

## หน่วยที่ 12

### การทดลองการยุบอัดตัวของดิน (Consolidation Test)



1



2



3

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

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

<sup>3</sup> ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ม.ช. 2552



## หน่วยที่ 12

### การทดสอบการยุบอัดตัวของดิน (Consolidation Test)

#### หัวข้อเรื่อง

- 12.1 การวิเคราะห์การทรุดตัวของดิน
- 12.2 ขอบข่ายการทดสอบการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ
- 12.3 ใบบางขั้นการทดสอบการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ
- 12.4 คำนวณผลการทดสอบการยุบตัวของดิน

#### สาระสำคัญ

มวลดินรวมจะประกอบด้วยเนื้อดินและน้ำระหว่างเม็ดดิน เมื่อน้ำจำนวนหนึ่งไหลออกไป จึงทำให้เกิดการลดปริมาตรของมวลดินขึ้นคือการลดความหนาของชั้นดิน เพื่อทดสอบและหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวและอัตราการทรุดตัวของดิน การทดลองนี้ จะมุ่งเน้นที่จะหาคุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการยุบอัดตัวคายน้ำครั้งแรกเป็นส่วนใหญ่ ผลการทดลองจะถูกเขียนในรูปแบบของกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความเครียดสุดท้าย กับหน่วยแรงที่กระทำ ในรูปของหน่วยแรงสะสมแล้วเขียนกราฟของหน่วยแรงในรูปของสเกลล็อก (Log Scale)

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกอธิบายการทรุดตัวของดินได้
2. บอกขอบข่ายการทดสอบการทรุดตัวของดินแบบอัดตัวคายน้ำได้
3. ทดลองการทรุดตัวของดินแบบอัดตัวคายน้ำได้
4. คำนวณการทรุดตัวของดินจากการยุบอัดตัวคายน้ำของดินได้



## บทนำ

การยุบอัดตัวคายน้ำเป็นลักษณะการทรุดตัวของดินแบบหนึ่งเมื่อมีแรงกดหรือน้ำหนักมากระทำ จะเกิดขึ้นกับดินที่มีความเชื่อมแน่น เช่น ดินเหนียว ซึ่งเป็นการยุบตัวแบบช้า ๆ และใช้ระยะเวลาในหลักของการทดสอบ จะนำน้ำหนักมากกดทับบนตัวอย่างดิน แล้วทิ้งไว้และวัดระยะเวลาการยุบตัวของตัวอย่างดินตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบไปเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ต่อไป ส่วนค่าหรือผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบนี้ สามารถนำไปประมาณค่าการทรุดตัวได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใดก็จะขึ้นอยู่กับสภาพตัวอย่างดิน ความละเอียดในการทดสอบ เนื่องจากสภาพการทดสอบของตัวอย่างดินจะไม่เหมือนกับสภาพชั้นดินที่อยู่ในธรรมชาติจริง และอุปกรณ์ทดสอบก็มีข้อจำกัดอยู่หลายอย่าง ที่ไม่อาจเลียนแบบสภาพชั้นดินจริงในธรรมชาติได้จึงต้องมีการพิจารณาผลที่ได้อย่างรอบคอบก่อนนำไปใช้ต่อไป

### 12.1 วิเคราะห์การทรุดตัวของดิน

- 1) การทรุดตัวของชั้นดินเกิดจากน้ำหนักบรรทุก แบ่งออกเป็น 3 ประเภท
  - 1.1) การทรุดตัวในสภาพไม่ระบายน้ำซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าน้อย เกิดจากสมบัติยึดหยุ่นของดินปกติ
  - 1.2) การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำครั้งแรกเกิดจากปริมาณน้ำหรืออากาศที่ถูกบีบออกจากช่องว่างของมวลดิน ทำให้ปริมาตรของเม็ดดินลดลง
  - 1.3) การทรุดตัวแบบยุบตัวครั้งที่สองเป็นการทรุดตัวที่เกิดขึ้นหลังจากการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำครั้งแรก โดยมวลดินจัดเรียงตัวของเม็ดดินใหม่
- 2) การยุบอัดตัวคายน้ำ เป็นลักษณะที่ดินเมื่ออยู่ภายใต้แรงกดที่เพิ่มขึ้นจำนวนหนึ่งแรงกดที่เพิ่มขึ้นนี้ โดยน้ำที่อยู่ในเนื้อดินจะรับไว้ทั้งหมดในช่วงระยะเวลาแรก และระยะเวลาต่อมา น้ำจะเริ่มไหลออกจากดินทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อดิน และเนื้อดินจะรับแรงกดแทนน้ำที่ไหลออกไป เนื้อดินจึงเคลื่อนตัวชิดกัน จึงทำให้ดินยุบตัวลง จากสมมุติฐานการยุบอัดตัวอาจแบ่งสภาพการยุบอัดตัว ออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ



- 2.1) Primary Consolidation เป็นการยุบตัวเนื่องจากน้ำในดินไหลออกไป ทำให้ดินรับแรงกดแทนน้ำจึงทำให้เนื้อดินเคลื่อนตัวชิดกันแทนช่องว่างที่น้ำไหลออก การยุบตัวลักษณะนี้จะเป็นแบบ Plastic Deformation
- 2.2) Secondary Compression จะเกิดหลังการยุบอัดตัวคายน้ำครั้งแรก อาจเกิดขึ้นจากเนื้อดินจัดเรียงตัวกันเองให้แน่นขึ้นทำให้ดินเกิดการยุบตัวลงอีกครั้ง

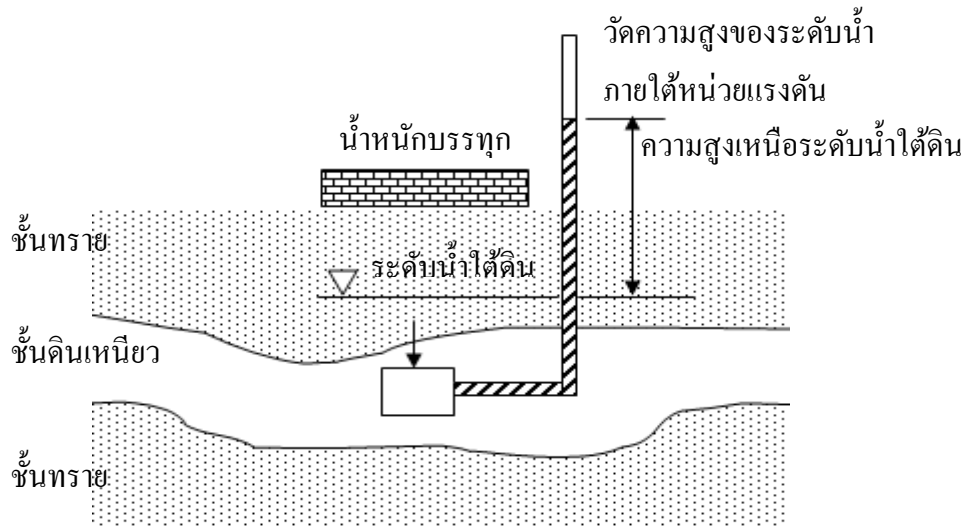
3) คุณสมบัติสำคัญทางการทรุดตัวมี 2 ประการ

