

หน่วยที่ 8

การทดสอบแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ (California Bearing Ratio)

1



2



2

¹ ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน มิ.ย. 2552

² ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552



หน่วยที่ 8

การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ (California Bearing Ratio)

หัวข้อเรื่อง

- 8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินกับกำลังรับน้ำหนักของดิน
- 8.2 ขอบข่ายในการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ
- 8.3 ใบบางขั้นการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ
- 8.4 การคำนวณจากผลการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ

สาระสำคัญ

การทดสอบ California Bearing Ratio หรือเรียกสั้น ๆ ว่า การทดสอบ C.B.R เป็นการทดสอบเพื่อหาลำดับรับน้ำหนักของดินที่บดอัดแน่น ทั้งวิธีการบดอัดแบบมาตรฐานและวิธีแบบสูงกว่ามาตรฐาน ด้วยการใช้ท่อนเหล็กพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 19.35 ตารางเซนติเมตร กดบนตัวอย่างดินที่ทำการบดอัดในแบบโมลที่เตรียมไว้ ด้วยความเร็ว 0.05 นิ้วต่อนาทีแล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากการทดสอบกับวัสดุหินคลุกบดอัดแน่นบนพื้นฐานการทดสอบที่เหมือนกัน การใช้เครื่องมืออุปกรณ์การบันทึกข้อมูลและการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดกับกำลังรับน้ำหนักของดินได้
2. บอกความหมาย C.B.R. และตารางมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับหินคลุกมาตรฐานได้
3. ทดลองตามขั้นตอนและใช้เครื่องมือได้
4. บันทึกผลการทดลองและเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการทรุดตัวกับหน่วยแรงที่เกิดได้
5. คำนวณหาค่า C.B.R. ทั้งวิธีแช่น้ำและวิธีไม่แช่น้ำได้



บทนำ

ในปี ค.ศ. 1992 California Division of Highway ได้กำหนดวิธีทดสอบการจำแนกคุณสมบัติของดินเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการก่อสร้างถนน และในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง จำเป็นต้องพัฒนาการก่อสร้างถนนบิโน เพื่อรับน้ำหนักของเครื่องบินรบที่บรรทุกอาวุธจำนวนมาก หน่วยทหารช่างของสหรัฐอเมริกาได้นำวิธีการทดสอบคุณสมบัติแบบ C.B.R. มาใช้การออกแบบก่อสร้างทางวิ่งของสนามบิน จุดประสงค์ของการบดอัดดินเพื่อต้องการให้ได้กำลังของดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลกับการไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน การทรุดตัวและการบวมตัวของดิน ต่อมาเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ทั่วไป

สำหรับชั้นคันทาง ชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทาง โดยในแบบก่อสร้างทั่วไปจะกำหนดความหนาแน่นของชั้นดินที่จะบดอัดในแต่ละชั้นเป็น %C.B.R. โดยถ้า %C.B.R. ที่ถูกกำหนดมีค่ามากเท่าใดก็แสดงว่าชั้นดินนั้นต้องบดอัดให้แน่นมากขึ้นตามไปด้วยการทดสอบ C.B.R. เป็นการหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินหรือหินคลุกที่บดอัดแล้ว โดยค่าที่ได้จากการทดสอบจะอยู่ในรูปของหน่วยแรงต้านทานของตัวอย่างดินทดสอบที่บดอัดต่อหน่วยน้ำหนักมาตรฐานของหินคลุกบดอัดในระดับความลึกหรือระยะจมของแท่งกด (Penetration Piston) ที่เท่ากัน แล้วเปรียบเทียบกับออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

การทดสอบ C.B.R. กับตัวอย่างดินทันทีที่ทำการบดอัดเสร็จนั้น ถ้ามวลดินมีปริมาณน้ำในดินต่ำกว่าค่า ปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (O.M.C.) ผลที่ได้จะมีค่า C.B.R. สูงกว่ามวลดินที่บดอัดโดยมีปริมาณน้ำในดินสูงกว่าค่า O.M.C. ถ้านำดินที่บดอัดไปแช่น้ำ 4 วัน ค่า C.B.R. ที่ใกล้เคียงกับ O.M.C. จะมีค่า C.B.R. สูงสุด การบวมตัวของดินเมื่อแช่น้ำก่อนการทดลอง C.B.R.

8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดินกับกำลังรับน้ำหนักของดิน

ในการทดลองการบดอัดดินแบบมาตรฐานหรือสูงกว่ามาตรฐานนั้นจะได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณน้ำที่ทำให้ดินแน่นที่สุด ซึ่งดินตัวอย่างแต่ละชนิดจะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุดไม่เท่ากัน การทดลองหาค่า C.B.R. นี้เป็นการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินที่มีความหนาแน่นแห้งสูงสุดแต่ละชนิด โดยทั่วไปพบว่าถ้าความหนาแน่นแห้งสูง ก็จะได้ค่า C.B.R. สูงตามไปด้วย ซึ่งสมบัติของดินที่เหมาะสมในการใช้งาน ด้านงานวิศวกรรมทางจะพิจารณาจากค่าของ C.B.R. ของดิน



การทดสอบ C.B.R. เป็นวิธีการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินบดอัดแน่น ด้วยการใส่แท่งกดขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว กดลงบนตัวอย่างดิน โดยถ้า % C.B.R. ที่ถูกกำหนดมีค่ามากเท่าใดก็แสดงว่าชั้นดินนั้นต้องบดอัดให้แน่นมากขึ้นตามไปด้วย

การทดสอบ C.B.R. เป็นการหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดิน แล้วเปรียบเทียบกับออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์โดยคำนวณน้ำหนักมาตรฐาน ได้ถูกกำหนดเป็นค่ามาตรฐานโดย California Division of Highway ดังตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 แสดงค่าหน่วยน้ำหนักมาตรฐานของหินคลุกบดอัดแน่นที่ระยะจมต่างๆ ด้วยท่อนเหล็กกดที่มีพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว (19.35 ซม.²)³

