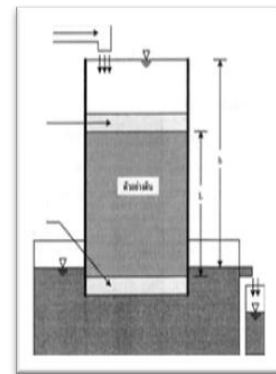


# หน่วยที่ 11

## การทดสอบความซึมผ่านของดิน (Soil Permeability Test)

1



2

<sup>1</sup> [www.konmun.com/Entertainment/id1...566.aspx](http://www.konmun.com/Entertainment/id1...566.aspx)

<sup>2</sup> <http://www.oknation.net>



## หน่วยที่ 11

### การทดสอบความซึมน้ำของดิน (Soil Permeability Test)

#### หัวข้อเรื่อง

- 11.1 การไหลของน้ำผ่านดิน
- 11.2 ขอบข่ายการทดสอบความซึมน้ำของดินในห้องปฏิบัติการ
- 11.3 ไปงานขั้นการทดลองหาความซึมน้ำของดิน
- 11.4 การคำนวณผลการทดลองหาความซึมน้ำของดิน

#### สาระสำคัญ

การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Coefficient of Permeability) เป็นการทดสอบเพื่อหาอัตราการไหลของของเหลว (ในทางปฏิบัติ คือน้ำ) ต่อมวลดิน ในห้องปฏิบัติการมี สองวิธี คือ การทดสอบแบบวิธีระดับน้ำคงที่ (Constant Head Test) และการทดสอบแบบวิธีระดับน้ำเปลี่ยนแปลง (Variable Head Test)

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. บอกอธิบายการไหลของน้ำผ่านดินได้
2. บอกขอบข่ายการทดสอบความซึมน้ำของดินได้
3. ทดลองหาความซึมน้ำของดินได้
4. คำนวณผลการทดลองหาความซึมน้ำของดินได้



### บทนำ<sup>3</sup>

ในมวลดินที่อิ่มตัว ช่องว่างระหว่างเม็ดดินซึ่งมีน้ำอยู่จะต่อเนื่องกัน การไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน เป็นแบบ Laminar Flow ผ่านช่องแคบเล็กๆระหว่างเม็ดดิน ในขณะเดียวกันแรงดันของน้ำ ก็ จะเสียไปเพราะแรงเสียดทานของผิวช่องเม็ดดิน Darcy (ปี ค.ศ. 1856) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ เสนอกฎแห่งการไหลซึมไว้ว่า ความเร็วของการไหลซึมของของเหลวผ่านตัวกลางพรุนจะเป็น ปรากฏกับไฮดรอลิกส์เกรเดียนต์ (Hydraulic Gradient) มวลดินเป็นวัสดุที่มีช่องว่างต่อเนื่องในระหว่าง เม็ดดิน ซึ่งน้ำสามารถที่จะไหลซึมผ่านได้ มวลดินที่น้ำไหลซึมผ่านได้ง่าย ได้แก่ดินจำพวก กรวด ทราย ส่วนมวลดินที่น้ำไหลซึมผ่านได้ยาก ได้แก่ดิน ที่มีดินเหนียวปนอยู่ หรือดินเหนียวล้วน ถ้าน้ำ ไหลผ่านมวลดินได้ง่ายค่าสัมประสิทธิ์จะมีมาก นั่นคือดินจะมีช่องว่างมาก หรือดินอยู่ในสภาพหลวม และถ้าค่าสัมประสิทธิ์มีค่าน้อยเท่าใดก็แสดงว่าดินนั้นมีความหนาแน่นมาก ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของ การซึมได้<sup>3</sup>นี้สามารถวัดความหนาแน่นของดินได้อีกวิธีหนึ่ง

ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน<sup>3</sup>ได้ของดิน จะใช้ความสัมพันธ์จากสมการของ ดาร์ซี เป็นทฤษฎีพื้นฐานในการทดสอบ โดยผู้ค้นพบทฤษฎีนี้คือ ดาร์ซีพบว่าอัตราการไหลของน้ำ ผ่านทราย จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความลาดชันทางชลศาสตร์ น้ำไหลผ่านดินด้วยความเร็วที่ช้า มาก การไหลจะอยู่ในสภาพลามิน่า การไหลในทางด้านวิศวกรรมปฐพีมักจะพิจารณาอยู่ในลักษณะ 1 มิติหรือ 2 มิติ คือทิศทางของความเร็วยของการไหลอาจอยู่ในทิศทางเดียว หรือแยกออกมาได้ 2 ทิศทาง ตั้งฉากกัน

การทดสอบในห้องปฏิบัติการจะมีอยู่ 2 วิธีการ คือ การทดสอบแบบความดันน้ำคงที่ สำหรับทดสอบกับดินเม็ดหยาบ และการทดสอบแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง สำหรับทดสอบกับดิน เม็ดละเอียด ถ้าหากสภาพดินที่แตกต่างกันหลายชั้นก็สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของ น้ำโดยการนำค่าดังกล่าวของแต่ละชั้นมาใช้ในการแทนค่าสมการซึ่งพิจารณาได้ 2 ทิศทางคือ ทิศทาง ตั้งฉากกับชั้นดินและทิศทางขนานกับชั้นดิน นอกจากนี้แล้วยังสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ของน้ำได้จากการทดสอบในสนามอีกด้วย

<sup>3</sup> สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์. วิศวกรรมปฐพี. 2548 หน้า 93.