- 3.1) อัตราความเร็วในการทรุดตัว คืออัตราเร็วของน้ำที่สามารถไหลออกจากชั้นดินขึ้นอยู่กับมวลดิน มีความชุ่มน้ำมากน้อยเพียงใด ความสามารถในการซึมน้ำของดิน ระยะเวลาที่น้ำจะต้องซึมผ่านไปสู่จุดสมดุล จาก Terzaghi's Consolidation Theory ได้ดัชนีค่าซึ่งบ่งถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการทรุดตัว เรียกว่าดัชนีบ่งถึงสมบัติเกี่ยวกับการทรุดตัว (Coefficient of Consolidation),  $C_v$

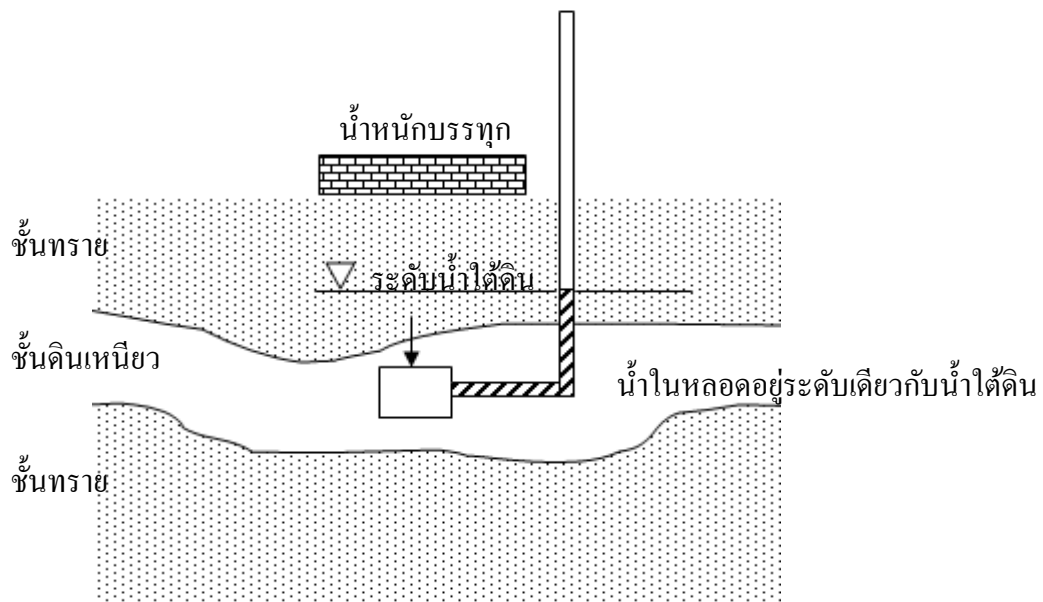
$$C_v = \frac{TH^2}{t} \dots\dots\dots(12.1)$$

$C_v$  = ดัชนีบ่งถึงสมบัติเกี่ยวกับการทรุดตัว  
 $T$  = Time Factor เป็นค่าคงที่ (ดังตารางที่ 12.1)  
 $t$  = เวลามีหน่วยเป็นวินาที  
 $H$  = ระยะไกลสุดที่น้ำในมวลดินจะต้องไหลออกมาสู่จุดสมดุล

## 3.2) ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดโดย คำนวณของการทรุดตัว

(Compressibility Index)  $C_c$ 

ก. หน่วยแรงดันสถิตยของน้ำในชั้นดินเหนียวเมื่อน้ำหนักของฐานรากกระทำเป็นครั้งแรก



ข. หน่วยแรงดันสถิตยของน้ำในชั้นดินเหนียวภายใต้การเกิดคอนโซลิดชัน 100 %

รูปที่ 12.1 การเปลี่ยนแปลงความดันของน้ำในมวลดินจำพวกดินเหนียว ภายใต้ขบวนการ  
คอนโซลิดชัน<sup>4</sup>

<sup>4</sup> ศส.มานะ อภิพัฒนมนตรี. วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2543 หน้า 278.

ตารางที่ 12.1 ตาราง Time Factor<sup>5</sup>

Percentage of Consolidation (U)	Time Factor, (T)		
	Case.1	Case.2	Case.3
0	0	0	0
5	0.0020	0.0030	0.0208
10	0.0078	0.0111	0.0428
15	0.0177	0.0238	0.659
20	0.0314	0.0405	0.904
25	0.0491	0.0608	0.128
30	0.0707	0.0847	0.145
35	0.0962	0.112	0.187
40	0.126	0.143	0.207
45	0.159	0.177	0.242
50	0.197	0.215	0.281
55	0.239	0.257	0.324
60	0.286	0.305	0.371
65	0.342	0.359	0.435
70	0.403	0.422	0.488
75	0.477	0.495	0.562
80	0.567	0.586	0.652
85	0.674	0.702	0.769
90	0.848	0.867	0.933
95	1.129	1.148	1.214
100	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$

<sup>5</sup> สุทธิศักดิ์ ศรีถัมภ์, ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2551, หน้า 122



## 12.2 ขอบข่ายการทดลองการทรุดตัวของดิน


การทรุดตัวของมวลดินใช้ทฤษฎีการอัดตัวคายน้ำ 1 มิติ ของ Terzaghi โดยเอาผลจากการทดลองในห้องทดลองการนำไปประมาณการทรุดตัวในสนาม แต่การทรุดตัวในสนามจริงมักมีค่าไม่เท่ากับในห้องทดลอง สาเหตุเพราะดินในสนามจะมีการเคลื่อนตัวในลักษณะ 2 หรือ 3 มิติ

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 2435 Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation

## 12.3 ใบงานขั้นการทดลองการทรุดตัวของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องานการทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>12.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาการทรุดตัวของดินได้</li> <li>2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาการทรุดตัวของดินได้</li> <li>3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาการทรุดตัวของดินได้</li> <li>4) สามารถคำนวณหาการทรุดตัวของดินได้</li> </ol> <p><b>12.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เครื่องมือทดสอบ Consolidometer หรือ Odometer เป็นเครื่องมือทดสอบที่มีกำลังมากพอสำหรับตัวอย่างที่จะทดสอบ พร้อมมาตรวัดขนาด 0.5 นิ้ว x 0.0001 นิ้ว</li> <li>2) เครื่องมืออุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง Consolidation Cell ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว สูง 0.75 นิ้ว และส่วนประกอบ แผ่นหินพรุน 2 แผ่น, วงแหวนวัดแรง และฝาปิดน้ำหนัก</li> </ol>		

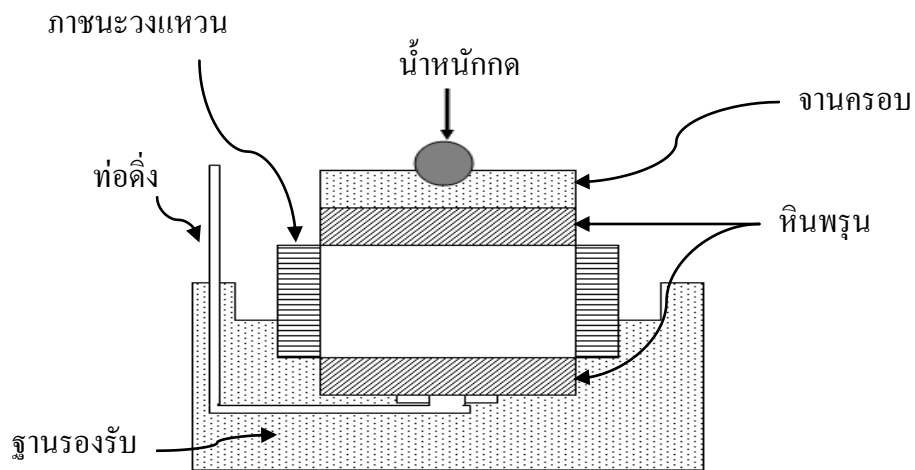


รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปรฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>3) หัวกดตัวอย่างดิน Load Head หรือ Top Cap เป็นโลหะเพื่อใช้ส่งถ่ายน้ำหนักเพื่อกกดตัวอย่างดิน</p> <p>4) แผ่นเหล็กขนาด 0.5, 1, 2, 5, 10 กิโลกรัม</p> <p>5) อุปกรณ์แต่งตัวอย่าง + เลื่อยเส้นลวด</p> <p>6) เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม</p> <p>7) นาฬิกาจับเวลา</p> <p>8) อุปกรณ์วัดระยะการหดตัว อ่านได้ละเอียด 0.01 มม.</p> <p>9) กระจกอบดิน</p> <p>10) เตาอบ</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
<p><b>รูปที่ 12.2</b> แสดงเครื่องมือทดสอบ Consolidometer    <b>รูปที่ 12.3</b> แสดงอุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง</p> <p>ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปรฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ม.ย. 2552</p>		

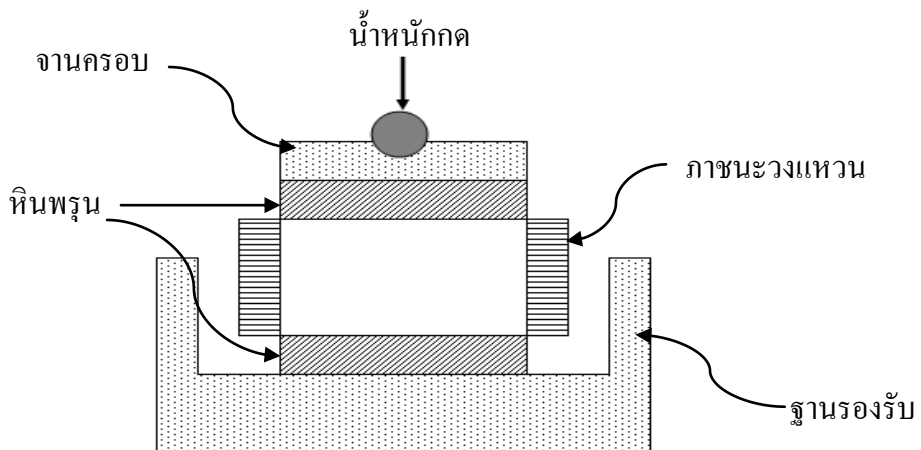




รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปรฐพีกลศาสตร์		ตอนที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 12.4 แสดงอุปกรณ์ Consolidation Cell แบบ Fixed Ring



