

Titre : Comportement mécanique des sols érodés: étude numérique basée sur la méthode des éléments discrets

Mots clés : sols granulaires . suffusion . méthode des éléments discrets . comportement mécanique . micro-structure . extraction des particules fines . réseau des pores

Résumé : La suffusion peut induire une perte de particules fines au sein de sols granulaires et par conséquent une modification de leur comportement mécanique. Cette thèse a pour objectif d'étudier la conséquence de cette perte de particules fines sur les propriétés mécaniques des sols aux échelles macroscopique et microscopique en utilisant la méthode des éléments discrets (MED). Des échantillons granulaires composés de particules sphériques dont la taille suit une distribution granulométrique lacunaire sont modélisés par la MED. A cause d'un coût de calcul élevé, l'écoulement du fluide à travers l'espace poral entre particules solides n'est pas modélisé. Nous proposons plutôt une représentation de l'état interne du sol après la suffusion suivant trois niveaux de complexité croissante. Pour le niveau 1, des échantillons considérés comme érodés sont générés à une densité donnée et avec un pourcentage des fines plus petit que celui de l'échantillon original. Le niveau 2 consiste à retirer une fraction des particules fines de l'échantillon original à un état de contrainte donné. Pour cela, nous proposons une méthode permettant d'identifier

une fraction lâche composée des particules qui ne participent pas significativement à supporter la sollicitation. Le niveau 3 a pour objectif de prendre en compte le transport et le blocage des particules fines par des constriction dans l'espace poral formé par le squelette solide. Le point essentiel à ce niveau réside dans la description du réseau des pores. Cette étude a montré que les particules fines peuvent avoir un effet négligeable, positif ou négatif sur la résistance mécanique selon le pourcentage de fines. Une extraction des particules fines conduit à une diminution de la résistance mécanique des sols érodés. Nous avons montré que la réduction de la résistance mécanique est plus forte si des particules fines sont retirées de façon aléatoire que si seules des particules fines de la fraction lâche sont retirées. Pour la description du réseau des pores, une nouvelle méthode a été proposée pour associer des tétraèdres voisins résultant de la triangulation de Delaunay. Ce réseau des pores sera incorporé dans un modèle pour prendre en compte le transport et le blocage des particules fines au sein de l'espace poral formé par le squelette solide.

Title : Mechanical behavior of eroded soils : numerical study based on the DEM

Keywords : granular soils . suffusion . Discrete Element Method . mechanical behavior . micro-structure . extraction of fine particles . pore network

Abstract : Suffusion can induce a loss of fine particles to granular soils and consequently a modification of their mechanical behavior. In this PhD thesis, we aim to study the effect of the loss of fine particles caused by suffusion on mechanical properties of soils at the macroscopic and microscopic scales by using the Discrete Element Method (DEM). Granular samples composed of spherical particles with a gap-graded particle size distribution (PSD) are simulated by the DEM. Due to a very high computational cost, the fluid flow through the void space between solid particles is not simulated. Instead, we propose a representation of the internal state of soils after suffusion at three different levels with increasing complexity. For the level 1, a sample considered as eroded is generated at a target density and with a fine content lower than that of the original sample. The level 2 consists in removing a fraction of fine particles from the original sample at a given stress state. We proposed thus a method to identify the loose fraction composed of

particles which do not carry significantly stresses. The level 3 aims to take into account the transport of fine particles in the pore network of the solid skeleton and the blockage of fine particles by constrictions. The key point in this model is how to describe the pore network. This study showed that fine particles can have a negligible effect, positive or negative effect on the shear strength depending on fine content. A removal of fine particles causes a significant reduction in shear strength to gap-graded soils. It was also showed that a random removal of fine particles leads to a greater reduction in shear strength than a removal of only fine particles in the loose fraction. For the description of the pore network of the solid skeleton, we propose a new method for merging neighboring tetrahedra issued from the Delaunay triangulation. This pore network will be incorporated into a model to take into account the transport and blockage of fine particles within the pore network of the solid skeleton.