

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรดินต่อกำลังรับแรงเฉือน ของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

Effect of Volume Change on Shear Strength of Unsaturated Soil

วิชญพงศ์ พอลิละ¹, สันติ ไทยยืนวงษ์^{2*}, สำเนียง องสุพันธุ์กุล³, รณกร เทพวงษ์⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมกำลังรับแรงเฉือนของดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโพรงของดิน โดยทำการศึกษาจากดินตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ การทดสอบทำการตรวจวัดค่าแรงดันน้ำในดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นด้วยหัววัดเทนซิโอมิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ดำเนินการทดสอบโดยการเพิ่มความชื้นในดินจนเกิดการขยายตัวสูงสุดแล้วปล่อยให้ระบายออกจากมวลดินเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น แรงดันน้ำของดินและอัตราส่วนโพรง รวมทั้งทำการทดสอบหาลำดับรับแรงเฉือนของดินที่อัตราส่วนโพรงที่แตกต่างกัน จากการทดสอบพบว่าเมื่อดินมีความชื้นลดลงค่าแรงดันน้ำของดินจะสูงขึ้น อัตราส่วนโพรงของดินมีค่าลดลง ในทางกลับกันเมื่อดินได้รับความชื้นมากขึ้นค่าแรงดันน้ำของดินจะมีค่าลดลง อัตราส่วนโพรงของดินมีค่าสูงขึ้น จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงที่ค่าอัตราส่วนโพรงต่างๆ พบว่าดินตัวอย่างที่มีอัตราส่วนการขยายตัวมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนโพรงมากกำลังรับแรงเฉือนของดินจะลดลง

คำสำคัญ : กำลังรับแรงเฉือนของดิน, อัตราส่วนโพรง, แรงดันน้ำของดิน

¹ร้านAsian Technology & Testing

^{2*-4}สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

¹geoprojectservice@gmail.com

²santi.tha@rmutr.ac.th

³sumnieng@gmail.com

*Corresponding author, e-mail: santi.tha@rmutr.ac.th

Abstract

This research aim study the shear strength behavior of unsaturated soil due to changes in void ratio. The study area in this research was Mae Poon district study area, Laplae district, Uttaradit province. In the experiment, soil suction due to moisture changes was measured by electronic tensiometer. The experiment was carried out by increasing the moisture content in the soil to the maximum expansion and allow the water drain from the sample to determine the relationship between moisture, soil suction and void ratio. Including testing for soil shear strength at different void ratios. From the result, found that when the moisture content of the soil decreases, soil suction increased and void ratio decreased. On the other hand, when the soil gets more moisture content, the soil suction decreased and void ratio is increased. From the result of direct shear test with various void ratios, the soil samples with high void ratio and shear strength decreased.

Keywords: shrinkage and expansion, Suction, shear strength

1. ที่มาและความสำคัญ

การศึกษาพฤติกรรมของดินในธรรมชาติ กำลังรับแรงเฉือนของดินจะมีความเหนียวของดิน (Cohesion) และค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction angle) ไม่คงที่การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินยังมีผลต่อคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของดินคือ จะทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร และกำลังรับแรงเฉือนของดิน ช่องว่างในดินเกิดการขยายตัว ส่งผลทำให้ความสามารถในการซึมน้ำของดินเพิ่มมากขึ้น ลักษณะเช่นนี้จะเกิดกับดินบริเวณใกล้ผิวดินที่มีแรงอัดรอบด้าน (Confining Pressure) ต่ำ ส่วนดินที่อยู่ลึกลงไปการขยายตัวจะเกิดขึ้นน้อยลงเนื่องจากแรงอัดรอบด้านสูงขึ้น ทำให้ดินมีคุณสมบัติการซึมน้ำต่างกัน โดยดินชั้นบนซึ่งช่องว่างในดินขยายตัว จะมีความสามารถในการซึมน้ำมากกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดระดับน้ำใต้ดินชั่วคราว (Perch Water Table) ในชั้นดินที่มีการขยายตัวและเกิดแรงดันน้ำขึ้นได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้ลาดเอียงมีโอกาสเกิดดินถล่มมากยิ่งขึ้น ในทางกลับกันเมื่อความชื้นในดินลดต่ำลงปริมาตรของดินก็จะหดตัว ทำให้ความสามารถในการซึมน้ำลดต่ำลงด้วย และที่ความชื้นเท่ากันแต่ขนาดอัตราส่วนโพรงในดินต่างกันก็มีผลต่อความสามารถในการไหลไม่เท่ากันด้วย

พฤติกรรมการเกิดดินถล่มในทางวิศวกรรมปฐพี คือปัญหาทางด้านเสถียรภาพของลาดเอียงที่มวลดินมีลักษณะเป็นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil) ความชื้นในดินสามารถเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การเกิดฝนตก หรือฝนแล้ง เป็นต้น ปริมาณความชื้นที่ไม่คงที่นี้มีความสัมพันธ์ต่อเสถียรภาพของลาดเอียงและการเกิดดินถล่ม กล่าวคือ ในช่วงที่ไม่เกิดฝนตก เช่น ในฤดูแล้ง ความชื้นในมวลดินจะต่ำ เนื่องจากน้ำไหลซึมลงสู่ชั้นดินด้านล่างและมีการระเหยที่ผิวดิน โดยไม่มีน้ำฝนเข้ามาเติมเม็ดดินจึงมีแรงดึงดูดระหว่างกันเพิ่มขึ้น ทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ลาดดินมีเสถียรภาพสูงจึงมีโอกาสเกิดดินถล่มน้อย ในกรณีที่ตรงข้ามกัน เมื่อเกิดฝนตก น้ำฝนจะไหลซึมผ่านชั้นดินลงไป ซึ่งจะไปเพิ่ม