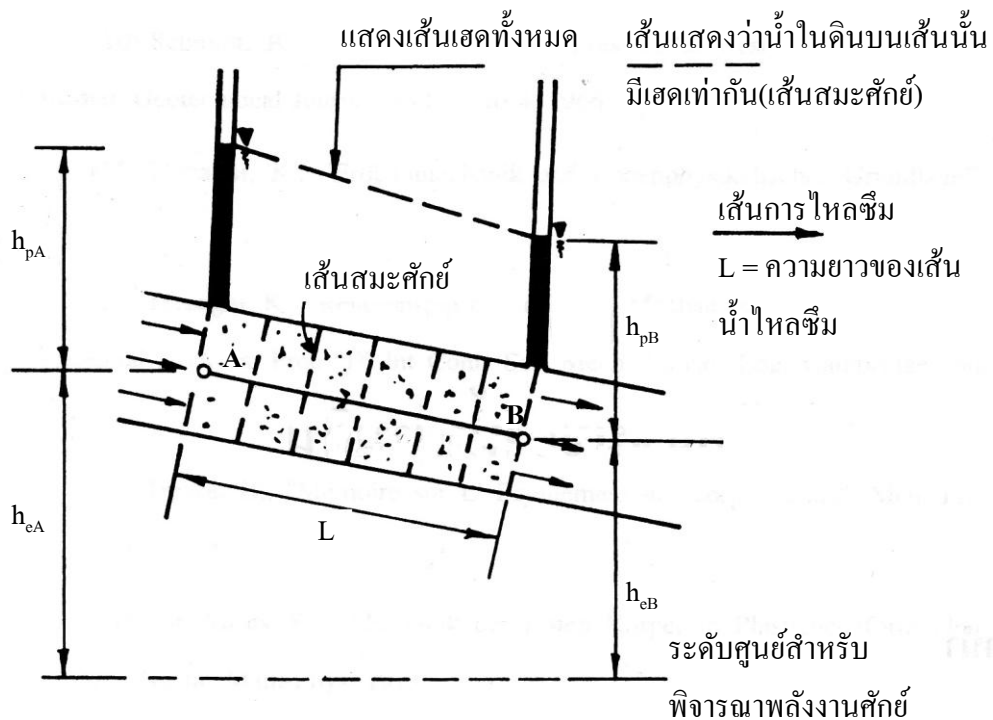
## 11.1 การไหลซึมของน้ำผ่านดิน<sup>4</sup>

กฎการไหลซึมของน้ำซึมผ่านดิน ได้แก่ กฎพลังงานของการไหล กฎของดาร์ซี ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการทดลอง และกฎการต่อเนื่องของการไหล

- 1) กฎพลังงานของการไหล พลังงานที่ควบคุมการไหลของน้ำในดินที่จุดๆหนึ่ง ได้แก่ พลังงานศักย์ พลังงานความดัน และพลังงานจลน์ Bernoulli ใช้เฮด (head) มีหน่วยเป็นหน่วยความยาวแทนพลังงานเหล่านี้ พลังงานทั้งหมดสามารถแยกเป็นส่วนๆ ดังนี้

เฮดทั้งหมด = เฮดเนื่องจากระดับน้ำสูงต่ำ+เฮดเนื่องจากความดันน้ำ+เฮดความเร็ว

$$(h) = (h_c) + (h_p) + (h_v)$$



รูปที่ 11.1 แสดงการหาเฮดที่จุด A และจุด B ในมวลดิน<sup>5</sup>

จากรูปที่ 11.1 แสดงความหมายและการหาเฮด น้ำจะไหลซึมในมวลดิน เมื่อเฮดหรือพลังงานทุกๆ จุดในมวลดินไม่เท่ากัน และน้ำจะไหลจากจุดที่มีเฮดทั้งหมดสูงกว่า

<sup>4</sup> วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. วิศวกรรมปฐพี. 2548 หน้า 94.

<sup>5</sup> วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. วิศวกรรมปฐพี. 2548 หน้า 94.



- 2) กฎของคาร์ซี ทำการทดลองในทรายโดยให้น้ำไหลผ่านทรายที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และให้น้ำไหลด้วยความเร็วที่ช้ามาก ลักษณะการไหลเป็นแบบลามิน่า และสภาพการไหลอยู่ในลักษณะคงตัว คาร์ซีได้เขียนเป็นสมการว่า

$$v = k i \dots\dots\dots(11.1)$$

เมื่อ  $v$  = ความชันทางชลศาสตร์  
 $k$  = สัมประสิทธิ์ของการซึม  
 $i$  = เป็นค่าสัดส่วนระหว่างผลต่างของเฮดทั้งหมดกับความยาวของเส้นน้ำไหลซึม

และปริมาณอัตราการไหล  $q$  หาได้จาก

$$q = v A = k i A \dots\dots\dots(11.2)$$

เมื่อ  $A$  = พื้นที่หน้าตัดของดินที่น้ำไหลผ่านในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของการไหลของน้ำ

- 3) กฎของการไหลต่อเนื่อง จะพิจารณาถึงการไม่สูญหายของน้ำในมวลดินด้วยกฎนี้ ทำให้เกิดสมการที่ครอบคลุมการไหลซึมผ่านน้ำมวลดิน เมื่อพิจารณาว่าดินเป็นสารที่มีสมบัติทางด้านกรซึมผ่านมวลดินเท่ากันทุกด้าน

สัมประสิทธิ์ของการซึมของดิน(ค่า  $k$ ) ทั่วไปอยู่ระหว่าง 1 ถึง  $10^{-9}$  ซม.ต่อวินาที ดังตาราง

ที่ 11.1

ตารางที่ 11.1 ค่าทั่วไปของสัมประสิทธิ์การซึม (ซม.ต่อวินาที)<sup>6</sup>

ชนิดของดิน	ค่า $k$ (ซม.ต่อวินาที)
กรวด	$1 - 10^2$
กรวดเม็ดละเอียด, ทรายหยาบ	$1 - 10^{-3}$
ทรายละเอียดและซิลต์อัดไม่แน่น	$10^{-3} - 10^{-5}$
ซิลต์อัดแน่นและซิลต์ปนดินเหนียว	$10^{-5} - 10^{-6}$
ดินเหนียวปนซิลต์และดินเหนียว	$10^{-6} - 10^{-9}$

