Interpretation of Menard's Pressuremeter Tests in sandy soils through analytical and numerical methods

Interprétation des essais pressiométriques de Ménard dans les sols sableux par des méthodes analytiques et numériques

Saul Andres Minuche-Cruz¹, Jose Ramon Cruz-Aguila², and Sergio Felipe Zaldivar-Reyes^{1#}

¹*Tecnologico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Ave. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, N. L., 64849, Mexico*

²*Dicimsa, Alcaldía Benito Juárez, Mexico*

[#]*Corresponding author: sergio.f.zaldivar@tec.mx*

ABSTRACT

Constitutive models play a fundamental role in numerical geotechnical analysis, enabling the consideration of complex soil and rock behavior. Within the generalized plasticity framework, the elastic strain increment is determined by employing the generalized Hooke's Law, independently of the constitutive model applied. Therefore, accurately estimating the elastic modulus is essential to enhance the predictive capabilities of any constitutive model. Among field tests, the Menard Pressuremeter Test (MPT) has been recognized for over 70 years as one of the most reliable methods for determining in-situ soil deformability and strength parameters. This paper reviews the analytical and numerical methods available for interpreting MPT results in sandy soils, with a focus on estimating the soil deposit's elastic modulus under loading and reloading conditions. It also presents the methodology for determining key strength parameters such as the internal friction angle and undrained shear strength. The study includes the interpretation of 46 MPTs performed in Mexico City, establishing correlations between the elastic modulus, NSPT blow count, and other conventional geotechnical parameters. Additionally, the influence of fine content on soil behavior is analyzed. Results show that sandy soils with fines content up to 30% continue to behave as granular materials. This finding has significant implications for assessing the long-term stability of geotechnical structures, as it directly impacts both shear strength and deformation characteristics. Finally, key recommendations are provided for interpreting MPT data in geotechnical site characterization, contributing to the development of more accurate constitutive models and enhancing the reliability of numerical simulations in geotechnical design.

RÉSUMÉ

Les modèles constitutifs jouent un rôle fondamental dans l'analyse géotechnique numérique, car ils permettent de prendre en compte le comportement complexe des sols et des roches. Dans le cadre de la plasticité généralisée, l'augmentation de la déformation élastique est déterminée en utilisant la loi de Hooke généralisée, indépendamment du modèle constitutif appliqué. Par conséquent, il est essentiel d'estimer avec précision le module d'élasticité pour améliorer les capacités prédictives de tout modèle constitutif. Parmi les essais de terrain, l'essai pressiométrique de Ménard (EPM) est reconnu depuis plus de 70 ans comme l'une des méthodes les plus fiables pour déterminer les paramètres de déformabilité et de résistance du sol in situ. Cet article passe en revue les méthodes analytiques et numériques disponibles pour l'interprétation des résultats de l'essai pressiométrique de Ménard dans les sols sableux, en mettant l'accent sur l'estimation du module d'élasticité du dépôt de sol dans des conditions de chargement et de rechargement. Elle présente également la méthodologie permettant de déterminer les paramètres de résistance clés tels que l'angle de frottement interne et la résistance au cisaillement non drainé. L'étude comprend l'interprétation de 46 TPM réalisés à Mexico, établissant des corrélations entre le module élastique, le nombre de coups de NSPT et d'autres paramètres géotechniques conventionnels. En outre, l'influence de la teneur en fines sur le comportement du sol est analysée. Les résultats montrent que les sols sableux contenant jusqu'à 30 % de fines continuent à se comporter comme des matériaux granulaires. Cette constatation a des implications significatives pour l'évaluation de la stabilité à long terme des structures géotechniques, car elle a un impact direct sur la résistance au cisaillement et les caractéristiques de déformation. Enfin, des recommandations clés sont fournies pour l'interprétation des données MPT dans la caractérisation des sites géotechniques, contribuant au développement de modèles constitutifs plus précis et améliorant la fiabilité des simulations numériques dans la conception géotechnique.

Keywords: Menard's pressuremeter tests, sandy soils, Standard Penetration Test, Geotechnical testing, Numerical modelling