

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.

Méthode rapide pour la détermination de l'affaissement des sols de loess

A Rapid Method for Determining the Collapse of Loessial Soils

par. G. STEFANOFF, Ingénieur civil, Professeur à l'Institut de Géologie et des Mines, Sofia, Bulgarie

Sommaire

Une nouvelle méthode est élaborée pour l'évaluation de l'affaissement des sols de loess au moyen de l'œdomètre, en partant de prémisses pouvant être vérifiées pour chaque sol de loess. Par l'examen d'un seul échantillon on obtient la valeur de l'affaissement en fonction de la charge.

Les sols de loess occupent 9 800 km² en Bulgarie du Nord le long du Danube, ce qui constitue environ 1/11 du territoire du pays. La puissance de la couche de loess s'élève à 15-20 m en moyenne, plus épaisse à l'Ouest et vers le fleuve, où elle atteint même jusqu'à 100 m. Le loess bulgare est d'origine éolienne.

La propriété principale du loess comme matériau de construction est bien connue. Quand un sol de loess susceptible de s'affaisser sous une certaine pression est trempé, sa structure s'effondre partiellement ou entièrement; il en résulte une déformation que nous appelons affaissement. L'affaissement lors de la saturation peut aussi apparaître en dehors de toute pression extérieure, par suite du poids mort des couches du terrain.

La détermination des déformations à escompter se fait à l'aide de charge d'essai en place par saturation ou au laboratoire. L'affaissement au laboratoire s'exprime par un bond de la courbe de compression. J.M. ABELEV (1948) appelle ce bond (Fig. 1a) coefficient des macropores

$$e_m = e_p - e'_p, \quad \dots (1)$$

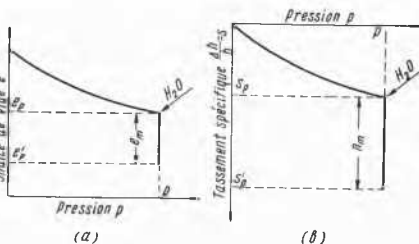


Fig. 1 Courbes de compression et d'affaissement.

(a) $e = f(p)$ (b) $s = f(p)$
Compression and collapse curves

où e_p est l'indice des vides pour une pression p et pour la teneur en eau naturelle,

Summary

A new method for determining the collapse of loessial soils is described, employing an oedometer. By testing only one sample, the collapse related to the load is obtained.

e'_p — indice des vides pour la même pression, après saturation.

Pour l'évaluation de l'affaissement J. M. ABELEV (1948) a introduit le coefficient d'affaissement relatif

$$i_m = s_p - s'_p = \frac{\Delta h_c}{h}, \quad (2)$$

où s_p est le tassement spécifique de l'échantillon à la teneur en eau naturelle pour une pression p ,

s'_p — tassement spécifique de l'échantillon pour la même pression, après saturation,

Δh_c — affaissement de l'échantillon,

h — hauteur de l'échantillon.

Par analogie avec le coefficient des macropores e_m nous introduisons le volume des macropores n_m^* . Le volume total des pores (volume de vide) est

$$n = n_m + n_n, \quad \dots (3)$$

où n_n est le volume des pores normaux.

De la Fig. 2 on déduit la relation

$$e_m = \frac{n_m}{1 - n} \text{ ou } n_m = \frac{e_m}{1 + e}. \quad (4)$$

Il est facile de prouver que n_m et i_m sont des valeurs identiques

$$n_m = i_m. \quad \dots (2a)$$

Désormais dans la présente communication nous ne parlerons que du volume des macropores. Il se présente directement comme un bond dans la Fig. 1b.

Il existe deux méthodes pour la détermination du volume des macropores au laboratoire.

* Aux macropores nous rapportons tous les pores aux dépend desquels se produit l'affaissement. Il est prouvé, que ce ne sont pas les macropores qui participent seuls à l'affaissement.

