

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.

Evaluation des contraintes transversales pendant la consolidation

Evaluation of Transverse Stresses During Consolidation

par P. HABIB, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, docteur ès-sciences, chef de la Section Recherches au Service des Sols des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, 12, rue Brancion, Paris XV^e, France, et A. PUYO, ingénieur civil de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, chef de la Section Essais au Service des Sols des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics, 12, rue Brancion, Paris XV^e, France

Sommaire

Les auteurs comparent les consolidations obtenues sur de l'argile plastique, d'une part dans l'œdomètre avec étreinte latérale inconnue, d'autre part dans l'appareil triaxial avec différentes étreintes latérales.

On a constaté que, dans l'appareil triaxial, il se produit toujours un fluage du matériau, d'autant plus grand que l'étreinte latérale est plus faible par rapport à la charge verticale. En outre, les pressions de consolidation trouvées par la construction de *Casagrande* sont plus faibles que celles trouvées dans un essai œdométrique normal.

Les essais ont montré que la compressibilité d'un échantillon, mesurée à l'œdomètre, était la même que celle mesurée dans l'appareil triaxial lorsque l'étreinte latérale est sensiblement égale à la contrainte verticale. On peut donc en conclure que tout se passe dans l'œdomètre comme si, pendant la consolidation, la répartition des contraintes se faisait de façon hydrostatique.

Ces études présentent un grand intérêt puisqu'elles permettent de justifier la similitude des résultats des essais de rupture après consolidation à l'appareil triaxial, et des cisaillements rectilignes, pour des argiles plastiques.

L'étude de la distribution des contraintes pendant la consolidation est nécessaire pour l'interprétation de l'essai œdométrique (*Caquot et Kerisel, 1949*) ainsi que pour le calcul des déformations sous une fondation. D'autre part, lorsque l'on effectue la comparaison des résultats d'un cisaillement direct et d'un essai triaxial sur échantillons consolidés, il est nécessaire d'utiliser des matériaux rigoureusement identiques. Or la consolidation dans la boîte de *Casagrande* s'effectue sous l'effet d'une charge verticale alors qu'en général, dans la cellule de l'appareil triaxial, elle s'effectue sous l'effet d'une pression uniforme (*Taylor, 1948*); il est peut-être nécessaire alors de modifier les contraintes triaxiales de consolidation si l'on veut faire une comparaison correcte et que l'on ne dispose pas d'un volume suffisamment important de matériaux homogènes pour pouvoir prélever des échantillons pour les deux types d'essais.

Summary

The authors compare the results of consolidations obtained on plastic clay, firstly with an oedometer under conditions of unknown lateral confinement, secondly in a triaxial compression apparatus with different lateral confinements.

It has been noted that, with the triaxial apparatus, there is always some creep of the material, the greater the creep, the smaller the lateral confinement in relation to the vertical load. Furthermore the pressures of consolidation found by means of *Casagrande's* apparatus are smaller than those found in a standard oedometric test.

The tests showed that the compressibility of a specimen, measured by an oedometer was the same as that measured in the triaxial compression apparatus whenever lateral confinement is about equal to vertical stress. It may be concluded from this that the conditions in the oedometer are as if the stress distribution took place hydrostatically.

These studies are of great interest since they give an explanation for the similarity of results between the test for rupture after consolidation in the triaxial apparatus and the plane shear test for plastic clays.

La recherche de la transmission des contraintes a d'ailleurs fait l'objet de travaux considérables (*Tschebotarioff, 1948*) souvent à grande échelle; il nous a paru nécessaire de chercher la valeur des contraintes latérales dans l'essai œdométrique. La méthode que nous avons utilisée consiste à comparer les tassements d'un échantillon sur lequel les contraintes latérales sont connues à ceux d'un échantillon identique placé dans un œdomètre.