ระยะจม (Penetration)	น้ำหนักมาตรฐาน (Standard Load)	หน่วยน้ำหนักมาตรฐาน (Standard Unit Load)
2.54 มม. (0.1 นิ้ว)	1,360.8 กก. (3,000 ปอนด์)	70.30 กก./ซม ² (1,000 ปอนด์/นิ้ว ²)
5.08 มม. (0.2 นิ้ว)	2,041.2 กก. (4,500 ปอนด์)	105.46 กก./ซม ² (1,500 ปอนด์/นิ้ว ²)
7.62 มม. (0.3 นิ้ว)	2,852.5 กก. (5,700 ปอนด์)	133.59 กก./ซม ² (1,900 ปอนด์/นิ้ว ²)
10.16 มม. (0.4 นิ้ว)	3,129.8 กก. (6,900 ปอนด์)	161.71 กก./ซม ² (2,300 ปอนด์/นิ้ว ²)
13.71 มม. (0.5 นิ้ว)	3,538.0 กก. (7,800 ปอนด์)	182.81 กก./ซม ² (2,600 ปอนด์/นิ้ว ²)

ตารางที่ 8.2 แสดงความสัมพันธ์ของ % C.B.R. และการใช้งาน⁴

C.B.R. %	คุณสมบัติเหมาะสมทางวิศวกรรม		การจำแนกดิน ระบบ Unified
	ความเหมาะสม	การใช้งาน	
0 – 3	ใช้ไม่ได้	วัสดุชั้นคันทาง	OH,CH,MH,OL
3 – 7	ไม่ดี ถึง พอใช้	วัสดุชั้นทาง	OH,CH,MH,OL
7 – 20	พอใช้	วัสดุชั้นรองพื้น ทาง	OL,CL,ML, SC,SM,SP

³ สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทางานทาง. 2515. หน้า 79.

⁴ สำราญ ยอดอุปถัมภ์. ปฐพีกลศาสตร์ภาคการทดลอง. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. หน้า 154



ตารางที่ 8.2 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ของ % C.B.R. และการใช้งาน

C.B.R. %	คุณสมบัติเหมาะสมทางวิศวกรรม		การจำแนกดิน ระบบ Unified
	ความเหมาะสม	การใช้งาน	
20 – 50	ดี	วัสดุชั้นพื้นทาง, รองพื้นทาง	GM,GC,SW,SM
50 – 80	ดีมาก	วัสดุพื้นทาง	SP,GP,SW,SM
มากกว่า 80	ดีที่สุด	วัสดุพื้นทาง	GW,GM

8.2 ขอบข่ายในการทดลองหาค่า C.B.R.

การทดลองหาค่า C.B.R เป็นวิธีการเปรียบเทียบกำลังต้านทานแรงเฉือน (Shearing Resistance) ของดินตัวอย่างบดอัดแน่น โดยใช้ค่าปริมาณน้ำที่ O.M.C. เพื่อให้ได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด แล้วนำค่าไปเปรียบเทียบกับวัสดุดินมาตรฐานที่ได้ทดลองไปแล้ว โดยมีค่าตามตารางที่ 8.1



มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ ASTM D 1883-99 Test Method for C.B.R. (California Bearing Ratio) of Laboratory Compacted Soils

ค่ากำลังของดินบดอัด %C.B.R. โดยทั่วไปแล้ว จะใช้ค่าอัตราส่วนของแรงกดที่ความลึก 0.1 นิ้ว แต่ถ้า %C.B.R. ของแรงกดที่ความลึก 0.2 นิ้ว สูงกว่าที่ความลึก 0.1 นิ้ว การทดลองควรจะต้องกระทำซ้ำอีกครั้งและถ้าค่า %CBR ค่าที่ได้ยังเป็นไปในรูปเดิม ก็ให้ใช้ค่า %C.B.R. ที่การยุบตัว 0.2 นิ้ว การทดลองหาค่า %C.B.R. มี 2 วิธี คือ

1. การทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked)
2. การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked)



8.3 ใบงานชิ้นการทดลองหาค่า C.B.R.

รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>8.3.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) สามารถใช้เครื่องมือในการทดลองหาค่า C.B.R. ได้ 2) สามารถนำวิธีการขั้นตอนไปปฏิบัติหาค่า C.B.R. ได้ 3) มีทักษะในการปฏิบัติการทดลองหาค่า C.B.R. ได้ 4) สามารถคำนวณหาค่า C.B.R. ได้ <p>8.3.2 เครื่องมืออุปกรณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) แบบหล่อทดสอบการบดอัด โมลสำหรับเตรียมตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 7 นิ้ว พร้อมปลอกสวมสูง 2.5 นิ้ว และแผ่นฐานรอง สำหรับยึด โมลและปลอกสวม 		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
<p>รูปที่ 8.1 แสดงโมลการบดอัดดิน,ปลอกสวม และแผ่นฐานยึด</p> <p>ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สัปดาห์ที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>2) แผ่นวัดการบวมตัว (Swell Plate) แผ่นทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. หนา 0.635 ซม. เจาะรูพูน พร้อมขาตั้งรับขามาตรวัดปรับระดับได้</p> <p>3) แผ่นน้ำหนักแบบวงแหวนเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 14.9 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6.35 ซม. หนักแผ่นละ 2.27 กก. (5 ปอนด์)</p> <p>4) แผ่นเหล็กกรอง (Spacer Disk) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.08 ซม. สูง 6.137 ซม. ด้านหนึ่งเจาะรูมีเกลียวสำหรับใช้มือสกรูดึงแผ่นออกจากแบบโมลดิน</p> <p>5) สามขาความสูงประมาณ 12 ซม. มีที่ยึด มาตรวัดเพื่อวัดการบวมตัว</p> <p>6) มาตรวัดการยุบตัว ใช้อ่านค่าระยะการจมของแท่งกด และการบวมตัวของตัวอย่างทดสอบ ขนาด 1 นิ้ว อ่านค่าความละเอียด 0.001 นิ้ว อ่านค่าความละเอียด 0.01 มม.</p> <p>7) เครื่องทดสอบแรงกด สามารถให้แรงกดไม่น้อยกว่า 10,000 ปอนด์ (4,540 กก.) และให้มีส่วนเคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอที่ส่วนบน หรือส่วนล่าง เพื่อให้อัตราการกดของแท่งกดอยู่ในอัตรา 0.05 นิ้วต่อนาที และความละเอียดของแรงให้อ่านได้ไม่เกิน 10 ปอนด์หรือ 4.5 กิโลกรัม</p> <p>8) แท่งกด เป็นแท่งโลหะทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.954 นิ้ว มีพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว ยาวไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว</p> <p>9) ค้อนบดอัดแบบมาตรฐาน หนัก 5.5 ปอนด์ ระยะยก 12 นิ้ว และแบบสูงกว่ามาตรฐาน หนัก 10 ปอนด์ ระยะยก 18 นิ้ว</p> <p>10) แม่แรงสำหรับดันตัวอย่างดินออกจากโมล</p> <p>11) เหล็กปาดดินสันตรง ขนาด 30 ซม.</p> <p>12) ตะแกรงร่อนดินขนาด เบอร์ 4</p> <p>13) เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.10 กรัม ถึง 10 กิโลกรัม</p> <p>14) ถาดผสมดิน</p> <p>15) เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

- 16) กระทบดวงน้ำ ขนาดความจุประมาณ 250 – 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 17) ซ้อนตักดิน
- 18) ค้อนยาง
- 19) กระทบใส่ตัวอย่างดิน
- 20) กระจายกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.2 ซม.



