

## หน่วยที่ 13

### การทดลองกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Direct Shear Test)



1



2

<sup>1</sup> [www.siamsafety.com](http://www.siamsafety.com)

<sup>2</sup> [www.chaoprayanews.com](http://www.chaoprayanews.com)



## หน่วยที่ 13

### การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Direct Shear Test)

#### หัวข้อเรื่อง

- 13.1 แรงเฉือนที่เกิดในมวลดิน
- 13.2 ขอบข่ายในการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน
- 13.3 ใบบางขั้นการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน
- 13.4 คำนวณผลการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

#### สาระสำคัญ

คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของดินที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ กำลังหรือความแข็งแรงของมวลดิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการวิเคราะห์หรือออกแบบฐานราก, ผนังกันดิน, เขื่อนดิน และสิ่งก่อสร้างเกี่ยวกับดินและหินอีกหลายอย่าง ทางด้านปฐพีกลศาสตร์ เราถือว่ากำลังของดิน คือ ความสามารถของมวลดินในการรับแรงเฉือน ซึ่งแตกต่างจากเหล็กหรือคอนกรีต ซึ่งพิจารณาแรงดึงหรือแรงอัดเป็นสำคัญ การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนโดยวิธีแรงเฉือนโดยตรง ซึ่งจะเป็นการทดสอบหาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินทรายและดินเหนียวคงสภาพ

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. บอกอธิบายแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินได้
2. อธิบายทฤษฎีของ Mohr Coulomb และ Terzaghi ได้
3. บอกขอบข่ายในการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้
4. ทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้
5. คำนวณผลการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้

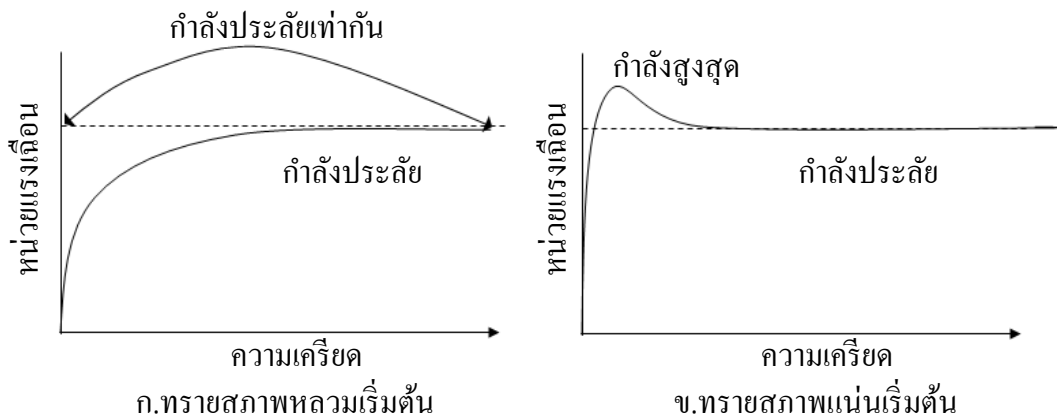


**บทนำ**

ในการออกแบบงานวิศวกรรมฐานรากจำเป็นต้องทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติด้านการรับน้ำหนักบรรทุกของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกำลังความต้านทานแรงเฉือนโดยกำลังของดินคือความสามารถของดินในการต้านทานต่อแรงเฉือนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือ แรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน

สำหรับเม็ดดินชนิดที่ไม่มีความเชื่อมแน่น เช่นกรวด ทราย ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดินจะขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามน้ำหนักที่กดกระทำตั้งฉากกับระนาบแรงเฉือน และสำหรับดินชนิดที่มีความเชื่อมแน่น เช่นดินเหนียว ค่ากำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน จะขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำในดิน ขนาดของเม็ดดินและความหนาแน่นของดิน

ดินแห้งจำพวกไม่มีแรงเหนียวนำ ได้แก่ดินประเภทดินทราย ความหนาแน่นของมวลดินจะเป็นแฟคเตอร์ (factor) ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของตัวอย่างดินในขณะที่ปฏิบัติการเฉือนดิน สำหรับทรายหลวมกำลังต้านทานแรงเฉือนจะค่อยๆ สูงขึ้นระหว่างผิวของเม็ดทราย จนกระทั่งถึงจุดประลัย สำหรับทรายแน่นกำลังต้านทานแรงเฉือนจะเพิ่มขึ้นในอัตราสูง จนกระทั่งมวลดินมีกำลังสูงสุดซึ่งสูงกว่ากำลังประลัยดังรูปที่ 13.1 ก. และรูปที่ 13.1 ข.



**รูปที่ 13.1** แสดงผลการทดสอบตัวอย่างดินแห้ง โดยวิธีแรงเฉือนโดยตรง<sup>4</sup>

<sup>3</sup> สรวุฑ จริตงาม, กลศาสตร์ของดิน, 2545, หน้า 212.

<sup>4</sup> มานะ อภิปพัฒนมนตรี, วิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2543, หน้า 70.

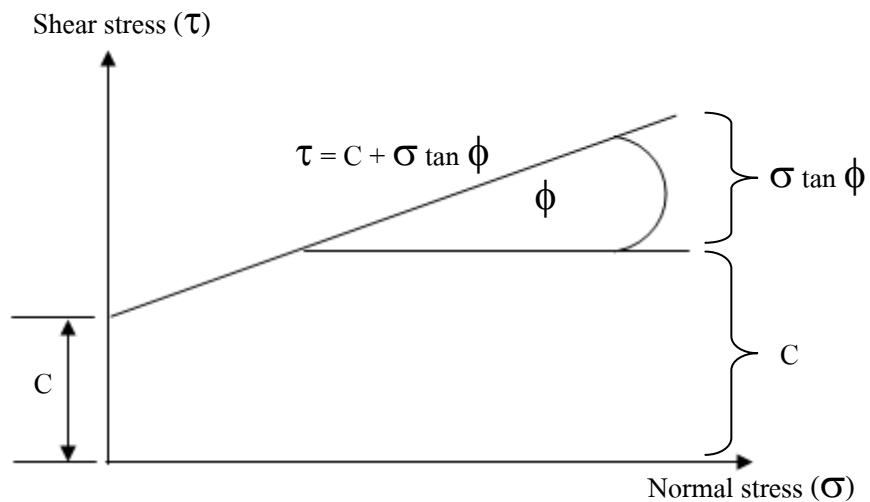


### 13.1 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในมวลดิน

ในปี ค.ศ. 1773 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ คูลอมป์ (Coulomb) ได้คิดความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงตั้งฉากกับผิวสัมผัสที่ระนาบใดๆ ของมวลดินในรูปของสมการเส้นตรงเรียกว่า สมการโมร์-คูลอมป์ (Mohr – Coulomb’s Equation) ซึ่งใช้หาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่จุดพิบัติดังสมการที่ 13.1

$$\tau = C + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(13.1)$$

เมื่อ  $\tau$  = หน่วยแรงเฉือนวิบัติที่ระนาบของการวิบัติ  
 $C$  = หน่วยแรงยึดเกาะ  
 $\phi$  = มุมเสียดทานภายใน



