

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.

Sur la stabilité des remblais de terre

The Stability of Earth Embankments

par B. BALUSCHEFF, Docteur-Ingénieur, Professeur à l'Institut du Génie civil, Sofia, Bulgarie

Sommaire

L'énorme influence de certaines forces tangentielles dans la surface de contact entre le remblai et le terrain d'assise, sur la formation d'un écoulement plastique du terrain d'appui, surtout à la partie aval des remblais, établis sur des terrains transversalement inclinés, est indiquée comme la raison la plus fréquente de leur destruction. Les forces tangentielles sont : la poussée des terres orientées du noyau vers le talus, la composante du poids du remblai et la pression hydrodynamique du courant de filtration. L'influence favorable de la contrebanquette et du drainage du terrain est soulignée.

La rupture des remblais par liquéfaction est très souvent due à l'écoulement plastique du terrain d'assise. Le symptôme extérieur de ce phénomène est le gonflement du terrain autour des pieds des talus. Cependant les remblais qui ont glissé recouvrent le gonflement et, s'il n'a pas été remarqué à temps, on peut se méprendre sur la cause de la destruction. Cela arrive le plus souvent lors de la rupture du talus aval des remblais, établis sur un terrain transversalement incliné. Cette erreur conduit à des précautions coûteuses et inutiles, ainsi qu'à des conclusions erronées quant à la justesse des acquisitions théoriques dans ce domaine.

Le contrôle préliminaire destiné à éviter l'apparition de zones d'équilibre limite (zones plastiques) peut être accompli à l'aide de la méthode des lignes φ_k . Ces lignes réunissent les points de valeur identique de l'angle critique de frottement interne φ_k . Sa valeur pour un point quelconque du semi-plan élastique isotrope homogène est déterminée par l'équation de la plasticité de Mohr

$$\sin \varphi_k = \frac{\sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}}{\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + H + \gamma z}, \quad (1)$$

où σ_x , σ_y et τ_{xy} sont les composantes des tensions engendrées par les charges extérieures au point examiné de coordonnées connues y , z ; γ , c et φ représentent respectivement la densité apparente, la cohésion et l'angle de frottement interne du terrain d'appui; $H = c \cdot \cotg \varphi$.

A notre connaissance, dans ce mode de contrôle de la stabilité on n'a considéré jusqu'à présent que la charge verticale du poids des remblais. Se basant sur l'examen d'un nombre considérable de grands remblais détruits posés sur sol tendre, l'auteur cependant a établi l'influence prépondérante des forces tangentielles le long de la surface de contact entre le remblai et le terrain lors de la formation d'un écoulement plastique dans le terrain d'assise. Ces forces proviennent : (1) de la poussée active des terres, orientée du noyau du remblai vers les talus, et (2) lorsque le terrain est incliné transversa-

Summary

The immense influence of certain shearing forces operating in the contact plane between an embankment and the subgrade beneath it, is considered. Plastic earth flow in the subsoil, mainly in the lower part of embankments built on transversely sloping ground, is regarded as the most frequent cause of failure. These shearing forces are : active earth pressure from the centre towards the slopes; the component of the weight of the embankment, and the hydrodynamic pressure caused by seepage. The beneficial effects of counterweight embankments and soil drainage are considered.

lement—de la composante du poids du remblai, parallèle à la ligne du terrain. Lorsqu'un terrain est incliné transversalement on observe aussi l'action de la pression hydrodynamique du courant de filtration, qui peut apparaître près de la surface du terrain durant la saison des pluies.

La poussée active des terres est opposée aux deux autres forces tangentielles dans le talus amont. Sur le talus aval du remblai, au contraire, les trois forces agissent dans la même direction — dans le sens de la pente du terrain et provoquent ainsi sous le talus inférieur un écoulement plastique plus actif.

L'auteur a observé des cas, où, principalement sous l'action de la pression hydrodynamique, le sol des zones plastiques dans le terrain d'assise a été poussé à quelques dizaines de mètres du pied du talus inférieur, et où des coupoles de gonflement se sont formées. Le sol s'est écoulé comme un liquide sans résistance interne.

La Fig. 1 montre les lignes φ_k sous un remblai situé sur un terrain incliné transversalement. Les zones englobées entre les lignes $\varphi_k \geq \varphi$ sont dans un équilibre limite (hachurées); φ est l'angle réel du frottement interne du terrain d'assise.

On a pris en considération les composantes normales et tangentielles du poids du remblai, ainsi que les composantes correspondantes de la poussée des terres, réparties respectivement le long de la surface de contact. Les tensions dans le semi-plan σ_x , σ_y et τ_{xy} engendrées par elles sont évaluées selon les formules connues de la théorie de l'élasticité pour un mètre de bande. Les valeurs de φ_k ont été calculées pour un treillis de points selon l'équation (1). La répartition de la poussée active des terres dans une section du remblai, ainsi que ses composantes, sont déterminées d'une manière assez exacte et facile par la méthode de RENDULIC (1938), conformément adaptée à un terrain incliné; toutefois le caractère même du problème admet des solutions encore plus simples, mais moins exactes.

Jusqu'à l'apparition de l'équilibre limite du matériau du remblai la pression effective des terres est plus grande que la poussée active des terres. Une donnée obligatoire le long de la surface de contact est $\Sigma \tau < \text{tg } \varphi \Sigma \sigma + c$.