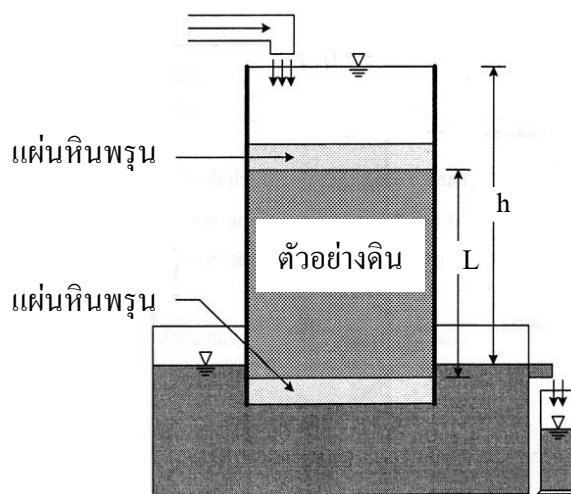
<sup>6</sup> สำราญ ยอดอุปกัมภ์. ปฐพีกลศาสตร์เบื้องต้น. 2543. หน้า 122.



สัมประสิทธิ์ของการซึมขึ้นอยู่กัส่วนประกอบของชนิดของเม็ดดินอย่างมาก การเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องทดลอง มักให้ผลที่ไม่ดีเท่ากับการทดลองในสนาม เนื่องจากผลของการที่ตัวอย่างถูกรบกวน และการที่ส่วนประกอบของตัวอย่างดินแตกต่างออกไปจากดินในสนาม

ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ของการซึม ค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมนั้นขึ้นอยู่กับตัวประกอบหลายอย่างดังนี้

1. ความหนืดและความหนาแน่นของของเหลวที่ไหล
2. ขนาดและความต่อเนื่องของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งน้ำจะต้องไหลผ่านถึงเหล่านี้
  - 1) ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน เมื่อดินมีขนาดเม็ดละเอียดมากขึ้น ค่า  $k$  จะลดลง
  - 2) อัตราส่วนช่องว่างและความหนาแน่นของดิน
  - 3) การอิมตัวด้วยน้ำ
  - 4) โครงสร้างการเรียงตัวของเม็ดดิน
  - 5) เมื่อมีปริมาณของดินเม็ดละเอียดเพิ่มขึ้น ค่า  $k$  จะลดลง
3. การต่อเนื่องและการเป็นเนื้อเดียวกันของชนิดของดินในธรรมชาติ โดยถ้าชั้นดินมีดินชนิดอื่นปนแทรกอยู่ ดินที่แทรกนี้จะมีส่วนเข้าไปส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมของมวลดินทั้งหมด
- 4) การหาสัมประสิทธิ์ของน้ำในดินแบบความดันน้ำคงที่



รูปที่ 11.2 แสดงแบบความดันน้ำคงที่<sup>7</sup>

<sup>7</sup> ผศ.ศราวุธ จริตงาม, กลศาสตร์ของดิน, 2545 หน้า 169.

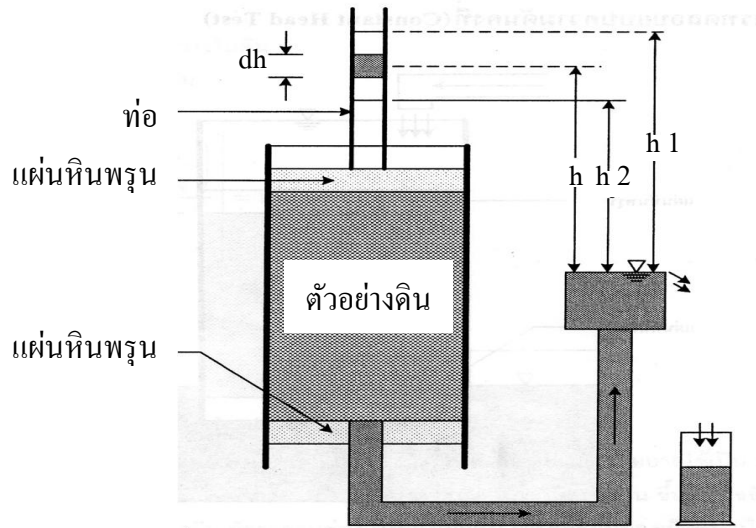


$$Q = A k i$$

$$k = \frac{Q}{A i t} = \frac{Q L}{A t h} \dots\dots\dots(11.2)$$

เมื่อ  $Q$  = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านมวลดิน  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน  
 $t$  = เวลาของน้ำที่ไหลซึมผ่านดิน  
 $h$  = ระดับน้ำในช่วงความยาวการไหลซึม  
 $L$  = ความยาวของตัวอย่างดิน

5) การหาสัมประสิทธิ์ของน้ำในดินแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 11.3 แสดงแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง<sup>8</sup>

$$q = k \frac{h}{L} A = -a \frac{dh}{dt}$$

$$k = 2.303 \frac{aL}{At} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \dots\dots\dots(11.3)$$

เมื่อ  $q$  = อัตราการไหล  
 $a$  = พื้นที่หน้าตัดหลอดแก้ว  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน  
 $h_1, h_2$  = ระดับน้ำในช่วงความยาวการไหลซึม

<sup>8</sup> ผศ.ศราวุธ จริตงาม, กลศาสตร์ของดิน, 2545 หน้า 170.



6) ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การซึม

ตารางที่ 11.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$  และอุณหภูมิ  $T^{\circ}C$ <sup>9</sup>

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.94	17.32	16.74	16.19	15.68	15.19	14.73	14.29	13.87	13.48
10	13.1	12.74	12.39	12.06	11.75	11.45	11.16	10.88	10.6	10.34
20	10.09	9.84	9.6	9.38	9.16	8.95	8.75	8.55	8.36	8.18
30	8	7.83	7.67	7.51	7.36	7.31	7.06	6.92	6.79	6.66
40	6.54	6.42	6.3	6.18	6.08	5.97	5.87	5.77	5.68	5.58
50	5.29	5.4	5.32	5.24	5.15	5.07	4.99	4.92	4.84	4.77
60	4.7	4.63	4.56	4.5	4.43	4.47	4.31	4.24	4.19	4.13
70	4.07	4.02	3.96	3.91	3.86	3.81	3.76	3.71	3.66	3.62
80	3.57	3.53	3.48	3.44	3.4	3.36	3.32	3.28	3.24	3.2
90	3.17	3.12	3.1	3.06	3.03	2.99	2.93	2.93	2.9	2.87
100	2.84	2.82	2.79	2.76	2.73	2.7	2.67	2.64	2.62	2.59

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดินที่อุณหภูมิ 20°C หาได้จาก

$$K_{20^{\circ}C} = K_T \frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}} \dots\dots\dots(11.4)$$

- เมื่อ  $K_{20^{\circ}C}$  = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำได้ที่อุณหภูมิ 20°C
- $K_T$  = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำได้ที่อุณหภูมิ T°C
- $U_T$  = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ T°C
- $U_{20^{\circ}C}$  = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20°C

<sup>9</sup> มานะ อภิพัฒนเมพนตรี, วิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 254, หน้า 129.





## 11.2 ขอบข่ายการทดลองความชื้นน้ำของดิน

การวัดสัมประสิทธิ์ของการไหลซึมในห้องทดลอง โดยทำได้ 2 วิธีการดังนี้

- 1) การทดลองแบบความดันน้ำคงที่
- 2) การทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 2434-68(2000) Standard Test Method for Permeability of Granular Soils

## 11.3 ใบงานขั้นการทดลองความชื้นน้ำของดิน

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปลูกพืชศาสตร์		ตอนที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลองความชื้นน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>11.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาความชื้นน้ำของดินได้</li> <li>2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาความชื้นน้ำของดินได้</li> <li>3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาความชื้นน้ำของดินได้</li> <li>4) สามารถคำนวณหาความชื้นน้ำของดินได้</li> </ol> <p><b>11.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) เครื่องมือทดลองแบบความดันน้ำคงที่</li> <li>2) เครื่องมือทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง</li> <li>3) กระจกทดลองการซึมน้ำ</li> <li>4) กระจกตวงน้ำ</li> <li>5) นาฬิกาจับเวลา</li> <li>6) ปรอทวัดอุณหภูมิ</li> <li>7) เครื่องชั่งขนาดความละเอียด 0.1 กรัม</li> <li>8) เตาอบ</li> </ol>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลอง ความชื้นน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 11.4 แสดงเครื่องทดสอบความดันคงที่      รูปที่ 11.5 แสดงเครื่องทดสอบความดันเปลี่ยนแปลง  
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552



