

Abstract

Project Code : MRG5080028

Project Title : Stress-Strain Relations for Unsaturated Soils along Drying and Wetting Paths

Investigator : Assistant Professor Dr. Anuchit Uchaipichat
Department of Civil Engineering, Vongchavalitkul University

E-mail Address : anuchitu@yahoo.com

Project Period : 2 years (1 December 2006 – 30 November 2008)

In this research, the stress-strain relations for unsaturated soils along drying and wetting paths were investigated. The main objectives in this work are to study effects of drying-wetting process on unsaturated soil behaviors and to develop the constitutive model for unsaturated soils taking into account these effects.

A series of controlled suction laboratory tests including soil-water characteristic curve determination, suction controlled shear tests and suction controlled isotropic loading tests were carried out on a compacted kaolin sample using a triaxial equipment modified for testing unsaturated soils. The sample preparation method and test procedures have been developed. Image-processing technique is used for measuring sample volume change. The experimental results show a hysteresis response due to drying-wetting process. The stress-strain relations for dried and wetted samples are clearly different. Moreover, at any value of matric suction, the χ parameter for dried samples is greater than that for wetted samples, while the preconsolidation pressure for wetted samples is greater than that for dried samples.

The elasto-plastic model for unsaturated soils has been presented based on the effective stress principle taking into account effects of drying-wetting process. The elasto-plastic constitutive equations for stress-strain relations of the soil skeleton have been established. A plasticity model is modified from modified Cam-Clay model. The hardening rule has been established by considering the isotropic consolidation paths. The effect of drying-wetting process is introduced through the χ parameter. All model

coefficients are identified in terms of measurable parameters. The simulations from the proposed model are compared with the experimental results. The model calibration was performed to extract the model parameter from the experimental results. Good agreement between the results predicted using proposed model and the experimental results was obtained.

The suggested future works are 1) extension of the model consider the plastic strain with in the yield surface, 2) further numerical analysis of the model to solve the differential governing equations using the finite element method, 3) extension of the study to other soils and testing at the greater matric suction, and 4) application and validation of the model against field problems.

Keywords : **unsaturated soils, triaxial tests, drying-wetting process, stress-strain relations, suction**

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5080028

ชื่อโครงการ : ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของดินไม่อิ่มตัว
ด้วยน้ำที่อยู่บนเส้นทางแห้งและเส้นทางเปียก

ชื่อนักวิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุชิต อุษายภิชาติ
สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

E-mail Address : anuchitu@yahoo.com

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี (1 ธันวาคม 2549 ถึง 30 พฤศจิกายน 2551)

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่อยู่บนเส้นทางแห้งและเส้นทางเปียก วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลกระทบของเส้นทางการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อพฤติกรรมความเค้น-ความเครียดของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ และพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่คำนึงถึงเส้นทางการเปลี่ยนแปลงความชื้น โดยผสมผสานความรู้ทางด้านปฐพีวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมธรณีเทคนิคเข้าด้วยกัน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยทำการดัดแปลงเครื่องมือทดสอบแรงอัดสามแกนสำหรับทดสอบดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ พัฒนาเทคนิคการเตรียมตัวอย่างดินและวิธีทดสอบ รวมทั้งพัฒนาวิธีการวัดปริมาตรตัวอย่างดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายดิจิทัล และดำเนินการทดสอบในห้องปฏิบัติการกับตัวอย่างดินขาวบดอัด เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่อยู่บนเส้นทางแห้งและเส้นทางเปียก การทดสอบในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย การทดสอบหาเส้นโค้งคุณลักษณะของดินและน้ำ (Soil-Water Characteristic Curve Determination) การทดสอบแรงเฉือน (Suction Controlled Shear Test) และการทดสอบการเพิ่มความดันรอบข้าง (Suction Controlled Isotropic Loading Test) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นพฤติกรรม Hysteresis เนื่องจากเส้นทางการเปลี่ยนแปลงความชื้น ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดสำหรับตัวอย่างดินที่อยู่บนเส้นทางแห้งและเส้นทางเปียกมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าแรงดึงดูดเมตริกเดียวกัน ค่าพารามิเตอร์ χ ของตัวอย่างดินที่อยู่บนเส้นทางแห้งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างดินที่อยู่บนเส้นทางเปียก ในขณะที่ค่า

ความดัน Preconsolidation สำหรับตัวอย่างดินที่อยู่บนเส้นทางเปือกมีค่าสูงกว่าตัวอย่างดินที่อยู่บนเส้นทางแห้ง

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาแบบจำลองอีลาสโต-พลาสติกสำหรับตัวอย่างดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยใช้หลักความเค้นประสิทธิผลและพิจารณาผลกระทบจากแรงดึงดูดเมตริกต่อพฤติกรรมดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น มีการนำเสนอสมการคอนสทิทิวทีฟอีลาสโต-พลาสติกสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด และพัฒนาแบบจำลองพลาสติกต่อยอดจากแบบจำลอง Modified Cam Clay นอกจากนี้ได้มีการนำเสนอกฎฮาร์ดเดนนิงโดยพิจารณาจากเส้นทางการอัดตัวคายน้ำภายใต้สถานะแรงดึงดูดเมตริกคงที่ ผลกระทบของเส้นทางการเปลี่ยนแปลงความชื้นถูกนำเสนอผ่านค่าพารามิเตอร์ χ และความดัน Preconsolidation ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่ปรากฏขึ้นในแบบจำลองอยู่ในเทอมของพารามิเตอร์ที่สามารถวัดค่าได้ในห้องปฏิบัติการ มีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยการเปรียบเทียบผลการทำนายโดยใช้แบบจำลองกับผลการทดสอบการเฉือน การตรวจสอบความถูกต้องประกอบด้วยการเปรียบเทียบแบบจำลอง การจัดรูปของแบบจำลองให้อยู่ในรูปของการเพิ่ม การแก่สมการโดยวิธีการแก้ปัญหาค่าเริ่มต้น และการทำนายผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าผลการทำนายโดยใช้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษาในโครงการวิจัยนี้ ได้มีการค้นพบปรากฏการณ์ต่างๆที่ไม่ค่อยได้รับการกล่าวถึงในบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องมากนัก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อต่อยอดจากงานวิจัยนี้ เช่น การพัฒนาแบบจำลองที่พิจารณาการเกิดความเครียดพลาสติกในพื้นที่ผิวคราก การวิเคราะห์เชิงตัวเลข เช่น ไฟไนต์อีเลเมนต์ เพื่อการแก้ปัญหาสมการอนุพันธ์ที่ควบคุมพฤติกรรมของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำที่คำนึงเส้นทางการเปลี่ยนแปลงความชื้น การทดสอบกับตัวอย่างดินชนิดอื่นและขยายช่วงแรงดึงดูดเมตริกให้กว้างกว่าการทดสอบในโครงการวิจัยนี้ การเปรียบเทียบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลภาคสนาม เป็นต้น

คำหลัก : ดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ, การทดสอบแรงอัดสามแกน, กระบวนการเปลี่ยนแปลงความชื้น, ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด, แรงดึงดูด