

หน่วยที่ 14

การทดลองแรงอัดแกนเดี่ยว (Unconfined Compression Test)

1



2



3



¹ ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552

² ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552

³ ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552



หน่วยที่ 14

การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)

หัวข้อเรื่อง

- 14.1 สภาพดินตัวอย่างไม่มีการอัดตัวคายน้ำและไม่มีการระบายน้ำ
- 14.2 ขอบข่ายการทดลองแรงอัดแกนเดียว
- 14.3 ใบบางขั้นการทดลองแรงอัดแกนเดียว
- 14.4 การคำนวณจากผลการทดลองแรงอัดแกนเดียวจากการทดลอง

สาระสำคัญ

การทดสอบแรงอัดดินโดยปราศจากแรงด้านข้าง เพื่อหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Uc) โดยไม่มีแรงดันด้านข้างมากกระทำต่อผิวตัวอย่างดิน ชนิดดินเหนียว ในดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวอ่อนปานกลาง กำลังของดินส่วนใหญ่ มักเกิดจากความเหนียว การทดลองแรงอัดแกนเดียวเป็นวิธีการหาค่าประมาณของความเหนียวของดิน โดยวิธีง่ายซึ่งทำได้ สะดวกและรวดเร็ว การทดลองแบบนี้ไม่สามารถหาค่ามุมเสียดทานภายในได้ เนื่องจากการทดลองนี้จะทำแบบเร็วและน้ำยังไม่มีโอกาสระบายไปได้ โดยปกติจะเป็นดินอิมตัว และค่ามุมเสียดทานมีค่าเป็นศูนย์ และค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินเท่ากับครึ่งหนึ่งของความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุดของดินแบบไม่ถูกจำกัด ซึ่งได้จากการทดลองนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้

- เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้วนักศึกษาสามารถ
1. บอกลักษณะของพฤติกรรมของดินตัวอย่างที่ถูกกดได้
 2. อธิบายการทดลองแรงอัดแกนเดียวได้
 3. ปฏิบัติการทดลองแรงอัดแกนเดียวได้
 4. คำนวณผลการทดลองแรงอัดแกนเดียวได้



บทนำ⁴

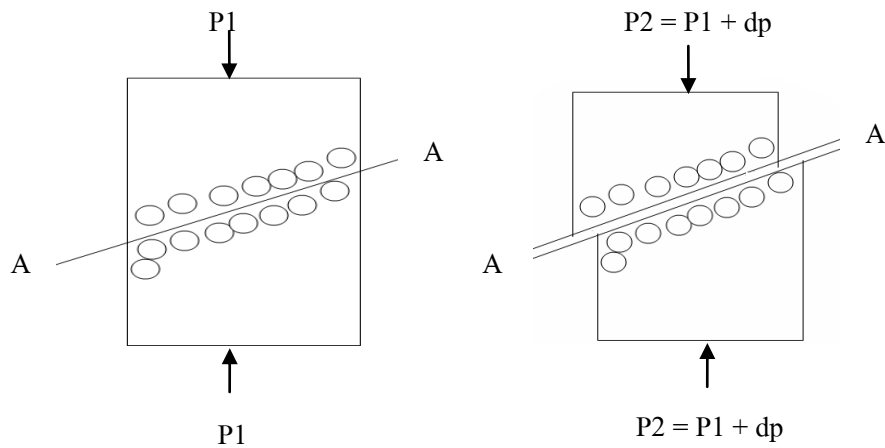
ความแข็งแรงหรือกำลังของดินทั่วไป จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือดินไม่มีแรงเหนียวนำซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้า-เคมีระหว่างเม็ดดิน แรงเสียดทานซึ่งเกิดจากการขัดตัวระหว่างเม็ดดิน และความฝืดระหว่างผิวของเม็ดดิน ส่วนการทดสอบแท่งดินชนิดมีแรงเหนียวนำ โดยไม่มีวัสดุอื่นใดมาห่อหุ้มแท่งดินตัวอย่าง ให้นำดินตัวอย่างมาเข้าเครื่องทดสอบแบบธรรมดา ซึ่งได้ถูกทดสอบมานานแล้ว และต่อมาก็เป็นที่ยอมรับกันว่า การที่นำแท่งดินมาทดสอบแบบนี้สามารถที่จะหาความต้านทานแรงเฉือนของดินโดยประมาณได้อย่างรวดเร็ว จากการเขียน Mohr' s Circle หรือ จากการคำนวณอย่างง่าย ๆ ค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินประเภทมีแรงเหนียวนำ คือแรงยึดเหนียวระหว่างเม็ดดินนั่นเอง ซึ่งใช้สัญลักษณ์เป็นตัว (c) ดินจำพวกมีแรงเหนียวนำได้แก่ดินเหนียว เมื่อดินได้รับแรงกดจะเกิดความเค้นขึ้นที่ผิวสัมผัส ถ้าดินอยู่ในสภาพหลวมจะทำให้ดินจับตัวกันแน่น ลดช่องว่างระหว่างเม็ดดินลง แต่ถ้ามีแรงเพิ่มขึ้นอีกจนกระทั่งไม่มีช่องว่างของเม็ดดินเหลืออยู่ หรือแรงกระทำเพิ่มมากอย่างรวดเร็วจนทำให้พื้นที่สัมผัสระหว่างเม็ดดินเพิ่มขึ้นไม่ทัน ก็จะทำให้เกิดแรงสักรีขึ้นภายในมวลดินนั้น ดินก้อนอยู่ในสถานะที่ไม่สมดุล ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ จะทำให้มวลดินเกิดการพิบัติ และระนาบของการพิบัติเรียกว่าระนาบการเลื่อนไหล

ความแข็งแรงเฉือนของดิน คือค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ดินจะทนได้ ประกอบด้วย

ก. แรงยึดเหนียวระหว่างเม็ดดินเป็นแรงยึดเหนียวหรือแรงยึดเกาะที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น เกิดจากแรงดึงดูดของประจุไฟฟ้า การเกาะต่อเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี เรียกสมบัติของดินนี้ว่าดินมีความเชื่อมแน่น

ข. แรงเสียดทานเพื่อต้านทานการเคลื่อนที่ระหว่างเม็ดดิน แรงต้านทานส่วนนี้เรียกว่า แรงเสียดทานภายในจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงกดที่กระทำกับมวลดิน และวัดค่าได้ด้วยค่ามุมเสียดทานของดินภายใน

⁴ พานิช วุฒิพิทยุทธ์. ปรุพิทกลศาสตร์ขั้นสูง. หน้า 297.