รูปที่ 8.2 แสดงค้อนบดอัดดิน



รูปที่ 8.3 แสดงค้อนยาง

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มิ.ย. 2552



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปรุฬพิถลศศตร		ศอนคร้ังที่ 10
ชื้อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื้องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ (C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 8.4 แสดงเครื่องทดสอบแรงกดพร้อมแท่งกด

รูปที่ 8.5 แสดงแผ่นน้ำหนักรวงแหวน

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปรุฬพิถลศศตร วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552



รูปที่ 8.6 แสดงแผ่นวัดการบวมตัว

รูปที่ 8.7 แสดงมาตรวัดการบวมตัว

ภาพโดย : มานิต ช่วยงาน ห้องปฏิบัติการปรุฬพิถลศศตร วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มี.ย. 2552



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>8.3.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) น้ำสะอาด 2) เตรียมตัวอย่างที่ต้องการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบการบดอัดตามมาตรฐาน ASTM : D698 หรือ D1557 ถ้าเป็นตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ควรใช้ประมาณ 5.50 กิโลกรัม และถ้าเป็นตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3 / 4 นิ้ว ควรใช้ประมาณ 6 กิโลกรัม โดยนำมาผสมกับน้ำในปริมาณ O.M.C. ที่ได้จากการทดสอบการบดอัดให้เข้ากันทั่วถึง 		
<p>8.3.4 แบบฟอร์ม</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ตารางที่ 8.3 ตารางแสดงการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณผลการทดลอง 2) ตารางที่ 8.4 ตารางแสดงค่าปริมาณน้ำในดินและความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม 3) ตารางที่ 8.5 ตารางแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจม 		
<p>8.3.5 ขั้นตอนการทดลอง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.1 การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked Sample) <ol style="list-style-type: none"> 1) ชั่งน้ำหนักของโมลแล้วยึดโมลกับแผ่นฐานรองให้แน่นพอสมควร และนำ Spacer Disc มาใส่ลงในโมล หมุนเอาหูหิ้วออก นำเอากระดาษกรองมารองบน Spacer Disc เพื่อป้องกันตัวอย่างทดสอบติดกับ Spacer Disc พร้อมประกอบปลอกสวมให้เรียบร้อย 2) ทำการบดอัดตามมาตรฐาน ASTM D1140 – 54 โดยใช้ก้อนบดอัดขนาด 2.5 กก. ระยะตก 12 นิ้ว ทำการบดอัดจำนวน 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง หรือ D 1557 – 00 ใช้ก้อนบดอัดขนาด 4.54 กก. ระยะตก 1 8 นิ้ว ทำการบดอัดจำนวน 3 ชั้นๆ ละ 56 ครั้ง 		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>3) หลังจากบดอัดจนครบจำนวนชั้นและจำนวนครั้งแล้วถอดปลอกสวมออก ใช้มีดเหล็กสำหรับปาดดิน ปาดดินส่วนที่สูงเกินขอบโมลพร้อมกับซ่อมมตแต่งผิวบนของดินตัวอย่างให้เรียบเสมอกับปากโมล (ในกรณีที่ผิวหน้าไม่เรียบ โดยเกิดจากการปาดด้วยเหล็ก)</p> <p>4) ถอดแผ่นฐานรอง และ Spacer Disc ออก นำโมลและดินไปชั่งน้ำหนักเพื่อนำไปหาความหนาแน่นดินเปียก (γ_{wet})</p> <p>5) นำตัวอย่างทดสอบที่เตรียมไว้ตามขั้นตอนที่ 2 มาทดสอบโดยการวาง แผ่นน้ำหนักที่มีน้ำหนักใกล้เคียงหรือเท่ากับน้ำหนักของวัสดุ ที่ตกลงบนชั้นพื้นดินจริง แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์ (4.54 กก.) ให้กดทับลงบนผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบ แล้วให้นำไปวางในเครื่องทดสอบแรงกด</p> <p>6) ปรับแท่งกดโดยให้ผ่านรูตรงกลางของแผ่นน้ำหนักและให้แท่งกดสัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบพอดี โดยค่อย ๆ ปรับและคอยสังเกตเข็มมาตรวัด เริ่มจะหมุนเคลื่อนที่ จึงหยุดปรับ จากนั้นทำการติดตั้งวงแหวนวัดแรง เพื่ออ่านค่าระยะจมของแท่งกด แล้วทำการปรับมาตรวัดทั้งสอง ให้เข็มอยู่ในตำแหน่งเลขศูนย์</p> <p>7) เริ่มกดแท่งกดลงบนตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการกด 0.05 นิ้วต่อนาที ต่อเนื่องกันอย่างสม่ำเสมอ ให้อ่านค่าน้ำหนักกดจากมาตรวัดที่ระยะจม ดังนี้ 0.025 , 0.050 , 0.075 , 0.100 , 0.125 , 0.150 , 0.175 , 0.200 , 0.250 , 0.300 , 0.350 , 0.400, 0.450 และ 0.500 นิ้ว ตามลำดับ</p> <p>8) เสร็จแล้วถอดโมล ออกจากเครื่องกดทดลอง และเก็บตัวอย่างดินตรงกลาง ตามแนวตั้งประมาณ 100 กรัมหรือประมาณ 500 กรัม เพื่อที่จะนำไปหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณในดิน</p>		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>1.2 การทดลองแบบแช่น้ำ (soaked Sample)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) เตรียมตัวอย่างทดสอบตามขั้นตอนที่ 1 – 4 และต่อจากนั้นให้วางกระดาดกรองลงบนผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบในโมล 2) วางแผ่นวัดการบวมตัว และวางแผ่นน้ำหนักลงตามลำดับ โดยแผ่นน้ำหนัก