



Thèse présentée pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université de Lorraine

par

Dan ZHAO

Spécialité: **Géotechnique**

**Étude du comportement au fluage de l'argile sous
chargements triaxiaux complexes en relation avec la
microstructure**

Soutenue le 18 Décembre 2017

Devant le jury composé de :

Irini Djeran-Maigre	Professor	INSA Lyon	Rapporteur
Yujun Cui	Professor	Ecole des Ponts ParisTech	Rapporteur
Pierre-Yves Hicher	Professor	Ecole Centrale de Nantes	Examineur
Christophe Dano	MCF	Université Grenoble Alpes UGA	Examineur
Mohamad Jrad	MCF	Université de Lorraine	Examineur
Mahdia Hattab	Professor	Université de Lorraine	Directeur de thèse
Zhenyu Yin	MCF-HDR	Ecole Centrale de Nantes	Co-Directeur de thèse

Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux
LEM3 UMR CNRS 7239 - Université de Lorraine
Île du Saulcy - 57045 Metz Cedex 01- Fran

Résumé

Cette recherche vise à analyser et à identifier, par des essais, le comportement au fluage d'une argile de type kaolinite sous un état de contraintes triaxial. Une investigation fine de l'état microstructural, avant et après fluage, a par ailleurs été réalisée, ce qui a permis de fournir un éclairage complémentaire pour une meilleure compréhension du comportement.

Les résultats macroscopiques ont permis de constater que des phénomènes de dilatance et de contractance s'amplifient pendant le fluage. Les résultats montrent également que la position, sur le plan des contraintes (p' - q), du niveau de contrainte vis-à-vis des différents domaines volumétriques, contrôle le développement de la déformation au fluage et du taux de déformation.

Ces travaux ont permis de mettre en évidence les trois modes de fluage : primaire, secondaire et tertiaire. Ce dernier apparaît sous forme d'un effondrement de l'échantillon surconsolidé, dont le niveau de contrainte se situe sous l'enveloppe de résistance maximale mais au-dessus de la ligne d'état critique dans le plan (p' - q). Ce comportement de fluage est accompagné d'une forte dilatance qui se développe avant effondrement.

Les résultats de MEB ont montré que l'évolution microstructurale de l'argile, après le chargement mécanique, dépend fortement de l'histoire du chargement.

Mots-clefs: Argile, Kaolinite, Fluage drainé, Microstructure, Essai triaxial, Prosimètre au mercure (PAM), Microscope Electronique à Balayage (MEB)

Abstract

The objective of this research is to analyze the creep behavior of a typical clay along triaxial tests, moreover, to analyze the microstructural mechanisms of creep in order to provide a better understanding of this behavior.

Analysis on the macroscopic results ascertained that both dilatancy and contractancy phenomena could occur during creep. The magnitude of the dilatancy/contractancy during creep was guided by the test conditions (SL and OCR), which specifically governed the direction of the volumetric strain variations. The position of the stress level located in different volumetric domains, defined by monotonic triaxial tests in the $(p'-q)$ plane, controls the evolution of the creep strain and creep strain rate. The failure (or tertiary creep) of an overconsolidated specimen could be observed for a stress level located under the maximum strength envelope, but above the critical state line in the $(p'-q)$ plane, accompanied by a significant dilative behavior during creep.

The results of SEM indicated that the microstructural evolution of the clay after the mechanical loading depend on the stress history. The creep contractancy/dilatancy in the macroscopic level were related to the variation of pore size and pore shape at the microscope level.

Keywords: Clay, Kaolinite, Drained creep, Triaxial test, Microstructure, Mercury intrusion porosimetry (MIP), Scanning Electron Microscopy (SEM)