. 1).

Ce résultat est important car il permet de déterminer les conditions de rupture d'un sol sableux ou cohérent sous un mur de quai ou un mur de soutènement. En effet, on détermine facilement l'abscisse de l'intersection de la zone plastique et de l'horizontale.[1]

---

[1] *Fröhlich:* Druckverteilung im Baugrunde, Vienne 1934, J. Springer.

C'est

$$x = \frac{q}{\pi\gamma} \cdot \frac{(1 - \sin\varphi)}{\sin\varphi} \tag{1}$$

q est la charge unitaire, γ la densité apparente.

D'après les essais de l'auteur le mur est en état d'équilibre instable lorsque la courbe de rupture extrême passe par le point d'intersection de la résultante des forces agissant sur le mur et de la base du mur. Si on suppose que la densité

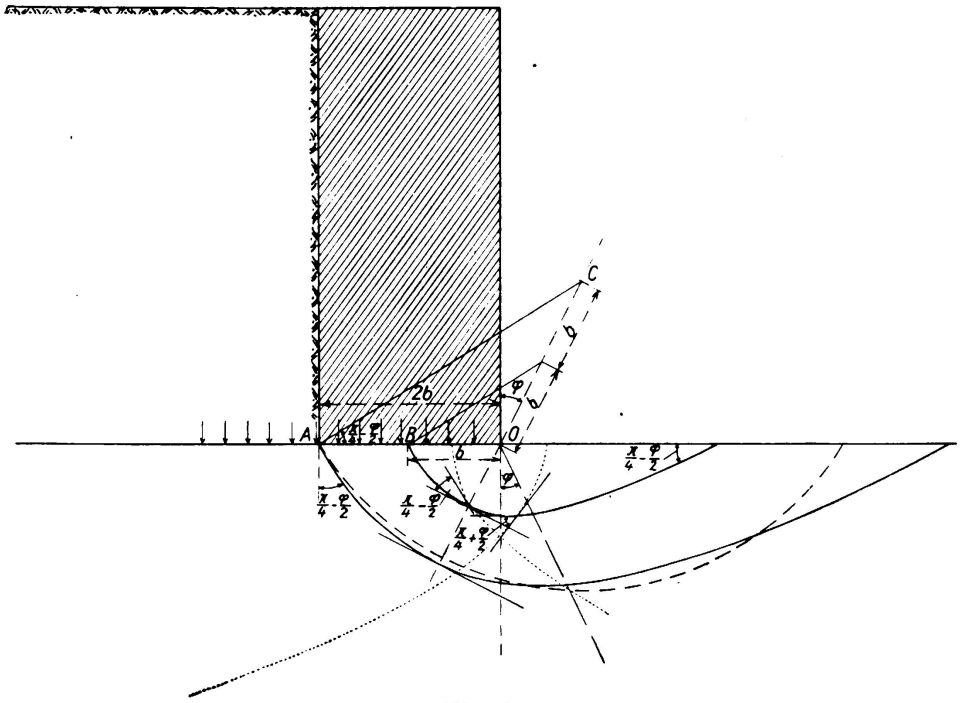

Fig. 1.

du mur est égale à la densité du sol la valeur de la charge unitaire de rupture supposée uniformément répartie est:

$$q = \frac{\pi\gamma b\,(1 + \sin\varphi)\,\sin\varphi}{(1 - \sin\varphi)^2} \tag{2}$$

où b est l'abscisse d'intersection de la résultante et de la base par rapport au pied du mur.

On peut également déterminer par la même méthode la longueur minimum des palplanches d'un mur de quai, ou d'une enceinte.

Dans le cas d'un sol argileux ayant une résistance au cisaillement égale à τ_0, la charge limite est:

$$q_c = \frac{16\,\tau_0}{3} \cdot \frac{1 + \sin\varphi}{\cos\varphi} \cdot \left(1 + \frac{\mathrm{tg}^3\,\varphi}{\sqrt{2}}\right) \tag{3}$$

dans le cas du $^1/_2$ espace plan chargé uniformément, alors que la condition de formation d'une zone plastique est

$$q = \frac{\pi\tau_0}{\cos\varphi}.$$

Ces résultats peuvent être étendus en s'appuyant sur une constatation expérimentale qui est la suivante: Les trajectoires de rupture mises en évidence au cours