ต้องมีน้ำหนักใกล้เคียงหรือเท่ากับวัสดุ ที่กดลงบนชั้นพื้นดินจริง (โดยคิदन้ำหนักที่ลงในพื้นดินจริงเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของดินในโมล แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์) 3) นำเอาโมล ที่เตรียมไว้ในข้อ 2 นี้ไปแช่น้ำในภาชนะที่เตรียมไว้ ให้น้ำท่วม แผ่นน้ำหนักประมาณ 1 นิ้ว ใช้มาตรวัดที่อ่านได้ละเอียด 0.001 นิ้ว ยึดติดกับ สามขาแล้ววางบนปากโมล จัดให้ปลายของมาตรวัดแตะสัมผัสกับก้านแผ่นวัดการบวมตัว เพื่อวัดหาค่าการบวมตัวของดิน 4) อ่านค่าการบวมตัวของตัวอย่างทดสอบทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนกระทั่งครบ 96 ชั่วโมง หรือเมื่อตัวอย่างทดสอบหยุดการบวมตัว เสร็จแล้วนำขึ้นมาจากน้ำ และนำอุปกรณ์ที่ประกอบกรหาค่าการบวมตัวออกให้หมด แล้วคว่ำโมล ปล่อยให้ทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้ น้ำระบายออกจากตัวอย่างทดสอบจนไม่มีน้ำขังบนผิวหน้าและระวังอย่าให้ผิวหน้าของตัวอย่างเสียหาย 5) ถอดแบบเหล็กออกจากฐานให้หมด นำโมลพร้อมดินไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าน้ำหนักของดินตัวอย่างทดสอบในโมล 6) นำน้ำหนักกดทับเดิมหรือน้ำหนักเท่ากับ 10 ปอนด์ วางลงบนตัวอย่างให้กดทับลงบนผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบ แล้วให้นำไปวางในเครื่องทดสอบแรงกด 7) ปรับแท่งกดโดยให้ผ่านรูตรงกลางของแผ่นน้ำหนัก และให้แท่งกดสัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่างทดสอบพอดี โดยค่อย ๆ ปรับและคอยสังเกตเข็มของมาตรวัด เริ่มจะหมุนเคลื่อนที่ จึงหยุดปรับ จากนั้นทำการติดตั้งวงแหวนวัดแรง เพื่ออ่านค่าระยะจมของแท่งกด แล้วทำการปรับมาตรวัดทั้งสอง ให้เข็มอยู่ในตำแหน่งเลขศูนย์ 		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>8) เริ่มกดแท่งกดลงบนตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการกด 0.05 นิ้วต่อนาที ต่อเนื่องกัน อย่างสม่ำเสมอ ให้อ่านค่าน้ำหนักกดจากมาตรวัด ที่ระยะจมน ดังนี้ 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.175, 0.200, 0.250, 0.300, 0.350, 0.400, 0.450 และ 0.500 นิ้ว ตามลำดับ</p> <p>9) เสร็จแล้วถอดโมล ออกจากเครื่องกดทดลอง และเก็บตัวอย่างดินตรงกลาง ตามแนวตั้งประมาณ 100 กรัมหรือประมาณ 500 กรัม เพื่อที่จะนำไปหาเปอร์เซ็นต์ ปริมาณในดิน</p> <p>8.3.6 การรายงาน</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ค่า C.B.R. ที่ความหนาแน่น และเปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นแห้งสูงสุด (ตามแบบมาตรฐานหรือสูงกว่ามาตรฐาน) 2) ค่าการบวมตัวของดินในกรณีที่เป็นกรทดลองแบบแช่น้ำ เป็นเปอร์เซ็นต์ 3) เขียนแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วยแรงกดเป็นแกนตั้งและระยะจมนของแท่งกดเป็นแกนนอน 4) ค่าการขยายตัวใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง <p>8.3.7 ข้อควรระวัง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในการทดสอบ ถ้าดินมีความชื้นต้องหาปริมาณความชื้นของดินก่อน แล้วค่อยคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องผสมเพิ่มโดยรวมแล้ว ควรให้ได้ปริมาณน้ำที่ O.M.C. 2) วงแหวนวัดแรง ที่ใช้อ่านค่าน้ำหนักกด ควรมีการตรวจสอบมาตรวัดภายในวงแหวน ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์และ ควรมีการนำวงแหวนไปปรับแก้อย่างสม่ำเสมอ 		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง
<p>8.3.8 สรุปและข้อเสนอแนะ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ค่า C.B.R. นำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบความหนาของถนนลาดยาง โดยการกำหนดความหนาจากการออกแบบ หรืออาจใช้ช่วยในการกำหนดค่า Subgrade Modulus (K) ของดินจากรางเปรียบเทียบเพื่อช่วยในการออกแบบถนนคอนกรีตได้อีกด้วย 2) การทดลอง C.B.R. สามารถทำได้ 2 สถานะ คือ ทดลองแบบไม่แช่น้ำและทดลองแบบแช่น้ำ สำหรับการทดลองแบบแช่น้ำ ก็เพื่อให้มีลักษณะ การทดลองเหมือนในขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ในประเทศอังกฤษ ถือว่าการทดลองแบบแช่น้ำ จะให้ค่า C.B.R. ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก การออกแบบจะไม่ประหยัด สำหรับประเทศไทยใช้มาตรฐานทดลองของอเมริกัน ซึ่งทำการทดลองแบบแช่น้ำเป็นมาตรฐาน 3) เนื่องจากการทดลอง C.B.R. ได้เริ่มใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งใช้มาตรฐานหน่วยอังกฤษ หน่วยน้ำหนักเป็นปอนด์ และหน่วยความยาวเป็นนิ้ว ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะใช้หน่วย SI (System International) หรือใช้ควบคู่กันในหน่วยเมตริก การจะใช้หน่วยเมตริกในการทดลอง C.B.R. จะใช้ไม่สะดวกนัก เนื่องจากค่าคงที่ ที่กำหนดไว้เป็นหน่วยอังกฤษ เมื่อแปลงแล้วไม่ลงตัวยากแก่การจดจำ เช่น กำลังมาตรฐานที่ 0.1 นิ้ว มีค่า 1,000 ปอนด์/ตารางนิ้วหรือเท่ากับ 70.30 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร 		



