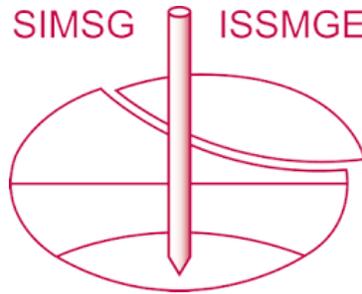


INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



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.

Calcul des tassements primaire et secondaire sur la base des essais oedométriques

Prediction of primary and secondary settlements based on oedometer tests

J.-P. MAGNAN, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, France

I. LEPIDAS, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, France

RESUME L'utilisation du modèle de comportement unidimensionnel des lignes d'égalité de durée de chargement de Bjerrum offre des possibilités intéressantes pour calculer avec le même jeu de paramètres le comportement d'essais oedométriques et de couches de sols naturels. On montre quelle procédure il faut suivre pour le calcul et des exemples de résultats.

ABSTRACT The use of Bjerrum's one-dimensional time-lines model offers interesting possibilities for the modelling of oedometer tests and in-situ soil layers, using the same set of parameters. This paper presents the technique of analysis to be used and gives examples of such analyses.

INTRODUCTION

La combinaison des déformations dues aux variations de contraintes et des déformations de fluage au cours du processus de consolidation des sols argileux est depuis des décennies le sujet de beaucoup d'études théoriques et expérimentales, qui n'ont malheureusement pas encore débouché sur des techniques de calcul fiables. Les discussions portent notamment sur la façon dont le fluage observé en laboratoire peut être extrapolé aux tassements in situ (Ladd et al., 1977; Magnan, 1987).

La méthode d'analyse utilisée ici est le produit de nombreuses études antérieures (Magnan, 1984; Magnan et Lepidas, 1987). Elle permet de retrouver par le calcul les connaissances classiques sur la consolidation des sols argileux et s'intègre bien dans les concepts modernes de la mécanique des sols. Nous allons en montrer brièvement les possibilités.

LE MODELE DE CALCUL

Le modèle présenté par Bjerrum en 1967 pour représenter le comportement du squelette des argiles traduit bien l'essentiel de l'expérience courante des ingénieurs géotechniciens. L'existence de lignes de compressibilité à peu près parallèles correspondant à des durées de chargement croissantes est bien vérifiée et les différences portent plus sur la formulation des équations des modèles que sur leur base physique. Même si des modèles lient les déformations aux vitesses de déformations et aux contraintes semblent mieux représenter le comportement observé des éprouvettes de laboratoire (Leroueil et al., 1985), le modèle de Bjerrum offre des possibilités intéressantes, à condition de l'utiliser avec un temps de référence de 1 minute, au lieu de la valeur traditionnelle de 1 jour.

Les paramètres essentiels de ce modèle sont :

- les indices de compression C_c et de gonflement C_s ,
- l'indice de fluage $C_{\alpha e}$,

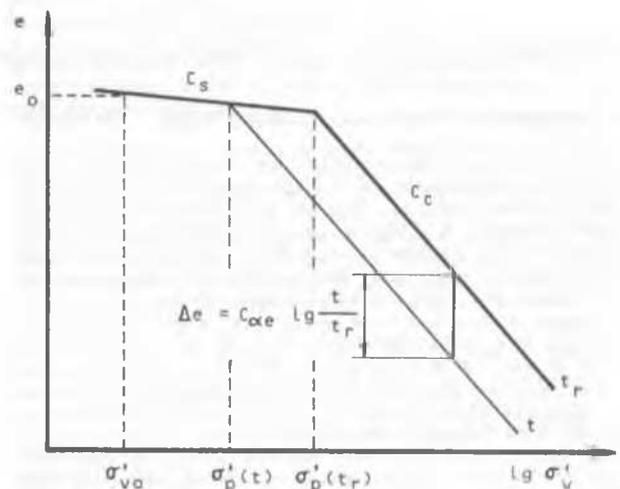


Figure 1 Modèle de comportement du squelette

- le temps de référence t_r et la pression de préconsolidation σ'_p correspondant à ce temps de référence et à l'état initial du sol (indice des vides initial e_0 et contrainte effective verticale initiale σ'_{v0}).

PRINCIPE DU CALCUL

Le modèle de Bjerrum a été implanté il y a près de dix ans dans le programme de calcul CONMULT du LCPC (Magnan et al., 1979). Ce programme de calcul résout les équations classiques de la consolidation unidimensionnelle, avec le modèle de Bjerrum comme modèle de comportement du squelette, en tenant compte des variations de la perméabilité du sol et de la compressibilité éventuelle de l'eau interstitielle. Il a été décrit en détail par Magnan (1984).

