

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.

Interprétation de l'essai pressiométrique pour la prévision des tassements

Interpretation of pressuremeter test for settlement prediction

J.BIAREZ, Ecole Centrale de Paris, France
 B.CAMBOU, Ecole Centrale de Lyon, France
 P.BOZETTO, EDF-SEPTEN, France
 M.HAGHGOU, EDF-SEPTEN, France
 A.BOUBANGA, Ecole Centrale de Lyon, France
 L.A.GARCIA, Ecole Centrale de Paris, France

RESUME Les résultats de mesures de déplacements sous un remblai de préchargement sont mis à profit pour tester diverses méthodes de prévision de tassements. L'article propose une méthode de calcul de tassement avec le modèle hyperbolique de DUNCAN dont les paramètres sont ajustés sur des essais pressiométriques.

INTRODUCTION

L'expérience récemment acquise en France à l'occasion de la construction des centrales nucléaires montre que dans toute la série des opérations qui s'enchaînent pour une prévision de tassements, la détermination des caractéristiques des couches de sol en place reste la tâche la plus difficile (COSTAZ et HAGHGOU, 1987).

Sur de nombreux sites, il est difficile de prélever les échantillons non remaniés nécessaires à l'évaluation des paramètres de la loi de comportement choisie pour le calcul du tassement.

La présente communication montre l'intérêt d'une méthode basée sur l'estimation de ces paramètres à partir des courbes classiques volume-pression issues des essais pressiométriques ; ceux-ci offrent l'avantage de fournir des mesures in situ et de pouvoir être effectués dans presque tous les terrains.

Les résultats de calculs conduits selon cette méthode sont comparés avec les valeurs de tassements mesurées à différentes profondeurs sous un remblai.

Il convient de noter que la démarche proposée est, dans son principe, de portée générale et pourrait être étendue à beaucoup d'autres problèmes géotechniques.

DETERMINATION DE PARAMETRES DE COMPORTEMENT A L'AIDE DU PRESSIOMETRE

L'essai pressiométrique crée des champs de contraintes et déformations non homogènes ; il est donc a priori difficile d'en déduire des paramètres de comportement intrinsèque. Pour surmonter cette difficulté, partant d'une loi de comportement choisie en fonction du problème étudié, une procédure d'ajustement des paramètres du sol a été développée à l'aide des deux éléments suivants (CAMBOU, BOUBANGA, 1988) :

a/écriture d'un code de calcul éléments finis pour simulation de l'essai pressiométrique, supposant la déformation plane dans un problème axisymétrique ; compte tenu des cellules de garde existantes dans le pressiomètre, cette hypothèse semble acceptable et permet d'aboutir à un code rapide, opérationnel sur micro-ordinateur.

b/élaboration d'un algorithme d'optimisation des paramètres de la loi de comportement utilisant le code de calcul défini ci-dessus et permettant d'ajuster au

mieux les courbes théoriques sur les courbes expérimentales.

Il doit être noté que la procédure décrite ne permet généralement pas de déterminer la totalité des paramètres du modèle choisi. Les paramètres manquants sont soit estimés, soit mesurés à l'aide d'autres essais, par exemple de laboratoire.

En première étape, le modèle non-linéaire de DUNCAN et al (1980) a été choisi en raison de sa simplicité et de son utilisation courante au niveau industriel. Ce modèle fait appel à un jeu de huit paramètres : K , K_b , n , m , R_f , C , θ et K_{ur} .

Parmi ceux-ci, trois sont accessibles par la procédure précédemment définie avec une bonne précision : K , R_f et θ ou C . Par ailleurs, une étude paramétrique a montré que les coefficients des modules déviatorique et isotrope K et K_b sont déterminants pour les calculs de tassements.

LE SITE EXPERIMENTAL

Pour confronter plusieurs méthodes de prévision de tassements, le site retenu a été celui de l'aéroréfrigérant, récemment construit, de la centrale de NOGENT sur SEINE, à l'amont de PARIS.

La particularité du sol de la fondation est l'existence d'une couche assez compressible et hétérogène de craie fortement déstructurée dite "craie pâteuse". Ce matériau perméable est, en outre, très sensible au remaniement.

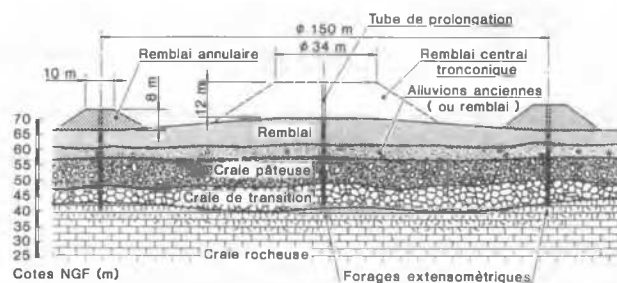


Figure 1 - Coupe schématique remblais de préchargement réfrigérant N° 2 NOGENT/SEINE

Pour limiter les tassements différentiels, les concepteurs de l'ouvrage avaient choisi de renforcer le sol par des remblais de préchargement (figure 1).