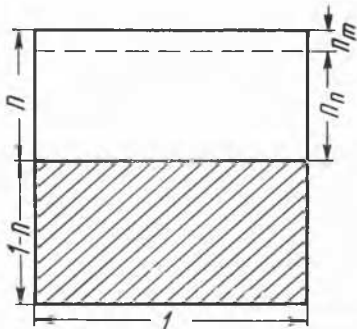


Fig. 2 Volume unitaire de sol macroporeux.
Unit volume of macroporous soil.

Méthode a. — L'échantillon est chargé dans l'œdomètre avec la pression concrète, pour laquelle nous voulons déterminer l'affaissement; après consolidation l'échantillon est saturé. De la courbe de compression et d'affaissement on en déduit n_m . Celui-ci peut être évalué selon la formule (2).

Méthode b. — On place deux échantillons du même sol. L'un est chargé à la teneur en eau naturelle, l'autre sous l'eau. On obtient deux courbes de compression (Fig. 3). Le volume des macropores pour chaque pression arbitraire représente la différence verticale entre les deux courbes. On peut ainsi tracer le diagramme d'affaiblissement (disposition à l'affaissement)

$$n_m = f(p).$$

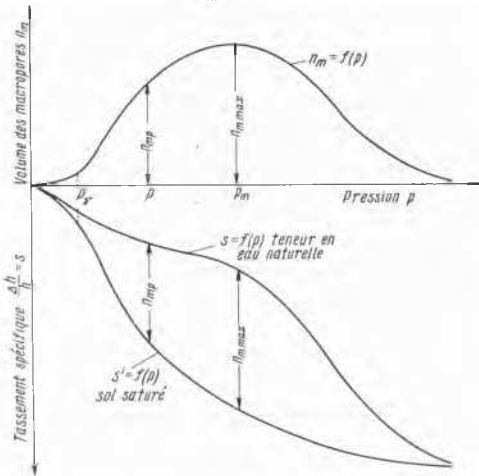


Fig. 3 Détermination du volume des macropores n_m selon la méthode b.

Determination of the volume of macropores n_m with method b.

Lors de la méthode a les conditions naturelles sont imitées au mieux, le volume des macropores est obtenu pour la pression concrète. Malheureusement lors des recherches préliminaires généralement elle n'est pas connue. Par la méthode b on

obtient $n_m = f(p)$, c'est-à-dire le volume des macropores pour chaque pression désirée. Cependant l'essai correspondant à la méthode b est très lent et engage deux fois plus d'œdomètres.

Un défaut essentiel du volume des macropores comme indice caractérisant la disposition à l'affaissement du loess, est qu'il est fonction de la pression p , ce qui a provoqué de vives controverses. Nous avons trouvé un nouvel indice pour l'affaiblissement des sols de loess, qui est indépendant de la pression. Le coefficient d'affaiblissement que nous proposons est valable en présence des prémisses suivantes (Fig. 4) :

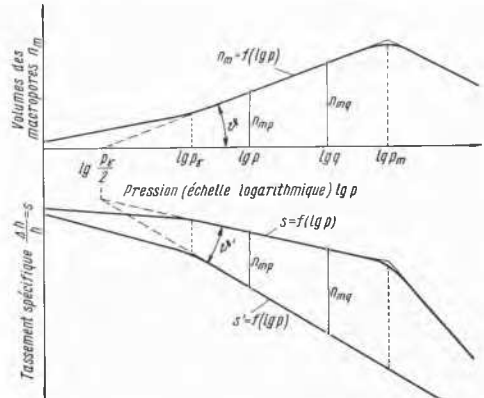


Fig. 4 Prémisses pour la validité du coefficient d'affaissement $k_c = \text{tg } \vartheta$.

Conditions for the validity of the collapse coefficient $k_c = \text{tg } \vartheta$.

(1) Les courbes de compression représentent des parties d'une courbe logarithmique.

(2) La bosse (point d'inflexion d'après la Fig. 3) apparaît dans la courbe de compression lors d'une pression à laquelle le sol a été préalablement chargé. Pour les sols de loess c'est en général le poids mort de la couche.

