

บทคัดย่อ

Project Code : MRG4980086

Project Title : การศึกษาพฤติกรรมทางกลศาสตร์ของดินไม่อิ่มน้ำในประเทศไทย

Investigator : ดร.อภินิติ โชติสังกาศ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail Address : fengatj@ku.ac.th

Project Period : 2 ปี 2 เดือน

องค์ความรู้ด้านพฤติกรรมทางกลศาสตร์ของดินไม่อิ่มน้ำในประเทศไทยนับว่ายังขาดแคลนอยู่มากในประเทศไทย เมื่อเทียบกับองค์ความรู้สำหรับพฤติกรรมของดินในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเนื่องจากการขาดแคลนอุปกรณ์ทดสอบที่เหมาะสมสำหรับดินไม่อิ่มน้ำ อย่างไรก็ตาม ดินไม่อิ่มน้ำสามารถพบได้ในงานวิศวกรรมทั่วไปในประเทศไทยโดยเฉพาะหินผุหรือดินที่สลายจากหินผุ ณ ที่ตั้ง Residual soils อาทิในพื้นที่ลาดชันซึ่งมักจะประสบปัญหาการพังทลายของลาดดิน. นอกจากนี้ การทดสอบกำลังอัดแบบไม่มีขอบเขตซึ่งเป็นที่ยอมรับใช้ในทางปฏิบัติยังเป็นการทดสอบตัวอย่างดินซึ่งอยู่ภายใต้สภาวะแรงดึงหรือ suction โดยที่วิศวกรมักไม่ทราบข้อเท็จจริงอันนี้. จึงเห็นได้ว่าการศึกษาพฤติกรรมของดินไม่อิ่มน้ำหรือดินภายใต้สภาวะแรงดึง suction นี้จะช่วยสร้างองค์ความรู้ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในงานวิศวกรรมซึ่งเกี่ยวข้องกับดินในสภาวะไม่อิ่มน้ำหรือสภาวะภายใต้แรงดูด ในที่สุด

โครงการนี้เริ่มด้วยการพัฒนาเทนซิโอมิเตอร์เพิ่มเติมขึ้นจากที่ได้พัฒนาขึ้นแล้วที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งสามารถวัดค่าแรงดูดได้สูงถึง 100 kPa อุปกรณ์นี้เป็นการประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดแรงดันขนาดเล็ก ชนิด Piezoresistive ซึ่งมีขายทั่วไปในราคาไม่แพงมาก. โดยเทนซิโอมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นได้นำไปประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจวัดแรงดูดในสนาม การหาเส้นอัตราลักษณะของดิน และรวมไปถึงการประยุกต์ใช้ตรวจวัดแรงดันน้ำด้านลบหรือแรงดูดในช่องว่างดินระหว่างการทดสอบกำลังอัดแบบไร้ขอบเขตสำหรับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลทดสอบเป็นกำลังรับแรงเฉือนในรูปของหน่วยแรงประสิทธิผล ในเบื้องต้น ตัวอย่างดินเหนียวอ่อนซึ่งทดสอบได้นำมาจากบริเวณโครงการก่อสร้างคลองระบายน้ำสนามบินสุวรรณภูมิ จ.สมุทรปราการ พบว่าได้ค่า $c' = 0, \phi' = 20 - 26^\circ$ ในช่วง Effective mean stress หรือ Suction เท่ากับ 0 ถึง 100 kPa. ซึ่งสอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์จากผลการวิจัยในอดีตซึ่งใช้เครื่องมือทดสอบแบบสามแกน (Triaxial Apparatus) เทคโนโลยีการทดสอบที่พัฒนาขึ้นนี้จะ เป็นทางเลือกที่สำคัญในการทดสอบหาลำดับรับแรงเฉือนแบบหน่วยแรงประสิทธิผลซึ่งมีราคาทดสอบถูกกว่าใช้เครื่องมือทดสอบสามแกนอย่างมาก

การทดสอบในส่วนที่สองเกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมทางกลศาสตร์ของดินที่สลายจากหินผุ ณ ที่ตั้ง (Residual soils) ในสภาวะไม่อิ่มน้ำ โดยทั่วไปความสัมพันธ์ของกำลังรับแรง