Pour cela nous avons effectué des essais de compressibilité normaux dans l'appareil classique de *Terzaghi* et simultanément sur des éprouvettes géométriquement égales du même matériau des essais de compressibilité dans l'appareil triaxial en imposant la contrainte latérale. Les essais ont été conduits deux par deux, pour que l'influence des agents extérieurs (température, vibrations) s'exerce, si possible, dans des conditions

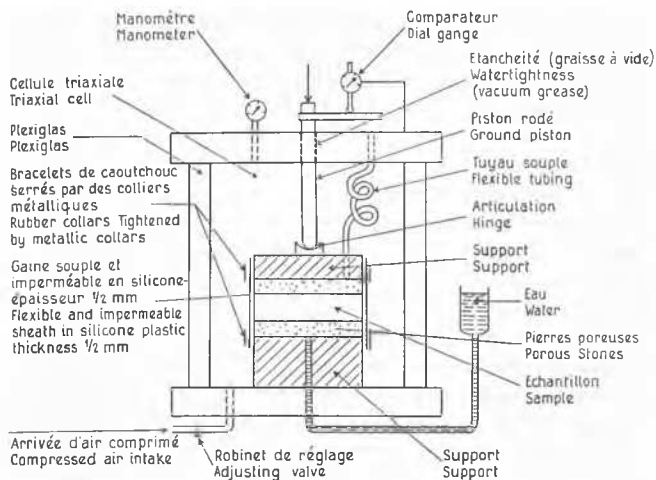


Fig. 1 Montage de l'essai de compressibilité à l'appareil triaxial. L'échantillon est mis en présence d'eau par l'intermédiaire des pierres poreuses et en communication avec l'extérieur par les deux canalisations reliées aux pierres poreuses
 Assembly of the Compressibility Test With Triaxial Apparatus. The Water is Brought to the Sample Passing Through the Porous Stones and the Sample is Connected with the Outside by Two Pipes Joined to the Porous Stones

voisines. Les chargements successifs ont été faits aux mêmes instants et les échantillons d'argile utilisés ont été choisis de façon que leur homogénéité soit la plus satisfaisante. Le mon-

tage de l'essai de compressibilité dans l'appareil triaxial est représenté sur la Fig. 1. Nous avons utilisé les différentes étreintes latérales suivantes:

- pression latérale $p = 0$ (pression atmosphérique)
- pression latérale $p = \frac{1}{2}$ pression verticale
- pression latérale $p =$ pression verticale (pression uniforme).

Les Figs. 2 et 3 indiquent les résultats obtenus avec deux argiles différentes, assez plastiques (l'indice de plasticité de l'argile noire est voisin de 70) l'une en compression simple, l'autre en compression uniforme. Nous y avons tracé les diagrammes œdométriques normaux pour les échantillons placés dans les œdomètres et les courbes de compressibilité calculées comme s'il n'y avait pas d'expansion latérale pour les échantillons placés dans l'appareil triaxial. Les deux courbes relatives à un même matériau ont été tracées sur la même figure de façon à montrer si les courbes sont superposables. La première figure montre que, si l'échantillon n'est pas soutenu latéralement, un écoulement plastique important apparaît rapidement. La deuxième figure montre des diagrammes de compressibilité voisins. On remarquera toutefois que la pente de l'œdomètre triaxial est légèrement plus grande que celle de l'œdomètre normal, et que le gonflement à la fin de l'essai est plus faible. Ceci montre qu'un léger fluage s'est produit dû au fait suivant: pour assurer le contact du piston vertical qui permet de suivre les déformations, il est nécessaire d'appliquer une légère surcharge verticale, en moyenne de l'ordre de 300 à 400 g, c'est-à-dire une pression supplémentaire de l'ordre de 10 g/cm²,