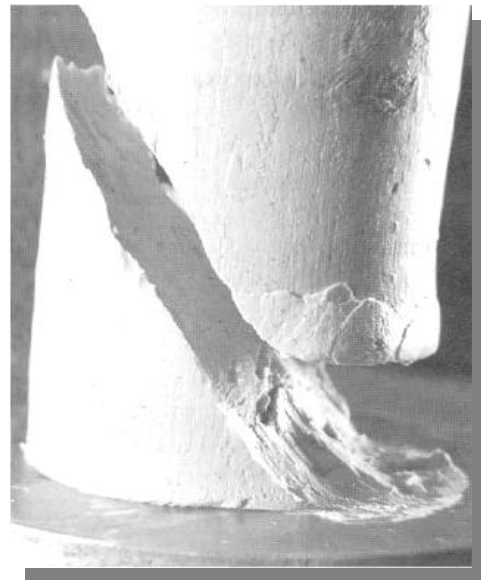
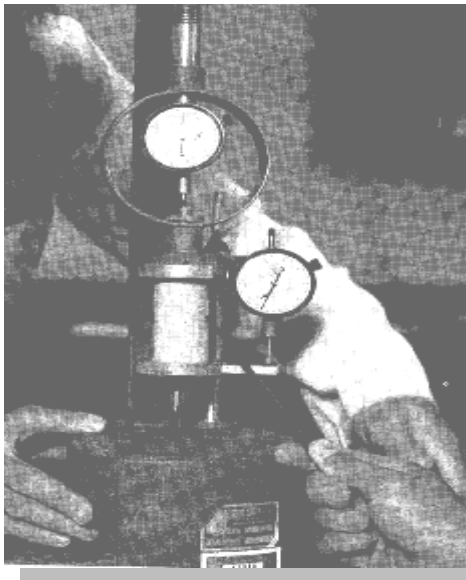


ก. ทรายสภาพหลวมเริ่มต้น

ข. ทรายสภาพแน่นเริ่มต้น

รูปที่ 14.1 แรงกดกระทำที่ทำให้เกิดแรงเฉือนบนระนาบ A-A⁵

จากรูป ก. แรงกระทำกับมวลดิน แรงต้านทานของดินเกิดจากการเรียงตัวของมวลดิน จากรูป ข. เมื่อเพิ่มแรง แรงต้านทานของดินจะเกิดขึ้นในระนาบที่มีความต้านทานการเคลื่อนตัวน้อยสุด จะเกิดการวิบัติ แรงต้านทานต่อการเฉือนบนระนาบ A-A ได้จากผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินกับแรงต้านทานการเคลื่อนตัว



รูปที่ 14.2 แสดงแรงกดกระทำที่ทำให้เกิดแรงเฉือนของตัวอย่างดินเหนียว⁶

⁵ พานิช วุฒิพฤกษ์. เอกสารคำสอนวิชาปฐพีกลศาสตร์ขั้นสูง. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. หน้า 296

⁶ Bardet, J. P., Experimental Soil Mechanics, 1997 หน้า 417

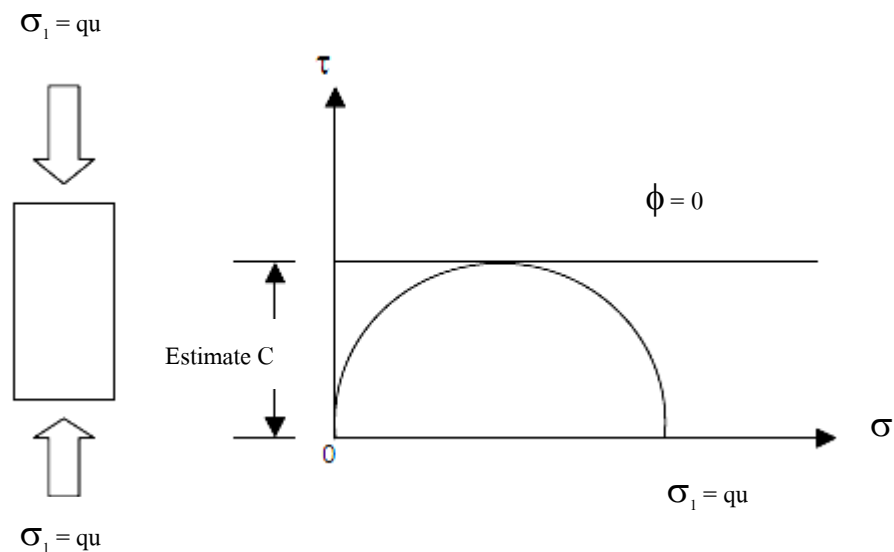


14.1 สภาพดินตัวอย่างไม่มีการอัดตัวคายน้ำและไม่มีการระบายน้ำ

การทดลอง UC. นี้เป็นการทดลองแบบไม่มีการอัดตัวคายน้ำ และไม่มีการระบายน้ำ นิยมใช้กับการทดลองกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินเหนียวอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยความดันรอบข้างมีค่าเป็นศูนย์ แรงในแนวตั้งกระทำต่อดินตัวอย่างอย่างรวดเร็ว การทดลองนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่จะหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่คายน้ำ S_u . โดยถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในมวลดินในระหว่างการทดลอง โดยวิธีการทดลองแบบนี้ไม่สามารถหาค่ามุมเสียดทานภายใน (มุม ϕ) ได้ เนื่องจากการทดลองนี้จะทำแบบเร็ว และน้ำยังไม่มีโอกาสระบายออกไปได้ ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของหน่วยแรงกดสูงสุดคือ $\frac{S_u}{2}$ เมื่อ S_u คือกำลังต้านทานแรงกดแบบ UC. และในบางครั้งจะใช้