ความชื้นในมวลดิน ทำให้แรงดึงดูดระหว่างกันคลายลง กำลังรับแรงเฉือนลดลง ส่งผลให้เสถียรภาพของลาดเอียงลดลงและมีโอกาสเกิดดินถล่มเพิ่มขึ้น

บทความนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนของดินและอัตราส่วนโพรงที่เปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นในมวลดินเพื่อใช้ในการประเมินโอกาสเกิดดินถล่มเนื่องจากฝนตก โดยการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่ศึกษาตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มเมื่อปี พ.ศ. 2549

2 วัตถุประสงค์

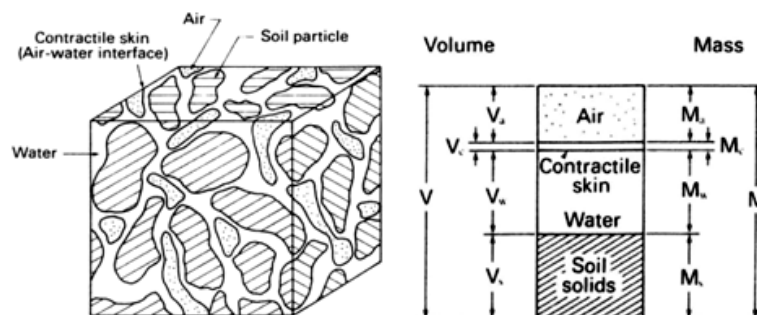
- 2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กำลังรับแรงเฉือนของดินและอัตราส่วนโพรง
- 2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ ความชื้นของดิน แรงดันน้ำของดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

3 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 พฤติกรรมของดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil)

Abramson et al. (1996) ได้แบ่งชั้นดินตามธรรมชาติออกเป็น 2 ส่วนตามปริมาณน้ำในช่องว่างในมวลดินได้แก่ บริเวณที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated zone) ซึ่งอยู่ใต้ระดับใต้ดินและบริเวณที่เกิดแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับเม็ดดิน (Capillary zone) ซึ่งเป็นชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated zone) อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินขึ้นไป ชั้นดินที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน ช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะเต็มไปด้วยน้ำ และแรงดันน้ำมีค่าสูงกว่าความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) มีค่าเป็นบวก ส่วนชั้นดินที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน ช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะประกอบด้วยน้ำและอากาศ แรงดันน้ำจะมีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศ และมีค่าเป็นลบ เรียกว่าแรงดึงน้ำในมวลดิน (Soil suction) ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่ห่างออกจากระดับน้ำใต้ดิน การเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำในมวลดินจะทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินเปลี่ยนแปลงไป

มวลดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated Soil) สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ส่วน ที่ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว อากาศ และ Contractile Skin ซึ่งเป็นชั้นรอยต่อระหว่าง อากาศกับน้ำ (Fredlund and Rahardjo, 1993) ดังแสดงในภาพที่ 1

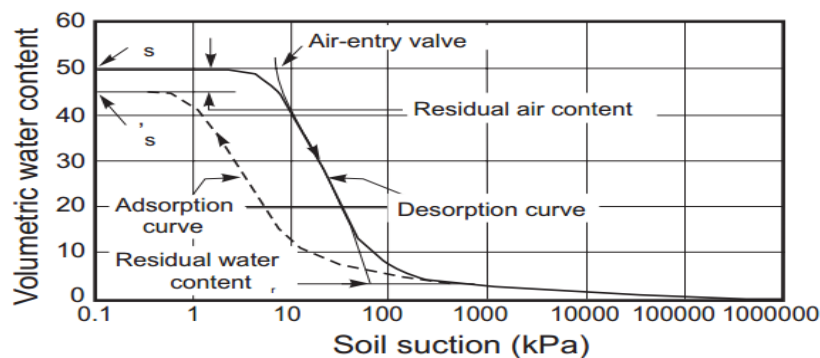


ภาพที่ 1 ภาพจำลองส่วนประกอบของดิน Unsaturated Soil

ที่มา : Fredlund and Rahardjo (1993)

น้ำที่อยู่ในมวลดินสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ Free water, Capillary water และ Hygroscopic water โดยที่ Free water เป็นน้ำในมวลดินที่พบใน Macropore สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระตลอดทั้งมวลดินด้วยแรงดึงดูดของโลก ส่วน Capillary water เป็นน้ำที่อยู่ใน Micropore ไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกได้ต้องใช้แรงที่มากกว่า Macropore น้ำส่วนนี้จะถูกดึงไว้ในดินด้วยแรง Cohesion ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ และ adhesion ซึ่งเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำและอนุภาคเม็ดดิน สำหรับ Hygroscopic water เป็นน้ำที่เกาะอยู่รอบๆ เม็ดดินเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ซึ่งถูกดึงดูดด้วยแรง adhesion

ในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ดินจะมีแรงดึงน้ำ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความชื้นเชิงปริมาตรในดินเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า Soil-Water Characteristic Curve (SWCC) Fredlund and Xing (1994) ได้แสดงความหมายของจุดที่สำคัญของ SWCC ดังภาพที่ 2 เริ่มที่จุด Air-entry เป็นจุดที่แรงดึงน้ำเพิ่มมากขึ้นจนทำให้มีอากาศเข้ามาแทนที่น้ำในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ในมวลดิน Residual water content (θ_r) คือความชื้นในดินที่ต้องใช้แรงดึงน้ำที่สูงมากที่จะนำน้ำออกไปจากดิน ซึ่งประมาณได้จากจุดตัดของเส้น Tangent ที่ลากจากจุดเปลี่ยนโค้ง ค่าความชื้นในดินมีแนวโน้มเข้าใกล้ศูนย์สำหรับดินทุกชนิด โดยที่ค่าแรงดึงน้ำเข้าใกล้ 10^6 kPa



ภาพที่ 2 อธิบายความหมายที่ตำแหน่งต่างๆของ SWCC (Fredlund and Xing, 1994)

3.2 กำลังรับแรงเฉือนของดิน

กำลังรับแรงเฉือนของดิน คือความสามารถในการต้านทานต่อแรงเฉือน (Shear Resistance) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับหน่วยแรงกระทำตั้งฉาก (Normal stress) ตามกฎของ Coulomb ดังนี้

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

โดยที่ τ = กำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear stress)

σ = หน่วยแรงตั้งฉากรวมบนระนาบแรงเฉือน (Normal stress)

c = แรงยึดเหนี่ยวในมวลดิน (Cohesion)

ϕ = มุมเสียดทานภายใน (Internal friction angle)

ในกรณีที่พิจารณาในรูปของหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective stress)

$$\tau' = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (2)$$

โดยที่ τ' = กำลังรับแรงเฉือนประสิทธิผลของดิน

σ' = หน่วยแรงตั้งฉากประสิทธิผลบนระนาบแรงเฉือน ($\sigma - u$)

u = แรงดันน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (Pore water pressure)

c' = แรงยึดเหนี่ยวประสิทธิผลในมวลดิน

ϕ' = มุมเสียดทานภายในประสิทธิผล

สำหรับดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated soil) การเปลี่ยนแปลงความชื้นในมวลดินจะทำให้แรงดึงน้ำ (Matric suction) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย แรงดึงน้ำในมวลดินนี้จะมีความสัมพันธ์ต่อกำลังรับแรงเฉือนของดิน Fredlund et al. (1993) ได้เสนอรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนเนื่องจากแรงดึงน้ำในมวลดิน ดังแสดงในสมการที่ 3

$$\tau' = c' + (\sigma - u_a) \tan \phi' + (u_a - u_w) \tan \phi^b \quad (3)$$

โดยที่ τ' = กำลังรับแรงเฉือนประสิทธิผลของดิน

$(\sigma - u_a)$ = หน่วยแรงตั้งฉากสุทธิบนระนาบแรงเฉือน

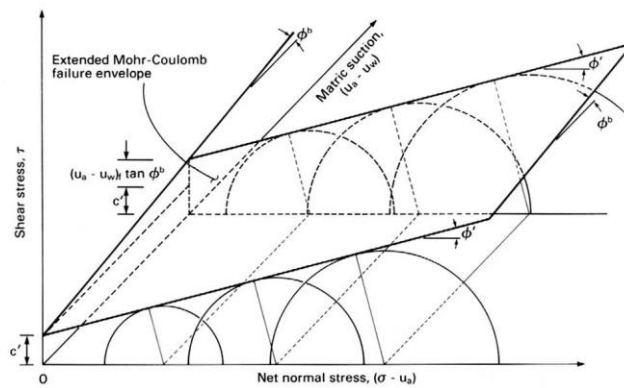
$(u_a - u_w)$ = แรงดึงน้ำในมวลดิน

c' = แรงยึดเหนี่ยวประสิทธิผลในมวลดิน

ϕ' = มุมเสียดทานภายในประสิทธิผล

$\tan \phi^b$ = ความชันของเส้นความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงน้ำในมวลดิน และหน่วยแรงตั้งฉากสุทธิบนระนาบแรงเฉือน

การเพิ่มกำลังรับแรงเฉือนสามารถแสดงในรูปของพื้นที่ผิวพิบัติ 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 3 ค่าแรงดึงน้ำในมวลดินจะลดลงเมื่อความอิ่มตัวด้วยน้ำของดินเพิ่มขึ้น และกลายเป็นศูนย์เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