L'instrumentation de ces remblais consistait principalement en extensomètres continus en sondage, dont 4 sur la couronne de fondation. Les résultats des mesures (figure 2 a) confirment l'hétérogénéité et la grande déformabilité de la couche de la craie pâteuse.

Dans le cadre de l'étude ici présentée, plusieurs profils pressiométriques complémentaires ont été réalisés à proximité de l'un de ces extensomètres, numéroté F4, avec le pressiomètre autoforeur (PAF) et le pressiomètre MENARD. Ces deux appareils ont conduit à des résultats comparables, figure 3 (GARCIA, 1988).

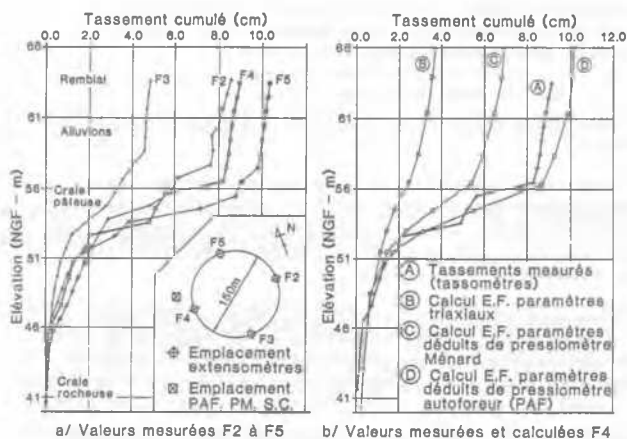


Figure 2 - Tassements mesurés et calculés (E.F.)

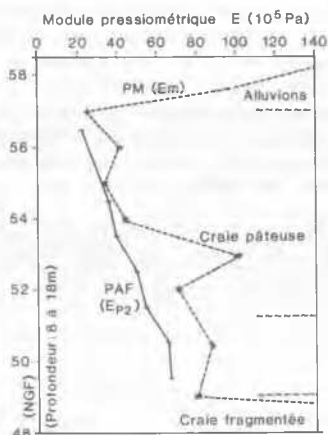


Figure 3 - Exemple de comparaison de modules MENARD (Em) et modules PAF (Ep₂, module sécant, ΔV/V₀ : 2 %) pour la craie pâteuse

LES CALCULS DE TASSEMENT

Avec toutes les données disponibles, plusieurs calculs de tassement au droit de l'extensomètre F4 ont pu être effectués, puis comparés aux valeurs réellement observées, soit 9 cm à la base du remblai :

La méthode MENARD normalisée avec correction pour couche molle donne 12 cm de tassement total, mais avec l'incertitude due au choix de α (GARCIA, 1988).

Les essais oedométriques de dimensions usuelles ont fourni des résultats très dispersés et des valeurs très faibles de tassement. Ceci a été attribué à l'existence, au sein de la craie pâteuse, de nodules centimétriques. Des oedomètres sur des échantillons d'épaisseur décimétrique ont conduit à des résultats plus homogènes et à un tassement de 5 cm pour la couche de la craie pâteuse, au lieu de 7 mesuré ; mais l'oedomètre ne donne évidemment aucune information sur les couches supérieures constituées de matériaux grossiers.

Les calculs éléments finis, incorporant le modèle de DUNCAN, basés sur les résultats des essais triaxiaux conduisent aussi à des valeurs trop faibles de tassement (courbe B, Fig. 2.b). Par contre ceux utilisant les paramètres de la loi ajustés sur les courbes de pressiomètre MENARD (C) et autoforeur (D) encadrent bien les mesures (A) des tassomètres, Figure 2.b. Pour chaque couche de craie pâteuse, les essais de laboratoire conduisent à des coefficients K beaucoup plus élevés que ceux déduits des essais pressiométriques selon la procédure d'optimisation illustrée par la figure 4.

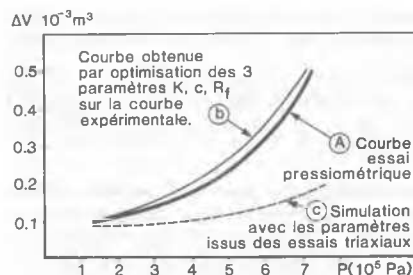


Figure 4 - Courbe pressiométrique et simulations, cote 54

CONCLUSION

Ces premiers résultats semblent encourageants pour l'utilisation du pressiomètre et du nouveau type d'interprétation proposé, qui devrait être testé sur d'autres exemples types.

REFERENCES

CAMBOU, B. & BOUBANGA, A. (1988), "Identification de paramètres de lois de comportement à partir de l'essai pressiométrique", Rap. de contrat ECL-SEPTEN
 COSTAZ, J.L. & HAGHGOU, M. (1987), "Fondations des Centrales Nucléaires", Rév. Franç. de Geotech. n°41, pp 7-28.
 DUNCAN, J.M. et al (1980), "Strength, Stress - Strain and Bulk Modulus parameters for Finite Element Analyses of Stresses and Movement in Soil Masses", Rep. N° UCB/80-01, Univ. Cal. Berkeley.
 GARCIA RAMOS, L.A. (1988), "Contributions au calcul du tassement des fondations superficielles utilisant l'essai pressiométrique", thèse de DOC., E.C.P.