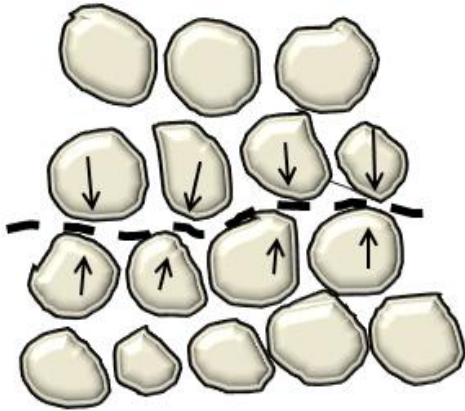
รูปที่ 13.2 กราฟแสดงสมการ โมร์-คูลอมป์<sup>5</sup>

โมร์ คูลอมป์ ได้เสนอทฤษฎีการวิบัติ โดยพิจารณาหน่วยแรงเฉือนวิบัติที่ระนาบของการวิบัติมีความสัมพันธ์กับหน่วยแรงตั้งฉาก ตามสมการที่ 13.2

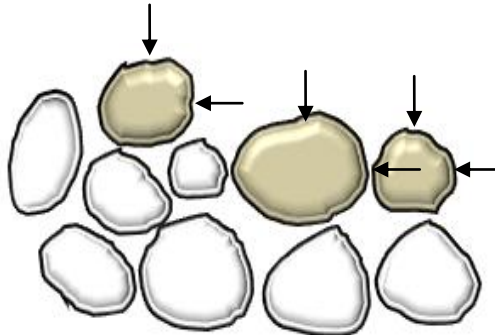
$$\tau = f \cdot \sigma \dots\dots\dots(13.2)$$

เมื่อ  $\tau$  = หน่วยแรงเฉือนวิบัติที่ระนาบของการวิบัติ  
 $\sigma$  = หน่วยแรงตั้งฉากที่ระนาบของการวิบัติ  
 $f$  = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

<sup>5</sup> สรวุฑ จริตงาม, กลศาสตร์ของดิน, 2545, หน้า 122



ก. การเกิดแรงยึดเกาะในเม็ดดิน



ข. การเกิดแรงเสียดทานในดิน



ค. การขัดยัดระหว่างเม็ดดิน

(Particle Interlocking)



ง. ความฝืดของผิวหน้าเม็ดดิน

(Particle Surface Friction)

รูปที่ 13.3 แสดงพฤติกรรมของการเกิดแรงในดิน<sup>6</sup>

ตารางที่ 13.1 แสดงค่าของมุมเสียดทาน ( $\phi$ ) สำหรับดินที่ไม่มีแรงเหนียว<sup>7</sup>

ชนิดดิน	มุมเสียดทานภายใน ( $\phi$ ), องศา	
	สภาพหลวม	สภาพแน่น
ทรายเม็ดกลม ขนาดเม็ดสม่ำเสมอ	27.50	34
ทรายเม็ดเหลี่ยม ขนาดคละกันดี	33	45
กรวดทราย	35	50
ทรายปนตะกอนทราย	27-33	30-34
ตะกอนทรายอนินทรีย์	27-30	30-35

<sup>6</sup> ภาพโดย : มานิต ช่างงาน ก.ค. 2552

<sup>7</sup> สรวุฑ จริตงาม, กลศาสตร์ของดิน, 2545, หน้า 122



เทอร์ซาภิ Terzaghi (1925) ได้พิจารณาถึงค่าความดันของน้ำที่มีต่อค่ากำลังรับแรงเฉือนในเทอมของหน่วยแรงประสิทธิผล (Effective Stress) ตามสมการที่ 13.3

$$\tau' = \sigma' \tan \phi' + C' \dots\dots\dots(13.3)$$

เมื่อ

- $\tau'$  = หน่วยแรงเฉือนประสิทธิผล
- $C'$  = หน่วยแรงยึดเกาะประสิทธิผล
- $\sigma'$  = หน่วยแรงตั้งฉากประสิทธิผล
- $P$  = ความดันน้ำ
- $\phi'$  = มุมเสียดทานประสิทธิผล

ดินจำพวกเสียดทาน เช่น กรวด, ทราย เป็นดินที่ไม่มีหน่วยแรงยึดเกาะ ( $C = 0$ ) จะได้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ 13.4

$$\tau = \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(13.4)$$

เมื่อ

- $\tau$  = หน่วยแรงเฉือน
- $\sigma$  = หน่วยแรงตั้งฉากกับผิวสัมผัส
- $\phi$  = มุมเสียดทาน

ดินจำพวกดินเหนียว เช่น ดินเหนียว หน่วยแรงเสียดทานระหว่างผิวเม็ดดิน เนื่องจากหน่วยแรงตั้งฉากกับพื้นระนาบไม่มี ( $\tan \phi = 0$ ) จะได้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ 13.5

$$\tau = C \dots\dots\dots(13.5)$$

การทดสอบ Direct Shear Test สามารถแบ่งออกได้ 3 แบบคือ

1) Unconsolidated – Undrained Test ( UU. Test ) เป็นลักษณะการทดสอบแบบไม่ให้อตัวอย่างดินยุบอัดตัวคายน้ำออกไปเนื่องจากหน่วยแรงกดที่เกิดจากการใส่น้ำหนัก  $P_n$  ทับลงบนตัวอย่างดิน ก็คือ ไม่ให้ดินมีโอกาสได้คายน้ำออกไป (โดยสังเกตจากเข็มของมาตรวัดแนวตั้งยังไม่หยุดการเคลื่อนที่แต่จะเคลื่อนที่แบบช้ามาก) โดยจะทดสอบทันทีและอีกลักษณะหนึ่งควบคู่กันไปคือ ในขณะที่ทดสอบจะไม่ให้น้ำในตัวอย่างดินระบายออกไป โดยจะปิดทางที่น้ำจะสามารถระบายออกไป