(3) Les prolongations des courbes de compression (à une échelle semi-logarithmique) pour une teneur en eau différente se coupent entre zéro et p_r (poids mort), approximativement — $\frac{p_r}{2}$. Nos recherches ont démontré qu'il en est ainsi et que

des déviations éventuelles de cette valeur exercent une influence insignifiante sur les résultats.

(4) Le changement de pente suivant dans la courbe de compression pour une teneur en eau naturelle apparaît lors d'une pression p_m de la Fig. 3. Pour les sols de loess bulgares que nous avons examinés cette pression est assez élevée. Sur la Fig. 4 le diagramme de l'affaiblissement $n_m = f(p)$ est aussi construit à une échelle semi-logarithmique.

Dans ce cas la mesure d'affaiblissement des sols de loess qui est indépendante de la pression p est représentée par l'écartement entre les courbes s et s' sur la Fig. 4, c'est-à-dire l'angle ϑ respectivement ϑ . Le coefficient d'affaiblissement est

$$k_c = \text{tg } \vartheta = \frac{n_{mp}}{\lg p - \lg \frac{p_r}{2}} = \frac{n_{mp}}{\lg \frac{2p}{p_r}} \quad (5)$$

On voit sur la figure, que $k_c = \text{const.}$ pour $\sim p_\gamma < p < p_m$. Le volume des macropores peut être facilement trouvé pour chaque pression, si k_c est donné

$$n_{m,p} = k_c \cdot \psi_p, \quad (5a)$$

où :

$$\psi_p = \lg \frac{2p}{p_\gamma}. \quad (5b)$$

Le coefficient ψ_p peut être déduit d'un diagramme élaboré à cette intention.

Le coefficient d'affaissement offre la possibilité d'unir les avantages des méthodes *a* et *b*. On peut obtenir le diagramme de l'affaissabilité $n_{m,p} = f(p)$ avec un seul échantillon. Si la pression, sous laquelle l'échantillon unique est saturé, est q , on obtient un volume des macropores $n_{m,q}$. Alors, de la Fig. 4, à l'aide de la formule (5b), on obtient :

$$n_{m,p} = n_{m,q} \frac{\lg \frac{2p}{p_\gamma}}{\lg \frac{2q}{p_\gamma}} = n_{m,q} \frac{\psi_p}{\psi_q} = n_{m,q} \lambda_{p,q}. \quad (6)$$

Cette relation est valable avec les prémisses ci-dessus et dans les limites

$$\sim p_\gamma < p < p_m \text{ et } \sim p_\gamma < q < p_m.$$

$\lambda_{p,q} = \frac{\psi_p}{\psi_q}$ est un coefficient de correction à l'aide duquel

on peut déterminer le volume des macropores $n_{m,p}$ pour chaque pression, indépendamment de la pression q sous laquelle la saturation est effectuée. Le coefficient $\lambda_{p,q}$ peut être déduit aussi par des diagrammes.

Puisque pour la détermination du volume des macropores sous une pression définie q la courbe de compression, jusqu'à cette pression n'est pas nécessaire, le chargement peut être effectué rapidement en n'attendant que la consolidation sous la pression finale q avant la saturation. Nous avons établi que la structure n'est pas détruite prématurément quand, lors du chargement, les intervalles minima suivants sont observés,

$$\Delta p = 0,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ et } \Delta t = 1 \text{ heure.}$$

La méthode proposée offre la possibilité de déterminer en deux jours le volume des macropores pour une certaine pression. A l'aide du volume des macropores et du coefficient de correction ainsi déterminés on élabore le diagramme de disposition à l'affaissement $n_m = f(p)$.

Références

- [1] ABELEV J. M. (1948). Principes de recherches et de construction sur sols macroporeux, Moscou (en russe).
- [2] DENISSOV N. J. (1953). Propriétés constructives des terres de loess (2^e édition), Moscou (en russe).
- [3] STEFANOFF G., KREMAKOVA, B. (1960). Propriétés constructives des sols de loess en Bulgarie, Sofia (en bulgare).