สัญลักษณ์เป็นตัว (c) ก็จะมีค่าเท่ากับ $c = qu / 2$

เมื่อ $qu =$ ความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุดของดินแบบไม่ถูกจำกัด



รูปที่ 14.3 แสดง สถานะ Stress โดย Mohr's Circle⁷

ผลที่ได้ก็คือค่า cohesion โดยประมาณของดินนั้น

⁷ ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552



$$\text{Estimate } C = \frac{\sigma}{2} \dots\dots\dots(14.1)$$

$$\text{หรือ} = \frac{F_{v(\max)}}{2A_c} \dots\dots\dots(14.2)$$

การหาค่าความต้านทานแรงเฉือนดินโดยวิธีนี้ ค่าที่ได้เป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น ไม่ใช่ค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าวิธีการทดสอบมีข้อบกพร่องบางประการ เช่น

1. แรงดันด้านข้างของดินตัวอย่างที่นำมาทดลองไม่มี จึงทำให้คุณสมบัติแตกต่างไปจากเดิมเมื่ออยู่ตามธรรมชาติและความชื้นในดินอันเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงดึงผิว ซึ่งจะทำให้แรงที่ขีดรอบ ๆ แท่งตัวอย่างสูญเสียไป (ถ้าภายในห้องทดลองไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ)
2. สภาพภายในของดิน (ค่าขีดความอึดตัวภายใต้สภาวะที่รับน้ำหนักระหว่างทดสอบ, และผลของการเปลี่ยนแปลงค่าขีดความอึดตัวที่ไม่สามารถควบคุมได้)
3. แรงเสียดทานระหว่างดินกับโลหะที่ปลายทั้งสองข้าง ของแท่งทดลองซึ่งทำให้เกิดแรงดันด้านข้างที่ปลายทั้งสองข้าง ทำให้ความเค้นภายในเปลี่ยนแปลงไปและไม่สามารถทราบได้

การทดลองแบบ UC. เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดลองดินประเภทดินเหนียว เพราะสามารถทำได้รวดเร็วและประหยัด ค่าที่ออกมาค่อนข้างจะเป็นค่าที่มีความปลอดภัยสูงกว่าที่หาได้จากวิธีการอื่นเมื่อนำค่านั้นมาใช้งาน

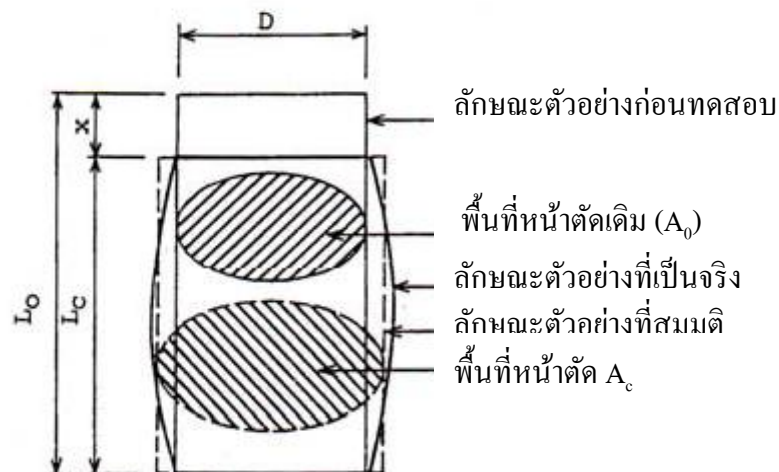
14.2 ขอบข่ายการทดลองแรงอัดแกนเดียว

เป็นการทดลองสำหรับดินตัวอย่างคงสภาพและตัวอย่างดินไม่คงสภาพ การทดลองแบบนี้คล้ายลักษณะกับการทดสอบคอนกรีต โดยตัวอย่างดินเหนียวถูกวางในเครื่องอัด ทำการวัดความเค้นและความเครียดจนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติ การทดลอง UC. ทำได้สองวิธีคือ แบบ Stress Control และแบบ Strain Control วิธีที่นิยมใช้กันมากคือ Strain Control เพราะทำได้ง่ายกว่า ในการทดลองการรับแรงอัดของแท่งดินตัวอย่างเราจะควบคุม Strain ในอัตรา 0.5 – 2 เปอร์เซ็นต์/นาทีก (ถ้าแท่งดินมีความยาว 50 มม. และต้องการควบคุม Strain ที่ 1 % ก็หมายความว่าให้ดินรับแรงอัดแล้วเกิดการยุบตัวลงในอัตรา 0.5 มม./นาทีก) และทดลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดที่ต้องการทราบหรือจุดที่ดินวิบัติ



การทดลอง UC. นั้น ดินตัวอย่างจะไม่มีอะไรห่อหุ้มและทดลองในห้องที่มีสภาพแห้ง ดังนั้นการทดลองจะต้องทำให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่น้อยที่สุด (10 นาที) เพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินจะทำให้ค่าความต้านทานต่อแรงกดเพิ่มขึ้น ตัวอย่างดินที่นำมาทดลองจะทำการทดลองจนกระทั่งน้ำหนักที่ตกลงบนตัวอย่างลดลง หรือทดลองจนถึง 20 % Strain