รูปที่ 12.5 แสดงอุปกรณ์ Consolidation Cell แบบ Floating Ring

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มี.ย. 2552



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>12.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ดินเหนียว</li> <li>2) ทรายกรอง</li> </ol> <p><b>12.3.4 แบบฟอร์ม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ตารางที่ 12.2 สัมพันธ์ระหว่าง มาตรฐานวัด กับ <math>\sqrt{T}</math></li> <li>2) ตารางที่ 12.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรฐานวัด กับ <math>\sqrt{T}</math></li> <li>3) ตารางที่ 12.4 ปริมาณน้ำในดิน</li> <li>4) ตารางที่ 12.5 ค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว</li> </ol> <p><b>12.3.5 ขั้นตอนการทดลอง</b></p> <p>การทดลองวิธีความดันน้ำคงที่</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เตรียมตัวอย่างดินสำหรับทดสอบ การอัดตัวคายนี้นี้เป็นดินตัวอย่าง คงสภาพที่ได้มาจากการเก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกบาง นำมาดันตัวอย่างดินออกโดยใช้เครื่องมือดัน</li> <li>2) ทำการชั่งน้ำหนัก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของ Cutting Ring วัดขนาดตัวอย่าง เพื่อจะคำนวณหาความหนาแน่นและอัตราส่วนความพรุนต่อไป ส่วนดินที่เหลือจากการตัดแต่งให้นำไปหาความชื้น ซึ่งเป็นความชื้นของตัวอย่างก่อนทดลอง</li> <li>3) นำดินตัวอย่างกดลงไป ใน Consolidation Cell แล้วใช้มีดตัดแต่งผิวบนและล่างให้เรียบ แล้วนำดินที่บรรจุภายในแล้วไปชั่ง และนำทรายกรองที่อิมตัวด้วยน้ำ รองผิวบนและผิวล่างของดิน</li> <li>4) นำตัวอย่างดินติดตั้งใน Consolidation Cell ซึ่งมีแผ่นหินพรุนและกระดาษรองที่เปียกน้ำโดยจะต้องไล่ฟองอากาศออกจากหินพรุนก่อนนำมาประกบเข้ากับตัวอย่าง ทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อให้ น้ำสามารถไหลออกได้สะดวก</li> </ol>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>5) นำ Consolidation Cell ติดตั้งใน Loading Frame และติดตั้งมาตรวัด (อ่านได้ละเอียดถึง 0.0001 นิ้ว) เพื่อวัดการทรุดตัวของตัวอย่างดิน และใส่น้ำใน Consolidation Cell ให้ระดับน้ำอยู่เหนือระดับตัวอย่างดิน</p> <p>6) นำ Consolidation Cell ไปวางที่เครื่องกด จัดเครื่องกดให้อยู่ในลักษณะจะเริ่มกด คือ ผิวของที่กดสัมผัสแผ่นหินพรุนแล้วให้แรงกดเท่ากับ 48 กก./<math>\text{cm}^2</math> (หรือน้อยกว่านั้นถ้าเป็นดินอ่อน) แล้วจึงปรับหน้าปัดของมาตรวัดซีที่ศูนย์</p> <p>7) น้ำหนักบรรทุกที่ใช้จะวางบนคาน ซึ่งจะทำให้น้ำหนักกดในดินตัวอย่างประมาณ 10 เท่าของน้ำหนักจริง</p> <p>8) ความดันที่ใช้กดจะเริ่มที่ 0.25, 0.5, 1, 2, 4 กก./<math>\text{cm}^2</math></p> <p>9) วางน้ำหนักชุดแรก จดเวลาและอ่านมาตรวัดที่เวลา 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15, 30 นาที และ 1, 2, 4 ชม. ตามลำดับ</p> <p>10) เขียนกราฟระหว่างมาตรวัด กับ <math>\sqrt{t}</math></p> <p>11) ทิ้งไว้อย่างน้อย 25 ชม. จึงเริ่มเพิ่มความดัน โดยวางน้ำหนักชุดที่ 2 จดเวลาอ่านค่ามาตรวัด 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 15, 30 นาที และ 1, 2, 4 ชม. ตามลำดับ</p> <p>12) เขียนกราฟระหว่าง ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัด กับ <math>\sqrt{t}</math></p> <p>13) ถ้าต้องการทราบคุณสมบัติของดินในการยึดตัวจากการลดน้ำหนัก ก็ให้ทดลองเหมือนกัน เพียงเอาน้ำหนักออก</p> <p>14) การถอนน้ำหนักบรรทุกให้ยกจาก 16 , 8 , 4 , 2 , 1 , 0.5 กก./<math>\text{cm}^2</math> ในช่วงเวลาทุกๆ 4 ชั่วโมง</p> <p>15) หลังจากทดลองเสร็จแล้ว ให้นำตัวอย่างพร้อมแหวนไปอบแห้งเพื่อหาปริมาณน้ำหลังทดสอบ</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>12.3.6 การรายงาน</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เขียนกราฟของค่าอ่านมาตรวัดต่อ <math>\sqrt{t}</math> ของทุกชั้นน้ำหนักร</li> <li>2) เขียนกราฟหาค่าแรงกดสูงสุด</li> </ol> <p><b>12.3.7 ข้อควรระวัง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ต้องคิดหน่วยแรงเป็นหน่วยแรงประสิทธิผลเสมอตามทฤษฎีประสิทธิผลต้องหักแรงดันน้ำออกทุกครั้ง ก่อนนำไปหาน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ</li> <li>2) ต้องปรับคานให้ได้ระดับในแนวราบก่อนการทดสอบ</li> <li>3) การเตรียมตัวอย่างดินโดยใช้วงแหวนตัดตัวอย่างดิน การกดต้องระมัดระวังให้เกิดการรบกวนน้อยที่สุด และต้องไม่มีช่องว่างระหว่างตัวอย่างดินและวงแหวนตัดตัวอย่างดิน ตัวอย่างดินที่เตรียมเสร็จแล้ว ต้องปาดหน้าให้เรียบ ทั้ง 2 ด้าน</li> <li>4) ก่อนวางตัวอย่างดินบนหินพูน ต้องมีกระดาษรองปิดก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้ดินอุดรูของหินพูน</li> <li>5) ต้องระวังมิให้น้ำในเครื่องทดสอบการอัดตัวคายน้ำแห้ง โดยคอยดูและเติมให้ท่วมตัวอย่างดินอยู่ตลอดเวลา</li> </ol>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปลูกพืชศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>12.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ</b></p> <p>การทรุดตัวของชั้นดินอันเกิดจากการกดทับ หรือน้ำหนักบรรทุกของสิ่งก่อสร้างบนผิวดินเป็น ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งทางด้านปลูกพืชศาสตร์ การทรุดตัวของชั้นดินเนื่องจาก การยุบอัดตัวคายน้ำครั้งแรก มักเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหาย เช่น การทรุดตัวของถนนบริเวณคอสะพาน การแตกร้าวของอาคารเนื่องจากการทรุดตัวมากเกินไป หรือทรุดตัวไม่เท่ากัน การทรุดตัวของพื้นโรงงานหรือพื้นอาคารชั้นล่างซึ่งถ่ายน้ำหนักลงพื้นดินโดยตรง คุณสมบัติสำคัญทางการทรุดตัว ที่เราต้องการทราบมี 2 ประการด้วยกันคือ อัตราความเร็วในการทรุดตัว และปริมาณการทรุดตัวสูงสุด</p>		