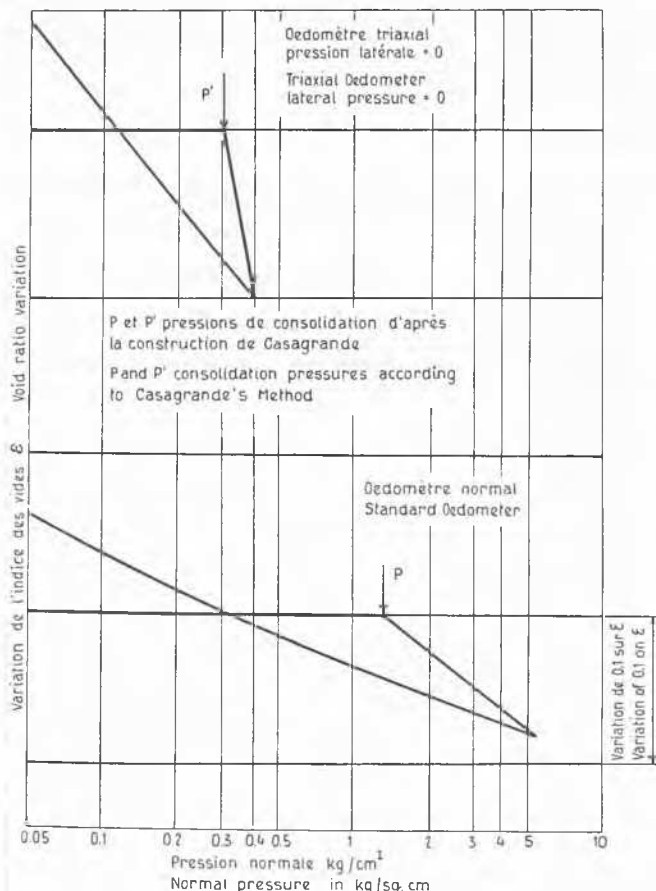


Fig. 2 Essai de compressibilité. Argile plastique de la région parisienne noire et gonflante
 Compressibility Test. Plastic Black and Swelling Clay from the Paris Area

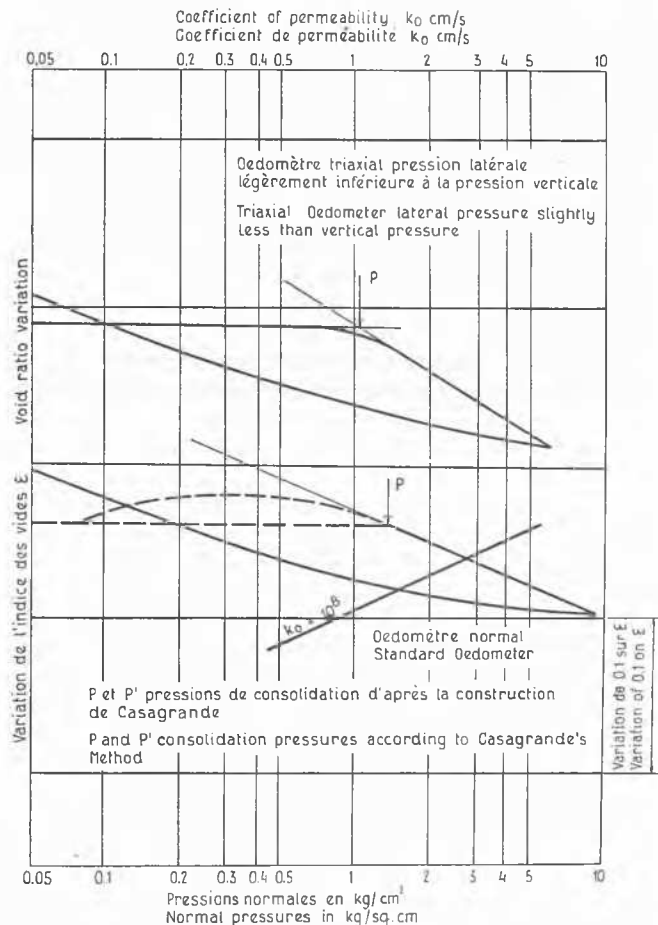


Fig. 3 Essai de compressibilité/perméabilité. Argile grise de Nancy
 Compressibility/Permeability Test. Grey Nancy Clay