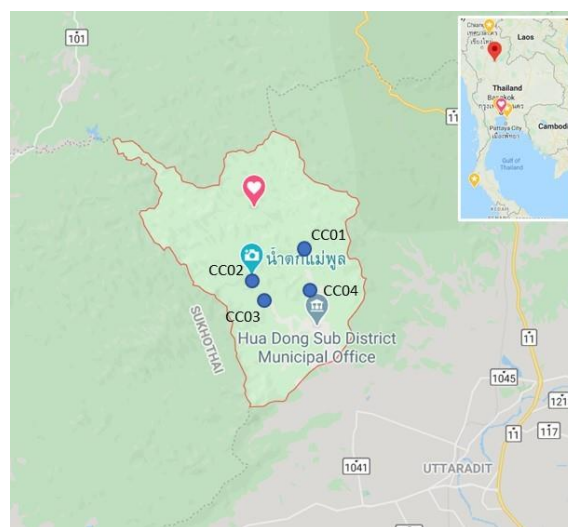


ภาพที่ 3 Mohr-Coulomb failure envelope สำหรับดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ที่มา : Fredlund and Rahardjo (1993)

4 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้มุ่งศึกษาดินในกลุ่มที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม ซึ่งได้แก่ ดินจำพวก Residual Soil ซึ่งจะให้ดินที่มีส่วนผสมของดินมวลหยาบกับดินมวลละเอียด เช่นดินจำพวก Silty Sand, Clayey Sand, Silt และ Sandy Clay เป็นต้น โดยได้เก็บดินจากพื้นที่ที่เคยมีประวัติการเกิดแผ่นดินถล่ม คือ ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ โดยเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 4 พื้นที่ คือ CC01 CC02 CC03 และ CC04 ดังภาพที่ 4 นำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ ทดสอบการหาขนาดคละของเม็ดดิน (Sieve Analysis) และ การจำแนกดินระบบ Unified Soil Classification (ASTM Designation D-2487) ค่าความถ่วงจำเพาะ ทดสอบหาความสัมพันธ์ SWCC ของดินตัวอย่างที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน เพื่อสร้างความสัมพันธ์ ระหว่างความชื้นของดิน แรงดึงดูดน้ำของดิน และอัตราส่วนช่องว่างในดิน และทำการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน Direct Shear Test (ASTM D3080) โดยแปรผันค่าอัตราส่วนโพรงที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4 พื้นที่ศึกษา ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

5 ผลและวิจารณ์

5.1 ผลการทดสอบตัวอย่างดิน

พบว่าดินตัวอย่าง CC01 เป็นดินทรายสีน้ำตาลเข้มที่มีขนาดคละกันไม่ดี SP ดินตัวอย่าง CC02 CC03 และ CC04 เป็นดินทรายสีแดงเหลืองมีขนาดคละกันดี SW ค่าความถ่วงจำเพาะของดินทั้ง 4 ตัวอย่าง ประมาณ 2.61-2.63 จึงแบ่งดินเป็น 2 กลุ่ม คัดเลือก CC01 เป็นตัวแทนของ SP และ CC03 เป็นตัวแทนของกลุ่ม SW ซึ่งพบว่าค่าความชื้นธรรมชาติจากดินตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่ คือ CC01 = 28.31 % และ CC03 = 14.62 % โดยใช้เป็นความชื้นควบคุมในการบดอัดดินในการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงเฉือนตรงของดิน

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น ปริมาตร และแรงดึงดูดน้ำของดิน

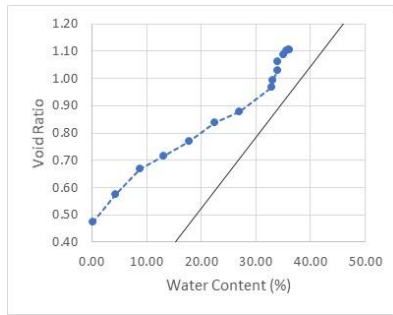
ดิน CC01 และ CC03 โดยแต่ละกลุ่มมี 3 ตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างทดสอบในท่อพลาสติก ทรงกระบอกอัดแน่นที่ความหนาแน่นธรรมชาติ แขน้ำจนกระทั่งเกิดการบวมตัวสูงสุดจากนั้นปล่อยให้แห้งและเกิดการหดตัวจนกระทั่งปริมาตรคงที่ แล้วทำการให้น้ำพร้อมทั้งวัดปริมาตร และวัดแรงดึงดูดน้ำ จนกระทั่งปริมาตรคงที่อีกครั้ง ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 5 และ 6 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับอัตราส่วนโพรง และความชื้นในดินกับแรงดึงดูดน้ำของดิน จากการทดสอบพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินและอัตราส่วนโพรงมี 3 ส่วน โดยส่วนแรกอัตราส่วนโพรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความชื้น ส่วนที่สองอัตราส่วนโพรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยที่ความชื้นคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และส่วนสุดท้ายความชื้นเพิ่มขึ้นต่ออัตราส่วนโพรงไม่เพิ่มหรือเพิ่มเล็กน้อย