เงื่อนไขของดินในสภาวะไม่อิ่มน้ำจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินในระหว่างที่มีน้ำซึมลงในลาดช่วงฝนตก ในโครงการนี้ได้มีการปรับปรุงเครื่องทดสอบเงื่อนไขตรงในการหาความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยมีการติดตั้งเทนซิโอมิเตอร์เพื่อวัดแรงดูดระหว่างเงื่อนไขของตัวอย่างผ่านฝาครอบด้านบน และได้ตรวจสอบเส้นอัตราลักษณะหรือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและแรงดูดของดินที่สภาวะไม่อิ่มน้ำหนักกดทับ รวมไปถึงกำลังรับแรงเฉือนที่แรงดูดต่างๆกันของดินตัวอย่างจากกระบอกเปลือกบางซึ่งเก็บจากพื้นที่ซึ่งเคยประสบดินถล่มมาก่อนในอดีตสี่พื้นที่ด้วยกันในประเทศไทย ได้แก่ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์, อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่, อ.เขาคิชกูฏ จ.จันทบุรี และ เขื่อนขุนด่านปราการชล จ.นครนายก. ผลการทดสอบเส้นอัตราลักษณะ บ่งชี้ว่าค่า แรงดูดที่อากาศเริ่มเข้าไปในช่องว่างดิน (Air-entry suction) มีค่าค่อนข้างต่ำประมาณ 0-1 kPa สำหรับตัวอย่างดินจากทุกสถานที่ ซึ่งมีลักษณะเป็นดินทรายแป้งปนดินเหนียว ดินเหนียวปนดินทราย และดินทรายแป้งปนดินทราย ลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงขนาดและการเรียงตัวของช่องว่างขนาดใหญ่ในเม็ดดิน สำหรับกำลังรับแรงเฉือนพบว่ามีการแปรผันแบบไม่เชิงเส้นกับแรงดูด โดยดิน residual soil ซึ่งมีแรงดูดสูงกว่า (หรือความชื้นน้อยกว่า) จะมีแนวโน้มการเชื่อมประสานระหว่างอนุภาคเม็ดดินที่ชัดเจนกว่าจึงทำให้มีพฤติกรรมเปราะ (Brittle) กว่า. และในระหว่างการเฉือนตัวอย่างที่มีสภาพเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักคงที่พบว่าแรงดูดมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยระหว่างการเฉือน โดยแรงดูดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการขยายปริมาตรของดิน และจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาตรลดลง. นอกจากนั้น ยังพบว่ากำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบชนิด multistage shearing จะมีค่าอยู่ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนที่สภาวะ peak และ สภาวะ ultimate. ในการศึกษาี้ยังได้เสนอสมการอย่างง่ายซึ่งสามารถทำนายกำลังรับแรงเฉือนที่ ultimate ของดินไม่อิ่มน้ำสำหรับค่าแรงดูดที่ต่ำกว่า 33 kPa โดยสมการจะอาศัยตัวแปรสำคัญคือ ปริมาณความชื้นโดยปริมาตรที่ค่าแรงดูดเท่ากับศูนย์และ 33 kPa

Keywords : แรงดูด, เทนซิโอมิเตอร์, กำลังรับแรงเฉือน, residual soils, ดินเหนียวอ่อน

Abstract

Project Code : MRG4980086

Project Title : Investigation of behaviour of unsaturated soils in Thailand

Investigator : Dr. Apiniti Jotisankasa, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

E-mail Address : fengatj@ku.ac.th

Project Period : 2 years 2 months

The understanding of mechanical behaviour of unsaturated soils in Thailand still lagged very much behind those for fully saturated soils. This is partly due to inadequate testing technique available in the country. Unsaturated soils can be found in nature especially in hilly areas where problems of rainfall-induced slope instability are frequent. Moreover, the unconfined compression tests, which are commonly carried out in practice, are in fact often unknowingly performed on samples with negative pore water pressure or soil suction. This is thus a need for studies of unsaturated soil behaviour in order that engineering work related to those materials be carried out efficiently, safely and economically.

This project includes a further development of the miniature tensiometer at Kasetsart University, used for measuring suction up to 100 kPa. The device makes use of miniature commercial piezoresistive pressure sensor which is available at relatively low cost. Examples of applications of these devices are given for in-situ suction measurement, and soil-water retention curves determination. A particular attention is drawn to the determination of the effective strength parameter of soft Bangkok clay using the suction-monitored unconfined compression test. The tested soft soil was obtained from a construction site along the drainage canal of Suvarnabhumi airport. The value of the effective angle of shearing resistance, obtained from these tests is 20 to 26° with effective cohesion equal to zero. These values correspond to those obtained from previous research which used Triaxial apparatus. This innovative testing method is expected to be an attractive alternative for determination of effective strength parameters with its cost much lower than the triaxial tests and will also be value-adding to unconfined compression test which is commonly used in Thailand.

Another part of this project is related to mechanical behaviour of residual soils in landslide-prone areas of Thailand. The relationships of shear strength for unsaturated

soils are frequently used in stability analysis for slope subjected to rain infiltration. In this project, a modified direct shear box is also used to determine such relationships. The apparatus incorporates the developed miniature tensiometer for simpler, direct suction measurement during shearing. The soil-water retention curves and shearing behavior has been investigated for intact residual soils from four landslide-prone areas in Thailand. The air-entry suctions vary from zero to one kPa for the low-to-medium plasticity clayey silt, sandy clay, and silty sand, reflecting the presence of large pore within these materials. The shear strength increases non-linearly with suction, though linearization can be reasonably assumed. The residual soil samples with higher suction tend to have stronger bonds around particle contacts and thus the more brittle they are at higher suctions. During constant water content shearing, the soil suction appeared to change slightly according to change in soil volume. The strengths determined from multistage tests appear to be bounded within the envelopes of peak and ultimate strength. A simple equation can be used conservatively to predict the ultimate strength of unsaturated residual soils for suctions lower than about 33kPa, based on the volumetric water contents at 33kPa and zero suction.

Keywords :, suction, tensiometer, shear strength, residual soils, soft clay