เมื่อดินรับน้ำหนักกด ดินจะหดสั้นเข้าและโป่งออกทางข้าง พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงก็มากขึ้น ดังนั้นในทางปฏิบัติเราจำเป็นต้องมีการปรับค่าพื้นที่หน้าตัดของดิน ทั้งนี้เพื่อให้เหมือนกับสภาพที่ดินในสนามรับน้ำหนักจริงๆ นอกจากนี้การปรับพื้นที่ให้มากขึ้นยังช่วยลดค่าของ Stress เมื่อแรงที่มากกระทำมีค่ามากขึ้น ทำให้ความปลอดภัยมากกว่าที่เราจะใช้พื้นที่หน้าตัดเดิมตลอดเวลา วิธีปรับพื้นที่หน้าตัดของดินจะใช้หลักการคงตัวของปริมาตรดินคือให้พื้นที่หน้าตัดเดิม (A_0) โตขึ้น ความยาวเดิม (L_0) จะลดลง แต่ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นในตอนเริ่มทดลองดินมีพื้นที่หน้าตัด A_0 ความยาว L_0 ปริมาตร VT ของดินในตอนเริ่มต้นคือการทดลอง UC. ความยาวของแท่งตัวอย่างดินกำลังพอเหมาะ แท่งตัวอย่างอยู่ระหว่างแผ่นรองสองแผ่นซึ่งรับน้ำหนักจากเครื่องกดถ่ายให้ดิน พร้อมด้วยหินพรุน 2 แท่งสอดแทรกขวางระหว่างดินกับแผ่นรอง แรงกดจะกระทำตามแนวแกน Y ที่ละน้อย ๆ และทำให้ดินยุบตัวลงทีละน้อย ๆ เป็นสัดส่วนกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นบันทึกระยะการหดตัวของดินและน้ำหนักที่กระทำเป็นระยะจนกระทั่งดินถึงจุดวิบัติ (สังเกตจากน้ำหนักที่กดจะลดลงแต่ดินก็ยังคงยุบตัวต่อไปอีก) นำค่าที่บันทึกไว้มาคำนวณหาค่า A_c และค่า q_u พร้อมกับเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Stress และ Strain



รูปที่ 14.4 แสดงลักษณะของเมื่อตัวอย่างดินเหนียวรับแรงกด⁸

⁸ ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ก.ค. 2552



มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ D 2166-00 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil

14.3 ใบงานชิ้นการทดลองแรงอัดแกนเดียว

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>14.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้ 2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้ 3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้ 4) สามารถคำนวณหาค่าแรงอัดแกนเดียวได้ <p>14.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) อุปกรณ์อัดดินตัวอย่าง 2) เครื่องดันตัวอย่างดินออกจากกระบอกล 3) มาตรฐาน วัดละเอียดถึง 0.01 มม. หรือ 0.001 นิ้ว 4) แผ่นน้ำหนัก 5) อุปกรณ์แต่งตัวอย่าง + เลื่อยเส้นลวด 6) เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม 7) เวอร์เนีย 8) กระป๋องอบดิน 9) เตาอบ 		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปรฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 14.5 แสดงเครื่องมือทดสอบแรงอัดแกนเดียว รูปที่ 14.6 แสดงอุปกรณ์แต่งตัวอย่าง



รูปที่ 14.7 แสดง เลื่อยเส้นลวดตกแต่งตัวอย่าง รูปที่ 14.8 แสดงมาตรวัด 0.01 มม.

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปรฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ก.ค. 2552