ได้ทั้งหมดและดำเนินการเลื่อน จนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติซึ่งการทดสอบแบบ UU. Test ก็เปรียบเสมือนกับดิน ในธรรมชาติถูกแรงกดจำนวนหนึ่งกระทำทันที โดยดินยังไม่มีโอกาส อัดตัวคายน้ำออกไป การทดสอบแบบนี้สามารถทดสอบได้รวดเร็วกว่า 2 แบบหลังมาก

2) Consolidated – Undrained Test (CU. Test) เป็นลักษณะการทดสอบแบบยอมให้ตัวอย่างดินยุบอัดตัวคายน้ำออกไปได้ เนื่องจากหน่วยแรงกดเหมือนข้อ 1 ก็คือ น้ำหนักกดค้างไว้ จนกระทั่งตัวอย่างดินสิ้นสุดการยุบตัว (โดยสังเกตจากเข็มของมาตรวัดแนวตั้งหยุดการเคลื่อนที่) ซึ่งจะใช้เวลาค่อนข้างนานและเมื่อตัวอย่างดินสิ้นสุดการยุบตัวแล้วจึงจะเริ่มทำการเพิ่มแรงเฉือนต่อไป โดยไม่ให้น้ำในตัวอย่างดินระบายออกไปได้ โดยจะปิดทางระบายของน้ำทั้งหมดและดำเนินการเพิ่มแรงเฉือนจนกระทั่งตัวอย่างดินเกิดการวิบัติ

3) Consolidated – Drained Test (CD Test) เป็นลักษณะการทดสอบแบบยอมให้ตัวอย่างดินยุบอัดตัวคายน้ำออกไปได้ เนื่องจากหน่วยแรงกดเหมือนข้อ 2 และเมื่อตัวอย่างดินสิ้นสุดการยุบตัวแล้วจึงจะเริ่มทำการเลื่อนต่อไปโดยยอมให้น้ำในตัวอย่างดินระบายออกไปได้ โดยจะเปิดทางระบายน้ำทั้งหมดไว้ ซึ่งในขณะที่อยู่บนตัวอย่างดินก็ยังคงอัดตัวคายน้ำออกได้ตลอดเวลา ทำให้การทดสอบแบบนี้ ต้องให้แรงกับตัวอย่างดินแบบช้ามากอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ต้องใช้เวลาอย่างมากในการทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างดินวิบัติ

### 13.2 ขอบข่ายการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

การทดลองนี้เพื่อหาค่าคงตัวของแรงเฉือน Shear Strength Parameter (Angle of Friction,  $\phi$ , Cohesion, (c) ของตัวอย่างดินทราย หรือดินเหนียวคงสภาพ

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 3080-98 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soil Under Consolidated Drained Conditions



### 13.3 ใบงานขั้นตอนการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>13.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้</li> <li>2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้</li> <li>3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินได้</li> <li>4) สามารถคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน</li> </ol> <p><b>13.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เครื่องทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง มีแรงดันมากพอสำหรับตัวอย่างที่จะทดสอบ มีอัตราการกระทำแรงเฉือนพอเหมาะ เป็นแบบหมุนทดสอบด้วยมือ หรือแบบจุดกำลังด้วยไฟฟ้า</li> <li>2) กล่องตัวอย่าง (Shear Box) และอุปกรณ์ของดินเหนียว</li> <li>3) กล่องตัวอย่างและอุปกรณ์ของดินทราย</li> <li>4) มาตรฐานแรงแบบวงแหวนเป็นเครื่องมืออ่านค่าแรงกระทำด้านข้าง ซึ่งสามารถคำนวณเป็นค่าแรงกระทำด้านข้าง โดยหาจากระยะการเคลื่อนที่ที่อ่านได้จากมาตรวัดในวงแหวนวัดแรง</li> <li>5) มาตรวัดใช้วัดละเอียดถึง 0.01 มม. หรือ 0.001 นิ้ว</li> <li>6) แผ่นน้ำหนัก</li> <li>7) อุปกรณ์แต่งตัวอย่าง + เลื่อยเส้นลวด</li> <li>8) เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม</li> <li>9) เวอร์เนีย</li> </ol>		

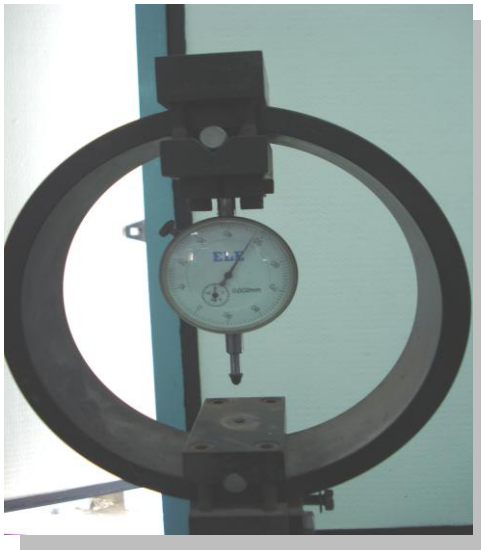




รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สัปดาห์ที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>10) กระจ้อองอบดิน</p> <p>11) เตอบ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
<p><b>รูปที่ 13.4</b> แสดงเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง</p> <p><b>รูปที่ 13.5</b> แสดงกล่องบรรจุตัวอย่าง</p>		
<p>ภาพโดย : มานิต ช่างงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
<p><b>รูปที่ 13.6</b> แสดงเลื่อยเส้นลวดตกแต่งตัวอย่าง</p> <p><b>รูปที่ 13.7</b> แสดงแผ่นน้ำหนัก</p>		
<p>ภาพโดย : มานิต ช่างงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 13.8 แสดงมาตรวัดแรงแบบวงแหวน      รูปที่ 13.9 แสดงมาตรวัด 0.01 มม.