ตัวอย่าง CC01 อัตราส่วนโพรงเพิ่มขึ้นตามความชื้นจนกระทั่งดินมีความชื้นประมาณ 34% อัตราส่วนโพรงจะเพิ่มขึ้นโดยที่ความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนดินมีอัตราส่วนโพรงประมาณ 1.1-1.2 หลังจากนั้นความชื้นในดินเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยโดยที่อัตราส่วนโพรงไม่เพิ่มขึ้นอีกความชื้นสูงสุดประมาณ 37% ในส่วนของแรงดึงดูดน้ำจะพบว่าที่ความชื้นประมาณ 34% จะมีค่าน้อยมากเนื่องจากความชื้นเข้าใกล้จุดอิ่มตัว

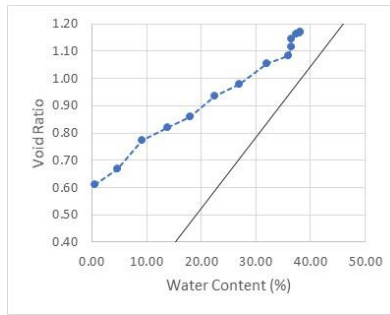
สำหรับตัวอย่าง CC03 อัตราส่วนโพรงเพิ่มขึ้นตามความชื้นจนกระทั่งดินมีความชื้นประมาณ 28% อัตราส่วนโพรงประมาณ 0.9 หลังจากนั้นความชื้นในดินเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยโดยที่อัตราส่วนโพรงไม่เพิ่มขึ้นอีกโดยมีแนวโน้มเข้าสู่จุดอิ่มตัว ในส่วนของแรงดึงดูดน้ำไม่มีจุดเปลี่ยนแปลงชัดเจนเหมือน CC01 แต่จะมีแนวโน้มลดลงโดยความชื้นคงที่ที่ 28%

พฤติกรรมที่ต่างกันระหว่าง CC01 กับ CC03 เนื่องจากเป็นดินต่างชนิดกัน พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่างกัน พบว่าดินตัวอย่าง CC01 จะมีการขยายตัวในแนวความสูงมากกว่าแนวรัศมี โดยความสูงของดินตัวอย่างจะเพิ่มกว่าความสูงเริ่มต้นก่อนที่การขยายตัวด้านข้างจะเท่ากับขนาดของท่อ ดังภาพที่ 7ก.- 7ค.

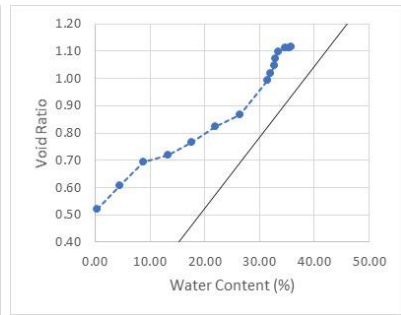
พฤติกรรมการขยายตัวของดิน CC03 พบว่าการขยายตัวในแนวรัศมีมากกว่าแนวความสูง โดยการขยายตัวด้านข้างจะถึงขอบท่อนก่อนที่ความสูงของดินตัวอย่างจะเพิ่มถึงความสูงเริ่มต้น ดังภาพที่ 7ง.- 7ฉ. เนื่องจากดิน CC01 มีอัตราส่วนโพรงสูงกว่า มีการหดขยายตัวที่มากกว่า CC03 จากการทดสอบอัตราส่วนโพรงสูงสุดสำหรับ CC01 ประมาณ 1.1-1.2 และ CC03 ประมาณ 0.9