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สัปดาห์ที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>14.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง</p> <p>1) ตัวอย่างดินเหนียว</p> <p>14.3.4 แบบฟอร์ม</p> <p>1) ตารางที่ 14.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง</p> <p>2) ตารางที่ 14.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดในแนวดิ่งกับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง</p> <p>14.3.5 ขั้นตอนการทดลอง</p> <p>1) ตัวอย่างดินเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 3 ซม. อัตราส่วนระหว่างความสูงของดินตัวอย่างต่อเส้นผ่าศูนย์กลางควรมีค่าระหว่าง 2 ถึง 2.5</p> <p>2) ถ้าเป็นตัวอย่างดินเป็นคงสภาพ ซึ่งเป็นดินที่ได้จากการเก็บดินจากกระบอกบาง หลังจากตัวอย่างดินออกจากกระบอกบางแล้ว ตัดแต่งตัวอย่างดินให้ได้ขนาดตามต้องการ หุ้มด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลง ก่อนการทดลองให้เก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้น</p> <p>3) ถ้าเตรียมตัวอย่างดินแบบไม่คงสภาพ ปั้นดินตัวอย่างให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้ และปริมาณความชื้นเท่ากับดินตัวอย่างคงสภาพ หลังจากนั้นให้ชั่งน้ำหนัก วัดความสูงและวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของดินตัวอย่าง</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>4) วางดินตัวอย่างให้อยู่กึ่งกลางของแผ่นฐานของอุปกรณ์</p> <p>5) ตัดตั้งมาตรวัดการหดตัว และมาตรวัดที่อยู่ในวงแหวนวัดแรง</p> <p>6) เริ่มการกดตัวอย่างโดยอัตราการกดคงที่ (การเคลื่อนที่แนวตั้งของเครื่องให้อยู่ในช่วง 0.02 ถึง 0.1 นิ้วต่อนาที ปกติใช้ 0.05 นิ้วต่อนาที) ตามความเหมาะสมในช่วงอ่านต่างๆกันเมื่อแรงกดถึงจุดสูงสุดนั้นคือถึงจุดวิบัติหรือจุดสูงสุดของกำลังดิน</p> <p>7) บันทึกข้อมูลจากวงแหวนวัดแรงทุกๆการหดตัว 0.005 นิ้ว ของตัวอย่าง(อาจจะใช้ 0.002 นิ้ว ในกรณีตัวอย่างเป็นดินเปราะ)</p> <p>8) เมื่อแรงในวงแหวนวัดแรงเพิ่มขึ้น ไปสูงสุดแล้วเริ่มจะลดลง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดสูงสุดของกำลังของดิน ให้ยังคงอ่านผลต่อไปจนเห็นแนวเฉือน บนตัวอย่างได้ชัดเจน ในบางกรณีที่ไม่มียอเฉือนปรากฏชัด เช่น ตัวอย่างดินเปลี่ยนแปลงสภาพ ให้ทดสอบจนการหดตัวถึงประมาณ 20% ของความสูงของตัวอย่าง</p> <p>9) บันทึกความชื้นของดินตัวอย่างก่อนทดลองและหลังทดสอบ</p> <p>10) วาดรูปหรือถ่ายรูปในส่วน of ตัวอย่างดินที่วิบัติ พร้อมแสดงมุมของระนาบการวิบัติ</p> <p>14.3.6 การรายงาน</p> <p>1) เขียนกราฟแสดงหน่วยแรงกดของตัวอย่างดินกับการหดตัว หากำลังสูงสุดของหน่วยแรงกด σ_{max} เราเรียกว่า Unconfined Compressive Strength, (U.C.S.)</p> $C = \frac{U.C.S}{2} = \frac{SU}{2} \dots\dots\dots(14.3)$		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>2) หาอัตราส่วนของค่า U.C.S ของตัวอย่างดินคงสภาพกับ U.C.S ของตัวอย่างดินไม่คงสภาพ</p> $\text{Sensitivity} = \frac{\text{U.C.S ของตัวอย่างดินคงสภาพ}}{\text{U.C.S ของตัวอย่างดินไม่คงสภาพ}} \dots\dots\dots(14.4)$		
<p>14.3.7 ข้อควรระวัง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) การทดลองนี้ต้องบันทึกข้อมูลดินตัวอย่างให้ชัดเจน เส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูงเริ่มต้น น้ำหนักของดินตัวอย่าง หากเตรียมตัวอย่างดินไม่ได้ขนาดจะทำให้ผลของการทดลองคลาดเคลื่อน 2) ในบางกรณีที่ไม่มียอยเลื่อนปรากฏชัดเจนเมื่อแรงกดถึงจุดสูงสุด ให้ทดลองจนการหดตัวถึงประมาณ 20% ของความสูงของตัวอย่างดิน 		
<p>14.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ</p> <p>ก่อนเริ่มทดสอบจะต้องตรวจสอบการติดตั้งตัวอย่างและเครื่องมือดังนี้ เป็นกคของเครื่องจะต้องสัมผัสตัวอย่างพอดี, มาตรฐานสำหรับวัดหัดตัวและมาตรฐานแรงในวงแหวนวัดแรง ให้ตั้งอยู่ที่ศูนย์, ในกรณีที่เครื่องทดสอบเป็นแบบมือหมุน ผู้ทดสอบจะต้องซ้อมหมุนให้ได้อัตราตามต้องการ(ในขณะที่ยังไม่มีตัวอย่างดิน)</p> <p>วิธีการทดลองแบบแรงอัดแกนเดียวเป็นการทดลองไม่เหมือนสภาพความเป็นจริงตามธรรมชาติ การทดลองที่ได้จึงเป็นค่าโดยประมาณ จะใช้การทดลองนี้กับดินเหนียวเท่านั้น สามารถปฏิบัติการทดลองได้รวดเร็ว ประหยัด ทดลองได้ทั้งดินเหนียวคงสภาพ และดินเหนียวเปลี่ยนสภาพ ความไวของดินเหนียวมีผลต่องานปฏิบัติงานฐานราก หากได้จากอัตราส่วนของผลการทดลองดินเหนียวคงสภาพกับดินเหนียวเปลี่ยนสภาพ ค่าความไวของดินเหนียวทั่วไปประมาณ 2-4 ถ้ามากกว่า 4 จะต้องหาทางป้องกันไม่ให้ดินเหนียวถูกกระทบกระเทือน</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15		หน่วยที่ 14					
วิชา ปรุพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 18					
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)		จำนวน 4 ชั่วโมง					
14.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง								
ตารางที่ 14.1 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวตั้งกับหน่วยแรงกดในแนวตั้ง								
เส้นผ่าศูนย์กลาง 7.29 ซม.		พื้นที่หน้าตัด 41.739 ซม. ²						
ความยาว 14.78 ซม. ²		ปริมาตรดิน 616.907 ซม. ³						
น้ำหนักตัวอย่าง 1,221.4 กรัม								
Proving Ring No: 24691			Load Dial: 1 unit 0.3154					
การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัด แก้ว	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้นต่อ ซม. ²
0	0	0	0	0	41.74	0	0.00	0
20	4	0.2	0.001	0.135	41.80	1.26	56.14	1.34
40	9	0.4	0.003	0.271	41.85	2.84	126.30	3.02
60	12	0.6	0.004	0.406	41.91	3.78	168.39	4.02
80	19	0.8	0.005	0.541	41.97	5.99	266.62	6.35
100	21	1	0.007	0.677	42.02	6.62	294.69	7.01
120	24	1.2	0.008	0.812	42.08	7.57	336.79	8.00
140	26	1.4	0.009	0.947	42.14	8.20	364.85	8.66
160	29	1.6	0.011	1.083	42.20	9.15	406.95	9.64



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15		หน่วยที่ 14					
วิชา ปฐพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 18					
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)		จำนวน 4 ชั่วโมง					
<p>ตารางที่ 14.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง</p>								
การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัด แก้ว	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้นกดต่อ ซม. ²
180	33	1.8	0.012	1.22	42.25	10.41	463.08	10.96
200	36	2	0.014	1.35	42.31	11.35	505.18	11.94
250	45	2.5	0.017	1.69	42.46	14.19	631.47	14.87
300	54	3	0.020	2.03	42.60	17.03	757.77	17.79
350	64	3.5	0.024	2.37	42.75	20.19	898.09	21.01
400	74	4	0.027	2.71	42.90	23.34	1038.42	24.21
450	84	4.5	0.030	3.04	43.05	26.49	1178.75	27.38
500	93	5	0.034	3.38	43.20	29.33	1305.04	30.21
550	102	5.5	0.037	3.72	43.35	32.17	1431.34	33.02
600	112	6	0.041	4.06	43.51	35.32	1571.67	36.13
650	120	6.5	0.044	4.40	43.66	37.85	1683.93	38.57
700	129	7	0.047	4.74	43.81	40.69	1810.22	41.32
750	138	7.5	0.051	5.07	43.97	43.53	1936.52	44.04