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552

### 13.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- 1) ตัวอย่างดินเหนียว
- 2) ตัวอย่างดินทราย

### 13.3.4 แบบฟอร์ม

- 1) ตารางที่ 13.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวตั้งกับแนวเฉือนในแนวราบ
- 2) ตารางที่ 13.3 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองปริมาณน้ำในดิน
- 3) ตารางที่ 13.4 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนระหว่างแรงในแนวตั้งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปลูกพืชกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>4) ตารางที่ 13.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (<math>\tau</math>) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ (<math>\Delta v</math>)</p> <p><b>13.3.5 ขั้นตอนการทดลอง</b></p> <p>1.1 ตัวอย่างดินพวกไม่มีความเชื่อมแน่นเช่น ทราย</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ให้นำทรายแห้งหรือทรายอมน้ำ (แช่น้ำ 24 ชั่วโมง) ประมาณ 1,000 กรัม</li> <li>2) ให้เตรียมน้ำหนักตามที่ได้จากการคำนวณ โดยคำนวณชุดน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบจำนวน 3 ชุด โดยปกติแล้วจะคำนวณน้ำหนักที่แขวนแล้วทำให้เกิดหน่วยแรงเค้นกระทำกับตัวอย่างดินใน Shear Box ประมาณ 1, 2 และ 4 เท่าของน้ำหนักที่บรรทุก</li> <li>3) สำหรับดินทรายชั่งน้ำหนักของ Shear Box พร้อมอุปกรณ์ประกอบและวัดขนาดหน้าตัดของ Shear Box ที่ใช้ในที่นี้มีขนาดหน้าตัด 10 x 10 เซนติเมตร)</li> <li>4) นำตัวอย่างดินทรายที่จะใช้ในการทดลองประมาณ 250 -300 กรัม</li> <li>5) เตรียมกล่องทดสอบแรงเฉือนโดยการยึดส่วนวงเลื่อนและแท่นยึดเข้าด้วยกันโดยใช้หมุดบังคับแนว นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาทำการบดอัดในกล่องทดสอบแรงเฉือนโดยการโรยแล้วบดอัดหรือเขย่าให้แน่น</li> <li>6) ชั่งน้ำหนักทรายตัวอย่างที่เหลือ เพื่อจะนำไปคำนวณหาความหนาแน่น</li> <li>7) วัดความหนาของตัวอย่างดินโดยให้วัดความหนา 5 – 10 จุดให้ทั่วผิวหน้าตัวอย่างดิน แล้วนำค่ามาเฉลี่ย (ความหนาของตัวอย่างดินหลังบดอัดและปรับผิวหน้า จนเรียบร้อยดีแล้ว จะหนาประมาณ 20 มิลลิเมตร) แล้วจึงวางแผ่นรองยึดตัวอย่างดินแบบมีรูระบายน้ำและ แผ่นเหล็กด้านบนทางด้านบน แล้วจึงตามด้วยน้ำหนักกระทำตามลำดับ ทับบนผิวหน้าของตัวอย่างดิน</li> </ol>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>8) ทำความสะอาด Shear Box โดยใช้แปรงขนอ่อนปิดทรายที่ติดอยู่ออกให้หมดแล้วจึงนำ Shear Box ที่มีตัวอย่างดินบรรจุอยู่เรียบร้อยแล้วไปชั่งน้ำหนัก</p> <p>9) จัดที่แขวนน้ำหนักให้อยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะใส่น้ำหนัก เพื่อทำให้เกิดหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำบนตัวอย่างดิน จัดมาตรวัดระยะในแนวตั้ง มาตรวัดระยะในแนวราบและมาตรวัดแรงแบบวงแหวนที่เลขศูนย์</p> <p>10) นำ Shear Box ใส่ในเครื่องทดสอบ Direct Shear ปรับแกนที่จะให้แรงเฉือน ให้แน่นติดตั้งมาตรวัดแนวราบขนาด 0.001 มม. / Div. เพื่อใช้วัดการเคลื่อนตัวของระยะที่เฉือนตามแนวราบ ทำการใส่แรงกด บนแผ่นเหล็กด้านบนควรใช้น้ำหนักครั้งแรกตามค่าที่คำนวณได้ (ถ้าเป็นการทดสอบแนะนำให้ใช้น้ำหนักครั้งแรกเป็น 4 กิโลกรัม) และติดตั้งมาตรวัดแนวตั้งขนาด 0.001 มม. / Div. เพื่อใช้วัดการเคลื่อนตัวของตัวอย่างดินในแนวตั้ง</p> <p>11) ทำการ Shear ตัวอย่างโดยให้อัตราการเฉือน 0.5 – 2 มิลลิเมตร / นาที ทำการอ่านค่าแรงเฉือนจากมาตรวัดและการเคลื่อนตัวแนวตั้งจากมาตรวัดแนวตั้ง(ค่าที่อ่านได้น้อยกว่าศูนย์มีค่าเป็นลบ) ทุก ๆ การเคลื่อนตัวในแนวราบของ Shear Box ที่เหมาะสม อ่านค่าระยะการเคลื่อนที่ในแนวราบ เช่น 5 , 10 , 20 , 40 , 60 , 80 , 100 , 130 , 160 , 200 , 250 , 300 และ 350</p> <p>12) สิ้นสุดการทดสอบได้ก็ต่อเมื่อตัวอย่างดินวิบัติ ก็คือค่าแรงเฉือนที่อ่านได้จากมาตรวัดมีค่าคงที่หรือลดลงอย่างน้อยสองค่า การเพิ่มแรงเฉือนจะใช้เวลา 3 – 5 นาที ของตัวอย่างทราย และ 5 – 10 นาที ของตัวอย่างดินเหนียว</p> <p>13) หลังจากตัวอย่างดินวิบัติแล้ว ให้นำตัวอย่างดินออกจาก Shear Box แล้วทำความสะอาด Shear Box ให้เรียบร้อย และทำการเตรียมตัวอย่างดินใหม่ของตัวอย่างดินชนิดเดียวกันนี้ โดยดำเนินการทดสอบเหมือนกับขั้นตอน 2 – 5 อีกอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง โดยใส่แรงกด เพิ่มเป็นสองเท่าของครั้งแรกและครั้งต่อไป ซึ่งควรเพิ่มจากเดิมที่ใส่ไปแล้ว 4 กิโลกรัม เป็น 8 กิโลกรัม และ 16 กิโลกรัม