รูปที่ 11.6 แสดงเทอร์โมมิเตอร์      รูปที่ 11.7 แสดงกระบอกตวงน้ำ  
ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลอง ความชื้นน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>11.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ดินทราย</li> <li>2) ดินเหนียว</li> </ol> <p><b>11.3.4 แบบฟอร์ม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ตารางที่ 11.3 ค่าความชื้นน้ำของดิน</li> <li>2) ตารางที่ 11.4 ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิใดๆ</li> <li>3) ตารางที่ 11.5 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลองแบบความดันน้ำคงที่และแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง</li> </ol> <p><b>11.3.5 ขั้นตอนการทดลอง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) การทดลองวิธีความดันน้ำคงที่ <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1) เตรียมตัวอย่างดินสำหรับทดสอบ ให้นำตัวอย่างดินที่มีลักษณะเป็นเม็ดหยาบเช่น ทราย กรวด มาผึ่งแห้งโดยอากาศ หรือดินอิมน้ำ (แช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง) ประมาณ 1,500 กรัม</li> <li>1.2) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, ความสูงของโมล เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของตัวอย่างดิน แล้วประกอบอุปกรณ์ทุกชิ้นเข้ากับ Cell วางวัสดุรอง (ตะแกรงหรือ หินปูน) ไว้ด้านล่างของ Cell วางสปริงและหินปูนไว้ด้านบนแล้วนำไปชั่งน้ำหนักของ Cell เปล่า โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของตัวอย่างพร้อมทั้งชั่งน้ำหนัก</li> <li>1.3) นำตัวอย่างดินที่ได้เตรียมไว้บรรจุลงในโมล ที่ได้ประกอบไว้ใส่ตัวอย่างดินเป็นชั้นๆ ชั้นละประมาณไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร แล้วกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งหรือเคาะด้วยค้อนยางโดยให้มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับดินในธรรมชาติมากที่สุด จนกระทั่งผิวหน้าของตัวอย่างดินต่ำกว่าขอบของโมลประมาณ 2.5 เซนติเมตร ปรับผิวหน้าของตัวอย่างดินให้เรียบ</li> </ol> </li> </ol>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลอง ความชื้นน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>1.4) ชั่งน้ำหนักดินตัวอย่างพร้อมโมล</p> <p>1.5) นำตัวอย่างดินมาติดตั้งท่อน้ำเข้าและออก แล้วปล่อยน้ำเข้าและในขณะเดียวกันก็ระบายอากาศออกทางตอนบนของตัวอย่างดิน น้ำเริ่มระบายออกโดยไม่มีฟองอากาศออก แล้วปิดวาล์วระบาย ปล่อยตัวอย่างดินให้ชุ่มน้ำอย่างน้อย 12 ชม. สำหรับดินเหนียว</p> <p>1.6) เริ่มทำการทดลองโดยเปิดวาล์วทางน้ำออก แล้วจับเวลาเป็นวินาที เมื่อปริมาตรน้ำที่วัดจากกระบอกตวงได้ 100 ลบ.ซม. (หรือ 10 หรือ 1,000 ลบ.ซม. แล้วแต่ค่าความ ชื้นน้ำ) จดบันทึกเวลาและอุณหภูมิ น้ำ ทำซ้ำกันอย่างน้อย 5 ครั้ง โดยข้อมูลไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก</p> <p>2) การทดลองวิธีความดันน้ำเปลี่ยนแปลง</p> <p>2.1) เตรียมตัวอย่างดินและการทำให้ดินชุ่มน้ำให้ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึง 3 ของ วิธีแรก แล้วจึงดำเนินการต่อไปนี้</p> <p>2.2) ไล่ฟองอากาศออกและทำให้ตัวอย่างดินอิ่มตัว โดยการนำตัวอย่างดินใน Cell ไปแช่น้ำพร้อมกับใช้เครื่องดูดอากาศออก สำหรับดินที่มีการชุ่มน้ำต่ำจะต้องแช่ตัวอย่างในน้ำประมาณ 24 ชั่วโมง</p> <p>2.3) ต่อสายยางเข้ากับกรวย กับขาตั้งที่มีไม้บรรทัดวัดระดับน้ำ โดยให้มีความสูงมากพอที่จะทำให้ น้ำ ชิมผ่านเข้าไปในตัวอย่างดินได้ ใส่น้ำลงในกรวยที่ต่อสายยางกับหลอดแก้ว ปล่อยให้ น้ำ สูงขึ้นจนใกล้ปลายหลอดแก้ว แล้ว ปรับระดับที่ปลายหลอดแก้ว ให้เป็น <math>h_1</math> (จากรูปที่ 11.3)</p> <p>2.4) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดแก้ว (Sand Pipe) เพื่อหาอัตราการไหล</p> <p>2.5) เปิดน้ำเข้าในหลอดแก้ว รอให้ระดับน้ำลงมาถึง <math>h_1</math> เริ่มจับเวลา จนถึงระดับ <math>h</math> และจากระดับ <math>h</math> ถึง <math>h_2</math> และวัดอุณหภูมิของน้ำ</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12	หน่วยที่ 11
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย การทดลอง ความชื้นน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p><b>11.3.6 การรายงาน</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ให้รายงานค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นได้เฉลี่ยของน้ำ ณ อุณหภูมิที่ทดสอบ</li> <li>2) ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นได้เฉลี่ยของน้ำ ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส</li> </ol> <p><b>11.3.7 ข้อควรระวัง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ก่อนทำการเตรียมตัวอย่างโดยการไล่อากาศออกจากช่องว่าง ตัวอย่างดินทรายอาจเกิดการเค็ดได้</li> <li>2) การอ่านค่าที่เกิดจากการสูญเสียของระดับน้ำในระบบการทดสอบต้องมีความรอบคอบละเอียด</li> </ol> <p><b>11.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ</b></p> <p>มวลดินเป็นวัสดุที่มีช่องว่างต่อเนื่องในระหว่างเม็ดดิน ดังนั้นเมื่อน้ำที่มีความดันต่างกันระหว่าง 2 จุดในมวลดิน ก็จะมีการไหลของน้ำผ่านช่องว่างเหล่านี้ ความสามารถที่มวลดินให้น้ำซึมผ่านไปได้นี้ เรียกว่า ความชื้นน้ำของดิน (ค่า <math>k</math>) ถ้ามวลดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก ค่า <math>k</math> ก็จะสูง เรามักเรียกว่า Pervious Soil ถ้าน้ำซึมผ่านได้มาก ค่า <math>k</math> ต่ำ จะเรียกว่า Impervious Soil ค่าความชื้นน้ำของดิน เป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่สำคัญ ซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของดินหลายอย่าง เช่น การรั่วซึมของน้ำที่เก็บกักโดยการปิดกั้น โดยเขื่อนดิน, ความมั่นคงของลาดเขื่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงดันน้ำภายในตัวเขื่อน, อัตราการทรุดตัวของชั้นดินเกิดจากน้ำหนักสิ่งก่อสร้าง, ความมั่นคงและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าบ่อที่ขุดเพื่อก่อสร้างฐานราก และแม้กระทั่งปริมาณน้ำที่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้จากการเจาะน้ำบาดาล</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12		หน่วยที่ 11			
วิชา ปฐพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 14			
ชื่อหน่วย การทดลอง ความชื้นน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน		จำนวน 4 ชั่วโมง			
<b>11.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลอง</b>						
ตารางที่ 11.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความชื้นน้ำของดินแบบความดันน้ำคงที่						
เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง ซม.	10.10	น้ำหนักแบบ+ดินก่อน	กรัม	3,760		
ความสูงของตัวอย่าง ซม.	11.65	น้ำหนักแบบ+ดินหลัง	กรัม	1,245		
พื้นที่หน้าตัด ซม. <sup>2</sup>	80.078	น้ำหนักดินในหลอด	กรัม	2,515		
ปริมาตร ซม. <sup>3</sup>	932.909	ความหนาแน่นดินขึ้น	กรัม/ซม. <sup>3</sup>	2.696		
ปริมาณน้ำในดิน %	30	ความถ่วงจำเพาะของดิน	2.67			
ความหนาแน่นแห้ง กรัม/ซม. <sup>2</sup>	2.074	อัตราส่วนช่องว่างของดิน	0.287			
ความต่างของระดับน้ำ ซม.	12	ความยาวของตัวอย่าง	ซม.	20		
การทดสอบแบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head)						
ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณน้ำ (ซม. <sup>3</sup> )	เวลา (วินาที)	ค่า $K_T$ (ซม.ต่อวินาที)	$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$	ค่า $K_{20}$ (ซม.ต่อวินาที)
1	30.5	121	68	0.03703	0.7876	0.02917
2	30.5	145	76	0.03971	0.7876	0.03127
3	30.5	136	75	0.03774	0.7876	0.02972
4	30.5	128	70	0.03806	0.7876	0.02997
ค่าเฉลี่ย				0.03814		0.03004
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบค่า $K_T$ ได้เท่ากับ					0.03814 ซม./วินาที	
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า $K_T$ ได้เท่ากับ					0.03004 ซม./วินาที	