รหัส 3106-2010		ใบงานที่ 15		หน่วยที่ 14				
วิชา ปฐพีกลศาสตร์				สอนครั้งที่ 18				
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว		ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)		จำนวน 4 ชั่วโมง				
<p>ตารางที่ 14.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง</p>								
การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัด แก้ว	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้นต่อ ซม. ²
800	144	8	0.054	5.41	44.13	45.42	2020.71	45.79
850	152	8.5	0.058	5.75	44.29	47.94	2132.98	48.16
900	160	9	0.061	6.09	44.45	50.46	2245.24	50.52
950	166	9.5	0.064	6.43	44.61	52.36	2329.43	52.22
1,000	171	10	0.068	6.77	44.77	53.93	2399.60	53.60
1,100	182	11	0.074	7.44	45.10	57.40	2553.96	56.63
1,200	192	12	0.081	8.12	45.43	60.56	2694.28	59.31
1,300	202	13	0.088	8.80	45.76	63.71	2834.61	61.94
1,400	209	14	0.095	9.47	46.11	65.92	2932.84	63.61
1,500	217	15	0.101	10.15	46.45	68.44	3045.10	65.55
1,600	223	16	0.108	10.83	46.81	70.33	3129.30	66.86
1,700	229	17	0.115	11.50	47.16	72.23	3213.50	68.13
1,800	234	18	0.122	12.18	47.53	73.80	3283.66	69.09

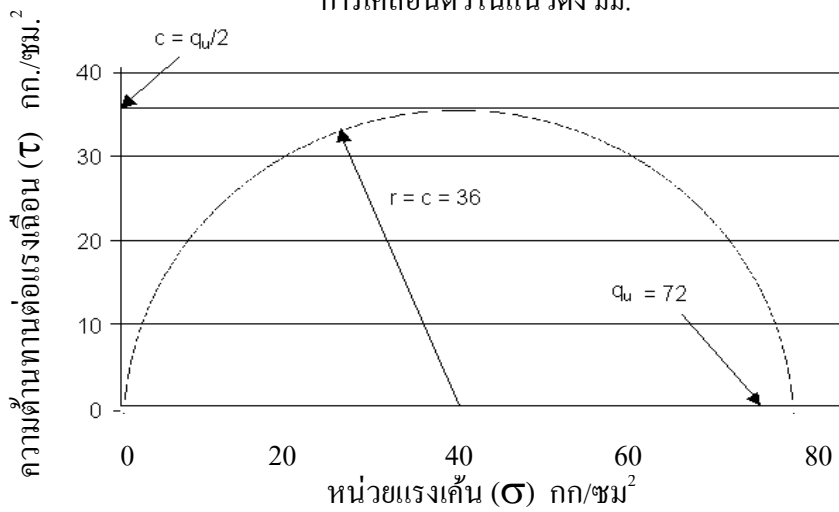
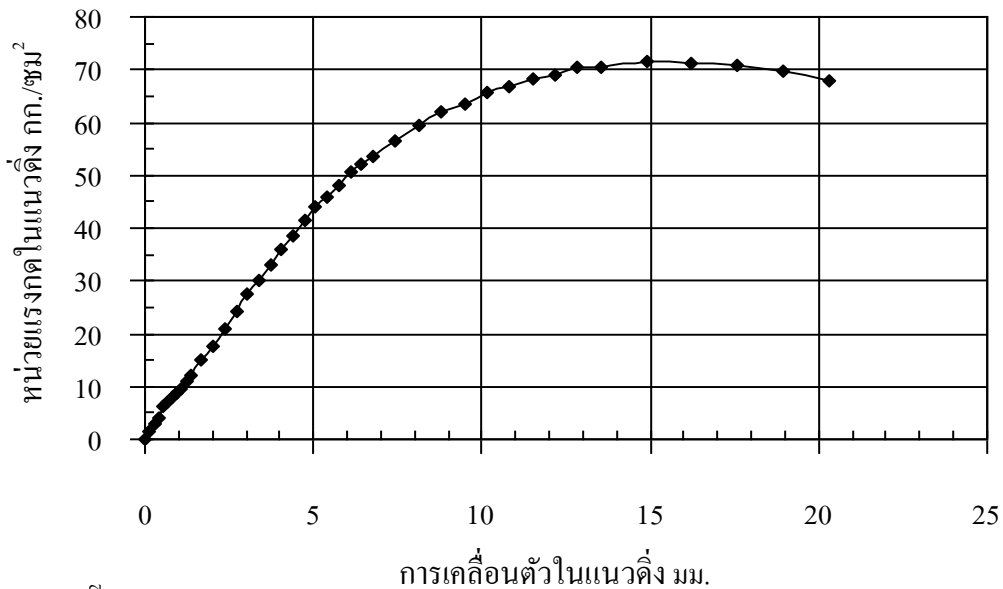


รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15		หน่วยที่ 14					
วิชา ปรุพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 18					
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)		จำนวน 4 ชั่วโมง					
<p>ตารางที่ 14.1 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งกับหน่วยแรงกดในแนวดิ่ง</p>								
การเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว มม.	ความเครียด	% ความเครียด	พื้นที่หน้าตัด แก้ว	น้ำหนักปอนด์	น้ำหนัก กก.	ความเค้น กก.ต่อ ซม. ²
1,900	240	19	0.129	12.86	47.90	75.70	3367.86	70.32
2,000	243	20	0.135	13.53	48.27	76.64	3409.95	70.64
2,200	250	22	0.149	14.88	49.04	78.85	3508.18	71.54
2,400	253	24	0.162	16.24	49.83	79.80	3550.28	71.25
2,600	255	26	0.176	17.59	50.65	80.43	3578.35	70.65
2,800	256	28	0.189	18.94	51.49	80.74	3592.38	69.76
3,000	254	30	0.203	20.30	52.37	80.11	3564.31	68.06



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 15	หน่วยที่ 14
วิชา ปรุพีกลศาสตร์		ตอนที่ 18
ชื่อหน่วย การทดลองแรงอัดแกนเดียว	ชื่องาน การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 14.2 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดในแนวตั้งกับการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง



รูปที่ 14.9 แสดงวงกลมของโมร์



14.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองแรงอัดแกนเดียว

1) คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินตลอดแท่งตัวอย่าง

$$A_0 = \frac{A_1 + 2A_2 + A_3}{4} \dots\dots\dots(14.5)$$

เมื่อ A_0 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินเฉลี่ย
 A_1 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินด้านบน
 A_2 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินตรงกลาง
 A_3 = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดินด้านล่าง