Sur la Fig. 2 sont données les lignes φ_k sous un remblai établi sur terrain horizontal; pour le calcul on n'a considéré que les forces verticales; le reste est presque analogue au

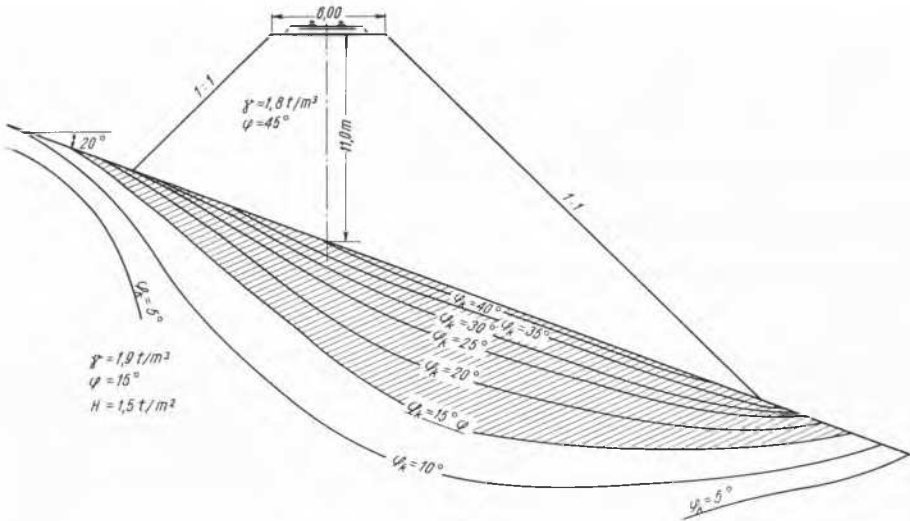


Fig. 1

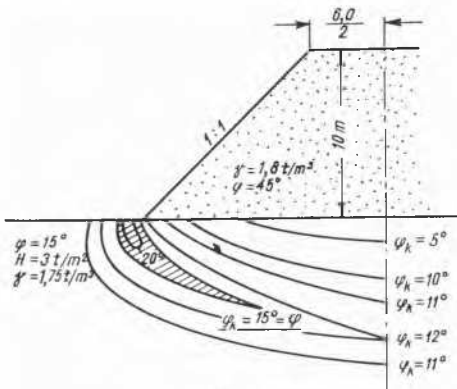


Fig. 2

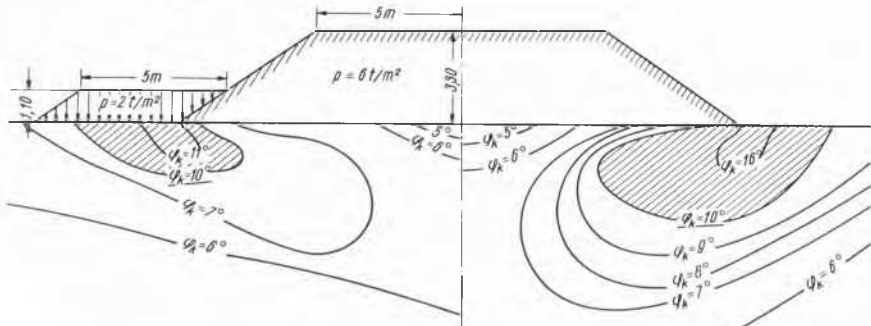


Fig. 3

premier remblai. Toutefois la différence dans les dimensions des zones plastiques est énorme et est au détriment de la Fig. 1 à cause de l'inclusion des forces tangentielles. L'essentiel est que sur la Fig. 1 les zones plastiques traversent de façon continue toute la base du remblai.

Cette évaluation est efficace et conduit à des résultats qu'on peut utiliser en pratique dans les cas où les zones plastiques obtenues sont insignifiantes par rapport aux dimensions du remblai ou bien n'existent pas du tout. Ce sont précisément ces cas qui sont admissibles en pratique.

Une influence favorable contre la formation de zones plastiques est exercée par la contrebanquette (comparer talus droit et gauche, Fig. 3). Même quand elle est posée après l'apparition des premiers gonflements du terrain d'assise la contre-banquette peut éviter le développement ultérieur des phénomènes plastiques, et en outre empêcher l'écoulement du sol des zones plastiques. Lors d'un glissement général du terrain la construction de contrebanquettes sur terrain incliné serait inutile et même nuisible.

L'abaissement du niveau du courant de filtration un peu en dessous des zones plastiques à l'aide du drainage du sol

peut en éliminer l'influence pour la formation de zones plastiques et le déplacement du sol, ce qui est le plus important. Au contraire lors d'un glissement général du terrain, le drainage doit le plus souvent atteindre la couche profonde imperméable.

Les contrôles expérimentaux d'ouvrages effectués durant les dernières années ont confirmé la justesse des calculs de stabilité proposés eu égard aux forces tangentielles, ainsi que l'efficacité des mesures constructives proposées.

Références

- [1] JAROPOLSKI J. V. (1954). Terrains d'assise et fondations, Leningrad (en russe).
- [2] RENDULIC (1938). Der Erddruck im Strassenbau und Brückenbau. *Forschungsarb. Strassenw.*, Bd 10, Berlin.
- [3] BALUSCHEFF B. (1957). Mécanique des sols, Sofia (en bulgare).