ตามลำดับ</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่าลึง ด้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่าลึงด้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>1.2 ตัวอย่างดินเหนียว ดินเหนียวที่ใช้ในการทดสอบแรงเฉือนตรงซึ่งเป็นตัวอย่างในสภาพถูกรบกวนน้อยที่สุด โดยดันออกมาจากกระบอกบางนำมาตัดตกแต่ง</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ชั่งน้ำหนักและวัดพื้นที่หน้าตัดภายในของ Sample Cutter ที่ใช้ในที่นี้มีขนาดหน้าตัด 6 x 6 เซนติเมตร หนาประมาณ 20 มิลลิเมตร</li> <li>2) นำ Sample Cutter ทางด้านคมไปกดลงบนตัวอย่างดิน จนตัวอย่างดินล้นออกมาทางด้านบน ทำการตัดแต่งตัวอย่างดินให้เรียบเสมอบนผิวล่างของ Sample Cutter และขีดตัวอย่างดินที่ติดอยู่บริเวณข้าง ๆ ออกให้หมด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก</li> <li>3) วาง Sample Cutter บน Shear Box ให้พอดีกับช่องที่บรรจุตัวอย่างดิน แล้วนำแท่งกด มากด ลงบนตัวอย่างดินที่อยู่ใน Sample Cutter ให้ตัวอย่างดินค่อย ๆ เคลื่อนลงไป ในช่องบรรจุตัวอย่างดินของ Shear Box จนเรียบร้อย แล้วจึงวางแผ่นฐานรองยึดตัวอย่างดินและหินพรุน ตามด้วยน้ำหนักตามลำดับ มาทับบนผิวหน้าของตัวอย่างดินเหนียว</li> <li>4) ดำเนินการทดสอบเหมือนขั้นตอนที่ 10 และขั้นตอนที่ 11 (ของตัวอย่างดินทราย) ถ้าทดสอบในสภาพอิ่มตัว ก็นำน้ำมาใส่ลงไป ใน Shear Box และทิ้งไว้ในช่วงเวลาหนึ่งที่เหมาะสม เพื่อให้ น้ำกระจายไปทั่วตัวอย่างดิน</li> </ol>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>13.3.6 การรายงาน</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (<math>\tau</math>) กับการเคลื่อนที่ในแนวราบ (<math>\Delta H</math>)</li> <li>กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน (<math>\tau</math>) กับการเคลื่อนตัวในแนวราบ (<math>\Delta V</math>)</li> <li>ค่าหน่วยแรงยึดเกาะกับมุมเสียดทานภายใน</li> <li>เขียน Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด (<math>\sigma</math>) กับหน่วยแรงเฉือน (<math>\tau</math>)</li> </ol> <p><b>13.3.7 ข้อควรระวัง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>การทดสอบแต่ละน้ำหนักรต้องให้ค่าความหนาแน่นของดินเท่ากันทุกตัวอย่าง</li> <li>ขนาดของเม็ดทรายและมวลคละ</li> <li>ต้องปรับค่าเข็มของมาตรวัดทุกครั้งให้เป็นศูนย์ก่อนการทดสอบเสมอ</li> <li>อัตราการเคลื่อนที่ของแรงเฉือนตามแนวราบต้องสม่ำเสมอ</li> </ol> <p><b>13.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ</b></p> <p>เมื่อมวลดินได้รับแรงกระทำไม่ว่าจะเป็นแรงจากภายนอกหรือเนื่องจากน้ำหนักของมวลดินเอง ในระยะแรกจะมีการเคลื่อนตัวเล็กน้อยอยู่ในช่วงของกำลังใช้งานแต่เมื่อมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น การเคลื่อนตัวก็จะสูงขึ้นจนถึงช่วงของกำลังประลัยโดยมีการเคลื่อนของดินส่วนหนึ่งเลื่อนออกจากมวลดินอีกส่วนหนึ่ง ในการวิเคราะห์ว่ามวลดินจะสามารถรับแรงต้านทานได้สูงสุดเท่าใด เช่น ฐานแผ่จะรับน้ำหนักหรือ ลาดของสันเขื่อนได้ชั้นที่สุดเท่าใด จะต้องคำนวณได้จากความแข็งแรงของมวลดิน และการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงนี้มีวิธีการทดสอบหลายวิธี ทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการทดสอบ โดยค่าที่ได้ในห้องปฏิบัติการหากดินถูกกระทบกระเทือนมาก จะทำให้สมบัติในการต้านทานแรงเฉือนคลาดเคลื่อนได้ แต่นิยมทำกันเนื่องเพราะทำได้ง่ายและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการทดสอบในสนาม</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14		หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน		จำนวน 4 ชั่วโมง
13.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง			
ตารางที่ 13.2 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวตั้งกับแรงเฉือนในแนวราบ			
ชนิดของการทดลอง : CU. Test			
วงแหวนวัดแรงหมายเลข :	12,550	Proving Ring Constant (K) kg/div.	0.3862
ขนาดแบบแรงเฉือนเหลี่ยม ซม.	10 x 10	พื้นที่หน้าตัด ซม. <sup>2</sup>	100
ขนาดแบบแรงเฉือนกลม ซม.	6.04	ปริมาตร ซม. <sup>3</sup>	254
ความสูง ซม.	2.54	น้ำหนักดิน กรัม	130.22
น้ำหนักกล่องแรงเฉือน	กรัม 2,100	น้ำหนักกด กก.	15.9
น้ำหนักกล่อง+ดิน	กรัม 2,230	หน่วยน้ำหนักกด กก/ซม. <sup>2</sup>	0.159
การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม. <sup>2</sup> )
10	0	5	1.93
20	-1	7	2.70
30	-1	8	3.09
40	-2	9	3.48
50	-2	10.5	4.06
60	-2	11.5	4.44
70	-2.5	12	4.63
80	-2.5	12.5	4.83