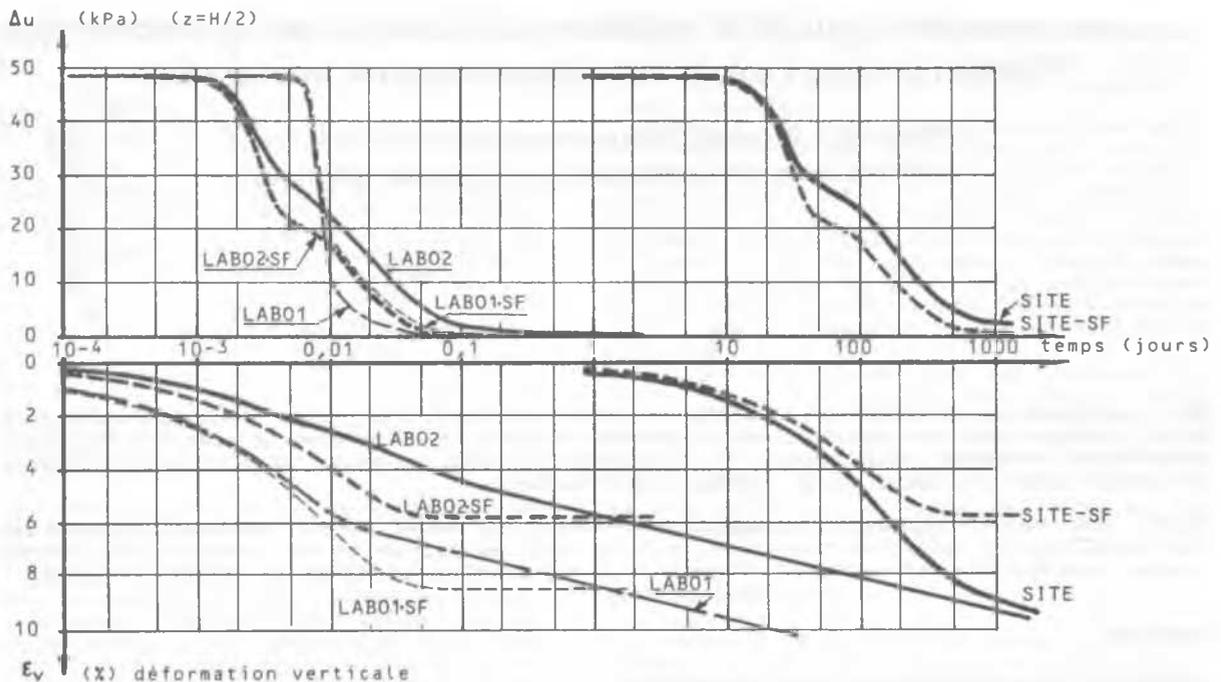


Figure 2 Calculs avec fluage et sans fluage (SF), pour une éprouvette et une couche de sol

LE CHANGEMENT D'ECHELLE "LABORATOIRE - IN SITU"

L'utilisation du modèle de Bjerrum avec un temps de référence de 1 minute permet d'utiliser la même loi de fluage à l'échelle de l'éprouvette et à l'échelle des couches de sols naturels. La figure 2 compare les résultats de six calculs sur une éprouvette et une couche d'un même sol, de caractéristiques :

$$e_o = 1,5 \quad C_s = 0,05 \quad C_c = 0,5$$

$$C_{\alpha} = 0 \text{ (calculs SF) ou } 0,03$$

$$k = 10^{-9} \text{ m/s} \quad \gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma'_v(24 \text{ h}) = 34,5 \text{ kPa (calculs SF)}$$

$$\sigma'_v(p_{min}) = 56 \text{ kPa (calculs avec fluage)}$$

couche drainée des deux côtés.

La charge de 48,5 kPa est appliquée instantanément dans tous les calculs. Pour les calculs LABO1, LABO1-SF, SITE et SITE-SF, les contraintes effectives initiales sont déduites du poids volumique, avec une distribution hydrostatique des pressions interstitielles. Les calculs LABO2 et LABO2-SF ont un état de contrainte initial fictif identique à celui de la couche de sol (pour un poids volumique cent fois plus grand), afin de montrer l'effet du rapport des épaisseurs, seul.

L'analyse des courbes montre que le tassement en place ne peut pas être directement déduit des courbes de laboratoire, à cause des états de contraintes initiales. On note aussi que le tassement à 24 heures de l'essai LABO1-SF, qui est celui que l'on réaliserait normalement, est voisin du tassement de consolidation primaire en place, ce qui est souvent observé. D'autres calculs sur des ouvrages réels ont confirmé la qualité des prévisions de ce schéma de calcul.

CONCLUSION

Le couplage du fluage et de la consolidation primaire sur la base du modèle de Bjerrum, avec

un temps de référence de 1 minute, produit des résultats qui éclairent les relations existant entre les comportements des sols en place et en laboratoire. Son utilisation pratique nécessite un programme de calcul du type de CONMULT, dont l'écriture peut être recommandée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ladd C.C., Foott R., Ishihara K., Schlosser F. (1977) Stress-deformation and strength characteristics. Proc. 9th Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engng, Tokyo, pp. 421-494.
- Leroueil S., Kabbaj M., Tavenas F., Bouchard R. (1985) Stress-strain-strain rate relation for the compressibility of sensitive natural clays. Géotechnique, 35, N°2, pp. 159-180.
- Magnan J.P. (1984) Modélisation numérique du comportement des argiles molles naturelles. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 262 pages.
- Magnan J.P. (1987) Prediction and behaviour of embankments: Settlements and improvements. State-of-the-Art Report. Proc., Int. Symp. Geot. Engng Soft Soils, Mexico City, Vol.2.
- Magnan J.P., Baghery S., Bruzy M., Tavenas F. (1979) Etude numérique de la consolidation unidimensionnelle en tenant compte des variations de la perméabilité et de la compressibilité du sol, du fluage et de la non saturation. Bull. liaison Labo. Ponts et Ch., Paris, 103, 83-94.
- Magnan J.P., Lepidas I. (1987) Influence of creep, anisotropy and overconsolidation on the results of finite element analyses of embankments on soft clays. Proc., Int. Symp. Geot. Engng. Soft Soils, Mexico City, vol.1, 265-272.