

THESE DE DOCTORAT DE

L'UNIVERSITE DE NANTES

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences pour l'Ingénieur

Spécialité : « *Génie Civil* »

Par

« Nadine ALI HASSAN »

« Etude numérique et expérimentale de l'effet de l'écrêtage sur le comportement mécanique des sols grossiers »

Thèse présentée et soutenue à « Saint Nazaire », le « 07 Décembre 2021 »

Unité de recherche : GeM – Institut de recherche en génie civil et mécanique – UMR CNRS 6183

Rapporteurs avant soutenance :

Olivier Cuisinier	Professeur, Université de Lorraine
Philippe Reiffsteck	Directeur de Recherche HDR, Université Gustave Eiffel

Composition du Jury :

Président :	Prénom Nom	Fonction et établissement	(à préciser après la soutenance)
Examineurs :	Nadia Benahmed Pierre Philippe Luc Sibille	Chargée de Recherche, INRAE Directeur de Recherche HDR, INRAE Maître de Conférences HDR, Université Grenoble Alpes	
Dir. de thèse :	Didier Marot	Professeur, Université de Nantes	
Co-encad. de thèse :	Fateh Bendahmane Ngoc-Son Nguyen	Maître de Conférences, Université de Nantes Maître de Conférences, Université de Nantes	

Titre : Etude numérique et expérimentale de l'effet de l'écrêtage sur le comportement mécanique des sols grossiers

Mots clés : sols grossiers, écrêtage, substitution, comportement mécanique, méthode des éléments discrets, dispositifs triaxiaux

Résumé : L'évaluation des caractéristiques de résistance au cisaillement des sols grossiers par la réalisation d'essais au laboratoire nécessite souvent des procédures d'écrêtage en raison de la présence de particules surdimensionnées par rapport à la taille du dispositif d'essai. Ce travail vise à étudier les conséquences de deux procédures d'écrêtage (écrêtage simple et substitution) sur les propriétés mécaniques des sols grossiers. Des échantillons numériques formés de mélanges granulaires ayant des distributions granulométriques lacunaires sont testés à l'aide de la Méthode des Eléments Discrets (MED). Des essais expérimentaux de compression triaxiale sont aussi réalisés sur des mélanges de sable et de graviers à l'aide de dispositifs triaxiaux de différents diamètres $\Phi = 50, 100, 200$ et 300 mm. Les échantillons numériques et expérimentaux sont écrêtés et substitués. La densité est contrôlée par différents paramètres de compacité du sol.

L'influence de plusieurs paramètres prépondérants sur la résistance au cisaillement des sols grossiers est étudiée. Les résultats montrent que l'écrêtage simple conduit à une surestimation, ou une sous-estimation de la résistance mécanique, en fonction de la teneur en fines originale et du choix du paramètre de contrôle de la densité du sol. L'impact de la substitution sur les caractéristiques mécaniques des sols grossiers provient de la réduction de l'étalement granulométrique de la fraction grossière. De plus, il a été montré qu'une sur-estimation, une bonne estimation ou une sous-estimation peuvent être obtenues en fonction des propriétés de résistance des particules du matériau remplaçant la fraction non-admissible. A partir de l'ensemble des résultats, des préconisations sont proposées pour limiter les écarts de résistance au cisaillement des sols écrêtés et des sols originaux.

Title : Numerical and experimental study of the effect of scalping on the mechanical behavior of coarse soils

Keywords: coarse-grained soils, scalping, substitution, mechanical behaviour, discrete element method, triaxial devices

Abstract: Evaluation of shear strength characteristics of coarse-grained soils by performing laboratory tests often needs the scalping of particles which are oversized in comparison with the device size. This work aims to study consequences of two procedures (scalping and substitution) on the mechanical properties of coarse-grained soils. Numerical samples composed of granular mixtures with gap-graded particle size distribution are studied using the Discrete Element Method (DEM). Triaxial compression tests are also performed on mixtures of sand and gravels using triaxial devices with different specimen's diameters $\Phi = 50, 100, 200$ and 300 mm. Numerical and experimental samples are scalped and substituted and the density is controlled by different parameters of soil compacity.

The effect of different main parameters on the shear strength of coarse-grained soils is studied. The results show that the scalping procedure induces an overestimation or an underestimation of the mechanical strength according to the original fine content and depending on the choice of the controlling density parameter of the soil. The impact of substitution on the mechanical characteristics of coarse-grained soils comes from the reduction of the particle size distribution of the coarse fraction. In addition, it has been shown that an over-estimation, a good estimation or an under-estimation can be obtained depending on the particles properties of the material replacing the non-admissible fraction. Based on the overall results, recommandations are proposed in order to limit the scattering of strength between scalped and original soils