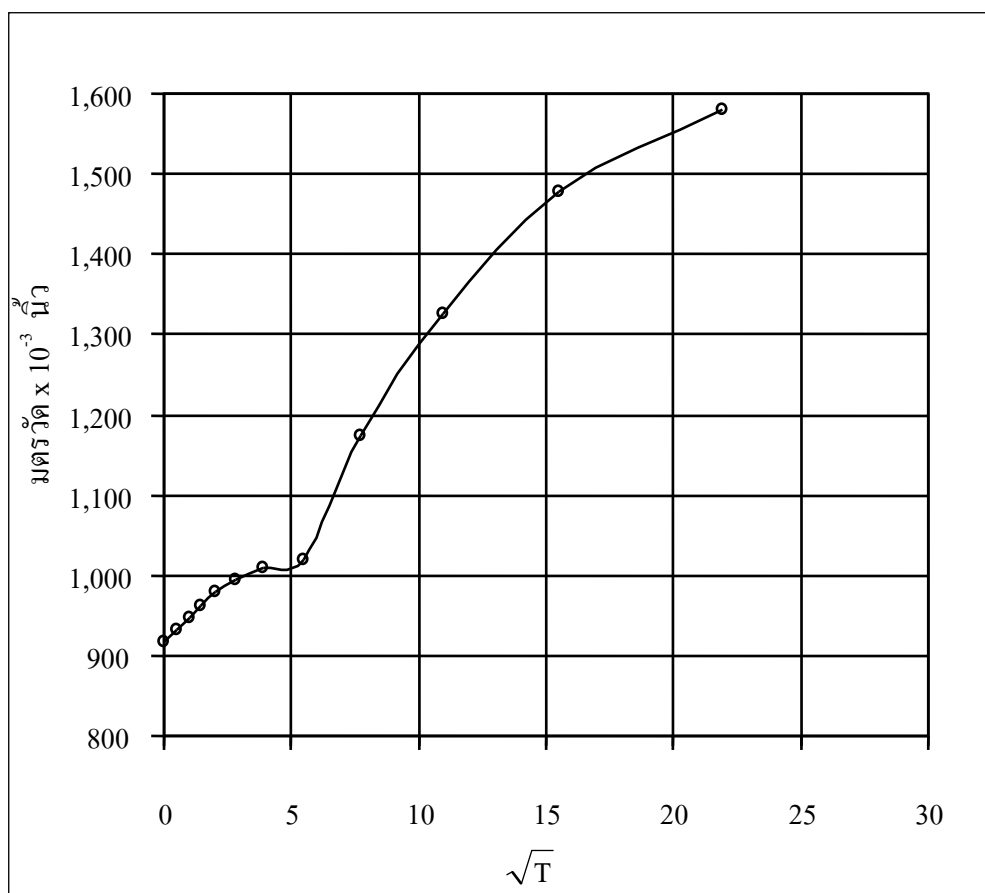


รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13		หน่วยที่ 12		
วิชา ปฐพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 15		
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน		จำนวน 4 ชั่วโมง		
<p><b>12.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง</b></p> <p>ตารางที่ 12.2 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดกับ <math>\sqrt{T}</math></p>					
ความดัน	1.27	กก./ซม. <sup>2</sup>	ถึงที่	2.500	กก./ซม. <sup>2</sup>
น.น.กค	40	กก.	ถึงที่	9.0	กก.
วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	$\sqrt{T}$	อ่านได้จากเกจ $10^{-3}$ (นิ้ว)	
	9:10	0	0.000	918	
		0.25	0.500	933	
		1	1.000	946	
		2	1.414	963	
		4	2.000	979	
		8	2.828	994	
		15	3.873	1,010	
		30	5.477	1,020	
	10:10	60	7.746	1,173	
	11:10	120	10.954	1,326	
	13:10	240	15.492	1,479	
	17:10	480	21.909	1,581	



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 12.3 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรฐานวัดกับ  $\sqrt{T}$





รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13	หน่วยที่ 12
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 15
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 12.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง  
ปริมาณน้ำในดิน

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	หลังการทดลอง
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	A2
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น (กรัม)	170.50	173.50
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	132.00	137.40
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	38.50	36.10
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.50	30.20
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	101.50	107.20
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	37.93	33.68





รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 13		หน่วยที่ 12			
วิชา ปฐพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 15			
ชื่อหน่วย การทดลอง การยุบอัดตัวของดิน	ชื่องาน การทดลองการยุบอัดตัวของดิน		จำนวน 4 ชั่วโมง			
<p>ตารางที่ 12.5 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว</p>						
เส้นผ่าศูนย์กลางตัวอย่างดิน 5.08 ซม.		พื้นที่หน้าตัด		20.27	ซม <sup>2</sup>	
ความสูงตัวอย่างดิน 2.54 ซม.		ปริมาตรดิน		51.48	ซม <sup>3</sup>	
น้ำหนักดินแห้ง 60 กรัม		ถ.พ.ดิน		2.6		
ความสูงเนื้อดิน 1.139 ซม.		อัตราส่วนช่องว่าง		1.23		
น้ำหนัก กด (กก.)	ความดัน (กก./ซม <sup>2</sup> )	อ่านเกจ ช่วงสุดท้าย	ค่าเปลี่ยน ของความ สูงตัวอย่าง	อัตราส่วน ช่องว่าง	เวลา 90% การยุบตัว คายน้ำ (นาที)	ส.ป.ส.การ ยุบตัวคายน้ำ (C <sub>v</sub> ) ซม <sup>2</sup> / นาที
0	0	0	0	0	0	0
0.5	0.159	170	0.17	1.082	5.7	3.946 x 10 <sup>-3</sup>
1	0.318	175	0.0050	1.226	7	3.212 x 10 <sup>-3</sup>
2	0.636	375	0.2000	1.055	18.5	1.196 x 10 <sup>-3</sup>
4	1.272	1,575	1.2000	0.177	44.9	4.595 x 10 <sup>-4</sup>
8	2.544	2,035	0.4600	0.827	144	1.340 x 10 <sup>-4</sup>
16	5.088	3,175	1.1400	0.230	114.5	1.524 x 10 <sup>-4</sup>
4	1.272	2,565	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-



### 12.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลอง การยุบตัวของดิน

1) เขียนกราฟของความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรฐานวัด กับ  $\sqrt{T}$  (โดย 1 กราฟต่อการใส่ Load 1 ชั้น) หา  $t_{90}$  และจะมีช่วงแรกของการทรุดตัวที่ใกล้เคียงเส้นตรง แล้วค่อยๆ เอียงลาดลง ให้วัดจากแกนตั้งถึงเส้นตรงแล้วขยายออกไปตามแนวนอนอีก 0.15 เท่า แล้วลากเส้นตรงเส้นที่ 2 ผ่านจุดนั้น ไปตัดเส้นกราฟจากการทดลอง จุดนั้นคือจุดของการเกิด Consolidation ที่ 90% โดยประมาณนำไปคำนวณหา  $C_v$  (ซม.<sup>2</sup>/นาท) ได้ดังนี้

1.1) คำนวณหาค่า  $C_v$  จาก

$$C_v = \frac{T_{90} H^2}{t_{90}} \dots\dots\dots(12.2)$$

เมื่อ  $T_{90}$  = ได้จากตาราง 12.1  
 $H$  = ความสูงของตัวอย่างเฉลี่ย  
 $t$  = ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดการอัดตัวภายน้ำเป็น ปริมาณ 90%ของทั้งหมด

ตารางที่ 12.6 แสดงตารางความสัมพันธ์ระหว่าง Degree of Consolidation กับ Time Factor<sup>6</sup>

Degree of Consolidation, U%	Time factor	Degree of Consolidation	Time factor
0	0	55	0.238
5	0.002	60	0.288
10	0.007	65	0.342
15	0.018	70	0.403
20	0.031	75	0.477
25	0.049	80	0.567
30	0.071	85	0.684
35	0.096	90	0.848
40	0.126	95	1.129
45	0.160	100	$\alpha$
50	1.196	-	-

<sup>6</sup> มณฑิธร ดั่งศิริเทียม. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. 2543. หน้า 171.