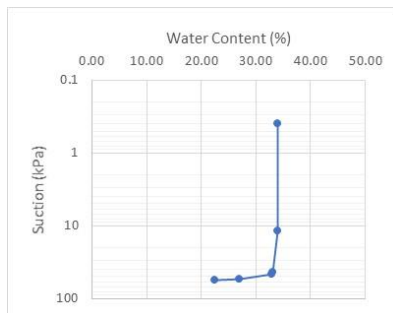
ก. ตัวอย่าง CC01-1



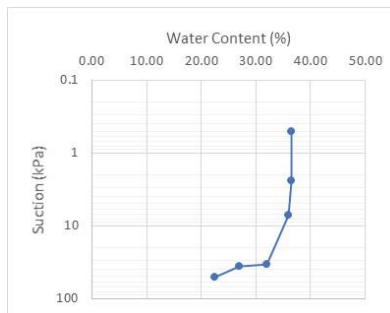
ข. ตัวอย่าง CC01-2



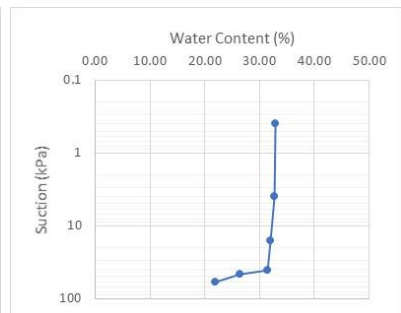
ค. ตัวอย่าง CC01-3



ก. ตัวอย่าง CC01-1



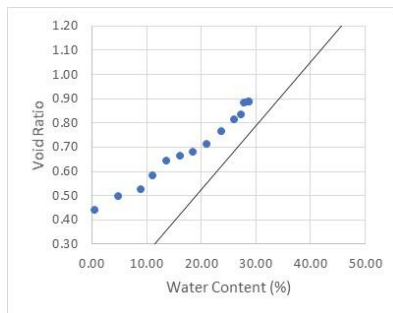
ข. ตัวอย่าง CC01-2



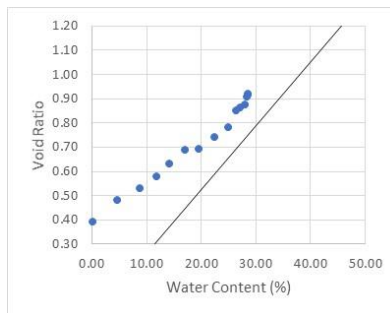
ค. ตัวอย่าง CC01-3

ภาพที่ 5 ผลการทดสอบการหดขยายตัว การตรวจวัดแรงดึงดูดของดินตัวอย่าง CC01

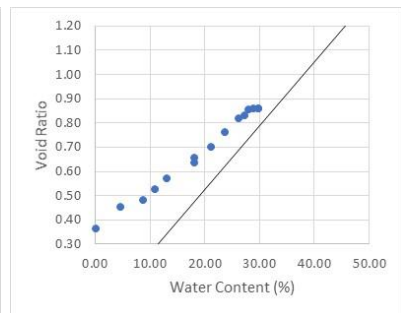
จากการทดสอบพบว่าความชื้นของดิน มีความสัมพันธ์กับแรงดูดน้ำ และการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ถ้าดินมีความชื้นมากแรงดูดจะน้อยปริมาตรจะขยายสูงสุด ถ้าความชื้นของดินน้อยแรงดูดจะมาก ปริมาตรจะหดตัว