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8																																																													
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10																																																													
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง																																																													
<p>8.3.9 ตารางการปฏิบัติการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ (C.B.R)</p> <p>ตารางที่ 8.3 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง C.B.R</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>รายการ</th> <th colspan="2">โมลหมายเลข 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>จำนวนชั้น / จำนวนการต่อชั้น</td> <td colspan="2">3 / 56</td> </tr> <tr> <td>ชนิดของตัวอย่าง</td> <td>ไม่แช่น้ำ</td> <td>จมน้ำ</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักดินชั้น + โมล</td> <td>กรัม</td> <td>6,875.60</td> <td>6,977.50</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักโมล</td> <td>กรัม</td> <td>2,722.00</td> <td>2,722.00</td> </tr> <tr> <td>ความสูงของตัวอย่าง</td> <td>ซม.</td> <td>11.37</td> <td>11.37</td> </tr> <tr> <td>ปริมาตรของตัวอย่าง</td> <td>ซม.³</td> <td>2,072.55</td> <td>2,072.55</td> </tr> <tr> <td>ความหนาแน่นดินเปียก</td> <td>กรัม/ซม.³</td> <td>2.00</td> <td>2.05</td> </tr> <tr> <td>กระป๋องอบดินหมายเลข</td> <td></td> <td>B1</td> <td>B2</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น</td> <td>กรัม</td> <td>113.30</td> <td>141.02</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง</td> <td>กรัม</td> <td>104.35</td> <td>126.44</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักของน้ำ</td> <td>กรัม</td> <td>8.95</td> <td>14.58</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักกระป๋องอบดิน</td> <td>กรัม</td> <td>35.48</td> <td>35.85</td> </tr> <tr> <td>น้ำหนักของดินแห้ง</td> <td>กรัม</td> <td>68.87</td> <td>90.59</td> </tr> <tr> <td>ปริมาณของน้ำในดิน</td> <td>%</td> <td>13.00</td> <td>16.09</td> </tr> <tr> <td>ความหนาแน่นดินแห้ง</td> <td>กรัม/ซม.³</td> <td>1.774</td> <td>1.769</td> </tr> </tbody> </table>			รายการ	โมลหมายเลข 1		จำนวนชั้น / จำนวนการต่อชั้น	3 / 56		ชนิดของตัวอย่าง	ไม่แช่น้ำ	จมน้ำ	น้ำหนักดินชั้น + โมล	กรัม	6,875.60	6,977.50	น้ำหนักโมล	กรัม	2,722.00	2,722.00	ความสูงของตัวอย่าง	ซม.	11.37	11.37	ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม. ³	2,072.55	2,072.55	ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม. ³	2.00	2.05	กระป๋องอบดินหมายเลข		B1	B2	น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น	กรัม	113.30	141.02	น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	104.35	126.44	น้ำหนักของน้ำ	กรัม	8.95	14.58	น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	35.48	35.85	น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	68.87	90.59	ปริมาณของน้ำในดิน	%	13.00	16.09	ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.774	1.769
รายการ	โมลหมายเลข 1																																																														
จำนวนชั้น / จำนวนการต่อชั้น	3 / 56																																																														
ชนิดของตัวอย่าง	ไม่แช่น้ำ	จมน้ำ																																																													
น้ำหนักดินชั้น + โมล	กรัม	6,875.60	6,977.50																																																												
น้ำหนักโมล	กรัม	2,722.00	2,722.00																																																												
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.	11.37	11.37																																																												
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม. ³	2,072.55	2,072.55																																																												
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม. ³	2.00	2.05																																																												
กระป๋องอบดินหมายเลข		B1	B2																																																												
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น	กรัม	113.30	141.02																																																												
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	104.35	126.44																																																												
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	8.95	14.58																																																												
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	35.48	35.85																																																												
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	68.87	90.59																																																												
ปริมาณของน้ำในดิน	%	13.00	16.09																																																												
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.774	1.769																																																												



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 8.3 (ต่อ) แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง C.B.R

วันที่	เวลา	โมลหมายเลข 1		
		อ่านมาตรวัด	การบวมตัว	
			มม.	%
20 มิ.ย. 2552	10:30	0	0	0
21 มิ.ย. 2552	10:30	116	1.16	1.020
22 มิ.ย. 2552	10:30	170	1.70	1.495
23 มิ.ย. 2552	10:30	208	2.08	1.829
24 มิ.ย. 2552	10:30	228.8	2.29	2.014



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐพีกลศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง

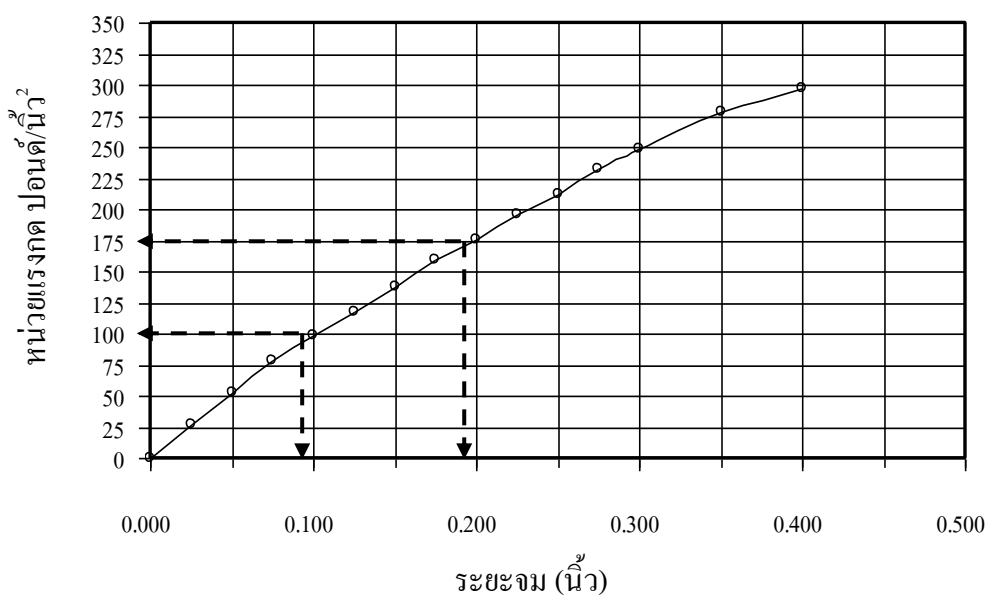
ตารางที่ 8.4 แสดงตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณของความสัมพันธ์
ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข	1		
	ระยะจม นิ้ว	ค่าจากมาตรวัด จำนวนช่อง	น้ำหนักกด ปอนด์
0	0	0.0	0.00
0.025	44	82.9	27.62
0.050	85	160.1	53.35
0.075	125	235.4	78.46
0.100	157	295.6	98.54
0.125	187	352.1	117.37
0.150	220	414.3	138.09
0.175	253	476.4	158.80
0.200	280	527.2	175.75
0.225	312	587.5	195.83
0.250	338	636.5	212.15
0.275	370	696.7	232.24
0.300	396	745.7	248.56
0.350	443	834.2	278.06
0.400	473	890.7	296.89

Proving Right Constant : 1.883 lb/div



รหัส 3106-2010	ใบงานที่ 9	หน่วยที่ 8
วิชา ปฐมศึกษาศาสตร์		สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย การทดลองหาค่า C.B.R.	ชื่องาน การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ(C.B.R.)	จำนวน 4 ชั่วโมง



ตารางที่ 8.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจม

- 1) อ่านค่าจากตารางที่ 8.5 เส้นกราฟที่ระยะจม 0.10 นิ้ว และ 0.20 นิ้ว ได้ค่าดังนี้
 - 1.1) ที่ระยะ 0.10 นิ้วเท่ากับ 100 ปอนด์/นิ้ว²
 - 1.2) ที่ระยะ 0.20 นิ้วเท่ากับ 175 ปอนด์/นิ้ว²



8.4 การคำนวณที่ได้จากผลการทดลอง C.B.R.