2) หาพื้นที่หน้าตัดดินตัวอย่าง

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \dots\dots\dots(14.6)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดิน
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางตัวอย่างดินในตำแหน่งที่พิจารณา

3) หาพื้นที่หน้าตัดดินตัวอย่างที่เปลี่ยนไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความสูงของตัวอย่างดินในระหว่างการทดสอบ

$$A_s = \frac{A_0}{(1-\epsilon)} \dots\dots\dots(14.7)$$

เมื่อ ϵ = อัตราส่วนระหว่างการหดตัวอย่างต่อความสูงของตัวอย่างเดิม ($\epsilon = \Delta V/L$)
 A_s = พื้นที่หน้าตัดดินตัวอย่างขณะที่มีการหดตัว
 L = ความสูงของตัวอย่างดิน
 ΔV = ระยะการหดตัว

4) คำนวณหาแรงกดบนตัวอย่างดิน

$$\sigma_v = \frac{(P.R)K}{A_s} \dots\dots\dots(14.8)$$



$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } \sigma_v &= \text{หน่วยแรงกดในแนวตั้ง} \\ P.R &= \text{ค่าที่อ่านได้จาก Proving Ring} \\ K &= \text{ค่าคงที่ของ Proving Ring} \end{aligned}$$

$$5) \text{ พื้นที่แก้ไข} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง}}{1 - \frac{\text{การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง}}{\text{ความสูงตัวอย่าง}}} \dots\dots\dots(14.9)$$

6) กำหนดหาแรงกดในแนวตั้งจนกระทั่งการทรุดตัวเกิน 20% ของความสูงของตัวอย่าง

7) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาค่าตั้งต้านทานแรงอัดแกนเดียว

ตารางที่ 14.3 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวตั้งกับหน่วยแรงกดในแนวตั้ง

เส้นผ่าศูนย์กลาง	จากการวัด=7.29 ซม.	พื้นที่หน้าตัด	$= \frac{\pi (7.29)^2}{4} = 41.739 \text{ ซม.}^2$	
ความยาวของดิน	จากการวัด =14.78 ซม.	ปริมาตรดิน	$= \frac{\pi (7.29)^2}{4} \times 14.78 = 616.907 \text{ ซม.}^3$	
น้ำหนักตัวอย่าง	จากการชั่งน้ำหนัก =1,221.40 กรัม			
Proving Ring No: หมายเลข 24691		Load Dial: 1 unit ค่าคงที่=0.3154		
การเคลื่อนตัว ในแนวตั้ง	ค่าที่อ่านได้	ดินทรุดตัว (มม.)	ความเครียด (T)	% ความเครียด (T)
จากการอ่าน=0	จากการอ่าน= 0	= 0x0.01= 0.00	$= \frac{0}{14.78 \times 10} = 0$	= 0x100
จากการอ่าน=20	จากการอ่าน= 4	= 20x0.01= 0.20	$= \frac{0.20}{14.78 \times 10} = 0.00135$	= 0.00135x100 = 0.135
จากการอ่าน=40	จากการอ่าน= 9	= 40x.01= 0.4	$= \frac{0.40}{14.78 \times 10} = 0.00271$	= 0.00271x100 = 0.271



ตารางที่ 14.3 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวตั้งกับหน่วยแรงกดในแนวตั้ง

พื้นที่หน้าตัดแก้ไข	น้ำหนัก ปอนด์	น้ำหนัก กิโลนิวตัน	ความเค้น (σ) กก./ชม. ²
$\frac{41.739}{1 - 0} = 41.739$	$= 0 \times 0.3154 = 0.000$	$= 0 \times 44.4918$ $= 0$	$= \frac{0}{41.739} = 0.000$
$\frac{41.739}{1 - 0.00135} = 41.796$	$= 4 \times 0.3154 = 1.262$	$= 1.262 \times 44.491$ $= 56.147$	$= \frac{56.147}{41.796} = 1.343$
$\frac{41.739}{1 - 0.00271} = 41.853$	$= 9 \times 0.3154 = 2.839$	$= 2.839 \times 44.491$ $= 126.309$	$= \frac{126.309}{41.853} = 3.018$

โดยที่กำหนดให้ น้ำหนัก 1 ปอนด์เท่ากับ 4.44918 นิวตัน หรือเท่ากับ 44.4918 กิโลนิวตัน



แบบทดสอบที่ 14 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 14 เรื่อง การทดลองแรงอัดแกนเดียว(Unconfined Compression Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การทดลองแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression test) ใช้กับดินประเภทใด
 - ก. ดินทราย
 - ข. ดินตะกอน
 - ค. หินและกรวด
 - ง. ดินเหนียวคงสภาพ
2. ค่าของ q_u หมายถึงข้อใด
 - ก. ความต้านทานต่อแรงเฉือนสูงสุด
 - ข. ความต้านทานต่อแรงกดสูงสุด
 - ค. ความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุด
 - ง. ความต้านทานต่อแรงอัดแบบสามแกนสูงสุด
3. การทดลองแรงอัด (Unconfined Compression test) มีสองวิธีคือ
 - ก. แบบ Stress Control และแบบ Strain Control
 - ข. แบบแรงอัดแกนเดียว และแบบแรงอัดสามแกน
 - ค. แบบแรงกดอัดในแนวตั้ง และแบบแรงกดอัดด้านข้าง
 - ง. แบบแรงกดอัด และแรงเฉือนในแนวระนาบ
4. กำลังแรงเฉือนมีค่าเท่าใดต่อน้ำหนักกดสูงสุด
 - ก. $\frac{1}{2}$ เท่า
 - ข. 1 เท่า
 - ค. $1 \frac{1}{2}$ เท่า
 - ง. 2 เท่า
5. ถ้าค่าของ q_u มีค่าเท่ากับ 90 กก./ซม.² ค่าความต้านทานแรงเฉือน (c) จะเท่ากับเท่าใด
 - ก. 45 กก./ซม.²
 - ข. 90 กก./ซม.²
 - ค. 180 กก./ซม.²
 - ง. 270 กก./ซม.²