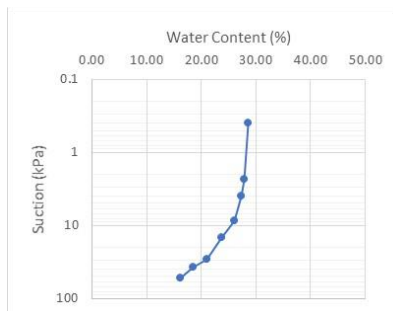
ก. ตัวอย่าง CC03-1



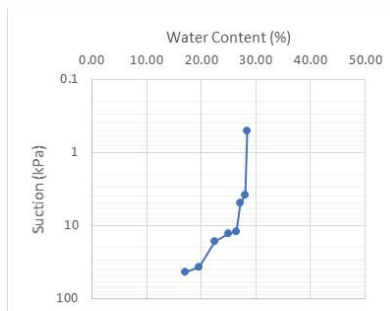
ข. ตัวอย่าง CC03-2



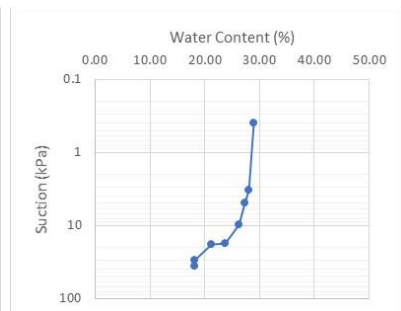
ค. ตัวอย่าง CC03-3



ก. ตัวอย่าง CC03-1

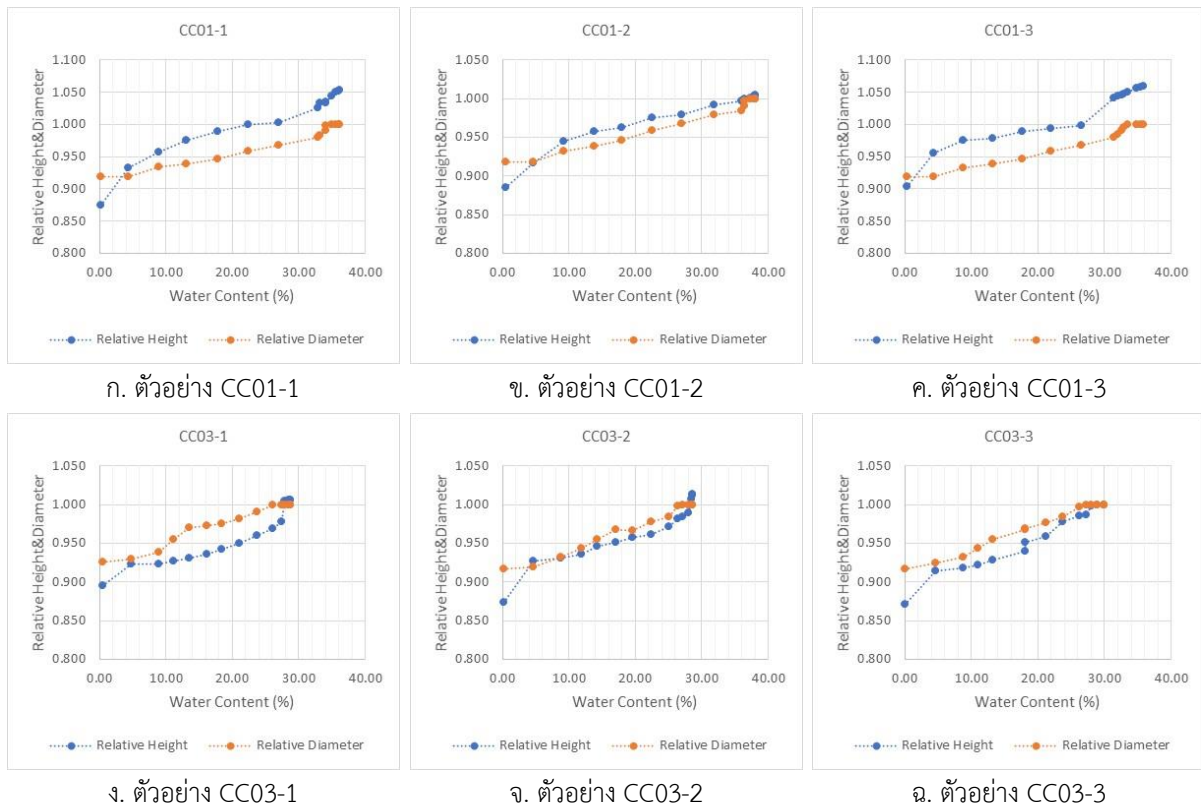


ข. ตัวอย่าง CC03-2



ค. ตัวอย่าง CC03-3

ภาพที่ 6 ผลการทดสอบการหดยาวตัว การตรวจวัดแรงดึงดูดของดินตัวอย่าง CC03



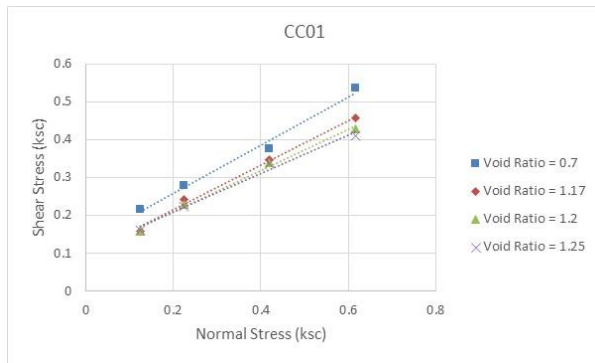
ภาพที่ 7 สัดส่วนการขยายตัวแนวสูงและแนวรัศมี

5.3 ผลการทดสอบกำลังกำลังแรงเฉือน

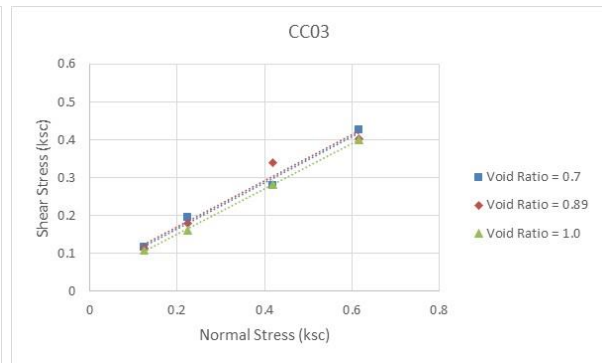
ตัวอย่าง CC01 ทำการทดสอบที่ อัตราส่วนโพรง 0.7, 1.17, 1.20 และ 1.25 ที่ความชื้น 28.31%
ตัวอย่าง CC03 ทำการทดสอบที่ อัตราส่วนโพรง 0.7, 0.89 และ 1.0 ที่ความชื้น 14.62 ตามลำดับ

ผลการทดสอบพบว่าค่า Cohesion มีค่าใกล้เคียงกันโดย ตัวอย่าง CC01 ซึ่งเป็นดินทรายที่มีขนาด
คละไม่ตี (SP) มีค่า Cohesion ประมาณ 0.1-0.12 ksc และ CC03 เป็นดินทรายที่มีขนาดคละดี (SW)
ประมาณ 0.3-0.4 ksc ดังแสดงในภาพที่ 8ก. และ 8ข. ส่วนค่ามุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle)
มีแนวโน้มลดลงตามค่าอัตราส่วนโพรงที่เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่าง CC01 ช่วงอัตราส่วนโพรงระหว่าง 0.7 – 1.16 มุม
เสียดทานภายในมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยจาก 32° ลงมาเป็น 31° หลังจากนั้นแนวโน้มลดลงในอัตราที่มาก
ขึ้น โดยที่อัตราส่วนโพรง 1.25 มีมุมเสียดทานภายในประมาณ 27° ดินตัวอย่าง CC03 ดำเนินการทดสอบ
ในช่วงอัตราส่วนโพรงระหว่าง 0.7 – 1.0 มุมเสียดทานภายในลดลงในอัตราที่ต่ำกว่า CC01 จาก 31.4° เป็น
 31° ดังแสดงในภาพที่ 9ก. และ 9ข.

