



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Mecanique

www.sciencedirect.com



Unexpected collapses during isotropic consolidation of model granular materials



Effondrements inattendus pendant la consolidation isotrope des milieux granulaires modèles

Thiep Doanh^{a,*}, Alain Le Bot^b, Nouha Abdelmoula^a, Lassad Gribaa^a, Stéphane Hans^a, Claude Boutin^a

^a École nationale des travaux publics de l'État, LGCB, LTDS (UMR 5513), Vaulx-en-Velin, France

^b École centrale de Lyon, LTDS (UMR 5513), Écully cedex, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 August 2015

Accepted 8 November 2015

Available online 28 January 2016

Keywords:

Consolidation

Instability

Partial liquefaction

Pore pressure

Granular media

Mots-clés:

Consolidation

Instabilité

Liquéfaction partielle

Pression interstitielle

Milieux granulaires

ABSTRACT

This paper reports the unexpected instantaneous instabilities of idealized granular materials under simple isotropic drained compression. Specimens of monosized glass beads submitted to isotropic compression exhibit a series of local collapses under undetermined external stress with partial liquefaction, experience sudden volumetric compaction and axial contraction of various amplitude. Short-lived excess pore water pressure vibrates like an oscillating underdamped system in the first dynamic transient phase and rapidly disperses in the subsequent longer dissipation phase. However, very dense samples maintain a collapse-free behaviour below a threshold void ratio e_{30}^{col} at 30 kPa of stress. The potential mechanisms that could explain these spontaneous collapses are discussed.

© 2015 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

RÉSUMÉ

Cet article concerne les instabilités instantanées et inattendues des milieux granulaires modèles en simple consolidation isotrope. Les échantillons de billes de verre monodisperses soumis à une compression isotrope montrent une série d'effondrements locaux à des contraintes externes indéterminées, avec une liquéfaction partielle, une compaction volumétrique et une contraction axiale d'amplitude variable. Les très courts excès de pression interstitielle vibrent comme un système oscillant sous-amorti pendant une première phase dynamique transitoire, puis rapidement se dispersent pendant une phase de dissipation plus longue. Néanmoins, les échantillons très denses en dessous d'un seuil

* Corresponding author.

E-mail address: thiep.doanh@entpe.fr (T. Doanh).

d'indice des vides e_{30}^{col} à 30 kPa de contrainte sont exempts d'instabilités. Les mécanismes potentiels pouvant expliquer ces effondrements spontanés sont discutés.

© 2015 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Version française abrégée

Un nouveau mode de liquéfaction en compression isotrope drainée a été découvert dans le cadre de nos travaux précédents sur une assemblée de grains idéalisés très lâches. Cet article explore les instabilités de type effondrement sur une plus large gamme de densités. L'objectif est de comprendre les mécanismes déclenchant ces instabilités et de proposer quelques explications plausibles quant aux origines physiques de ces instabilités que sont les effondrements, la liquéfaction et les frottements saccadés.

En consolidation isotrope des deux milieux granulaires modèles de la Fig. 1, au lieu d'avoir une compressibilité décroissante continue en fonction de la densité, les expériences réalisées avec une cellule triaxiale (Fig. 2), révèlent des sauts soudains et simultanés de déformations volumiques et axiales (Fig. 3). Ces sauts sont dus à une augmentation instantanée de la surpression interstitielle, qui peuvent être décomposés en deux phases. La première phase transitoire dure 200 ms ; durant celle-ci, la surpression interstitielle vibre comme un système oscillant sous-amorti avec une fréquence dominante d'environ 100 Hz (Fig. 4) ; elle est suivie d'une plus longue phase de dissipation pour revenir à l'équilibre initial de contre-pression constante. Le coefficient d'anisotropie incrémentale mesuré, largement anisotrope (Fig. 6), montre que l'anisotropie structurale pourrait être un ingrédient majeur responsable des effondrements observés. Ces instabilités sont apparues à des contraintes isotropes indéterminées (Fig. 7), dans la gamme de 20 à 500 kPa. L'ensemble des expériences permet de montrer qu'il existe un seuil d'indice des vides e_{30}^{col} à 30 kPa de contrainte, en dessous duquel ces instabilités disparaissent totalement (Fig. 8).

Il est conjecturé que l'anisotropie structurale initiale est responsable de l'anisotropie induite des déformations en consolidation isotrope, malgré un comportement quasi élastique (Fig. 9). La rupture des chaînes de forces, facilitée par le roulement des grains parfaitement sphériques, peut induire des déformations locales de cisaillement et provoque une augmentation de la surpression interstitielle dans un milieu totalement saturé, due à l'incompressibilité de l'eau. La présence du fluide est seulement un facteur aggravant. Il est probable que ces instabilités en consolidation isotrope et les frottements saccadés en cisaillement partagent les mêmes origines physiques.

1. Introduction

Granular materials are one of the most studied objects in civil engineering. However, despite a large number of intensive theoretical and experimental studies, many important aspects such as anisotropy, principal stress rotation, cyclic loading and liquefaction are not yet fully understood [1,2]. A possible explanation is the difficulty to relate the macroscopic mechanical parameters to the properties of sand grains [3]. One option is to use monodispersed spherical glass beads as model granular materials, together with discrete element method (DEM [4,5]) pioneered by [6] and popularized by [7], as an alternative way to explore and understand the complexity hidden in real soils.

Unexpectedly, triaxial compression shear tests on these idealized materials reveal diffuse instabilities, termed stick-slip [8–11], and leave many questions unanswered. For example, what happens during the mandatory isotropic consolidation preceding the triaxial tests? Granular experimentalists often overlook this first consolidation step.

Spontaneous instabilities during isotropic compression of very loose bead assemblies have been discovered in our previous work [12]. In some rare cases, a sudden increase in the interstitial pore pressure can lead to a new mode of liquefaction in *isotropic* and *drained* compression. The rapid and spontaneous collapse are therefore responsible for liquefaction.

In this paper, instead of focusing on these spectacular events, we systematically explore these spontaneous instabilities over a *large range of sample densities*. The objective is to better understand the underlying mechanisms behind these unexpected isotropic instabilities, and to offer some plausible explanations about the physical origin of the collapse, liquefaction, and stick-slip phenomena.

2. Experimental setup

The granular sample consists of a cylinder of monodisperse glass beads confined by a latex membrane and fully saturated by water. The cylinder has height $H_0 = 70$ mm, diameter $D_0 = 70$ mm and volume V_0 . The mean diameter of glass beads is $d = 0.723$ mm, giving a slenderness $D_0/d \approx 100$, which is large enough to avoid boundary effects. The sample was isotropically compressed inside a triaxial system (Fig. 2). Compressed air was increased at 0.3 kPa/s to impose the total stress σ . The real-time experimental recordings consist in measuring synchronously σ , the pore-water pressure U , the axial strain ε_a , and the volumetric strain ε_v . A strain-gauge pressure sensor measured σ inside the cell. U was measured outside the triaxial cell at a distance of about 60 cm using a very thick plastic tube connected to the top cap of the granular sample; it is therefore slightly under-estimated. The axial displacement Δh was measured inside the triaxial cell using a

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/10425915>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/10425915>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)