6. กราฟที่ได้ มาจากความสัมพันธ์ระหว่างของ ข้อใด
- หน่วยแรงกดในแนวราบ กับ หน่วยแรงกดในแนวตั้ง
 - หน่วยแรงกดในแนวตั้ง กับ เวลาที่ใช้กด
 - หน่วยแรงกดในแนวราบ กับ เวลาที่ใช้กด
 - หน่วยแรงกดในแนวตั้ง กับ การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง
7. การหยุดทดลองตัวอย่างดินแบบแรงอัดแกนเดียวต่อเมื่อ เป็นข้อใดต่อไปนี้
- เข็มที่ใช้วัดน้ำหนักรู้สึกติดกลับ
 - น้ำหนักที่กระทำอยู่คงที่อย่างน้อย 2 ค่า
 - การยุบตัวของดินเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์
 - น้ำหนักที่ใช้กด สามารถกดเพิ่มได้อีกโดยไม่หยุด
8. ถ้าหน่วยแรงกดมีค่าเท่ากับ 4 กก. พื้นที่รับแรงเท่ากับ 10 ซม.² และอัตราเร่งของมาตรวัดเท่ากับ 0.10 กก./ช่อง หน่วยแรงกดในแนวตั้งจะมีค่าเท่ากับข้อใด
- 40 กก/ซม.²
 - 4 กก/ซม.²
 - 0.40 กก/ซม.²
 - 0.040 กก/ซม.²
9. การทดลองดินแบบแรงอัดแกนเดียว ในบางกรณีที่ดินไม่มีรอยเนื้อเกิดขึ้นเมื่อกดถึงจุดสูงสุด ให้ทดลองตามข้อใด
- เมื่อตัวอย่างดินแตกเป็นสองส่วน
 - เมื่อดินยุบตัวแบนที่สุด
 - จนกระทั่งยุบตัว 20 % ของความสูง
 - หยุดการทดลองได้
10. ถ้าเป็นดินเหนียวอ่อนอิ่มตัวและภายใต้แรงกดที่กระทำในเวลาอันรวดเร็ว $\tan \phi$, จะมีค่าเป็นข้อใด
- จะมีค่ามาก
 - จะมีค่าน้อย
 - จะมีค่าเท่ากับค่าของ τ
 - จะมีค่าเป็นสองเท่าของค่า τ



- คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด
-2.1 การทดลองแรงอัดแกนเดียวเพื่อหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนโดยไม่มีแรงด้านข้างมากระทำ
 -2.2 ถ้าดินมีความอิ่มตัว ค่าของมุมเสียดทานจะเท่ากับศูนย์
 -2.3 ค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของความต้านทานต่อแรงอัดสูงสุดของดินนั้น
 -2.4 การทดลองแรงอัดแกนเดียวสามารถหาค่ามุมเสียดทานได้
 -2.5 Shear Strength คือค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ดินทนได้
 -2.6 Unconfined Compression test เป็นการทดลองแบบไม่มีการอัดตัวคายน้ำ
 -2.7 Unconfined Compression test นิยมใช้ทดลองกับดินประเภท Cohesive Soil
 -2.8 Unconfined Compression test มีการทดลองอยู่ 2 วิธี
 -2.9 มาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง ต้องอ่านได้ละเอียดถึง 0.10 มม.
 -2.10 อัตราส่วนระหว่างความสูงของดินตัวอย่างต่อเส้นผ่าศูนย์กลางควรมีค่าระหว่าง 2 ถึง 2.50 เท่า



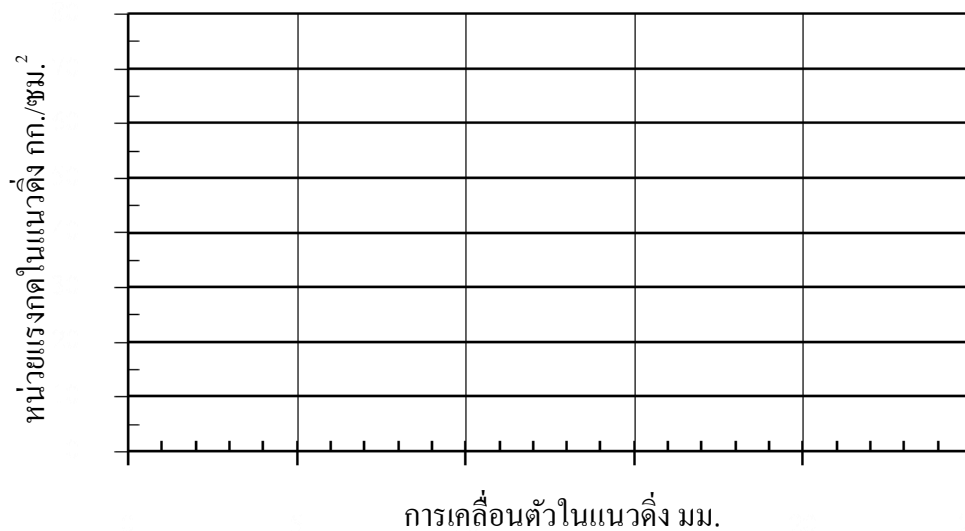
ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดสอบแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยเตรียมตัวอย่างดินเหนียวแบบคงสภาพ 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดสอบแรงอัดแกนเดียว โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

- 1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาแรงอัดแกนเดียวจำนวน 2 ตัวอย่าง
- 2) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนของการทดสอบหาแรงอัดแกนเดียว
- 3) บันทึกการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 14.4
- 4) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวในแนวตั้งกับหน่วยแรงกดในแนวตั้งลงในตารางที่ 14.5
- 5) เขียนรูปวงกลมของโมร์ ในตารางที่ 14.16
- 6) คำนวณหาค่าหน่วยแรงกดสูงสุดและค่าหน่วยแรงเฉือนสูง
- 7) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ



ตารางที่ 14.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดในแนวตั้งกับการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง



ตารางที่ 14.6 แสดงตารางวงกลมของ โมร์

ความต้านทานต่อแรงเค้น (T) กก./ซม.²

หน่วยแรงเค้น (σ) กก./ซม.²