เมื่อคำนวณค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัย(F.S) ของดิน SP โดยใช้วิธีลาดดินอนันต์ (Infinite slope method) และวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินโดยใช้วิธี Bishop's simplified โดยเปรียบเทียบเมื่อค่ามุมเสียดทานภายในลดลงจาก 31 องศาเป็น 28 องศา ในพื้นที่ลาดดินที่มีความชันประมาณ 25 -35 องศา จะทำให้แฟกเตอร์ความปลอดภัย (F.S) มีค่าลดลงประมาณ 10 – 15%

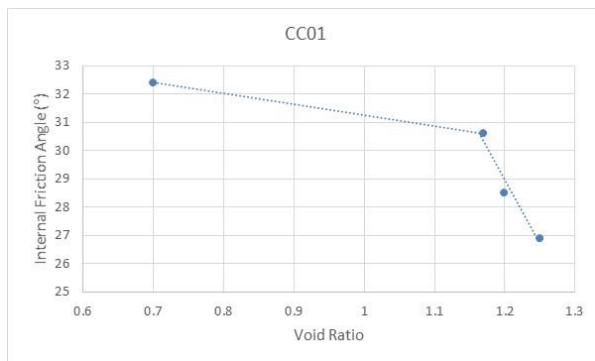


ก. ดินตัวอย่าง CC01

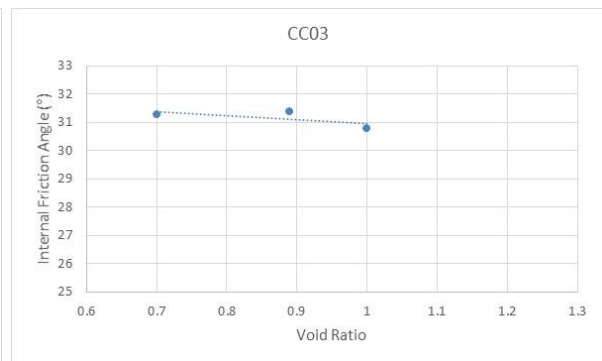


ข. ดินตัวอย่าง CC03

ภาพที่ 8 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินโดยวิธี Direct Shear Test



ก. ดินตัวอย่าง CC01



ข. ดินตัวอย่าง CC03

ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนโพรงและมุมเสียดทานภายใน

6 สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าดินที่นำมาทดสอบเป็นดินทรายที่มีขนาดละเอียด (SP) และดินทรายที่มีขนาดกลาง (SW) โดยที่ดินทรายที่มีขนาดละเอียดเมื่อรับความชื้นมากขึ้นจะมีอัตราส่วนขยายตัวแนวความสูงเพิ่มขึ้นมากกว่าอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงแนวนอน ซึ่งส่วนขยายในแนวความสูงนี้พบว่าจะมีขนาดความสูงมากขึ้นกว่าเดิมหรือมีช่องว่างในแนวความสูงมากขึ้นและสามารถขยายตัวจนมีค่าอัตราส่วนโพรงมากกว่า 1.1 แต่ทั้งนี้ผลการทดสอบในดินทรายที่มีขนาดละเอียดเมื่อรับความชื้นมากขึ้นจะมีอัตราส่วนขยายตัวแนวความสูงน้อยกว่า

อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงแนวรัศมี เมื่อดินรับความชื้นจนส่วนขยายแนวรัศมีขยายตัวเต็มที่หรือเท่ากับขนาดเดิม ส่วนขยายความสูงจะขยายตัวตามจนมีขนาดความสูงใกล้เคียงกับความสูงเดิมหรือมีช่องว่างในแนวความสูงเท่าเดิม โดยที่อัตราส่วนโพรงสุดท้ายมีค่าน้อยกว่า 1.0 เมื่อดินมีอัตราส่วนโพรงระหว่าง 0.7-1.0 มุมเสียดทานภายในของดินทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง มีความใกล้เคียงกันโดยมีการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่ในดิน SP จะมีอัตราส่วนโพรงสูงสุดประมาณ 1.1 – 1.2 ซึ่งทำให้มุมเสียดทานภายในมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อคำนวณเสถียรภาพของลาดดิน SP พบว่าค่าแฟกเตอร์ความปลอดภัยจะลดลง 10 -15 %

7 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทดสอบ

8 เอกสารอ้างอิง

วรากร ไม้เรียง และคณะ, 2546. การพัฒนาแผนหลักการจัดการภัยธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, มิถุนายน 2546.

อรินิติ โชติสังภาศ, วิษณุพงศ์ พอลิละ, 2551. การพัฒนาเครื่องมือวัดศักยภาพแรงดันน้ำในดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กุมภาพันธ์ 2551.

Abramson, W.L., L.S. Thomas, S. Sunil and B.M. Glenn. 1996. Slope stability and stabilization method. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Bloom, A.L. 1998. Geomorphology-A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landform, 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey.

Brand, E., (1985). "Geotechnical Engineering in Tropical Residual Soils" (Special Lecture), Proceedings 1st International Conference on Geomechanics in Tropical Lateritic and Saprolitic Soils, Brasilia, Vol. 3, pp. 23-91.

Brooks, R. H., and A. T. Corey. 1964. Hydraulic properties of porous media. Hydrologic papers #3, Colorado State University., Fort Collins, Colorado.

Campbell, G. S. 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. Soil Science, Vol. 117, pp. 311-314.

Fredlund, D.G. and A. Xing. 1994. Equation for the soil-water characteristic curve. Canadian Geotechnical Jour. vol. 31, No. 3, pp.521-532.

Fredlund, D.G. and H. Rahardjo. 1993. Soil mechanics for unsaturated soil. John Wiley & Sons, Inc., New York.