1.2) กำหนดหา Consolidation Pressure

$$P = \frac{W.K.}{A} \dots\dots\dots(12.3)$$

เมื่อ

P = Consolidation Pressure

W = น้ำหนักจริงที่วางบน Loading Frame

K = ค่าการขยายน้ำหนักที่กระทำบนตัวอย่างหรือจะบ่งไว้ที่คู่มือของเครื่อง Consolidometer แต่ละเครื่อง

A = พื้นที่รับน้ำหนักของตัวอย่างดิน

1.3) กำหนดหา Void Ratio

ก.) Void Ratio เมื่อเริ่มทดลอง  $e_0$  ซึ่งเท่ากับ

$$e_0 = \frac{H_T - H_S}{H_S} \dots\dots\dots(12.4)$$

$H_T$  = ความสูงของตัวอย่าง

$H_S$  = ความสูงของเนื้อดิน (Height of Solid)

$$H_S = \frac{W_s}{G_s \cdot \gamma_w \cdot A} \dots\dots\dots(12.5)$$

$W_s$  = น้ำหนักดินแห้ง

$G_s$  = ความถ่วงจำเพาะของดิน

$\gamma_w$  = หน่วยน้ำหนักของน้ำ

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างเดิม

ข.) Void Ratio ภายหลังการเพิ่มน้ำหนักใดๆ

$$e_i = e_0 - \frac{\Sigma(\Delta V)}{H_s} \dots\dots\dots(12.6)$$

$\Sigma(\Delta V)$  = ผลบวกการทรุดตัวจากเริ่มการทดลอง

$H_s$  = ความสูงของเนื้อดิน

2) หา  $C_c$  จะคำนวณได้จาก Slope ของช่วงซึ่งใกล้เคียงเส้นตรง โดยที่

$$C_c = \frac{\Delta v}{\Delta \log p}$$



- 3) การหาความดันสูงสุด ซึ่งตัวอย่างดินเคยถูกกดทับมาในอดีต ( $P_m$ )
- 4) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองความหนาแน่นของดิน

ตารางที่ 12.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัด กับ  $\sqrt{T}$

ความดัน		จากการบันทึก = 1.27 กก./ซม. <sup>2</sup> ถึงที่		จากการบันทึก = 2.50 กก./ซม. <sup>2</sup>	
น.น.กด		จากการบันทึก = 40 กก. ถึงที่		จากการบันทึก = 9.0 กก.	
วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาท)	$\sqrt{T}$	อ่านได้จากเกจ $10^{-3}$ (นิ้ว)	
	จากการบันทึก=9:10	0	$=\sqrt{0} = 0.000$	จากการอ่าน=918	
		0.25	$=\sqrt{0.25} = 0.500$	จากการอ่าน=933	
		1	$=\sqrt{1} = 1.000$	จากการอ่าน=946	
		2	$=\sqrt{2} = 1.414$	จากการอ่าน=963	
		4	$=\sqrt{4} = 2.000$	จากการอ่าน=979	
		8	$=\sqrt{8} = 2.828$	จากการอ่าน=994	
		15	$=\sqrt{15} = 3.873$	จากการอ่าน=1,010	
		30	$=\sqrt{30} = 5.477$	จากการอ่าน=1,020	
	จากการบันทึก=10:10	60	$=\sqrt{60} = 7.746$	จากการอ่าน=1,173	
	จากการบันทึก=11:10	120	$=\sqrt{120} = 10.954$	จากการอ่าน=1,326	
	จากการบันทึก=13:10	240	$=\sqrt{240} = 15.492$	จากการอ่าน=1,479	
	จากการบันทึก=17:10	480	$=\sqrt{480} = 21.909$	จากการอ่าน=1,581	



ตารางที่ 12.8 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินก่อนทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	ก่อนทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A1	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น (กรัม)	170.50	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	132.00	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	38.50	$= 170.50 - 132.00 = 38.50$
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	101.50	$= 132.00 - 30.50 = 101.50$
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	37.93	$= \frac{38.50}{101.50} \times 100 = 37.93$

ตารางที่ 12.9 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของปริมาณน้ำในดินหลังทดลอง

ปริมาณน้ำในดิน (WATER CONTENT DETERMINATION)		
ตัวอย่างที่	หลังการทดลอง	จากการบันทึกข้อมูล
กระป๋องอบดินหมายเลข	A2	จากการบันทึกข้อมูล
น้ำหนักกระป๋อง + ดินขึ้น (กรัม)	173.50	จากการชั่งน้ำหนักก่อนอบดิน
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง (กรัม)	137.40	จากการชั่งน้ำหนักหลังอบดิน
น้ำหนักของน้ำ (กรัม)	36.10	$= 173.50 - 137.40 = 36.10$
น้ำหนักกระป๋อง (กรัม)	30.20	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)	107.20	$= 137.40 - 30.20 = 107.20$
ปริมาณของน้ำในดิน (%)	33.68	$= \frac{36.10}{107.20} \times 100 = 33.68$



5) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

$$5.1) \text{พื้นที่หน้าตัด} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างดิน} = 5.08 \text{ ซม.}$$

$$A = \frac{\pi \times (5.08)^2}{4} = 20.27 \text{ ซม.}^2$$

$$5.2) \text{ปริมาตรของตัวอย่างดิน} = A.h$$

$$h = \text{ความสูงของตัวอย่าง} = 2.54 \text{ ซม.}$$

$$V = 20.27 \times 2.54 = 51.48 \text{ ซม.}^3$$

$$5.3) \text{น้ำหนักของดินแห้ง} = 60 \text{ กรัม (ได้จากการทดลอง)}$$

$$5.4) \text{ความถ่วงจำเพาะของดิน (ถ.พ.)} = 2.6 \text{ (ได้จากการทดลอง)}$$

$$5.5) \text{อัตราส่วนช่องว่าง (e)} = \frac{(2.14 - 1.139)}{1.139} = 1.23$$

ตารางที่ 12.10 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

เส้นผ่าศูนย์กลางตัวอย่างดิน	5.08	ซม.	พื้นที่หน้าตัด	20.27	ซม. <sup>2</sup>
ความสูงตัวอย่างดิน	2.54	ซม.	ปริมาตรดิน	51.48	ซม. <sup>3</sup>
น้ำหนักดินแห้ง	60	กรัม	ถ.พ.ดิน	2.6	
ความสูงเนื้อดิน	1.139	ซม.	อัตราส่วนช่องว่าง	1.23	

น้ำหนักกด (กก.)	ความดัน (กก./ซม. <sup>2</sup> )	อ่านมาตรวัด ช่วงสุดท้าย	ค่าเปลี่ยนของความสูงตัวอย่าง
0	0	0	0
0.5	=0.5x0.318=0.159	จากการอ่าน=170	=(170-0)x0.001=0.170
1	=1.0x0.318=1.0	จากการอ่าน=175	=(175-170)x0.001=0.0050
2	=2x0.318=0.636	จากการอ่าน=375	=(375-175)x0.001=0.2000
4	=4.0x0.318=1.272	จากการอ่าน=1,575	=(1,575-375)x0.001=1.2000
8	=8x0.318=2.544	จากการอ่าน=2,035	=(2,035-1,575)x0.001=0.4600
16	=16x0.318=5.088	จากการอ่าน=3,175	=(3,175-2,035)x0.001=1.1400



ตารางที่ 12.10 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

น้ำหนักกด (กก.)	ความดัน (กก./ซม. <sup>2</sup> )	อ่านมาตรวัด ช่วงสุดท้าย	ค่าเปลี่ยนของความสูงตัวอย่าง
4	=4x0.318=1.272	จากการอ่าน=2,565	-
-	-	-	-

ตารางที่ 12.10 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัว

อัตราส่วน ช่องว่าง	เวลา 90% การยุบตัว คายน้ำ (นาที)	สปส.การยุบตัวคายน้ำ (C <sub>v</sub> ) ซม. <sup>2</sup> / นาที
0	จากการอ่าน=0	0
=1.23 $\frac{0.17}{1.139}$ =1.082	จากการอ่าน=5.7	= $\frac{0.848 \times 1.2615^2}{5.7 \times 60} = 3.946 \times 10^{-3}$
=1.23 $\frac{0.005}{1.139}$ =1.226	จากการอ่าน=7	= $\frac{0.848 \times 1.2613^2}{7 \times 60} = 3.212 \times 10^{-3}$
=1.23 $\frac{0.20}{1.139}$ =1.055	จากการอ่าน=18.5	= $\frac{0.848 \times 1.2513^2}{18.50 \times 60} = 1.196 \times 10^{-3}$
=1.23 $\frac{1.20}{1.139}$ =0.177	จากการอ่าน=44.9	= $\frac{0.848 \times 1.2083^2}{44.90 \times 60} = 4.595 \times 10^{-4}$
=1.23 $\frac{0.46}{1.139}$ =0.827	จากการอ่าน=144	= $\frac{0.848 \times 1.1683^2}{144 \times 60} = 1.340 \times 10^{-4}$
=1.23 $\frac{1.140}{1.139}$ =0.230	จากการอ่าน=114.5	= $\frac{0.848 \times 1.113^2}{114.50 \times 60} = 1.524 \times 10^{-4}$
-	-	-

5.6) ค่า H ที่ 0.17 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - 0.17/10}{2} = 1.2615$$

5.7) ค่า H ที่ 0.005 หาได้จาก



$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005)/10}{2} = 1.2613$$

5.8) ค่า H ที่ 0.20 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20)/10}{2} = 1.2513$$

5.9) ค่า H ที่ 1.20 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20 - 1.20)/10}{2} = 1.2513$$

5.10) ค่า H ที่ 0.46 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20 - 1.20 - 0.46)/10}{2} = 1.1683$$

5.11) ค่า H ที่ 1.140 หาได้จาก

$$= \frac{2.54 - (0.17 - 0.005 - 0.20 - 1.20 - 0.46 - 1.14)/10}{2} = 1.1113$$





แบบทดสอบที่ 12 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 12 เรื่อง การทดลองการยุบตัวของดิน (Consolidation Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับ ข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

- การทรุดตัวแบบยุบครั้งที่สอง เป็นการทรุดตัวที่เกิดขึ้นจากอะไร
  - มวลดินจัดเรียงตัวของเม็ดดินใหม่
  - ปริมาณอากาศออกไป
  - ดินคายน้ำไปออก
  - ดินเกิดการยึดหยุ่น
- การยุบตัวจะเกิดขึ้นเร็ว ในกรณีใด
  - หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งมีมาก
  - หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวนอนมีมาก
  - น้ำในช่องว่างของดินถูกบีบตัวออกเร็ว
  - ช่องว่างในเม็ดดินมีมาก
- การยุบอัดตัวของดินจะเกิดขึ้นกับดินประเภทใดมากที่สุด
  - ดินเหนียว
  - ดินทราย
  - ดินตะกอน
  - ดินปนกรวด
- ข้อใดถูกต้อง ความสัมพันธ์ของกราฟจะใช้ค่าของอะไร
  - หน่วยแรงที่กระทำกับหน่วยความเครียด
  - หน่วยแรงที่กระทำกับเวลา
  - หน่วยแรงที่กระทำกับหน่วยความเค้น
  - หน่วยแรงที่กระทำกับหน่วยแรงเฉือน
- สัญลักษณ์ตัว  $C_v$  มีความหมายว่า
  - ดัชนีบ่งถึงคุณสมบัติการทรุดตัวของดิน
  - ดัชนีของการทรุดตัวของดิน
  - ดัชนีอัตราความเร็วของการคายน้ำ
  - ดัชนีการคายน้ำของดิน