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14		หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่าลึง ด้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่าลึงด้านทานแรงเฉือน		จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>ตารางที่ 13.2 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวดิ่งกับแรงเฉือนในแนวราบ</p>			
การเคลื่อนตัวใน แนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวใน แนวดิ่ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม. <sup>2</sup> )
90	-2	13	5.02
100	-1.5	13.5	5.21
110	-1	14	5.41
120	-1	15.5	5.99
130	-0.8	15	5.79
140	-0.6	15.5	5.99
150	-0.6	16	6.18
160	-0.5	16.5	6.37
170	-0.4	16	6.18
180	-0.3	16	6.18
190	-0.2	15	5.79
200	-5	13	5.02





รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13																												
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17																												
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง																												
<p>ตารางที่ 13.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองปริมาณน้ำในดิน</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)</th> </tr> <tr> <th>ตัวอย่างที่</th> <th>ก่อนทดลอง</th> <th>หลังการทดลอง</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>กระป๋องอบดินหมายเลข</td> <td>A1</td> <td>A1-1</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น (กรัม)</td> <td>185.00</td> <td>180.24</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)</td> <td>133.80</td> <td>131.60</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักของน้ำ (กรัม)</td> <td>51.20</td> <td>48.64</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)</td> <td>30.20</td> <td>30.20</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)</td> <td>103.60</td> <td>101.40</td> </tr> <tr> <td>ปริมาณของน้ำในดิน (%)</td> <td>49.42</td> <td>47.97</td> </tr> </tbody> </table>				ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)			ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง	กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	A1-1	น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น (กรัม)	185.00	180.24	น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	133.80	131.60	น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	51.20	48.64	น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	30.20	น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	103.60	101.40	ปริมาณของน้ำในดิน (%)	49.42	47.97
ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)																														
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง																												
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	A1-1																												
น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น (กรัม)	185.00	180.24																												
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	133.80	131.60																												
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	51.20	48.64																												
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	30.20																												
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	103.60	101.40																												
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	49.42	47.97																												
<p>ตารางที่ 13.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนระหว่างแรงในแนวตั้งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ครั้งที่</th> <th>ปริมาณน้ำในดิน %</th> <th>หน่วยแรงกด กก./ซม.<sup>2</sup></th> <th>หน่วยแรงเฉือน สูงสุด กก./ซม.<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>49.42</td> <td>0.159</td> <td>6.372</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>52.90</td> <td>0.318</td> <td>7.155</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>53.40</td> <td>0.477</td> <td>8.535</td> </tr> </tbody> </table>				ครั้งที่	ปริมาณน้ำในดิน %	หน่วยแรงกด กก./ซม. <sup>2</sup>	หน่วยแรงเฉือน สูงสุด กก./ซม. <sup>2</sup>	1	49.42	0.159	6.372	2	52.90	0.318	7.155	3	53.40	0.477	8.535											
ครั้งที่	ปริมาณน้ำในดิน %	หน่วยแรงกด กก./ซม. <sup>2</sup>	หน่วยแรงเฉือน สูงสุด กก./ซม. <sup>2</sup>																											
1	49.42	0.159	6.372																											
2	52.90	0.318	7.155																											
3	53.40	0.477	8.535																											



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 13.5 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน ( $\tau$ ) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ ( $\Delta v$ )

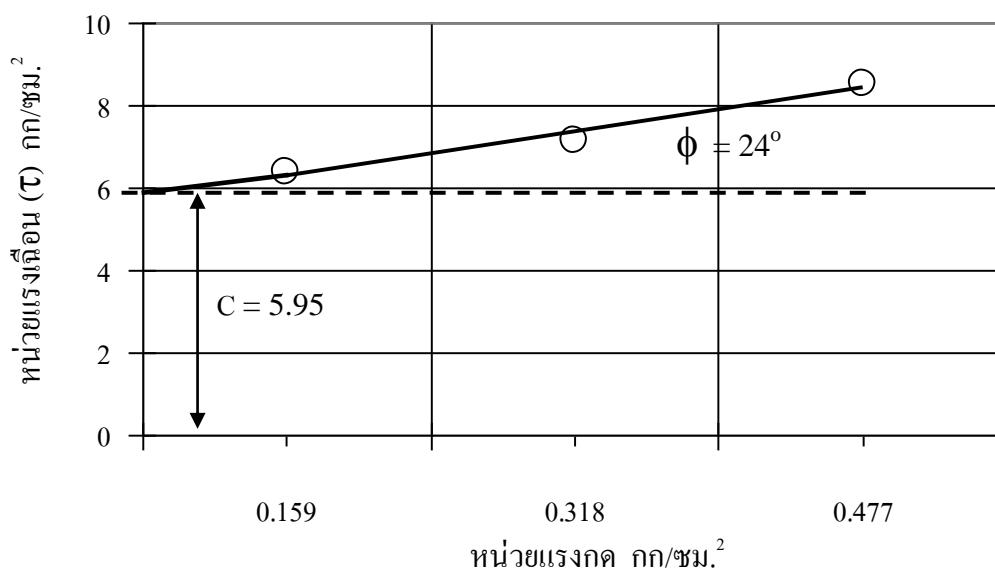
การเคลื่อนตัวในแนวราบ ( $\Delta v$ )	หน่วยแรงเฉือน ( $\tau$ ) กก./ซม.²
0	0
20	2.0
40	3.0
60	4.0
80	4.8
100	5.5
120	6.0
140	6.2
160	6.4
180	6.6
200	6.8
220	7.0
240	7.2
260	7.4
280	7.6
300	7.8
320	8.0
340	8.2
360	8.4
380	8.6
400	8.8
420	8.9
440	9.0
460	9.1
480	9.2
500	9.3
520	9.4
540	9.5
560	9.5
580	9.5
600	9.5



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 14	หน่วยที่ 13
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 16-17
ชื่อหน่วยการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน	ชื่องาน การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 13.6 แสดงตัวอย่างกราฟ Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด ( $\sigma$ ) กับ

หน่วยแรงเฉือน ( $\tau$ )



แรงยึดเกาะ ( $C$ ) = 5.95 กก./ชม.<sup>2</sup>

มุมเสียดทาน ( $\phi$ ) = 24°



### 13.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลองกำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

#### 1) คำนวณหาค่าหน่วยแรงเฉือน (Shearing Stress)

$$\tau = \frac{P \cdot R \cdot K}{A} \dots\dots\dots(13.6)$$

เมื่อ  $\tau$  = หน่วยแรงเฉือน (Shearing Stress)

$P \cdot R$  = ค่าจากมาตรวัดวงแหวน (Proving Ring Reading)

$K$  = ตัวคูณคงที่ของวงแหวน (Proving Ring Constant)

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง (Shearing Area)

#### 2) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน

ตารางที่ 13.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวตั้งกับแรงเฉือนในแนวราบ

ชนิดการทดลอง : CU Test			
วงแหวนวัดแรงหมายเลข :	12,550	Proving Ring Constant (K) kg/div.	0.3862
ขนาดแบบแรงเฉือนเหลี่ยม ซม	10 x 10	พื้นที่หน้าตัด ซม <sup>2</sup>	=10x10 = 100
ขนาดแบบแรงเฉือนกลม ซม	6.04	ปริมาตร ซม <sup>3</sup>	=10x10x2.54 = 254
ความสูง ซม	2.54	น้ำหนักดิน กรัม	=จากการชั่ง =130.22
น้ำหนักกล่องแรงเฉือน กรัม	2,100	น้ำหนักกด กก.	=จากการชั่ง =15.9
น้ำหนักกล่อง+ดิน กรัม	2,230	หน่วยน้ำหนักกด กก/ซม <sup>2</sup>	= $\frac{15.9}{100} = 0.159$
การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก./ซม. <sup>2</sup> )
จากการอ่าน=10	จากการอ่าน=0	จากการอ่าน=5	=5x0.3862=1.93
จากการอ่าน=20	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=7	=7x0.3862=2.70
จากการอ่าน=30	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=8	=8x0.3862=3.09
จากการอ่าน=40	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=9	=9x0.3862=3.48