1) กำหนดค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$\omega = \frac{W_{\text{wet}} - W_s}{W_s} \dots\dots\dots(8.1)$$

เมื่อ ω = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง
 $W_{(\text{wet})}$ = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม
 W_s = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

2) กำหนดค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\gamma_{\text{wet}} = \frac{W_{\text{wet}}}{V} \dots\dots\dots(8.2)$$

เมื่อ γ_{wet} = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 $W_{(\text{wet})}$ = มวลของดินเปียกที่บดอัดในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม
 V = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดอัดในแบบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

3) กำหนดค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{(\text{wet})}}{1 + \frac{w}{100}} \dots\dots\dots(8.3)$$

เมื่อ γ_d = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 γ_{wet} = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 ω = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

4) อ่านค่าหน่วยแรงต้านทานการกดที่ค่า 0.10 นิ้ว , 0.20 นิ้ว

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดจากการทดลอง}}{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดมาตรฐาน}} \times 100 \dots\dots\dots(8.4)$$

เมื่อ หน่วยแรงต้านทานการกดมาตรฐานได้จากตารางที่ 8.1



$$5) \text{ หน่วยแรงต้านการกดจากการทดลอง} = \frac{\text{แรงต้านทานการกด}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของแท่งกด 3 ตารางนิ้ว}}$$

6) การบันทึกและคำนวณข้อมูลจากการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบร์ริง เรโซ

ตารางที่ 8.6 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 แบบไม่แช่น้ำ

รายการ	โมลหมายเลข 1		
จำนวนชั้น / จำนวนการตอกต่อชั้น	3 / 56		
ชนิดของตัวอย่าง	ไม่แช่น้ำ	จากการบันทึกข้อมูล	
น้ำหนักดินชั้น + โมล	กรัม	6,875.60	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	2,722.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.	11.37	จากการวัด
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม ³	2,072.55	$\frac{\pi(15.23)^2 \times 11.37}{4} = 2,072.55$
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม ³	2.00	$\frac{6,875.60 - 2,722}{2,072.55} = 2.00$
กระป๋องอบดินหมายเลข	B1		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น	กรัม	113.30	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	104.35	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	8.95	$= 113.30 - 104.35 = 8.95$
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	35.48	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	68.87	$= 104.35 - 35.48 = 68.87$
ปริมาณของน้ำในดิน	%	13.00	$= \frac{8.95}{68.87} \times 100 = 13.00$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม ³	1.774	$= \frac{2.00}{1 + (13/100)} = 1.774$



ตารางที่ 8.6 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 แบบแซ่หน้า

รายการ	โมลหมายเลข. 1		
จำนวนชั้น / จำนวนการตอกต่อชั้น	3 / 56		
ชนิดของตัวอย่าง	แซ่หน้า	จากการบันทึกข้อมูล	
น้ำหนักดินชั้น + โมล	กรัม	6,977.50	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักโมล	กรัม	2,722.00	จากการชั่งน้ำหนัก
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.	11.37	จากการวัด
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม. ³	2,072.55	$\frac{\pi(15.23)^2 \times 11.37}{4} = 2,072.55$
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม. ³	2.05	$\frac{6,897.50 - 2,722}{2,072.55} = 2.05$
กระป๋องอบดินหมายเลข	B2		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น	กรัม	141.02	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม	126.44	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของน้ำ	กรัม	14.58	$= 141.02 - 126.44 = 14.58$
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม	35.85	จากการชั่งน้ำหนัก
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม	90.59	$= 126.44 - 35.85 = 90.59$
ปริมาณของน้ำในดิน	%	16.09	$= \frac{14.58}{90.59} \times 100 = 16.09$
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม. ³	1.769	$= \frac{2.05}{1 + (16.09/100)} = 1.769$



ตารางที่ 8.6 (ต่อ)แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 แบบเช่น้ำ

วันที่	เวลา	โมลหมายเลข 1		
		ค่าจากมาตรวัด จำนวนช่อง	การบวมตัว	
			มม.	%
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	0 = จากการอ่าน	$= \frac{0}{100} = 0$	$= \frac{0}{11.37} = 0$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	116 = จากการอ่าน	$= \frac{0}{116} = 1.16$	$= \frac{1.16}{11.37} = 1.020$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	170 = จากการอ่าน	$= \frac{0}{170} = 1.70$	$= \frac{1.70}{11.37} = 1.495$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	208 = จากการอ่าน	$= \frac{0}{208} = 2.08$	$= \frac{2.08}{11.37} = 1.829$
วันที่ทดลอง	เวลาที่ทดลอง	228.8 = จากการอ่าน	$= \frac{0}{228.8} = 2.29$	$= \frac{2.29}{11.37} = 2.014$