d'essais en surface notamment ceux indiqués par *Krey*[2] sont sensiblement des cercles concentriques dont le centre est facile à déterminer: Il se trouve à l'intersection de la droite inclinée de φ sur la verticale passant par le pied du mur et d'une droite passant par le point le plus éloigné de la semelle, d'où émane une trajectoire de rupture (fig. 2). Cette droite fait avec l'horizontale un angle de $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$. Elle est en effet perpendiculaire à la droite faisant $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$ avec la verticale et qui est tangente à la courbe de rupture, car en ce point la tension principale est verticale si on néglige le frottement sur la base. On voit que cette construction est la conséquence du résultat trouvé pour la parabole précédemment, et cela est naturel, car au voisinage de la fondation l'influence des points voisins n'est sensible que pour les points vus du point considéré, sous un angle inférieur à 50⁰ avec la verticale. La construction revient à remplacer la parabole par un cercle qui lui est tangent à son point d'intersection avec l'horizontale.

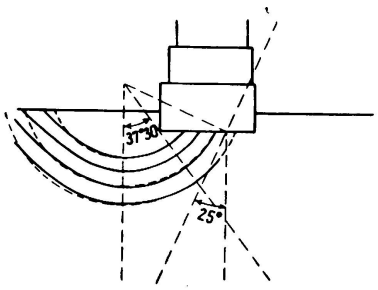

Fig. 2.

La même construction a été vérifiée par l'auteur et offre une bonne approximation dans le cas du modèle réduit d'un mur de quai sur cavalier (fig. 3).

A vrai dire dans le cas d'une charge superficielle, de surface finie, la partie extrême de la courbe s'éloigne quelque peu du cercle, et se rapproche davantage de sa tangente. On constate que, pratiquement l'angle de la courbe avec l'horizontale est supérieur à $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$ que théoriquement il devrait

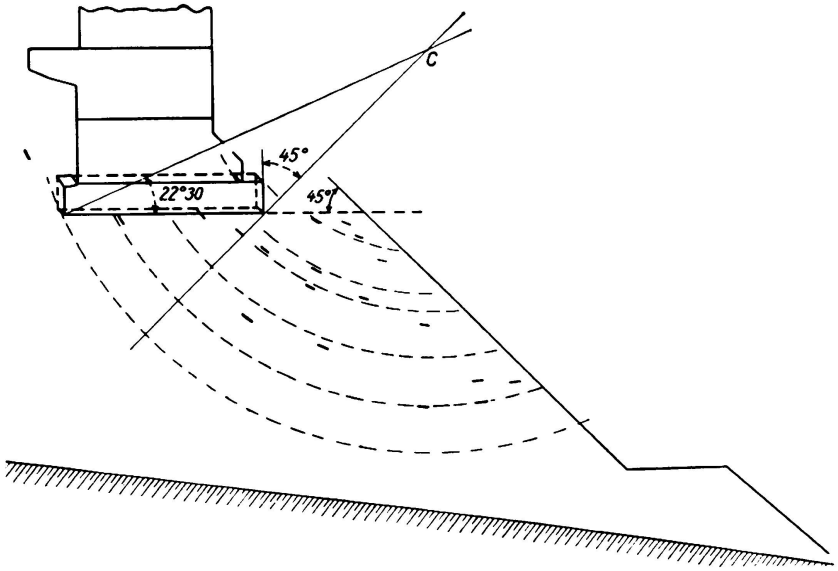

Fig. 3.

avoir. Puisque, théoriquement comme pratiquement les courbes de rupture les plus longues émanent des deux extrémités de la zone plastique, on peut sans grave erreur (et celle-ci ne peut être que favorable à la sécurité) poser que l'inter-

[2] *Krey:* Erddruck, Erdwiderstand, 4e Edition, p. 269 et suivantes.

section du cercle de rupture défini précédemment, et de l'horizontale coïncide avec celle de la limite de la zone plastique avec l'horizontale qui est

$$x = \sqrt{b^2 + \frac{2bq}{\pi\gamma} \cdot \frac{1 - \sin\varphi}{\sin\varphi}}$$

dans le cas de la bande indéfinie. Dans ces conditions on est sûr que les conditions de rupture sont réalisées tout le long de la courbe. Si on considère que la rupture est atteinte lorsque la trajectoire circulaire émane du centre de la bande l'abscisse d'intersection de ce cercle avec l'horizontale est $x = 2b\,(1 + \sin\varphi)$ (fig. 1).