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 12		หน่วยที่ 11				
วิชา ปฐพีกลศาสตร์			สอนครั้งที่ 14				
ชื่อหน่วย การทดลอง ความชื้นน้ำของดิน	ชื่องาน การทดลองหาความชื้นน้ำของดิน		จำนวน 4 ชั่วโมง				
<p>ตารางที่ 11.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความชื้นน้ำของดินแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง</p>							
เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ของหลอดทดสอบ ซม.		2.523		พื้นที่หน้าตัดภายใน หลอดทดสอบ ซม. <sup>2</sup>		5.00	
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ความต่างน้ำ ซม.		เวลา วินาที	K <sub>T</sub> ซม./วินาที	$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$	K <sub>20</sub> ซม./วินาที
		h1	h2				
1	30.5	100	80	1,300	0.000214	0.7876	0.000169
2	30.5	100	80	1,312	0.000212	0.7876	0.000167
3	30.5	100	80	1,325	0.000210	0.7876	0.000165
4	30.5	100	80	1,320	0.000211	0.7876	0.000166
ค่าเฉลี่ย					0.00021175		0.00016675
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบค่า K <sub>T</sub> ได้เท่ากับ 0.0002117 ซม./วินาที							
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K <sub>T</sub> ได้เท่ากับ 0.0001667 ซม./วินาที							



## 11.4 การคำนวณที่ได้จากการทดลองหาความชื้นน้ำของดิน

## 1) วิธีคำนวณการทดลองแบบความดันน้ำคงที่

$$K = \frac{QL}{ht} \dots\dots\dots(11.5)$$

K = สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน

Q = ปริมาณน้ำที่ไหลซึม

L = ความยาวของการไหลซึม

h = การสูญเสียความดันหรือระดับน้ำ

t = ช่วงเวลา (ปริมาณน้ำ Q ไหลผ่าน)

## 2) วิธีคำนวณการทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

$$K = \frac{2.3a.L}{A.t} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \dots\dots\dots(11.6)$$

K = สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน

A = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่างดิน

$h_1, h_2$  = การสูญเสียความดันหรือระดับน้ำ

a = พื้นที่หน้าตัดของหลอดแก้ว

t = เวลา ณ จุดเริ่มต้นถึงเวลาที่จุดสุดท้าย

$h_1$  = ความต่างของระดับน้ำ ณ จุดเวลาเริ่มต้น

$h_2$  = ความต่างของระดับน้ำ ณ จุดเวลาสุดท้าย

## 3) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองความหนาแน่นของดิน

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาความชื้นน้ำด้วยวิธีความดันน้ำคงที่

ปริมาณน้ำที่ไหลซึม Q = 121 ซม.<sup>3</sup>

ความยาว L = 11.65 ซม.

ความสูง h = 200 ซม.





4) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาความชื้นน้ำวิธีความดันน้ำเปลี่ยนแปลง(จากตารางที่ 11.3)

A	=	80.078	ซม. <sup>2</sup>
$h_1$	=	100	ซม.
$h_2$	=	80	ซม.
L	=	12	ซม.

5) การคำนวณผลจากการทดลองของดินครั้งที่ 1 (จากตารางที่ 11.3)

ช่วงเวลา t = 68 วินาที

$$K = \frac{QL}{Aht} = \frac{121 \times 11.65}{80.078 \times 200 \times 68}$$

สปส. ความชื้นน้ำของดินเท่ากับ =  $3.703 \times 10^{-2}$  ซม./วินาที

อุณหภูมิ  $U_{T^{\circ}C}$  = 30.5 องศา

$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$  = 0.7876 (จากตารางที่ 11.2)

$U_{20^{\circ}C}$

$K_{20}$  =  $3.703 \times 10^{-2} \times 0.7876$

=  $2.917 \times 10^{-2}$  ซม./วินาที



ตารางที่ 11.5 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความชื้นน้ำของดินแบบความดันน้ำคงที่

เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง ซม.	10.10	น้ำหนักแบบ+ดินก่อน	กรัม	3,760		
ความสูงของตัวอย่าง ซม.	11.65	น้ำหนักแบบ+ดินหลัง	กรัม	1,245		
พื้นที่หน้าตัด ซม. <sup>2</sup>	80.078	น้ำหนักดินในหลอด	กรัม	2,515		
ปริมาตร ซม. <sup>3</sup>	932.909	ความหนาแน่นดินชื้น	กรัม/ซม. <sup>3</sup>	2.696		
ปริมาณน้ำในดิน %	30	ความถ่วงจำเพาะของดิน		2.67		
ความหนาแน่นแห้ง	กรัม/ซม. <sup>2</sup>	2.074	อัตราส่วนช่องว่างของดิน	0.287		
ความต่างของระดับน้ำ ซม.	12	ความยาวของตัวอย่าง	ซม.	20		
การทดสอบแบบความดันคงที่ (Constant Head)						
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ปริมาณน้ำ ซม. <sup>3</sup>	เวลา วินาที	ค่า $K_T$ ซม.ต่อวินาที	$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$	ค่า $K_{20}$ ซม.ต่อวินาที
1	จากการวัด =30.5	จากการวัด =121	จับเวลา =68	$= \frac{121 \times 20}{80.078 \times 68 \times 12}$ = 0.03703	จากตารางที่ 11.2 =0.7876	= (0.03703 x 0.7876) = 0.02917
2	จากการวัด =30.5	จากการวัด =145	จับเวลา =76	$= \frac{145 \times 20}{80.078 \times 76 \times 12}$ = 0.03971	จากตารางที่ 11.2 =0.7876	= (0.03971 x 0.7876) = 0.03127
3	จากการวัด =30.5	จากการวัด =136	จับเวลา =75	$= \frac{136 \times 20}{80.078 \times 75 \times 12}$ = 0.03774	จากตารางที่ 11.2 =0.7876	= (0.03774 x 0.7876) = 0.02972