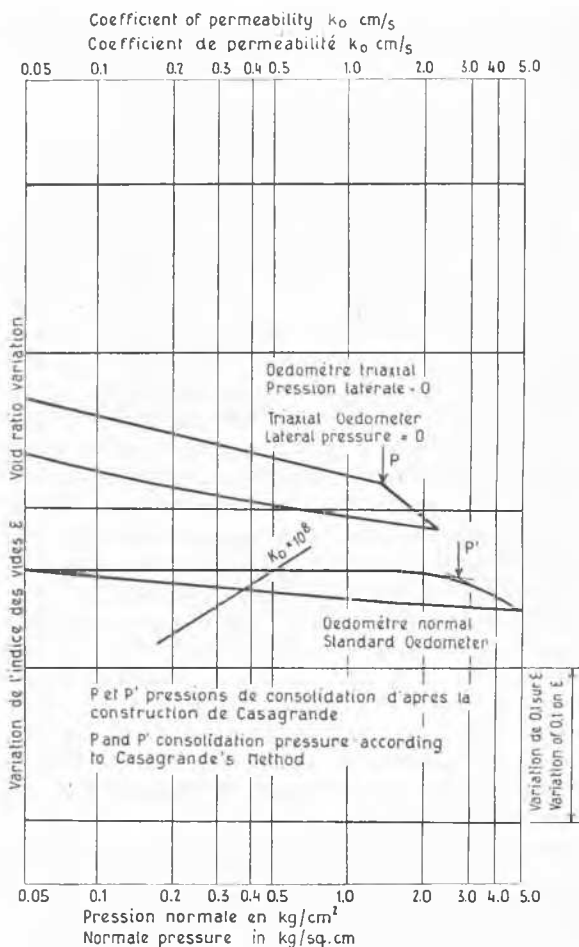


Fig. 4 Essai de compressibilité/perméabilité. Limon de Donzère
Compressibility/Permeability Test. Donzère Silt

la surface de l'échantillon étant de $38,5 \text{ cm}^2$. Cette surcharge maintenue pendant un mois a provoqué le fluage de l'argile.

Lorsque la pression latérale est la moitié de la pression verticale, nous avons obtenu un résultat intermédiaire, le fluage étant moins important que sur la Fig. 2.

La Fig. 4 est relative à un limon argileux essayé dans les mêmes conditions. On observe aussi un fluage très caractérisé.

On remarque dans tous ces essais que les pressions de consolidation déterminées d'après la construction de *Casagrande* (1940) donneraient des valeurs systématiquement plus faibles dans les essais de compressibilité effectués à l'aide de l'appareil triaxial.

Enfin, l'étude de la déformation en fonction du temps semble intéressante et permettra peut-être de déterminer comment varie la contrainte latérale pendant la stabilisation sous une charge donnée; en particulier dans les déformations de gonflement dans l'appareil triaxial nous avons mis en évidence un phénomène analogue à l'effet séculaire que *Buisman* (vide *Verdeyen*, 1947) a indiqué pour le tassement. De toute façon pendant le gonflement l'échantillon prend appui sur les parois latérales de l'œdomètre pour repousser le piston et par suite la pression latérale doit être supérieure ou égale à la pression statique exercée axialement sur l'échantillon; le gonflement d'une argile se produisant pour une faible décharge il semble vraisemblable que là encore la pression latérale soit égale à la charge axiale.

Les résultats que nous avons obtenus semblent montrer que pendant la consolidation tout se passe, au moins pour les argiles, comme si la réaction des parois de l'œdomètre était égale à l'effort vertical puisque pour obtenir des déformations de tassement identiques à celles de l'essai œdométrique on est obligé d'exercer une pression latérale égale à la pression verticale. Ceci conduit à admettre que la distribution des contraintes est quasi-uniforme pendant la consolidation dans un œdomètre; il est bien évident que le résultat serait identique dans une boîte à cisaillement. En conséquence, il paraît normal que les résultats de l'essai de cisaillement direct après consolidation sous l'effet d'une charge verticale soient comparables, pour les argiles plastiques, à ceux d'un essai à l'appareil triaxial après consolidation uniforme.

Références

- Casagrande, A.* (1940): The Structure of Clay and its Importance in Foundations Engineering. J. Boston Soc. Civil Engrs.
- Caquot et Kerisel, J.* (1949): Traité de Mécanique du Sol. Gauthier Villars, p. 18-21.
- Taylor, D. W.* (1948): Fundamentals of Soils Mechanics. Wiley and Sons, p. 381 et 386.
- Tschebotarioff, G.* (1948): Effect of Boundary Conditions on Lateral Earth Pressure. Proceedings (Congrès Rotterdam), T. III, p. 310.
- Verdeyen, J.* (1947): Mécanique du Sol et Fondation. Eyrolles, Paris, p. 234-240.