ตารางที่ 13.7 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวตั้งกับแรงเฉือนในแนวราบ

การเคลื่อนตัวในแนวราบ (x 0.01)	การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (x 0.01)	ค่าที่อ่านจาก Proving Ring (div.)	หน่วยแรงเฉือน (กก/ซม <sup>2</sup> )
จากการอ่าน=50	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=10.5	=10.5x0.3862=4.06
จากการอ่าน=60	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=11.5	=11.5x0.3862=4.44
จากการอ่าน=70	จากการอ่าน=-2.5	จากการอ่าน=12	=12x0.3862=4.63
จากการอ่าน=80	จากการอ่าน=-2.5	จากการอ่าน=12.5	=12.5x0.3862=4.83
จากการอ่าน=90	จากการอ่าน=-2	จากการอ่าน=13	=13x0.3862=5.02
จากการอ่าน=100	จากการอ่าน=-1.5	จากการอ่าน=13.5	=13.5x0.3862=5.21
จากการอ่าน=110	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=14	=14x0.3862=5.41
จากการอ่าน=120	จากการอ่าน=-1	จากการอ่าน=15.5	=15.5x0.3862=5.99
จากการอ่าน=130	จากการอ่าน=-0.8	จากการอ่าน=15	=15x0.3862=5.79
จากการอ่าน=140	จากการอ่าน=-0.6	จากการอ่าน=15.5	=15.5x0.3862=5.99
จากการอ่าน=150	จากการอ่าน=-0.6	จากการอ่าน=16	=16x0.3862=6.18
จากการอ่าน=160	จากการอ่าน=-0.5	จากการอ่าน=16.5	=16.5x0.3862=6.37
จากการอ่าน=170	จากการอ่าน=-0.4	จากการอ่าน=16	=16x0.3862=6.18
จากการอ่าน=180	จากการอ่าน=-0.3	จากการอ่าน=16	=16x0.3862=6.18
จากการอ่าน=190	จากการอ่าน=-0.2	จากการอ่าน=15	=15x0.3862=5.79
จากการอ่าน=200	จากการอ่าน=-5	จากการอ่าน=13	=13x0.3862=5.02



ตารางที่ 13.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินก่อนทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	185.00	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	133.80	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	51.20	$= 185.00 - 133.80 = 51.20$
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	103.60	$= 133.80 - 30.20 = 103.60$
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	49.42	$= \frac{51.20}{103.60} \times 100 = 49.42$

ตารางที่ 13.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินหลังทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	หลังการทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชื้น (กรัม)	180.24	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	131.60	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	48.64	$= 180.27 - 131.60 = 48.64$
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	101.40	$= 131.60 - 30.20 = 101.40$
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	47.97	$= \frac{48.64}{101.40} \times 100 = 47.94$



ตารางที่ 13.10 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนหา  
ระหว่าง แรงในแนวตั้งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำในดิน %	หน่วยแรงกด กก./ซม. <sup>2</sup>	หน่วยแรงเฉือนสูงสุด กก./ซม. <sup>2</sup>
1	จากการทดลอง=49.42	$\frac{15.9}{100} = 0.159$	จากการเลือก ค่าสูงสุด=6.372
2	จากการทดลอง=52.90	$\frac{31.8}{100} = 0.318$	จากการเลือก ค่าสูงสุด=7.155
3	จากการทดลอง=53.40	$\frac{47.7}{100} = 0.477$	จากการเลือก ค่าสูงสุด=8.535



## แบบทดสอบที่ 13 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

## หน่วยที่ 13 การทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน (Direct Shear Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

- องค์ประกอบของกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินคือ
  - แรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน
  - ความพรุนและอัตราส่วนช่องว่าง
  - ความหนาแน่นแห้ง
  - หน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรดิน
- ดินทรายหลวมกำลังรับแรงเฉือนจะมีลักษณะอย่างไร ระหว่างผิวของเม็ดทราย
  - จะค่อยๆ สูงขึ้น
  - จะค่อยๆ ลดลง
  - จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
  - จะลดลงอย่างรวดเร็ว
- สมการของ โมร์-คูลอมบี (Mohr – Coulomb's) คือข้อใด
  - $\tau = \sigma \tan \phi$
  - $\sigma = \tau \tan \phi$
  - $\tau = \sigma \cos \phi$
  - $\sigma = \tau \cos \phi$
- จากข้อที่ 3 ความหมายของ  $\sigma$  และ  $\tau$  คือข้อใด
  - หน่วยความเค้น และ หน่วยความเครียด
  - หน่วยแรงเฉือน และ หน่วยแรงยึดเกาะ
  - หน่วยความเค้น และ หน่วยแรงยึดเกาะ
  - หน่วยแรงเฉือน และ หน่วยแรงตั้งฉากที่ระนาบวิบัติ
- ดินทรายเม็ดเหลี่ยมสภาพหลวม ขนาดคละกันดี จะมีค่าของมุมเสียดทานอยู่ที่เท่าใด
  - 27 องศา
  - 30 องศา
  - 33 องศา
  - 27 – 30 องศา





6. ดินจำพวกมีแรงเสียดทานเช่นกรวด ทราย จะมีสมการในข้อใด
- ก.  $\tau = \sigma \tan \phi$
  - ข.  $\sigma = \tau \tan \phi$
  - ค.  $\tau = C + \sigma \tan \phi$
  - ง.  $\sigma = C + \tau \tan \phi$
7. ความสามารถของดินในการรับน้ำหนักช่วงแรกคือ
- ก. แรงที่ทำให้ดินเคลื่อนที่เข้าหากัน
  - ข. แรงที่ดินให้ดินเริ่มแยกขาดจากกัน
  - ค. แรงอัดระหว่างเม็ดดิน
  - ง. แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน
8. ข้อมูลต่อไปนี้ ข้อมูลใดถูกต้อง
- ก. ดินเหนียว  $C = 0, \phi = 45^\circ$
  - ข. ดินทราย  $C = 0, \phi = 45^\circ$
  - ค. ดินตะกอน  $C = 0, \phi = 45^\circ$
  - ง. ดินเหนียวปนทราย  $C = 10, \phi = 0^\circ$
9. ผลจากการทดลองดินจำพวกไม่มีแรงเหนียวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนกับหน่วยแรงกดจะได้เส้นของความสัมพันธ์เป็นลักษณะอย่างไร
- ก. เป็นเส้นตรงเอียงทำมุมกับระนาบ
  - ข. เป็นเส้นกราฟโค้งคว่ำกับเส้นระนาบ
  - ค. เป็นเส้นกราฟโค้งหงายกับเส้นระนาบ
  - ง. เป็นเส้นตรงขนานกับเส้นระนาบ
10. การทรุดตัวของโครงสร้างใดคือการทรุดตัวแบบ Primary Consolidation
- ก. ถนนทรุดบริเวณคอสะพาน
  - ข. พื้นชั้นล่างของอาคารที่วางบนดิน
  - ค. ลานจอดรถ
  - ง. ตลิ่งของแม่น้ำ