ตารางที่ 11.5 (ต่อ)แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความชื้นน้ำของดินแบบความดันน้ำคงที่

การทดสอบแบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head)						
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ปริมาณ น้ำ ซม. <sup>3</sup>	เวลา วินาที	ค่า $K_T$ ซม.ต่อวินาที	$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$	ค่า $K_{20}$ ซม.ต่อ วินาที
4	จากการวัด =30.5	จากการ วัด =128	จับ เวลา =70	$= \frac{128 \times 20}{80.078 \times 70 \times 12}$ =0.03806	จาก ตารางที่ 11.2 =0.7876	=(0.03806 x0.7876) =0.02997
ค่าเฉลี่ย				0.03814		0.03004
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า $K_T$ ได้เท่ากับ					0.03814 ซม./วินาที	
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า $K_T$ ได้เท่ากับ					0.03004 ซม./วินาที	

หาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า  $K_T$  ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.03703 + 0.03971 + 0.03774 + 0.03806}{4} = 0.03814 \text{ ซม./วินาที}$$

หาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า  $K_T$  ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.02917 + 0.03127 + 0.02972 + 0.02997}{4} = 0.03004 \text{ ซม./วินาที}$$



ตารางที่ 11.6 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความชื้นน้ำของดินแบบ  
ความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ของหลอดทดสอบ ซม.				2.523	พื้นที่หน้าตัดภายใน หลอดทดสอบ ซม. <sup>2</sup>			5.000
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ความต่างน้ำ(ซม)		เวลา วินาที	$K_T$ ซม.ต่อ วินาที	$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$	$K_{20}$ ซม.ต่อ วินาที	
		h1	h2					
1	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,300	0.000214	จาก ตาราง ที่ 11.2 0.7876	=0.000214 x0.7876 =0.000169	
2	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,312	0.000212	จาก ตาราง ที่ 11.2 0.7876	=0.000212 x0.7876 0.000167	
3	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,325	0.000210	จาก ตาราง ที่ 11.2 0.7876	=0.000210 x0.7876 0.000165	
4	จากการวัด =30.5	จากการวัด =100	จากการวัด =80	จับเวลา =1,320	0.000211	จาก ตาราง ที่ 11.2 0.7876	=0.000211 x0.7876 0.000166	
ค่าเฉลี่ย					0.0002117		0.0001667	
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบค่า $K_T$ ได้เท่ากับ 0.0002172 ซม./วินาที								
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า $K_T$ ได้เท่ากับ 0.0001667 ซม./วินาที								



6) การคำนวณผลจากการทดลอง จากตารางที่ 11.6

$$\begin{aligned}
 K_T &= \frac{2.3a.L}{A.t} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \\
 &= \frac{2.3 \times 5 \times 20}{80.078 \times 1,300} \log_{10} \frac{100}{80} \\
 &= 2.14 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

สปส. ความชื้นน้ำของดินเท่ากับ  $= 2.14 \times 10^{-4}$  ชม./วินาที

$$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}} = 0.7876 \dots\dots\dots(\text{จากตารางที่ 11.2})$$

$$\begin{aligned}
 K_{20} &= 2.14 \times 10^{-4} \times 0.7876 \\
 &= 1.69 \times 10^{-4} \quad \text{ชม./วินาที}
 \end{aligned}$$

หาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า  $K_T$  ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.000214 + 0.000212 + 0.000210 + 0.000211}{4} = 0.000211 \text{ ชม./วินาที}$$

หาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า  $K_T$  ได้เท่ากับ

$$= \frac{0.000169 + 0.000167 + 0.000165 + 0.000166}{4} = 0.0001667 \text{ ชม./วินาที}$$



แบบทดสอบที่ 11 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 11 เรื่อง การทดลองความซึมน้ำของดิน (Soil Permeability Test)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ดินประเภทใดที่น้ำไหลซึมผ่านได้ง่าย
  - ก. ดินทราย
  - ข. ดินตะกอน
  - ค. หินและกรวด
  - ง. ดินเหนียว
2. การทดสอบแบบความดันคงที่ใช้สำหรับดินประเภทใด
  - ก. ดินเหนียว
  - ข. ดินทราย
  - ค. ดินตะกอน
  - ง. ดินปนกรวด
3. การทดสอบแบบความดันเปลี่ยนใช้สำหรับดินประเภทใด
  - ก. ดินเหนียว
  - ข. ดินทราย
  - ค. ดินตะกอน
  - ง. ดินปนกรวด
4. พลังงานที่ควบคุมการไหลของน้ำในดินที่จุดๆ หนึ่งประกอบด้วยข้อใด
  - ก. พลังงานศักย์ พลังงานความดัน พลังงานจลน์
  - ข. พลังงานศักย์ พลังงานความดัน
  - ค. พลังงานความดัน พลังงานจลน์
  - ง. พลังงานศักย์ พลังงานจลน์
5. การไหลแบบลามิน่า (Laminar Flow) เป็นการไหลแบบใด
  - ก. ไหลแบบเป็นคลื่น
  - ข. ไหลแบบหมุนวน
  - ค. ไหลแบบราบเรียบ
  - ง. ไหลแบบซิกแซกไม่มีทิศทางแน่นอน