6. การทรุดตัวของชั้นดินที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกแบ่งได้กี่ประเภท
  - ก. 2 ประเภท
  - ข. 3 ประเภท
  - ค. 4 ประเภท
  - ง. 5 ประเภท
7. การทรุดตัวของตัวอย่างดินในห้องทดลองมักไม่ตรงความจริงกับในสนามเพราะสาเหตุใด
  - ก. เพราะดินในสนามมีการเคลื่อนตัวในทิศทาง 2 – 3 มิติ
  - ข. เพราะดินในห้องทดลองมีการเปลี่ยนสภาพไป
  - ค. เพราะดินในสนามมีน้ำใต้ดินที่ชั้นลึกลงไป
  - ง. เพราะอุณหภูมิห้องกับสนามจริงต่างกันมาก
8. ช่วงเวลาในการทดลองกดตัวอย่างดินจะเริ่มต้นที่เท่าใด
  - ก. 0 – 0.20 – 0.40 – 0.80 – 1.00 นาที
  - ข. 0 – 0.25 – 1 – 2 – 4 – 8 – 10 นาที
  - ค. 0 - 1 - 2 - 4 - 6 – 8 – 10 – 12 นาที
  - ง. 0 – 2 – 4 – 8 – 16 – 32 - 60 นาที
9. กราฟแสดงความสัมพันธ์จะใช้ค่าในข้อใด
  - ก. Dial Reading เป็นแกนตั้งและ น้ำหนักกดเป็นแกนนอน
  - ข. Dial Reading เป็นแกนตั้งและ  $\sqrt{T}$  เป็นแกนนอน
  - ค.  $\sqrt{T}$  เป็นแกนตั้งและ เป็นแกนนอน Dial Reading
  - ง. น้ำหนักกด เป็นแกนตั้งและ Dial Reading เป็นแกนนอน
10. การทดลองการยุบตัวเพื่อที่ต้องการหาค่าต้องการการทรบคือ
  - ก. อัตราความเร็วในการทรุดตัวและปริมาณการทรุดตัวสูงสุด
  - ข. ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดและปริมาณการคืนตัวมากที่สุด
  - ค. อัตราการคายน้ำในดินและปริมาณการทรุดตัวสูงสุด
  - ง. ปริมาณการทรุดตัวสูงสุดและกำลังรับน้ำหนัก

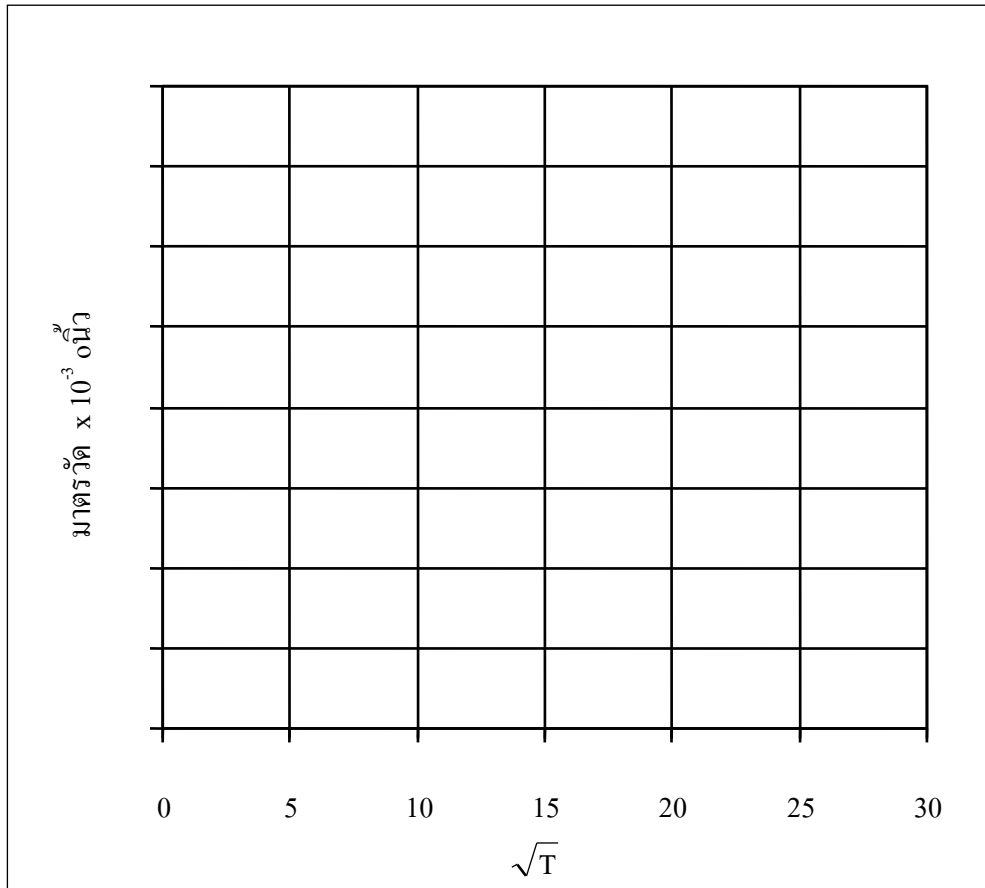


- คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด
- .....2.1 ดินเหนียวจะมีการยุบตัวช้ากว่าดินเม็ดหยาบ
  - .....2.2 การทรุดตัวในสภาพไม่ระบายน้ำ โดยทั่วไปจะมีค่าน้อยเกิดจากคุณสมบัติยึดหยุ่นตัวของดินปกติ
  - .....2.3 Plastic Deformation คือน้ำในดินไหลออกไปทำให้ดินรับแรงกดดันน้ำ
  - .....2.4 ถ้าน้ำในดินถูกบีบออกเร็ว ดินจะยุบตัวเร็วตามน้ำที่ออกไปด้วย
  - .....2.5 การวิเคราะห์การทรุดตัวของมวลดิน ใช้ทฤษฎีอัดตัวคายน้ำ 2 มิติ
  - .....2.6 น้ำหนักบรรทุกที่ใช้วางบนคานทดสอบจะใช้น้ำหนักกดในดินตัวอย่างประมาณ 20 เท่าของน้ำหนักจริง
  - .....2.7 การทรุดตัวของดินคอสะพานเกิดจากการทรุดตัวคายน้ำครั้งแรก
  - .....2.8 มาตรฐานทดสอบการยุบตัวของดินคือ ASTM D 2435
  - .....2.9 เครื่องมือทดสอบ Consolidometer มีมาตรวัดขนาด 0.05” x 0.001”
  - .....2.10 ความดันที่ใช้กดดินตัวอย่างเริ่มที่ 0.25 -0.50 – 1.0 – 2.0 – 4.0 กิโลกรัม/ซม.<sup>2</sup>





ตารางที่ 12.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง มาตรฐานวัด กับ  $\sqrt{T}$



ตารางที่ 12.13 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง ปริมาณน้ำในดิน

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