En égalant les deux valeurs de x, on obtient dans le cas de la bande indéfinie et d'un sol sableux chargé superficiellement:

$$q_1 = \frac{\pi\gamma b \sin\varphi\,(1 + 2\sin\varphi)\,(3 + 2\sin\varphi)}{2\,(1 - \sin\varphi)}. \tag{4}$$

Si la trajectoire de rupture extrême est supposée émaner de l'extrémité, on a alors:

$$q'_1 = \frac{2\,\pi\gamma b \sin\varphi\,(1 + 2\sin\varphi)\,(3 + 2\sin\varphi)}{1 - \sin\varphi} \tag{4'}$$

Dans le cas d'un sol cohérent de résistance au cisaillement τ_0 avant chargement, la charge de rupture provoquée par un chargement rapide est alors:

$$q_c = \frac{4\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)(1 + \sin\varphi)}{1 + 2\sin\varphi}\,\tau_0 \tag{5}$$

dans la 1e comme dans la 2e hypothèse; elle ne dépend pas de b.

Puisqu'on connaît la charge de rupture sous la bande indéfinie on peut en déduire approximativement la charge de rupture dans le cas d'une surface de chargement carrée ou circulaire puisque les tensions à l'aplomb de la verticale du centre sont environ $^1/_2$ de celles existant sous l'axe de la bande de même largeur. D'une façon très approchée, il suffirait donc de changer $\frac{b}{2}$ en r et la charge de rupture serait dans les mêmes hypothèses que précédemment:

$$q_2 = \frac{\pi\gamma r\,(1 + 2\sin\varphi)\,(3 + 2\sin\varphi)\sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \tag{6}$$

$$q'_2 = \frac{4\,\pi\gamma r\,(1 + 2\sin\varphi)\,(3 + 2\sin\varphi)\sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \tag{6'}$$

Mais, par une autre voie, l'auteur a montré que, dans le cas du carré, la charge de rupture peut être exprimée approximativement de la façon suivante en fonction de a demi-longueur du côté du carré:

$$q_3 = \frac{2\,\pi\gamma a \sin\varphi\,(1 + \sin\varphi)\,(1 + 2\sin\varphi)\,(3 + 2\sin\varphi)}{3\,(1 - \sin\varphi)} \tag{7}$$

ou

$$q'_3 = \frac{8\,\pi\gamma a \sin\varphi\,(1 + \sin\varphi)\,(1 + 2\sin\varphi)\,(3 + 2\sin\varphi)}{3\,(1 - \sin\varphi)} \tag{7'}$$

Pour arriver à ce résultat, on recherche une expression approchée de l'abscisse d'intersection de la zone plastique avec le plan horizontal dans le cas d'une surface chargée voisine d'un carré et on l'égale à 2b $(1 + \sin\varphi)$, abscisse d'intersection avec le plan horizontal du cercle de rupture passant par le centre.

On voit que:

$$\frac{q_3}{q_1} = \frac{4\,(1 + \sin\varphi)}{3}$$

pour $\varphi = 30^0$ on a:

$$\frac{q_3}{q_1} = 2.$$

Pour des valeurs différentes de φ, le rapport ne s'en écarte pas beaucoup de telle sorte que l'approximation faite précédemment est justifiée.

La méthode de l'auteur rend particulièrement simple la recherche des conditions de rupture dans des cas où les méthodes actuelles sont défaillantes ou très longues. L'un des défauts essentiels des méthodes employées pour le calcul de stabilité des murs de soutènement est l'application de l'hypothèse de Navier aux sols.

Elle s'écarte des méthodes donnant pour résultat des exponentielles dans les formules de rupture, car celles-ci sont toutes basées sur des formes de surfaces de rupture en spirale logarithmique ayant pour centre le bord de la surface de chargement. Ceci ne paraît pas être en accord avec l'expérience, car on a déjà pû montrer que, dans le cas des essais de *Krey*, les surfaces de rupture sont sensiblement des cercles concentriques dont le centre a la position indiquée.

Des essais et vérifications sont en cours, ils feront l'objet de compte-rendus spéciaux qui seront publiés ultérieurement.

L'auteur expose en détail les questions résumées brièvement ci-dessus dans des articles devant paraître prochainement dans la revue „Travaux".[3]

---

[3] Parus entre-temps: Travaux N°. 46, oct. 1936, N°. 48, déc. 1936, N°. 51, mars 1937.