6. ทราบหยาบมีค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมอยู่ระหว่างข้อใด
- ก.  $1 - 10^2$
  - ข.  $1 - 10^{-3}$
  - ค.  $10^{-3} - 10^{-6}$
  - ง.  $10^{-5} - 10^{-6}$
7. ตัวประกอบที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ของการซึมในดิน ข้อใดถูกต้อง
- ก. ความหนืด ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน การต่อเนื่องและเป็นเนื้อเดียวกันของดิน
  - ข. ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน ดินต่างชนิดในเนื้อเดียวกัน สีของเนื้อดิน
  - ค. ความหนืด ขนาดและรูปร่างเม็ดดิน ความแข็งแรงของดิน
  - ง. ความแข็งของดิน สีของเนื้อดิน โครงสร้างการเรียงตัวของเม็ดดิน
8. ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดินที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  ค่า  $K_{20^{\circ}\text{C}}$  ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่อยมากเท่ากับข้อใด
- ก. 10.90
  - ข. 10.09
  - ค. 19.90
  - ง. 19.09
9. การทดลองแบบความดันน้ำคงที่ตัวอย่างที่เป็นดินเหนียว ต้องปล่อยแช่น้ำก่อนทำการทดลองเท่าใด
- ก. 6 ชั่วโมง
  - ข. 10 ชั่วโมง
  - ค. 12 ชั่วโมง
  - ง. 24 ชั่วโมง
10. การทดลองแบบความดันน้ำเปลี่ยนตัวอย่างที่เป็นดินเหนียว ต้องปล่อยแช่น้ำก่อนทำการทดลองเท่าใด
- ก. 6 ชั่วโมง
  - ข. 10 ชั่วโมง
  - ค. 12 ชั่วโมง
  - ง. 24 ชั่วโมง



คำชี้แจง 2. ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด

- .....2.1 มวลดินที่ให้น้ำซึมผ่านได้ยาก ค่า k จะสูงเรียกว่า Pervious Soil
- .....2.2 มวลดินที่ให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย ค่า k จะสูงเรียกว่า Pervious Soil
- .....2.3 การใส่ตัวอย่างดินในหลอดทดลองความชื้นได้ ใส่เป็นชั้นๆ 3 ซม.
- .....2.4 อัตราส่วนช่องว่างมีผลต่อการซึมน้ำของดิน
- .....2.5 สัมประสิทธิ์การซึมได้จะอยู่ระหว่าง  $1 - 10^{-10}$
- .....2.6 เสดทั้งหมด=เสดเนื่องจากระดับน้ำสูงต่ำ+เสดเนื่องจากความดัน-เสดความเร็ว
- .....2.7 กฎดาร์ซี(Darcy)s law เขียนเป็นสมการได้ว่า  $v = Q \cdot k \cdot i$
- .....2.8 กรวดมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ประมาณ  $k = 1 - 10^2$
- .....2.9 ความชื้นได้ หาได้จากการนำตัวอย่างดินมาทดลองในห้องเท่านั้น
- .....2.10 กฎของการซึมคือความเร็วของการไหลซึมของของเหลวผ่านตัวกลางพรุน จะเป็นปฏิภาคกับไฮดรอลิกส์เกรเดียน

ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองหาความชื้นน้ำของดิน

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และเตรียมตัวอย่างดินเหนียวคงสภาพ โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้
  - 1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการความชื้นน้ำของดินแบบความดันน้ำคงที่
  - 2) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการความชื้นน้ำของดินแบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง
  - 3) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 11.7 และ 11.8
  - 4) คำนวณหาสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดินทั้งแบบความดันน้ำคงที่และความดันน้ำเปลี่ยนแปลง
  - 5) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ





ตารางที่ 11.7 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความชื้นน้ำของดิน  
แบบความดันน้ำคงที่

เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง ซม.		น้ำหนักแบบ+ดินก่อน	กรัม			
ความสูงของตัวอย่าง ซม.		น้ำหนักแบบ+ดินหลัง	กรัม			
พื้นที่หน้าตัด ซม. <sup>2</sup>		น้ำหนักดินในหลอด	กรัม			
ปริมาตร ซม. <sup>3</sup>		ความหนาแน่นดินขึ้น	กรัม/ซม. <sup>3</sup>			
ปริมาณน้ำในดิน %		ความถ่วงจำเพาะของดิน				
ความหนาแน่นแห้ง กรัม/ซม. <sup>2</sup>		อัตราส่วนช่องว่างของดิน				
ความต่างของระดับน้ำ (ซม)		ความยาวของตัวอย่าง	ซม.			
การทดสอบแบบความดันคงที่ (Constant Head)						
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ปริมาณน้ำ ซม. <sup>3</sup>	เวลา วินาที	ค่า $K_T$ ซม.ต่อวินาที	$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$	ค่า $K_{20}$ ซม.ต่อวินาที
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า $K_T$ ได้เท่ากับ						ซม./วินาที
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า $K_T$ ได้เท่ากับ						ซม./วินาที



ตารางที่ 11.8 ตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณหาความชื้นน้ำของดิน  
แบบความดันน้ำเปลี่ยนแปลง

เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ของหลอดทดสอบ ซม.				พื้นที่หน้าตัดภายใน ของหลอดทดสอบ ซม. <sup>2</sup>			
ครั้งที่	อุณหภูมิ °C	ความต่างน้ำ ซม.		เวลา วินาที	K <sub>T</sub> ซม./วินาที	$\frac{U_{T^{\circ}C}}{U_{20^{\circ}C}}$	K <sub>20</sub> ซม./วินาที
		h1	h2				
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำทดสอบ ค่า K <sub>T</sub> ได้เท่ากับ							ซม./วินาที
สัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน ที่อุณหภูมิน้ำ 20 C ค่า K <sub>T</sub> ได้เท่ากับ							ซม./วินาที