ตารางที่ 8.7 แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 ของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข	1		
	ค่าจากมาตรวัด	น้ำหนักกด (ปอนด์)	หน่วยแรงกด(ปอนด์/นิ้ว ²)
0	0 = จากการอ่าน	0.0 = จากการอ่าน	$= \frac{0.0}{3\text{นิ้ว}^2} = 0.0$
0.025	44 = จากการอ่าน	82.9 = จากการอ่าน	$= \frac{82.90}{3\text{นิ้ว}^2} = 27.62$
0.050	85 = จากการอ่าน	160.1 = จากการอ่าน	$= \frac{160.10}{3\text{นิ้ว}^2} = 53.35$
0.075	125 = จากการอ่าน	235.4 = จากการอ่าน	$= \frac{235.4}{3\text{นิ้ว}^2} = 78.46$
0.100	157 = จากการอ่าน	295.6 = จากการอ่าน	$= \frac{295.6}{3\text{นิ้ว}^2} = 98.54$
0.125	187 = จากการอ่าน	352.1 = จากการอ่าน	$= \frac{352.1}{3\text{นิ้ว}^2} = 117.37$
0.150	220 = จากการอ่าน	414.3 = จากการอ่าน	$= \frac{414.3}{3\text{นิ้ว}^2} = 138.09$
0.175	253 = จากการอ่าน	476.4 = จากการอ่าน	$= \frac{476.4}{3\text{นิ้ว}^2} = 158.80$
0.200	280 = จากการอ่าน	527.2 = จากการอ่าน	$= \frac{527.2}{3\text{นิ้ว}^2} = 175.75$
0.225	312 = จากการอ่าน	587.5 = จากการอ่าน	$= \frac{587.5}{3\text{นิ้ว}^2} = 195.83$
0.250	338 = จากการอ่าน	636.5 = จากการอ่าน	$= \frac{636.5}{3\text{นิ้ว}^2} = 212.15$
0.275	370 = จากการอ่าน	696.7 = จากการอ่าน	$= \frac{696.7}{3\text{นิ้ว}^2} = 232.24$
0.300	396 = จากการอ่าน	745.7 = จากการอ่าน	$= \frac{745.7}{3\text{นิ้ว}^2} = 248.56$
0.350	443 = จากการอ่าน	834.2 = จากการอ่าน	$= \frac{834.2}{3\text{นิ้ว}^2} = 278.06$



ตารางที่ 8.7 (ต่อ) แสดงตารางการบันทึกและการคำนวณข้อมูลของดินตัวอย่างที่ 1 ของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข	1		
ระยะจม (นิ้ว)	ค่าจากมาตรวัด	น้ำหนักกด (ปอนด์)	หน่วยแรงกด(ปอนด์/นิ้ว ²)
0.400	473 = จากการอ่าน	890.7 = จากการอ่าน	$= \frac{890.7}{3 \text{ นิ้ว}^2} = 296.89$

7) การคำนวณหาค่า C.B.R. จากผลการทดลองใน ข้อ 8.3.9 (ตารางที่ 8.3, ตารางที่ 8.4 และรูปกราฟที่ 8.8) อ่านค่าจากกราฟรูปที่ 8.8 ที่ระยะจม 0.10 นิ้ว และ 0.20 นิ้ว ได้ค่าดังนี้

7.1) ที่ระยะ 0.10 นิ้วเท่ากับ 100 ปอนด์/นิ้ว²

7.2) ที่ระยะ 0.20 นิ้วเท่ากับ 175 ปอนด์/นิ้ว²

$$\text{จากสมการที่ 8.4 C.B.R.} = \frac{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดจากการทดลอง}}{\text{หน่วยแรงต้านทานการกดมาตรฐาน}} \times 100$$

$$\text{C.B.R. ที่ 0.10 นิ้ว} = \frac{100}{1,000} \times 100$$

$$\text{C.B.R.} = 10.00 \%$$

$$\text{C.B.R. ที่ 0.20 นิ้ว} = \frac{175}{1,500} \times 100$$

$$\text{C.B.R.} = 11.66 \%$$



แบบทดสอบที่ 8 วิชาปฐพีกลศาสตร์ 3106-2010 ระดับ ปวส.

หน่วยที่ 8 เรื่อง การทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ (California Bearing Ratio)

คำชี้แจง. จงกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

- ข้อใดถูกที่สุด การทดลอง C.B.R. หมายถึง
 - เป็นการหาค่าของดินที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเป็นเปอร์เซ็นต์
 - เป็นการทดลองเพื่อหาค่ากำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัดแล้ว
 - เป็นการหาค่ากำลังของดินที่บดอัดแบบมาตรฐานและสูงกว่ามาตรฐาน
 - เป็นการหาค่าของดินที่บดอัดแบบแซ่น้ำและไม่แซ่น้ำ
- แท่งโลหะที่ใช้กดทดสอบ C.B.R. มีพื้นที่หน้าตัดเท่าใด
 - 3 นิ้ว²
 - 19 นิ้ว²
 - 3 ซม²
 - 19 ซม²
- งานวัสดุชั้นคันทาง ค่าของ C.B.R. ที่เหมาะสมจะอยู่ประมาณที่เท่าใด
 - 0 – 3 %
 - 3 – 7 %
 - 7 – 10 %
 - 10 – 20 %
- น้ำหนักมาตรฐานที่ใช้กดตัวอย่างดินของการทดลอง C.B.R. ที่ระยะจม 2.54 มม.คือข้อใด
 - 1,360.8 กก.
 - 2,041.2 กก.
 - 3,000 กก.
 - 4,500 กก.
- ดินที่ผ่านการทดสอบได้ค่า ความหนาแน่นเปียกเท่ากับ 2,310 กก/ม³ และปริมาณความชื้น 10% จงหาว่าความหนาแน่นแห้งของดินมีค่าเท่าใด
 - 2,300 กก/ม³
 - 2309.90 กก/ม³
 - 2,100 กก/ม³
 - 231 กก/ม³



6. ระยะยกก้อนกระทุ้งดินขนาด 5.5 ปอนด์ สำหรับการทดลอง C.B.R. จะยกสูงเท่าใด
- ก. 12 นิ้ว
 - ข. 15 นิ้ว
 - ค. 18 นิ้ว
 - ง. 24 นิ้ว
7. การทดลอง C.B.R. แบบแช่น้ำ จะต้องแช่น้ำกี่วัน
- ก. 2 วัน
 - ข. 3 วัน
 - ค. 4 วัน
 - ง. 5 วัน
8. การทดลอง C.B.R. สามารถนำไปใช้กับการก่อสร้างในส่วนใดของถนน
- ก. ใช้กำหนดความยาวของเส้นทางถนน
 - ข. ใช้กำหนดความหนาของถนน
 - ค. ใช้กำหนดชนิดของดินที่ใช้ทำถนน
 - ง. ใช้กำหนดปริมาณน้ำที่ผสมกับดินที่ใช้ทำถนน
9. การบวมตัวของดินแบบแช่น้ำ การบวมตัวของดินไม่ควรมีค่าเกินกว่าเท่าใด
- ก. 3 %
 - ข. 4 %
 - ค. 5 %
 - ง. 6 %
10. ถ้าค่าหน่วยแรงต้านทานการกดมีค่าเท่ากับ 1,200 ที่ 0.20 นิ้ว จงหาค่า C.B.R.
- ก. 120 %
 - ข. 80 %
 - ค. 60 %
 - ง. 1.66 %