- คำชี้แจง 2.** ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด
- .....2.1 กราฟที่จะใช้เขียนความสัมพันธ์เป็นกราฟสเกลล็อก (Log scale)
  - .....2.2 ดินตัวอย่างที่ทดลองการยุบตัว ต้องเอามาจากกระบอกผ่าจะให้ผลดี
  - .....2.3 ตัวอย่างที่ใช้ทดลองต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว
  - .....2.4 ตัวอย่างต้องมีอัตราส่วน เส้นผ่าศูนย์กลางต่อความหนาไม่น้อยกว่า 2.5 เท่า
  - .....2.5 Extensometer ใช้สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงของความหนา ต้องมีความละเอียดถึง 0.001 นิ้ว
  - .....2.6 ถ้าตัวอย่างที่นำมาทดลองเป็นตัวอย่างไม่แช่น้ำต้องแช่น้ำตัวอย่างก่อนทดลองและขณะทดลองต้องคอยเติมน้ำในถ้วยให้อิ่มตัวอยู่เสมอ
  - .....2.7 การทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนโดยตรง เป็นการทดสอบหาพารามิเตอร์กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินทรายและดินเหนียวคงสภาพ
  - .....2.8 การเหนือนตัวอย่างดิน จะใช้อัตราการเคลื่อนที่ตามแนวราบอ่านได้จากมาตรวัดในแนวราบประมาณ 0.05 นิ้วต่อนาที ถึง 0.01 นิ้วต่อนาที
  - .....2.9 สูตรการคำนวณหาหน่วยแรงเฉือนคือ  $\tau = P.R. \times K / A$
  - .....2.10 ตัวอย่างทรายที่ทดสอบควรมีปริมาณระหว่าง 250 ถึง 300 กรัม



## ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยนำตัวอย่างดินทรายมาอย่างน้อย 10,000 กรัม โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

- 1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการหาค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดิน โดยใช้ดินตัวอย่าง (ดินทราย)
- 2) บันทึกการทดลองที่ได้ลงในตารางที่ 13.11, 13.12 และ 13.13
- 3) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน ( $\tau$ ) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ ( $\Delta V$ ) ในตารางที่ 13.14
- 4) เขียนกราฟแสดง Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด ( $\sigma$ ) และหน่วยแรงเฉือน ( $\tau$ ) ในตารางที่ 13.15





ตารางที่ 13.12 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองปริมาณน้ำในดิน

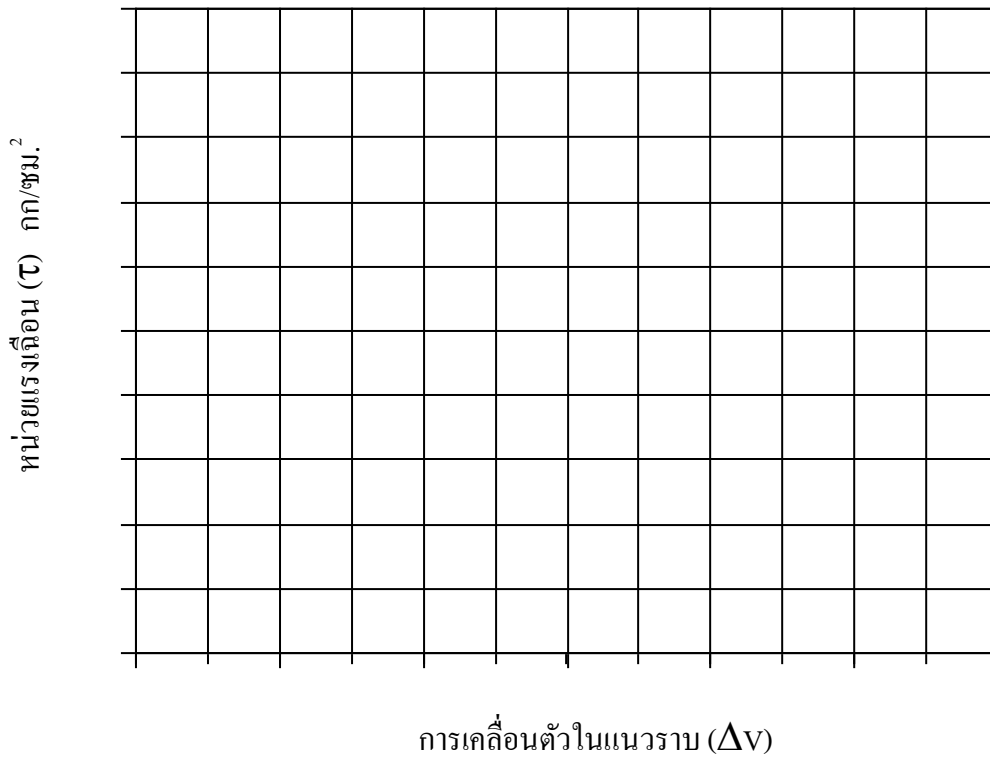
ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง
กระป๋องอบดินหมายเลข		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น (กรัม)		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)		
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)		
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)		
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)		
ปริมาณของน้ำในดิน (%)		

ตารางที่ 13.13 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลทดลองแรงเฉือนระหว่างแรงในแนวตั้งกับแรงเฉือนสูงสุดในแนวราบ

ครั้งที่	ปริมาณน้ำในดิน %	หน่วยแรงกด กก./ซม. <sup>2</sup>	หน่วยแรงเฉือน สูงสุด กก./ซม. <sup>2</sup>



ตารางที่ 13.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือน ( $\tau$ ) และการเคลื่อนตัวในแนวราบ ( $\Delta v$ )



ตารางที่ 13.5 แสดงกราฟ Mohr's Diagram ระหว่างหน่วยแรงกด ( $\sigma$ ) และหน่วยแรงเฉือน ( $\tau$ )