- คำชี้แจง 2.** ให้กาเครื่องหมาย (✓) หน้าข้อที่ถูก และกาเครื่องหมายผิด (✗) หน้าข้อที่ผิด
-2.1 การทดลอง C.B.R. สามารถหาได้ในสนามที่ก่อสร้างได้
 -2.2 ค่า C.B.R. คือ เปอร์เซ็นต์ความต้านทานของดินเทียบกับต้านทานของหิน
คลุกมาตรฐาน
 -2.3 น้ำหนักแผ่นเหล็กที่กดทับดิน ก่อนนำไปแช่น้ำไม่ควรต่ำกว่า 4.5 กก.
 -2.4 การเก็บตัวอย่างดินในโมลเพื่อนำไปปอบ ควรเก็บที่ผิวด้านบน
 -2.5 พลังงานที่ใช้บดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานใน โมล 4 นิ้วคือ 2,700 กก/ม³
 -2.6 ถ้าค่าของ C.B.R. ที่ 0.2 นิ้ว มากกว่า 0.1 นิ้วให้ทำการทดลองใหม่
 -2.7 การบดอัดดินของ C.B.R. ต้องบดอัดดินแบบสูงกว่ามาตรฐานเท่านั้น
 -2.8 ควรทำการอ่านการบวมตัวของดินที่แช่น้ำที่ระยะทุก 1 นาที.
 -2.9 การทดลองหาค่า C.B.R. นั้นจะนำไปเทียบกับดินมาตรฐานที่มีค่า 100 %
 -2.10 การนำตัวอย่างไปแช่น้ำนั้น น้ำควรอยู่เพียงครึ่งหนึ่งของความสูงตัวอย่าง

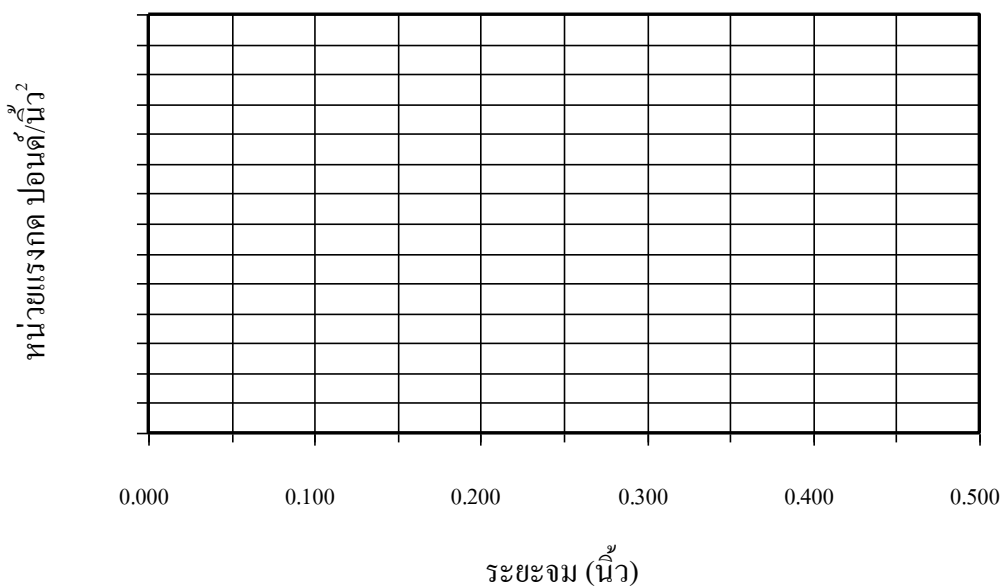
**ตอนที่ 2 แบบฝึกปฏิบัติการทดลองแคลิฟอร์เนีย แบริง เรโซ (California Bearing Ratio)**

1. ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มๆ ละ 5 คน และโดยนำตัวอย่างดินจำนวน 2 ตัวอย่าง และให้ทำการทดลอง

C.B.R. โดยปฏิบัติการทดลองดังนี้

- 1) ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนการทดลอง C.B.R.
- 2) บันทึกการทดลองที่ได้ ลงในตารางที่ 8.9 และ 8.10
- 3) คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ ในแต่ละตัวอย่าง
- 4) คำนวณหาค่าความหนาแน่นเปียก (Wet Density) ในแต่ละตัวอย่าง
- 5) คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density) ในแต่ละตัวอย่าง
- 6) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจมลงในตารางที่ 8.8
- 7) คำนวณหาค่า C.B.R. ที่การจม 0.10 นิ้วและที่การจม 0.20 นิ้ว
- 8) เขียนรายงานการทดลอง C.B.R.
- 9) เขียนรายงานข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลอง C.B.R.
- 10) สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะการทดลอง C.B.R.

ตารางที่ 8.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกดและระยะจม





ตารางที่ 8.9 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณการทดลอง C.B.R

รายการ		โมลหมายเลข	
จำนวนชั้น / จำนวนการตอกต่อชั้น			
ชนิดของตัวอย่าง		ไม่แช่น้ำ	แช่น้ำ
น้ำหนักดินชั้น + โมล	กรัม		
น้ำหนักโมล	กรัม		
ความสูงของตัวอย่าง	ซม.		
ปริมาตรของตัวอย่าง	ซม. ³		
ความหนาแน่นดินเปียก	กรัม/ซม. ³		
กระป๋องอบดินหมายเลข			
น้ำหนักกระป๋อง + ดินชั้น	กรัม		
น้ำหนักกระป๋อง + ดินแห้ง	กรัม		
น้ำหนักของน้ำ	กรัม		
น้ำหนักกระป๋องอบดิน	กรัม		
น้ำหนักของดินแห้ง	กรัม		
ปริมาณของน้ำในดิน	%		
ความหนาแน่นดินแห้ง	กรัม/ซม. ³		
วันที่	เวลา	โมลหมายเลข 1	
		อ่านมาตรวัด	การบวมตัว
			มม. %



ตารางที่ 8.10 แสดงตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองและคำนวณของความสัมพันธ์ระหว่าง

หน่วยแรงกดกับระยะจม

โมลหมายเลข			
ระยะจม นิ้ว	ค่าจากมาตรวัด จำนวนช่อง	น้ำหนักกด ปอนด์	หน่วยแรงกด ปอนด์/นิ้ว ²
0			
0.025			
0.050			
0.075			
0.100			
0.125			
0.150			
0.175			
0.200			
0.225			
0.250			
0.275			
0.300			
0.350			
0.400			

Proving Right Constant : lb/div